

REVUES GÉNÉRALES

Rétine

L'EDI-OCT

dans les pathologies rétinienues : intérêt clinique

RÉSUMÉ : La choroïde était, jusqu'à il y a quelques années, peu accessible par les techniques d'imagerie usuelles. Ceci était essentiellement lié à l'effet masque constitué par l'épithélium pigmentaire sur l'angiographie à la fluorescéine et les rétinoscopes. En effet, seul l'ICG et l'échographie permettaient d'accéder à la choroïde. L'EDI-OCT (*enhanced depth imaging*) analyse pour la première fois les détails de la choroïde. Les nombreux articles récents publiés sur le sujet nous montrent l'intérêt croissant de cette technique non invasive, aussi bien pour le diagnostic des pathologies rétinienues que pour leur traitement.



→ C. ROHART^{1, 2}, S. ALLIEU¹

¹ Pôle Rétine, Clinique Beausoleil, MONTPELLIER.

² Centre d'Ophtalmologie, CASTRIES.

[Rappel anatomique

La choroïde est la partie postérieure de l'uvée. Elle est en continuité avec le corps ciliaire, en avant, et se termine en arrière au niveau du nerf optique. La fonction de la choroïde est de nourrir la rétine. Il n'est donc pas surprenant que les vaisseaux sanguins représentent ce qu'il y a de plus visible dans la choroïde. Lorsque ces vaisseaux choroïdiens sont congestionnés, ils épaississent considérablement le parenchyme choroïdien. Ce parenchyme est également composé de mélanocytes, de fibrocytes et d'un grand nombre de nerfs.

Les vaisseaux choroïdiens les plus proches de la sclère sont ceux de plus gros diamètre, présents dans la couche de Haller. Puis la couche de Sattler comprend les vaisseaux de moyen calibre, alors que les petits vaisseaux sont situés dans la couche la plus interne, la choriocapillaire. Cette choriocapillaire est une couche unique située sous l'épithélium pigmentaire de la rétine. Elle contient un réseau très dense de capillaires. Ces capillaires sont inhabituellement

grands, jusqu'à 20 µm de diamètre dans l'aire maculaire et jusqu'à 50 µm en périphérie.

Les principaux rôles de la choroïde sont de fournir l'oxygène et les nutriments aux couches externes de la rétine et de réguler la température dans la région fovéale. Ces vaisseaux choroïdiens nourrissent donc l'épithélium rétinien, métaboliquement très actif, et la rétine externe.

[Qu'est-ce que l'EDI-OCT ?

L'EDI-OCT, qu'a fait connaître Spaide en 2008 [1], permet d'analyser les détails des structures choroïdiennes, de visualiser les différentes couches de la choroïde et d'en mesurer son épaisseur.

Actuellement, la mesure de la choroïde en EDI-OCT se fait manuellement. Pour mesurer l'épaisseur choroïdienne rétro-fovéolaire, il faut placer la partie initiale de la flèche de mesure de façon perpendiculaire à la face externe de l'épithélium pigmentaire, sous le centre de la

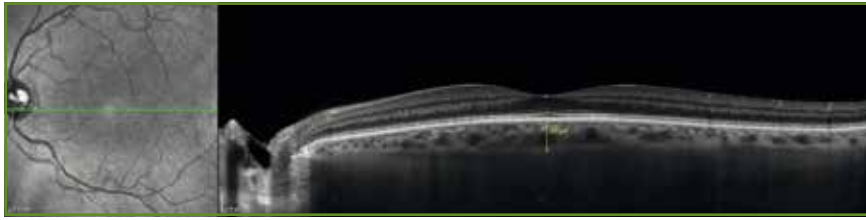


FIG. 1 : Mesure de l'EDI-OCT. Examen normal.

fovéa. La mesure s'arrête à la jonction entre la sclère et la choroïde (interface scléro-choroïdienne), qui correspond à une bande hyperréfléctive postérieure (fig. 1).

