ISSN 2816-9506 (IMPRIMÉ)
ISSN 2816-9514 (EN LIGNE)

NUMÉRO SUR L'IMAGERIE
Vol. 1, Numéro 3

CANADIAN EYE CARE TODAY

Utilité clinique de l'A-TCO
Samantha Orr, M.D., BMSc
Mohammad Ali Khan, MSc
Netan Choudhry, M.D., FRCSC, DABO

Applications cliniques de la tomographie par cohérence optique (TCO) dans le glaucome
Hady Saheb, M.D., MPH, FRCSC
Ali Salimi, M.D., MSc

Chirurgie réfractive de la myopie : revue des options et du processus décisionnel
Cristina Bostan, M.D., MSc, FRCSC
Julia Talajic, M.D., MPH, FRCSC
Johanna Choremis, M.D., FRCSC

Tomographie par cohérence optique du segment antérieur du globe oculaire : un outil pratique pour le prestataire de soins ophtalmologiques complets
Matthew Bujak, M.D., FRCSC
Arshdeep Marwaha, BSc

Canadian Eye Care Today est publié 3 fois par année en version anglaise et française.

Composition du Comité de rédaction de 2022 :

CLARA C. CHAN, M.D., FRCSC, FACS
R. RISHI GUPTA, M.D., FRCSC, FASRS
HADY SAHEB, M.D., MPH

Le contenu de *Canadian Eye Care Today* donne droit à des crédits dans la section 2 (autoapprentissage) du programme de Maintien du certificat. Pour en savoir plus sur la façon dont cette activité s'inscrit dans le programme de Maintien du certificat du Collège royal, veuillez consulter le site Web du Collège royal (https://www.royalcollege.ca/rcsite/cpd/maintenance-of-certification-program-f). Pour obtenir un soutien plus personnalisé, veuillez communiquer avec le Centre de services du Collège royal (1 800 461-9598) ou votre responsable local de la formation continue.

Si vous souhaitez contribuer à un prochain numéro de *Canadian Eye Care Today*, veuillez nous écrire à l'adresse suivante : info@catalytichealth.com.

COMITÉ DE RÉDACTION



CLARA C. CHAN, M.D., FRCSC, FACS

Professeure agrégé, Université de Toronto
Département d'ophtalmologie et des sciences de la vision
Directrice médicale, Eye Bank of Canada (division Ontario)



HADY SAHEB, M.D., MPH

Chirurgien spécialisé en glaucome
et chirurgie complexe du segment antérieur

Directeur du programme de
surspécialisation en glaucome
Université McGill

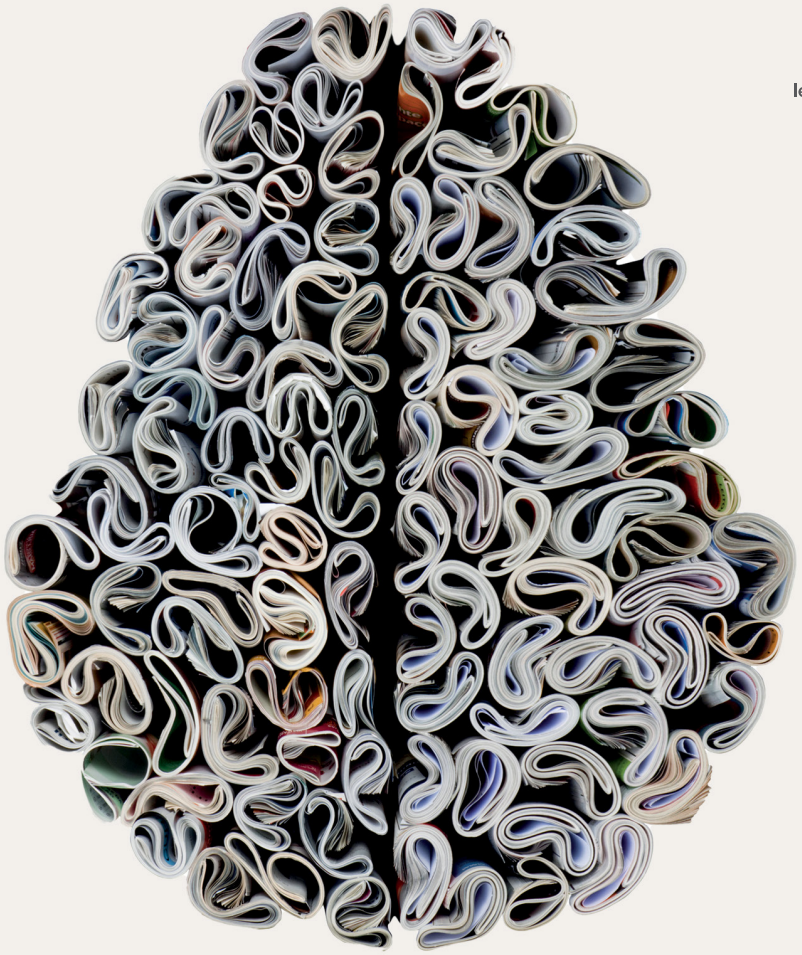


R. RISHI GUPTA, M.D., FRCSC, FASRS

Chirurgie et maladies de la rétine et du vitré
Département d'ophtalmologie et des sciences visuelles
Université Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse

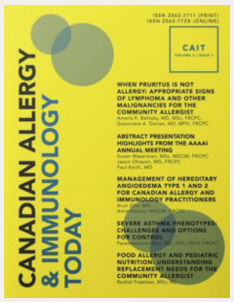
catalytic health

les esprits médicaux se réunissent ici



Les esprits médicaux se réunissent ici.

En tant que plus grand éditeur médical indépendant au Canada, nos revues scientifiques en libre accès et évaluées par les pairs constituent une ressource pratique pour les professionnels de la santé canadiens. Nous publions actuellement des revues spécialisées dans les domaines de l'allergie et de l'immunologie, de la dermatologie, de l'hématologie, de l'ophtalmologie, de la diabétologie et de l'endocrinologie, de la gastroentérologie, des soins primaires, de la santé des femmes, de la rhumatologie et de l'oncologie, de la pneumologie. Notre catalogue ne cesse de s'agrandir avec de nouveaux titres prévus.







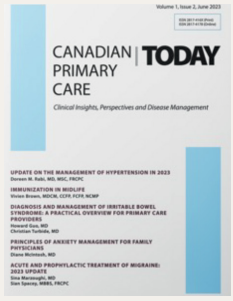




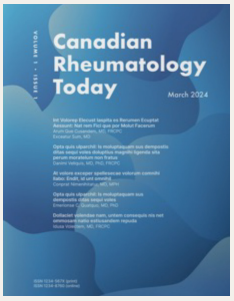


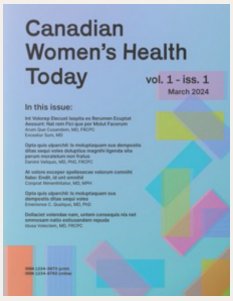












MESSAGE DE LA RÉDACTION

Chère communauté canadienne des soins oculaires,

Ce fut merveilleux de vous voir si nombreux à l'American Academy of Ophthalmology (AAO) à Chicago il y a quelques semaines! Ce journal a connu une année inaugurale vraiment monumentale. Merci à tous nos auteurs, à nos partenaires publicitaires, et surtout à nos lecteurs qui nous ont fait part de leurs vifs encouragements et de leurs formidables commentaires quant à la qualité du journal et à son rôle dans la diffusion de connaissances pratiques sur l'approche canadienne des soins des yeux et la prise en charge des maladies oculaires.

Notre numéro actuel présente quelques excellents articles sur le thème de l'imagerie, notamment un article sur l'utilité clinique de l'angiographie par tomographie par cohérence optique (A-TCO) et un autre sur les applications cliniques de la TCO dans le glaucome. Il présente également deux articles sur l'examen du segment antérieur par TCO, qui intéresseront tout prestataire de soins ophtalmologiques complets, ainsi qu'une analyse des options et du processus décisionnel en chirurgie réfractive chez les myopes.

Nous espérons que ces articles vous seront très utiles et nous vous remercions pour votre fidélité à notre lectorat. N'hésitez pas à partager notre lien d'inscription sur catalytichealth.com/cect/avec vos pairs afin qu'ils puissent, eux aussi, s'abonner aux futurs numéros! Si jamais vous souhaitez lire un article archivé, veuillez consulter le site Web du journal à l'adresse www.canadianeyecaretoday.com.

Et, bien sûr, à cette époque de l'année, nous ne manquons pas l'occasion de vous souhaiter à tous, ainsi qu'à vos familles, de merveilleuses et paisibles fêtes de fin d'année.

Portez-vous bien et à bientôt en 2023!

Avec nos meilleures salutations,

Clara C. Chan, M.D., FRCSC, FACS

R. Rishi Gupta, M.D., FRCSC, FASRS

Hady Saheb, M.D., MPH



TABLE DES MATIÈRES

Utilité clinique de l'A-TCO 07

Samantha Orr, M.D., BMSc
Mohammad Ali Khan, MSc
Netan Choudhry, M.D., FRCSC, DABO

Chirurgie réfractive de la myopie : revue des options et du processus décisionnel 12

Cristina Bostan, M.D., MSc, FRCSC
Julia Talajic, M.D., MPH, FRCSC
Johanna Choremis, M.D., FRCSC

Applications cliniques de la tomographie par cohérence optique (TCO) dans le glaucome 20

Hady Saheb, M.D., MPH, FRCSC
Ali Salimi, M.D., MSc

Tomographie par cohérence optique du segment antérieur du globe oculaire : un outil pratique pour le prestataire de soins ophtalmologiques complets 26

Matthew Bujak, M.D., FRCSC
Arshdeep Marwaha, BSc

À PROPOS DES AUTEURS



NETAN CHOUDHRY, M.D., FRCSC, DABO : Le Dr Netan Choudhry est cofondateur et directeur médical de la clinique privée Vitreous Retina Macula Specialists de Toronto. Chirurgien vitréo-rétinien de renommée internationale, il est affilié à l'Université de Toronto, à la Harvard Medical School et à la Cleveland Clinic Canada. Ses publications sont connues au niveau mondial, et il est considéré comme un leader d'opinion dans le domaine de l'imagerie rétinienne, du diagnostic et du traitement des troubles rares de la rétine et du vitré.



SAMANTHA ORR, M.D., BMSC : Samantha Orr est une jeune diplômée en médecine de la faculté de médecine et de dentisterie Schulich (promotion 2022). Elle bénéficie actuellement d'une bourse de recherche sur la rétine et collabore avec le Dr Netan Choudhry. Elle s'intéresse surtout à l'évolution rapide de l'utilité clinique de l'imagerie ophtalmique, inspirée par son expérience antérieure de technicienne en ophtalmologie.



MOHAMMAD ALI KHAN, MSc : Mohammad Ali Khan est étudiant en médecine à l'Université McMaster (promotion 2023) et titulaire d'une maîtrise en mathématiques et en statistiques. Il s'intéresse particulièrement à l'application de l'intelligence artificielle aux modalités d'imagerie ophtalmique, à la physiopathologie et au pronostic des maladies.