Le fait que cette mesure ne soit pas automatisée peut entraîner une certaine variabilité inter et intra-individuelle. Cette variabilité est plus importante en cas de choroïde épaissie et, inversement, il existe une variabilité plus faible en cas de choroïde amincie. Cependant, plusieurs études ont évalué la reproductibilité de la mesure de cette épaisseur choroïdienne avec de bons résultats et des mesures reproductibles inter et intra-individuelles [2, 3].

Choroïde normale

La première étude mesurant l'épaisseur choroïdienne sous-fovéolaire est l'étude de Margolis et Spaide qui rapporte que la moyenne de l'épaisseur choroïdienne sous-fovéolaire chez un sujet sain est de $287 \pm 75,5 \mu\text{m}$ [4]. Les auteurs ont également montré dans cette étude que l'épaisseur choroïdienne moyenne diminuait de $1,87 \mu\text{m}$ par année et $15,6 \mu\text{m}$ par décennie de vie. Dans plusieurs études qui ont suivi, l'épaisseur choroïdienne moyenne varie entre $283,7$ et $354 \mu\text{m}$ [5]. Dans la *Beijing Eye Study*, il existe une variation de l'épaisseur choroïdienne de $254 \pm 107 \mu\text{m}$, avec une perte de $4 \mu\text{m}$ par année d'âge [6]. La variabilité, selon les études, de ces mesures moyennes de l'épaisseur choroïdienne vient essentiellement de la définition de sujet sain dans ces études.

Par ailleurs, c'est au niveau fovéolaire que l'épaisseur choroïdienne est la plus importante (besoin métabolique important) ; cette épaisseur décroît ensuite en supéromaculaire puis en inféromaculaire. L'épaisseur choroïdienne est la plus fine autour de la papille.

Hormis l'âge, le sexe, l'origine ethnique, le nyctémère et la longueur axiale seraient des facteurs influençant l'épaisseur choroïdienne [3]. Plusieurs études ont montré que la longueur axiale est inversement corrélée à l'épaisseur choroïdienne. Dans la *Beijing Eye Study*, une diminution de $32 \mu\text{m}$ de l'épaisseur choroïdienne est corrélée à une augmentation de 1 mm de longueur axiale. Ainsi, la choroïde est plus épaisse chez l'hypermetrope et plus fine chez le myope.

De plus, il n'a pas été établi de corrélation entre l'épaisseur rétinienne fovéolaire et l'épaisseur choroïdienne fovéolaire.

EDI-OCT dans la DMLA

Dans la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA), il existe une tendance à l'amincissement choroïdien (fig. 2 et 3).

Cet amincissement choroïdien est retrouvé dans les stades avancés de la maladie dans plusieurs études. Cependant, d'autres auteurs n'ont pas montré de différence significative, même en présence de forme tardive [7].

Dans la DMLA atrophique évoluée (stades III et IV AREDS), d'après Lee *et al.*, il existe une diminution de l'épaisseur choroïdienne [8]. De plus, cette étude a montré une corrélation entre la taille de l'atrophie géographique et l'épaisseur choroïdienne sous-fovéolaire, ainsi qu'une corrélation entre la vitesse de progression de l'atrophie et l'épaisseur choroïdienne. Cette diminution n'est pas retrouvée aux stades précoces dans cette étude.



FIG. 2 : DMLA atrophique. Amincissement choroïdien.

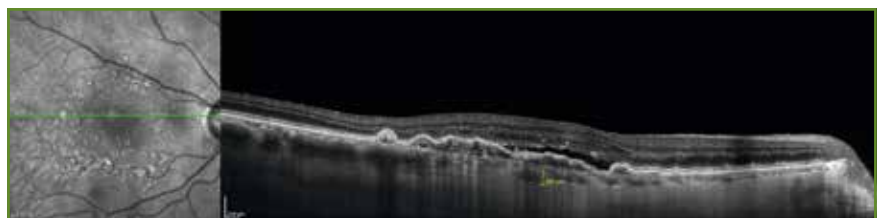


FIG. 3 : DMLA exsudative. Amincissement choroïdien.

REVUES GÉNÉRALES

Rétine

Dans les stades précoces (drusen séreux, altérations de l'épithélium pigmentaire, décollement drusénoïde), il n'a pas été mis en évidence de variation de l'épaisseur choroïdienne, hormis dans les maculopathies avec pseudodrusen où un amincissement choroïdien a été retrouvé [9].