Utilité clinique de l'A-TCO

Samantha Orr, M.D., BMSc; Mohammad Ali Khan, MSc et Netan Choudhry, M.D., FRCSC, DABO

INTRODUCTION

L'angiographie par tomographie par cohérence optique (A-TCO) est une nouvelle technologie qui permet de produire de façon rapide et non effractive des images de la circulation sanguine avec une résolution inégalée de toutes les couches vasculaires de la rétine et de la choroïde. Cette technologie remonte à 2005, lorsque des chercheurs ont démontré que la circulation sanguine pouvait être visualisée à l'aide de la TCO à source balayée (TCO-SB) grâce aux propriétés du signal Doppler.[1] Depuis lors, les progrès réalisés ont permis à la technologie de devenir de plus en plus accessible à la communauté clinique et a facilité le diagnostic ainsi que le suivi des patients. Cet article de synthèse met l'accent sur des exemples de maladies ophtalmiques pour lesquelles l'A-TCO offre une utilité clinique considérable, notamment la rétinopathie diabétique, la dégénérescence maculaire liée à l'âge, les occlusions veineuses rétiniennes, le syndrome des taches blanches et les premières recherches sur les maladies neurodégénératives.

RÉTINOPATHIE DIABÉTIQUE

Dans la rétinopathie diabétique (RD), l'A-TCO permet de diagnostiquer, de surveiller et même de faciliter la détection précoce des modifications rétiniennes chez les patients diabétiques.[2-4] Une étude menée en 2019 a utilisé l'A-TCO pour comparer la densité capillaire perfusée (DCP) chez les patients diabétiques et des sujets témoins sains. Dans cette étude, les patients diabétiques ont été subdivisés en catégories selon qu'ils étaient atteints de RD non proliférante (RDNP), RD proliférante (RDP), ou d'aucune RD.[2] Les patients diabétiques sans signes cliniques de RD présentaient une DCP significativement plus élevée que celle du groupe témoin, ce qui a permis des mesures objectives des modifications vasculaires précliniques de la rétine. Les chercheurs ont émis l'hypothèse que cette augmentation de la DCP pouvait être liée au recrutement accru de capillaires et à la dilatation des capillaires.[2] Dans les groupes atteints de RDNP et de RDP, la DCP a diminué progressivement. L'A-TCO présente également des avantages notables par rapport à l'angiographie à la fluorescéine (AF) qui représente la norme actuelle. La RDP se caractérise par une ischémie de la rétine et la formation d'une néovascularisation (NV) à l'interface vitréo-rétinienne.[2] L'A-TCO permet de mesurer ces NV rétiniennes par l'observation de signaux provenant du flux sanguin supra-rétinien au-dessus de la membrane limitante interne (MLI) ou en cas d'invagination de la MLI. Une étude menée en 2020 a comparé l'A-TCO grand champ à l'AF ultra-grand champ (AF-UGC) et à la photographie du fond d'œil en couleur ultra-grand champ (FC-UGC) afin de détecter la NV rétinienne dans les yeux atteints de RDP[3]. L'étude a démontré que l'A-TCO grand champ peut identifier une NV encore indiscernable sur la FC-UGC, et représente une solution plus rapide et plus sûre pour remplacer l'AF-UGC aux fins de surveillance de la RDP avec une précision diagnostique comparable. L'A-TCO peut également permettre de différencier les NV subtiles de microanévrismes, dont l'aspect peut être similaire sur l'AF[4]. Une autre étude a démontré l'utilité de l'A-TCO grand champ par le biais de la superposition du flux sanguin sur des balayages en mode B (modulation de brillance) en coupe transversale lors de la stadification et du pronostic de la RD[5]. Les anomalies microvasculaires intrarétiniennes (AMIR) sont visibles sur l'A-TCO sous forme de vaisseaux collatéraux dans la rétine[5]. Étant donné que la présence d'AMIR indique une transition vers une RDNP grave, l'A-TCO grand champ peut faciliter l'identification des yeux exposés à un risque élevé de RD (**Figure 1**).

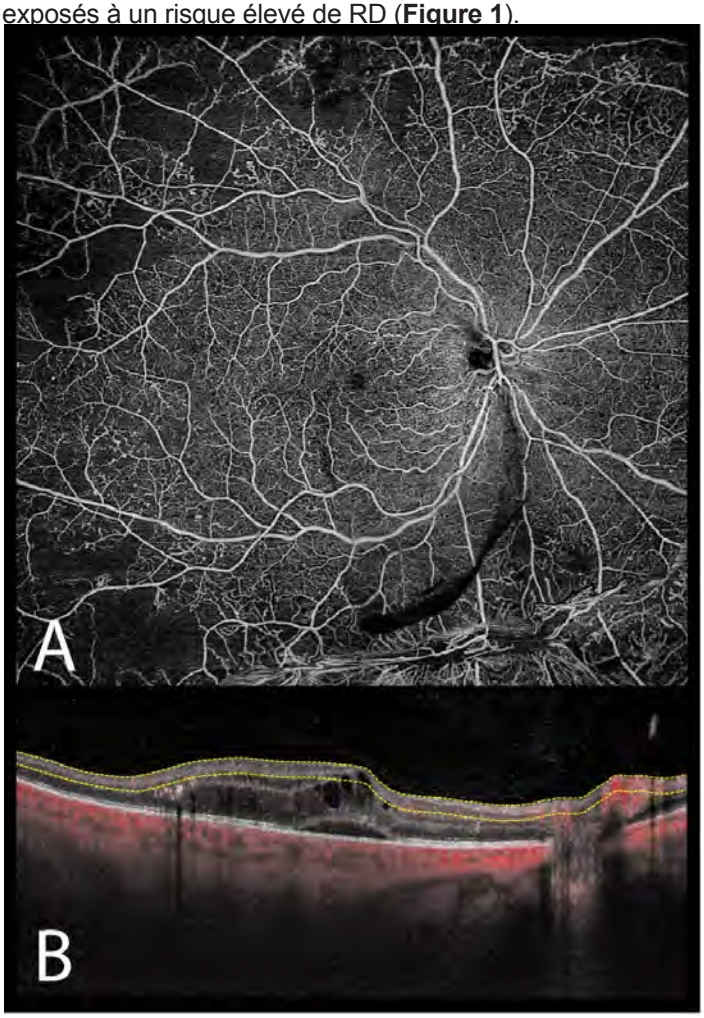


Figure 1 : *Imagerie A-TCO grand champ de la rétinopathie diabétique acquise par l'ophtalmoscope Zeiss Plex Elite 9000 (Oberkochen, Allemagne). A-TCO grand champ du plexus vasculaire supérieur (A) montrant des zones de non-perfusion, d'élagage des vaisseaux, d'hème prérétinien et de formation d'une néovascularisation. Balayage en mode B du flux correspondant (B) montrant le liquide sous-rétinien et intrarétinien.*

DÉGÉNÉRESCENCE MACULAIRE NÉOVASCULAIRE LIÉE À L'ÂGE NON EXSUDATIVE

Ces dernières années, l'utilisation clinique généralisée de l'A-TCO a permis de mieux explorer la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) accompagnée d'une néovascularisation maculaire (NVM) sans liquide maculaire ni fuite sur l'AF (**Figure 2**).[6,7] Cette pathologie, initialement décrite dans les années 1970, est appelée DMLA néovasculaire non exsudative.[6,7] L'utilisation de l'imagerie A-TCO en-face en corrélation avec la superposition du flux sanguin acquis par balayage en mode B permet de détecter et de surveiller une NVM de manière fiable (**Figure 2**). [6] Ces yeux présentent un risque accru d'exsudation par rapport aux yeux atteints de DMLA non néovasculaire.[6,8–10] L'incidence estimée d'une nouvelle exsudation lorsque l'autre œil présentait une DMLA exsudative était d'environ 25 % sur différentes périodes de suivi allant de 6 à 20 mois.[7] Le développement d'une NVM a été proposé comme un possible biomarqueur pour prédire la conversion en DMLA exsudative.[7] Toutefois, des recherches longitudinales supplémentaires sont nécessaires, car cette observation n'a pas été élucidée de façon systématique dans toutes les études.[7] Bien qu'aucune étude clinique à répartition aléatoire n'ait été menée sur la prise en charge de la DMLA néovasculaire non exsudative, le consensus est qu'elle ne doit pas être traitée, mais plutôt surveillée.[6,7] Selon certaines études, cette néovascularisation pourrait avoir un effet protecteur contre l'atrophie géographique (AG), car les résultats d'un certain nombre de ces études démontrent un taux plus faible de croissance des lésions AG et la survie de l'EPR dans les zones de NVM avec atrophie adjacente.[6,7,9] Les technologies TCO et A-TCO permettent aux ophtalmologistes de surveiller étroitement ces patients pour détecter la survenue d'une exsudation nécessitant l'instauration précoce d'un traitement.

OCCLUSIONS VEINEUSES RÉTINIENNES

Dans les occlusions veineuses rétiniennes (OVR), l'A-TCO est devenue particulièrement utile par sa capacité à définir des détails microvasculaires spécifiques dans les plexus superficiels et profonds de la rétine, et à fournir des mesures de la zone avasculaire fovéale (ZAF) avec une résolution en profondeur. La taille de la ZAF mesurée séparément dans les plexus vasculaires superficiels et profonds est significativement plus grande dans les yeux