Par ailleurs, toujours dans la DMLA, la physiopathologie des décollements de l'épithélium pigmentaire (DEP) n'est actuellement pas bien connue. Ceci est notamment lié au manque d'information sur leur contenu, difficilement analysable par les techniques d'imagerie standard. L'EDI-OCT va nous permettre d'analyser de façon plus précise le contenu de ces DEP et de mieux comprendre leur physiopathologie [3].

Plusieurs études ont évalué la relation entre l'épaisseur choroïdienne rétrofovéolaire et les injections intravitréennes d'anti-VEGF dans la DMLA. Elles ont retrouvé que, d'une part, une choroïde plus épaisse pourrait être un facteur prédictif de meilleure réponse au traitement et que, d'autre part, il existerait un amincissement de l'épaisseur choroïdienne post-injections intravitréennes d'anti-VEGF [10, 11].

EDI-OCT dans la chorioretinite séreuse centrale

Dans les chorioretinites séreuses centrales (CRSC), plusieurs études ont retrouvé une augmentation de l'épaisseur choroïdienne, aussi bien dans les CRSC aiguës que chroniques (**fig. 4 et 5**) [12]. Il est également intéressant de noter que, dans la majorité des cas de CRSC chroniques, l'épaississement choroïdien concerne également l'œil adelphe, même si celui-ci n'est pas atteint. De plus, les auteurs de ces études font remarquer qu'il existe une augmentation de l'épaisseur choroïdienne de l'œil controlatéral lorsqu'il existe conjointement une hyperperméabilité vasculaire choroïdienne en angiographie ICG sur cet œil controlatéral. *A contrario*, en l'absence d'hyperperméabilité vasculaire choroïdienne en ICG, il n'a pas été observé d'épaississement choroïdien. L'épaisseur choroïdienne semble donc corrélée à l'hyperperméabilité vasculaire choroïdienne.

Certains auteurs se sont intéressés à l'épaisseur choroïdienne postlaser et post-PDT demi-fluence dans le cadre des traitements de CRSC avec hyperperméabilité vasculaire choroïdienne [13]. Les auteurs ont retrouvé une diminution

significative de l'épaisseur choroïdienne rétrofovéolaire dans le groupe PDT à 1 mois avec une stabilité à 1 an associée à une diminution de l'hyperperméabilité choroïdienne, ce qui n'était pas le cas avec le groupe laser. Les auteurs suggèrent des conséquences cliniques de ces résultats, car la PDT pourrait avoir un rôle sur les éventuelles récides en diminuant leur fréquence.

EDI-OCT dans la vasculopathie polypoïdale idiopathique

La vasculopathie polypoïdale idiopathique (VPI) est caractérisée par de multiples décollements séro-hémorragiques récidivants. La relation entre VPI, DMLA exsudative typique et hyperperméabilité choroïdienne n'est actuellement pas bien comprise. Certains auteurs suggèrent que la lésion polypoïdale choroïdienne des VPI est une variante des néovaisseaux de la DMLA exsudative classique, alors que d'autres pensent que ces anomalies vasculaires choroïdiennes sont une entité distincte des néovaisseaux choroïdiens de la DMLA.

Certaines études ont retrouvé une augmentation de l'épaisseur choroïdienne dans les patients atteints de VPI, comparés aux patients atteints de DMLA exsudative classique [3]. Chung *et al.* ont également retrouvé une épaisseur choroïdienne augmentée dans l'œil controlatéral des patients atteints de VPI [14]. Les auteurs ont conclu que cette augmentation bilatérale de l'épaisseur choroïdienne pourrait être en rapport avec des facteurs systémiques tels l'hypertension artérielle. Dans une étude japonaise, les auteurs ont également retrouvé une augmentation de l'épaisseur choroïdienne dans la VPI comparée à la DMLA exsudative classique, et ils ont aussi conclu dans cette étude que les yeux ayant une épaisseur choroïdienne de plus de 300 µm avaient 5,6 fois plus de risque de développer une VPI compa-