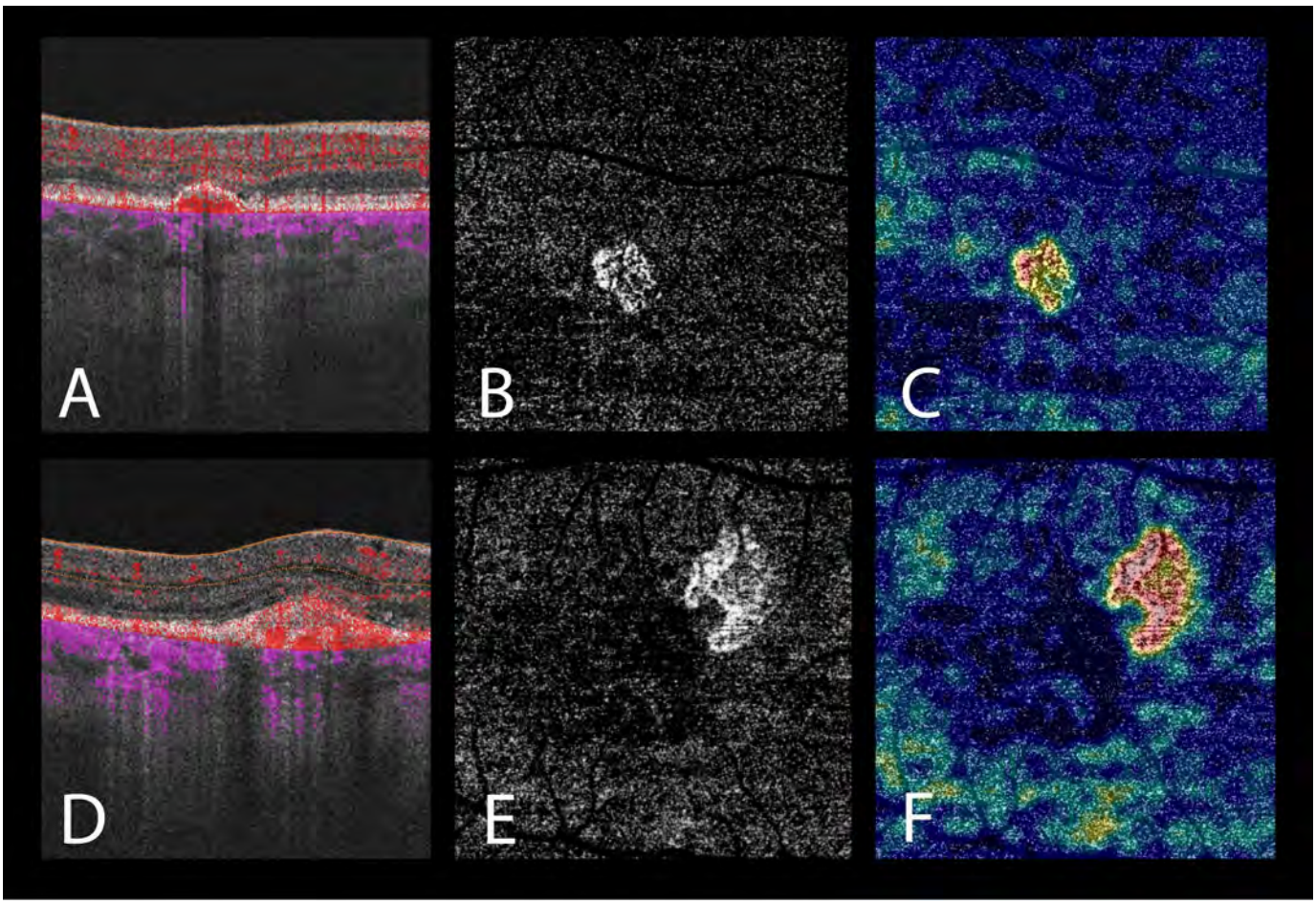


Figure 2 : *Image d'une dégénérescence maculaire néovasculaire non exsudative liée à l'âge acquise par A-TCO (Topcon DRI Triton, Tokyo, Japon). Balayage en mode B (coupe transversale) avec superposition du flux (A) montrant un décollement de l'épithélium pigmentaire sans liquide sous-rétinien ou intrarétinien. L'A-TCO de la rétine externe (B) révèle une néovascularisation choroïdienne. La cartographie de la densité de perfusion de la rétine externe (C) met en évidence la zone de néovascularisation. Images de suivi après survenue d'une exsudation et traitement, dont balayage en mode B avec superposition du flux (D), A-TCO de la rétine externe (E) et cartographie de la densité de perfusion (F).*

présentant des OVR par rapport aux autres yeux, une mesure que la norme clinique utilisant l'AF ne permet pas.[11] Il a été démontré que la surface accrue de la ZAF dans le plexus vasculaire superficiel (PVS) est en corrélation avec une acuité visuelle plus faible en cas d'OVR.[11] L'A-TCO et l'AF peuvent évaluer des zones de non-perfusion centrale et périphérique. Toutefois, l'utilisation de l'A-TCO dans le but de mieux déterminer l'étendue et la gravité de la non-perfusion a des implications pronostiques importantes. Bien que l'œdème maculaire soit souvent responsable d'une perte de vision en présence d'OVR, les lésions des photorécepteurs dues à la non-perfusion peuvent entraîner une vision constamment médiocre.[12] Plus précisément, une ischémie maculaire de grade 4, selon la classification de Bradley, est associée à de mauvais résultats visuels.[12] Par contre, l'ischémie maculaire de grades 2 et 3 ne présente pas de corrélation aussi significative.[12] L'A-TCO permet également de visualiser les modifications microvasculaires, notamment la tortuosité vasculaire, la télangiectasie et le développement de vaisseaux collatéraux.[13]

SYNDROMES DES TACHES BLANCHES

L'utilisation de l'A-TCO dans les syndromes des taches blanches a fourni un éclairage sur la physiopathologie, le diagnostic et la prise en charge de la maladie.[14-17] Quoique ces syndromes soient rares et puissent être cliniquement similaires, l'A-TCO a permis de mieux caractériser et différencier ces pathologies. Alors que les lésions observées dans le syndrome des taches blanches évanescentes et multiples (STBEM) et l'épithéliopathie pigmentaire placoïde multifocale postérieure aiguë (EPPMPA) présentent des caractéristiques cliniques similaires,[14-18] l'utilisation de la technologie TCO et A-TCO permet de distinguer des processus physiopathologiques différents pour ces affections. L'A-TCO normale de la choriocapillaire dans le STBEM a montré que la choriocapillaire n'est probablement pas pathologique, mais qu'il s'agit plutôt d'un processus inflammatoire primaire des photorécepteurs[15]. Dans le cas de l'EPPMPA, l'A-TCO révèle des plages éparses privées de flux sanguin dans la choriocapillaire (**Figure 3**) coïncidant avec des lésions inflammatoires, ce qui suggère une ischémie primaire de la choriocapillaire avec un effet secondaire sur les couches rétiniennes externes et l'épithélium pigmentaire rétinien[16]. Bien que le STBEM et l'EPPMPA soient généralement autolimités, il est important de faire la distinction entre ces deux pathologies. Le STBEM peut être confondu avec une choroïdite multifocale, une syphilis et un lymphome vitréo-rétinien.[14] Dans de rares cas, l'EPPMPA peut se

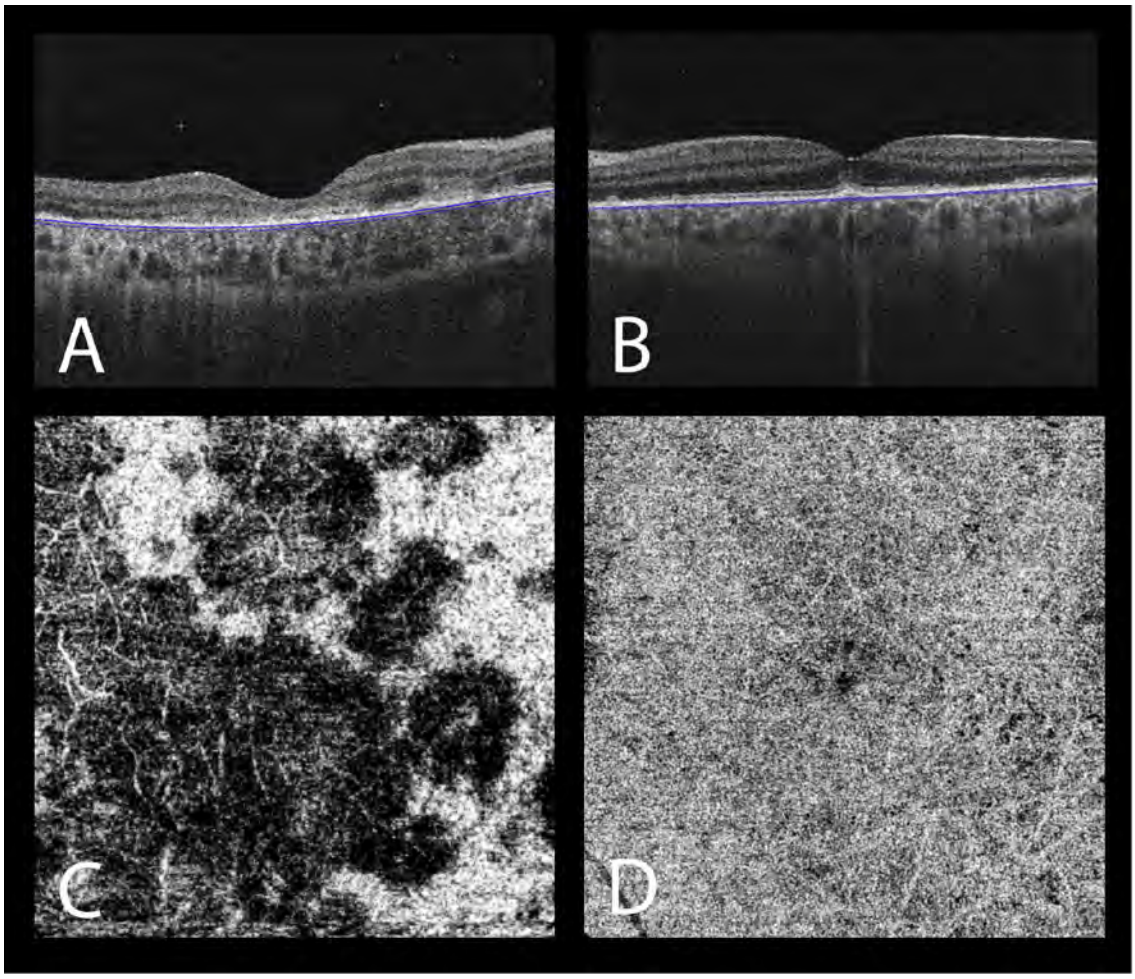


Figure 3 : *Image d'une épithéliopathie pigmentaire placoïde multifocale postérieure aiguë et du syndrome des taches blanches évanescentes et multiples acquise par A-TCO (Topcon DRI Triton, Tokyo, Japon). EPPMPA : un seul balayage en mode B (coupe transversale) à travers la fovéa (A) montre une hyperréflectivité accrue dans la couche nucléaire externe et des marbrures de l'EPR. L'A-TCO 6 x 6 de la choriocapillaire (C) montre des plages éparses de non-perfusion. STBEM : un seul balayage en mode B (coupe transversale) à travers la fovéa (B) montre des zones focales avec rupture de la zone ellipsoïde. L'A-TCO 6 x 6 de la choriocapillaire (D) montre une vascularisation normale sans plages éparses de non-perfusion.*

compliquer d'une vascularisation du système nerveux central.[14] L'utilité de l'A-TCO pour détecter une néovascularisation choroïdienne est bien connue.[17] Elle est utile dans les syndromes des taches blanches tels que la choriorétinopathie de type Birdshot et la chordite multifocale idiopathique avec panuvéite (CMFIP), qui peuvent entraîner une néovascularisation secondaire à l'ischémie et nécessiter un traitement.[14,17] Une absence ou une réduction du flux sanguin dans la choriocapillaire est observée sur l'A-TCO dans d'autres syndromes des taches blanches, tels que la maculopathie idiopathique aiguë (MIA) et la chordite serpigineuse ou de type serpigineux.[14,17] Inversement, la neurorétinopathie maculaire aiguë (NMA) est associée à une ischémie du plexus capillaire profond.[14]