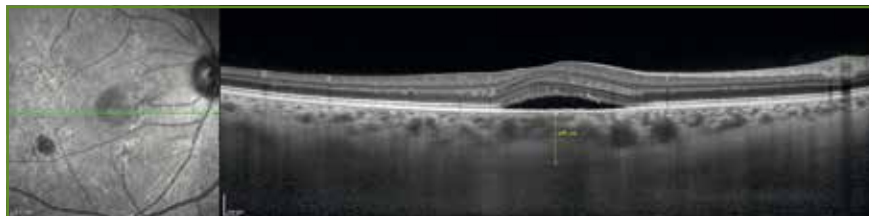


FIG. 4 : Chorioretinite séreuse centrale. Épaississement choroïdien.

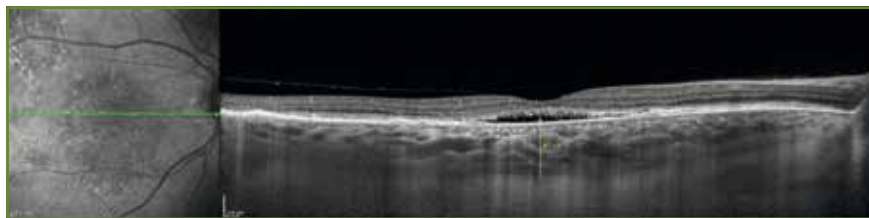


FIG. 5 : Épithéliopathie rétinienne diffuse. Épaississement choroïdien.

REVUES GÉNÉRALES

Rétine

rés aux yeux ayant une épaisseur choroïdienne inférieure à 300 μm [15].

Il est intéressant de remarquer que cette augmentation de l'épaisseur choroïdienne est également retrouvée dans les CRSC et que certains auteurs ont suggéré une possible relation entre ces deux pathologies rétiniennes, traduisant toutes deux une hyperperméabilité vasculaire choroïdienne.

Dégénérescence choroïdienne

En 2009, Spaide a décrit une nouvelle entité, l'atrophie choroïdienne liée à l'âge [16]. Cliniquement, ces patients (non myopes) ont une acuité visuelle relativement conservée mais décrivent des difficultés de lecture. Le fond d'œil ressemble à un fond d'œil de myope. Il existe, en EDI-OCT, un amincissement marqué de l'épaisseur choroïdienne chez ces patients comparés à un patient de même âge. Cette diminution anormale de l'épaisseur choroïdienne serait liée à une diminution de la couche choroïdienne moyenne et donc des vaisseaux de calibre moyen. Cela explique, associé à une perte de la pigmentation normale de la choroïde, que l'on retrouve aussi, dans ces atrophies choroïdiennes liées à l'âge, la visualisation anormale au fond d'œil des vaisseaux de gros calibre. De plus, ces patients peuvent avoir une autofluorescence normale impliquant un épithélium pigmentaire normal, contrairement à l'atrophie géographique de la DMLA.

Il faut bien noter que l'atrophie choroïdienne est distincte de la DMLA, notamment de l'atrophie géographique, même si ces deux pathologies peuvent être associées.

Dystrophie pseudovitelliforme

Dans certains cas, il peut être difficile de distinguer une lésion néovasculaire cho-

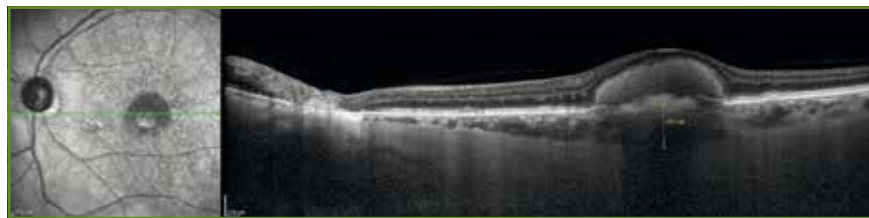


Fig. 6 : Dystrophie pseudovitelliforme. Épaississement choroïdien.