MALADIES NEURODÉGÉNÉRATIVES

L'utilisation de l'A-TCO chez les patients atteints de maladies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer (MA) est un domaine de recherche en pleine évolution.[19–23] Étant donné les similitudes entre la microvascularisation de la rétine et celle du cerveau, les résultats de l'A-TCO relatifs à la vascularisation rétinienne peuvent avoir une valeur diagnostique ou prédictive des maladies neurodégénératives.[19] Chez les patients atteints de MA, certaines études ont rapporté des résultats statistiquement significatifs de l'A-TCO par rapport aux groupes témoins, et d'autres ont constaté des corrélations entre les mesures A-TCO et les scores cognitifs obtenus dans des tests tels que l'Évaluation cognitive de Montréal (MoCA).[20,22,24,25] Les yeux de ces patients ont permis d'observer une diminution significative de la densité vasculaire dans le PVS.[20] Certaines études ont également rapporté une diminution significative de la densité du plexus vasculaire profond (PVP) et du niveau des capillaires péripapillaires radiaux, bien que cela n'ait pas été reproduit de manière fiable.[20–22] Un algorithme d'apprentissage automatique a utilisé l'imagerie rétinienne multimodale et les renseignements des patients pour détecter la MA avec un taux de réussite raisonnable (ASC de 0,841 dans le modèle le plus performant). [25] L'algorithme a accordé une attention particulière à la taille de la ZAF ainsi qu'à la densité du plexus vasculaire superficiel (PVS) pour faciliter la différenciation.[25] Chez les patients ne présentant aucun diagnostic de déficience cognitive ou de démence, la densité du PVS était en corrélation avec les résultats des tests cognitifs.[19] Ces résultats pourraient influer sur la détection précoce des changements cognitifs.[19] Des recherches supplémentaires avec une acquisition normalisée de l'A-TCO et des approches longitudinales sont nécessaires pour élucider tout le potentiel de l'A-TCO dans le domaine du déclin cognitif.[20,22]

CONCLUSION

L'A-TCO s'impose comme un outil précieux qui fournit aux cliniciens des informations diagnostiques utiles pour de nombreuses maladies rétiniennes, ainsi que des renseignements qui peuvent faciliter la prise en charge de la maladie. De plus, son utilisation ne s'arrête pas à la rétine et apporte un éclairage sur d'autres pathologies oculaires, voire des maladies systémiques. Les données probantes sur l'A-TCO en pratique clinique ne cessent de s'accumuler, avec de nouvelles études publiées chaque année qui fournissent des renseignements importants sur la nature et le traitement des maladies. L'A-TCO présente des avantages par rapport à la norme actuelle d'imagerie vasculaire ophtalmique, car elle permet l'acquisition rapide d'images non effractives et reproductibles. Malgré ces avantages, les données cliniques reposant sur l'A-TCO en sont encore aux premiers stades de développement et d'autres études cliniques sont nécessaires pour permettre la mise en œuvre de cette modalité d'imagerie dans les lignes directrices sur diverses maladies ophtalmiques. La normalisation des protocoles d'imagerie et la gestion des artéfacts seront essentielles à une adoption généralisée de cette nouvelle technologie.