roïdienne d'une dystrophie pseudovitelliforme, en particulier quand celle-ci est au stade de pseudo-hypopion. La mesure de l'épaisseur choroïdienne en EDI-OCT peut aider au diagnostic différentiel. Dans l'étude prospective de Coscas *et al.*, les auteurs ont montré qu'en cas de dystrophie pseudovitelliforme, il existait un épaississement choroïdien comparé à des sujets atteints de DMLA (sèche ou exsudative) et par rapport au sujet sain [17]. Cet épaississement était retrouvé dans l'œil ayant la lésion pseudovitelliforme mais aussi dans l'œil adelphe indemne de toute lésion vitelliforme. Dans cette étude, il existait un amincissement choroïdien dans les deux formes de DMLA, sans différence significative entre les deux. Cet épaississement choroïdien des dystrophies pseudovitelliformes est lié à une augmentation de la vascularisation et à une dilatation des vaisseaux choroïdiens.

La mesure de l'épaisseur choroïdienne dans les dystrophies pseudovitelliformes apporte un argument pour le diagnostic différentiel, entraînant une conséquence clinique puisque, dans ces cas de dystrophies pseudovitelliformes sans néovascularisation surajoutée, le traitement par injections intravitréennes n'est pas indiqué (fig. 6).

Pathologies inflammatoires

Tout apport d'imagerie de la choroïde est intéressant dans les pathologies inflammatoires, puisque la choroïde est atteinte dans plus de la moitié des cas d'inflammation du segment postérieur de l'œil.

Dans les uvéites, des études ont montré une variation de l'épaisseur choroïdienne ainsi qu'une analyse plus fine des structures choroïdiennes [3].

Dans le syndrome de Vogt-Koyanagi-Harada, il existe une augmentation importante de l'épaisseur choroïdienne à la phase aiguë de la maladie et en cas de récurrence. Cette augmentation peut également concerner l'œil adelphe asymptomatique. Après quelques jours de traitement par corticoïdes, l'épaisseur choroïdienne diminue rapidement. Cette variation de l'épaisseur de la choroïde sous traitement peut faire de l'EDI-OCT un examen important dans le cadre du suivi thérapeutique de cette maladie.

Dans la choroïdite multifocale, les études n'ont pas montré de variation d'épaisseur choroïdienne, hormis chez certains patients traités par corticoïdes, chez qui une diminution de l'épaisseur choroïdienne a été notée localement, en regard des infiltrats inflammatoires. En effet, les infiltrats de la choroïdite multifocale localisés entre l'épithélium pigmentaire et la membrane de Bruch peuvent s'associer à un épaississement choroïdien localisé bien visible en EDI-OCT en phase aiguë et qui régressent sous traitement [3].

Dans le syndrome AZOOR, il n'a pas été montré de variation de l'épaisseur choroïdienne ni de modification de la structure de la choroïde. Ces observations apportent des informations intéressantes sur la physiopathologie de cette maladie.

Dans la choroïdopathie de birdshot, l'analyse EDI-OCT permet d'identifier les lésions de cette choroïdopathie, hyporéfléctives en EDI-OCT et qui apparaissent plus larges que celles visibles au fond d'œil.

Dans les pathologies inflammatoires intéressants la choroïde (sarcoïdose, toxoplasmose), l'EDI-OCT permet de mesurer l'épaisseur choroïdienne, d'analyser les structures choroïdiennes, notamment les vaisseaux choroïdiens et les lésions intrachoroïdiennes de ces maladies (granulomes, infiltrats...), et de suivre leur évolution sous traitement.

L'apport de l'EDI-OCT dans ces pathologies est considérable pour la compréhension de ces maladies inflammatoires.

Myopie

La choroïde des myopes forts est plus mince que celle des patients non myopes (**fig. 7**). Dans certaines études, cet amincissement augmente avec l'âge et la profondeur du staphylome avec, au niveau de la zone de jonction avec le staphylome, un amincissement supplémentaire de la choroïde. Par ailleurs, l'amincissement choroïdien chez le myope a été retrouvé comme facteur de risque de néovascularisation. Chez le myope fort, l'EDI-OCT permet également d'analyser plus précisément les anomalies sclérales (zones amincies ou épaissies) et les cavitations intrachoroïdiennes.

L'EDI-OCT permet de mieux comprendre la pathologie choroïdienne du myope fort.

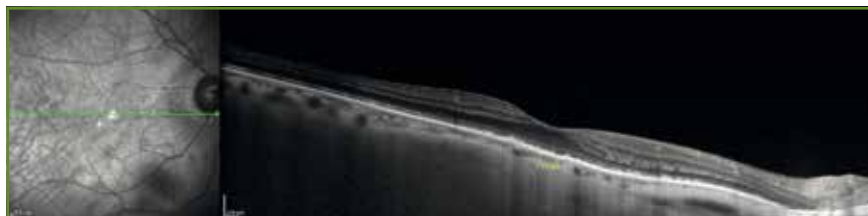


Fig. 7 : Myopie. Amincissement choroïdien.

POINTS FORTS

- ➞ L'EDI-OCT est une technique simple, non invasive et reproductible qui doit faire partie de tout bilan rétinien en pratique courante.
- ➞ L'EDI-OCT permet de mesurer les variations de l'épaisseur choroïdienne et apporte un argument diagnostique dans de nombreuses pathologies.
- ➞ Dans la dystrophie pseudovitelliforme, la CRSC et la vasculopathie polypoïdale, l'épaisseur choroïdienne est augmentée.
- ➞ Dans les stades avancés de DMLA, la myopie forte et la dégénérescence choroïdienne, il existe un amincissement choroïdien.
- ➞ L'intérêt de l'EDI-OCT dans les pathologies inflammatoires est considérable pour la compréhension de la physiopathologie, le diagnostic et le traitement.

Diabète

Chez le patient diabétique, de nombreuses études histologiques ont identifié des modifications vasculaires assez semblables à celles observées dans la rétinopathie diabétique (tortuosité vasculaire, microanévrismes, zones de non-perfusion, modification du calibre des vaisseaux, néovascularisation...). Les vaisseaux de la choriocapillaire sont les principaux touchés par ces modifications, mais les plus gros vaisseaux choroïdiens peuvent également être concernés [3].

Plusieurs études ont essayé d'évaluer les variations de l'épaisseur choroïdienne avec des résultats différents. Cependant, il existerait un amincissement choroïdien chez les patients diabétiques comparés aux sujets sains.

La relation entre rétinopathie et choroïdopathie diabétique reste mal connue, mais des études suggèrent que la choroïdopathie diabétique précéderait la rétinopathie diabétique.

Autres

Dans les pathologies tumorales, l'EDI-OCT trouve progressivement son intérêt. Cet examen peut être utile pour évaluer l'épaisseur des lésions de petites tailles, difficiles à analyser en échographie B, notamment dans le cadre du diagnostic différentiel avec des petits mélanomes [3]. L'EDI-OCT permet également de mieux analyser les tumeurs choroïdiennes plus volumineuses, comme les hémangiomes et les ostéomes choroïdiens (**fig. 8 et 9**).

Dans la pathologie glaucomateuse, les données actuelles concernant la relation entre l'épaisseur choroïdienne et le glaucome ne sont pas concordantes [3].

Enfin, des variations de l'épaisseur choroïdienne ont été décrites lors d'anomalies telles la macula bombée, ou encore la dysversion papillaire [3].

REVUES GÉNÉRALES

Rétine

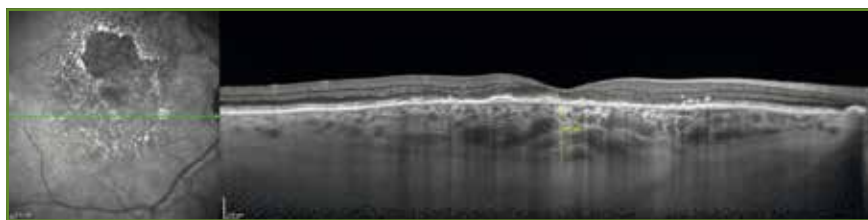


FIG. 8 : Hémangiome. Épaississement choroïdien.

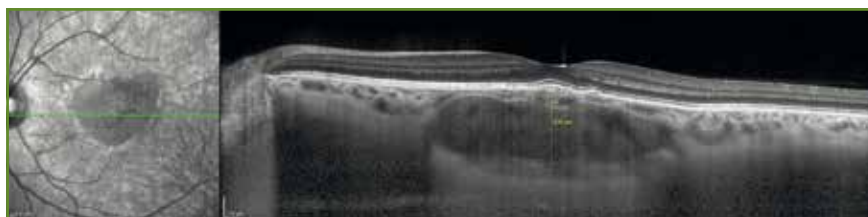


FIG. 9 : Ostéome choroïdien. Épaississement choroïdien.

Conclusion

L'EDI-OCT apporte des arguments supplémentaires pour l'analyse des pathologies rétinienues, en termes quantitatif (mesure de l'épaisseur choroïdienne) et qualitatif (analyse des structures choroïdiennes). Elle devient peu à peu incontournable dans notre pratique quotidienne.

Bibliographie

1. SPAIDE RF, KOIZUMI H, POZZONI MC. Enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol*, 2008;146:496-500.
2. KIM JH, KANG SW, KIM JR *et al*. Variability of subfoveal choroidal thickness measurements in patients with age-related macular degeneration and central serous chorioretinopathy. *Eye (Lond)*, 2013;27:809-815.
3. MREJEN S, SPAIDE RF. Optical coherence tomography: imaging of the choroid and beyond. *Surv Ophthalmol*, 2013;58:387-429.
4. MARGOLIS R, SPAIDE RF. A pilot study of enhanced depth imaging optical coherence tomography of the choroid in normal eyes. *Am J Ophthalmol*, 2009;147:811-815.
5. TAN CS, CHEONG KX, LIM LW *et al*. Topographic variation of choroidal and retinal thicknesses at the macula in healthy adults. *Br J Ophthalmol*, 2014;98:339-344.
6. WEI WB, XU L, JONAS JB *et al*. Subfoveal choroidal thickness: the Beijing Eye Study. *Ophthalmology*, 2013;120:175-180.
7. MANJUNATH V, GOREN J, FUJIMOTO JG *et al*. Analysis of choroidal thickness in age-related macular degeneration using spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol*, 2011;152:663-668.
8. LEE JY, LEE DH, LEE JY *et al*. Correlation between subfoveal choroidal thickness and the severity or progression of non-exudative age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013;54:7812-7818.
9. GARG A, OLL M, YZER S *et al*. Reticular pseudodrusen in early age-related macular degeneration are associated with choroidal thinning. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013;54:7075-7081.
10. KANG HM, KWON HJ, YI JH *et al*. Subfoveal choroidal thickness as a potential predictor of visual outcome and treatment response after intravitreal ranibizumab injections for typical exudative age-related macular degeneration. *Am J Ophthalmol*, 2014;157:1013-1021.
11. YAMAZAKI T, KOIZUMI H, YAMAGISHI T *et al*. Subfoveal choroidal thickness after ranibizumab therapy for neovascular age-related macular degeneration: 12-month results. *Ophthalmology*, 2012;119:1621-1627.
12. IMAMURA Y, FUJIWARA T, MARGOLIS R *et al*. Enhanced depth imaging optical coherence tomography of the choroid in central serous chorioretinopathy. *Retina*, 2009;29:1469-1473.
13. MARUKO I, IIDA T, SUGANO Y *et al*. Subfoveal choroidal thickness after treatment of central serous chorioretinopathy. *Ophthalmology*, 2010;117:1792-1799.
14. CHUNG SE, KANG SW, LEE JH *et al*. Choroidal thickness in polypoidal choroidal vasculopathy and exudative age-related macular degeneration. *Ophthalmology*, 2011;118:840-845.
15. KOIZUMI H, YAMAGISHI T, YAMAZAKI T *et al*. Subfoveal choroidal thickness in typical age-related macular degeneration and polypoidal choroidal vasculopathy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2011;249:1123-1128.
16. SPAIDE RF. Age-related choroidal atrophy. *Am J Ophthalmol*, 2009;147:801-810.
17. COSCAS F, PUCHE N, COSCAS G *et al*. Comparison of macular choroidal thickness in adult onset foveomacular vitelliform dystrophy and age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014;55:64-69.

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