Références

1. *Spaide RF, Fujimoto JG, Waheed NK, Sadda SR, Staurenghi G. Optical coherence tomography angiography. Prog Retin Eye Res. 2018;64:1. doi:10.1016/J.PRETEYERES.2017.11.003*
2. *Rosen RB, Andrade Romo JS, Krawitz BD, et al. Earliest Evidence of Preclinical Diabetic Retinopathy Revealed Using Optical Coherence Tomography Angiography Perfused Capillary Density. Am J Ophthalmol. 2019;203:103-115. doi:10.1016/J.AJO.2019.01.012*
3. *Pichi F, Smith SD, Abboud EB, et al. Wide-field optical coherence tomography angiography for the detection of proliferative diabetic retinopathy. Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol. 2020;258:1901-1909. doi:10.1007/s00417-020-04773-x*
4. *Hwang TS, Jia Y, Gao SS, et al. Optical Coherence Tomography Angiography Features of Diabetic Retinopathy. Retina. 2015;35(11):2371-2376. doi:10.1097/IAE.0000000000000716*
5. *Arya M, Sorour O, Chaudhri J, et al. Distinguishing Intraretinal Microvascular Abnormalities from Retinal Neovascularization using Optical Coherence Tomography Angiography. Retin J Retin Vitr Dis. 2019;00(00):1-10. doi:10.1097/IAE.0000000000002671*
6. *De Oliveira Dias JR, Zhang Q, Garcia JMB, et al. Natural History of Subclinical Neovascularization in Nonexudative Age-Related Macular Degeneration Using Swept-Source OCT Angiography. Ophthalmology. 2018;125(2):255-266. doi:10.1016/j.ophtha.2017.08.030*
7. *Laiginhas R, Yang J, Rosenfeld PJ, Falcão M. Non-Exudative Macular Neovascularization – A systematic review of prevalence, natural history, and recent insights from OCT angiography. Ophthalmol Retin. 2020;4(7):651-661. doi:10.1016/J.ORET.2020.02.016*
8. *Yanagi Y, Mohla A, Lee SY, et al. Incidence of Fellow Eye Involvement in Patients With Unilateral Exudative Age-Related Macular Degeneration. JAMA Ophthalmol. 2018;136(8):905. doi:10.1001/JAMAOPHTHALMOL.2018.2154*
9. *Capuano V, Miere A, Querques L, et al. Treatment-Naive Quiescent Choroidal Neovascularization in Geographic Atrophy Secondary to Nonexudative Age-Related Macular Degeneration. Am J Ophthalmol. 2017;182:45-55. doi:10.1016/j.ajo.2017.07.009*
10. *Heiferman MJ, Fawzi AA. Progression of subclinical choroidal neovascularization in age-related macular degeneration. PLoS One. 2019;14(6). doi:10.1371/JOURNAL.PONE.0217805*
11. *Ouederni M, Khalifa MBH, Sassi H, Nefaa F, Ayed O, Cheour M. Quantitative Analysis of Microvascular Network with Optical Coherence Tomography Angiography and its Correlation with Visual Acuity in Retinal Vein Occlusion. J Curr Ophthalmol. 2021;33:453-460. doi:10.4103/JOCO.JOCO_163_21*
12. *Mejía ME, Ríos HA, Rosenstiehl S, Rodríguez FJ. Optical coherence tomography angiography as predictor of visual outcomes in retinal vein occlusion treated with antiangiogenic therapy. Eur J Ophthalmol. 2022;0(0):1-7. doi:10.1177/11206721221099487*
13. *Tsai G, Banaee T, Conti FF, Singh RP. Optical coherence tomography angiography in eyes with retinal vein occlusion. J Ophthalmic Vis Res. 2018;13(3):315-332. doi:10.4103/jovr.jovr_264_17*
14. *Pradas M, Rodriguez-Merchante MP, Estébanez N, et al. Navigating the White Dot Syndromes with Optical Coherence Tomography (OCT) and OCT Angiography (OCT-A). Ocul Immunol Inflamm. 2022:1-11. doi:10.1080/09273948.2022.2046798*
15. *Agarwal A, Invernizzi A. The Role of Optical Coherence Tomography and Optical Coherence Tomography Angiography in the Differential Diagnosis of Posterior Uveitis. Ocul Immunol Inflamm. 2022:1-8. doi:10.1080/09273948.2022.2071743*
16. *Testi I, Modugno RL, Pavesio C. Multimodal imaging supporting the pathophysiology of white dot syndromes. J Ophthalmic Inflamm Infect. 2021;11(32):1-7. doi:10.1186/S12348-021-00261-3*
17. *Pichi F, Sarraf D, Morara M, Mazumdar S, Neri P, Gupta V. Pearls and pitfalls of optical coherence tomography angiography in the multimodal evaluation of uveitis. J Ophthalmic Inflamm Infect. 2017;7(20):1-12. doi:10.1186/S12348-017-0138-Z*
18. *Pichi F, Srivastava SK, Chexal S, et al. En face optical coherence tomography and optical coherence tomography angiography of multiple evanescent white dot syndrome: New insights into pathogenesis. Retina. 2016;36:S178-S188. doi:10.1097/IAE.0000000000001255*
19. *Fang M, Strand K, Zhang J, et al. Retinal vessel density correlates with cognitive function in older adults. Exp Gerontol. 2021;152:1-6. doi:10.1016/j.exger.2021.111433*
20. *Wang X, Zhao Q, Tao R, et al. Decreased Retinal Vascular Density in Alzheimer's Disease (AD) and Mild Cognitive Impairment (MCI): An Optical Coherence Tomography Angiography (OCTA) Study. Front Aging Neurosci. 2021;12:1-10. doi:10.3389/fnagi.2020.572484*
21. *Abraham AG, Guo X, Arsiwala LT, et al. Cognitive decline in older adults: What can we learn from optical coherence tomography (OCT)-based retinal vascular imaging? J Am Geriatr Soc. 2021;69:2524-2535. doi:10.1111/JGS.17272*
22. *Yan Y, Wu X, Wang X, et al. The Retinal Vessel Density Can Reflect Cognitive Function in Patients with Alzheimer's Disease: Evidence from Optical Coherence Tomography Angiography. J Alzheimer's Dis. 2021;79:1307-1316. doi:10.3233/JAD-200971*
23. *Wang X, Wei Q, Wu X, et al. The vessel density of the superficial retinal capillary plexus as a new biomarker in cerebral small vessel disease: an optical coherence tomography angiography study. Neurol Sci. 2021;42:3615-3624. doi:10.1007/S10072-021-05038-Z*
24. *Lee MJ, Abraham AG, Swenor BK, Sharrett AR, Ramulu PY. Application of optical coherence tomography in the detection and classification of cognitive decline. J Curr Glaucoma Pract. 2018;12(1):10-18. doi:10.5005/JP-JOURNALS-10028-1238*
25. *Wisely CE, Wang D, Henao R, et al. Convolutional neural network to identify symptomatic Alzheimer's disease using multimodal retinal imaging. Br J Ophthalmol. 2022;106(3):388-395. doi:10.1136/BJOPHTHALMOL-2020-317659*

À PROPOS DES AUTEURES



CRISTINA BOSTAN, M.D., MSc, FRCSC , DABO : La Dre Bostan est titulaire d'une bourse de recherche en chirurgie réfractive, pathologies de la cornée et maladies externes au Cole Eye Institute – Cleveland Clinic. Elle a combiné une maîtrise en sciences, un diplôme de médecine et un programme de résidence en ophtalmologie sur le volet clinicien-chercheur de l'Université de Montréal. Les travaux de recherche de la Dre Bostan sont centrés sur l'accélération de la transposition des nouveaux traitements de la cornée et de la surface oculaire à la pratique clinique.



JULIA TALAJIC, M.D., MPH, FRCSC : La Dre Talajic est spécialiste de la cornée et de la chirurgie réfractive au centre universitaire d'ophtalmologie (CUO) de l'hôpital Maisonneuve-Rosemont et professeure adjointe d'ophtalmologie à l'Université de Montréal. Après avoir terminé sa résidence en ophtalmologie à l'Université de Montréal, elle a bénéficié d'une bourse de recherche accordée par le Devers Eye Institute à Portland. Elle est également titulaire d'une maîtrise en santé publique de l'Université John's Hopkins.



JOHANNA CHOREMIS, M.D., FRCSC : La Dre Choremis est spécialiste de la cornée et de la chirurgie réfractive au centre universitaire d'ophtalmologie (CUO) de l'hôpital Maisonneuve-Rosemont et professeure adjointe d'ophtalmologie à l'Université de Montréal et à l'Université McGill. Elle a effectué sa résidence en ophtalmologie à l'Université McGill et a bénéficié d'une bourse de recherche accordée par l'Université Tufts de Boston.

Chirurgie réfractive de la myopie : revue des options et du processus décisionnel

Cristina Bostan, M.D., MSc, FRCSC, DABO ; Julia Talajic, M.D., MPH, FRCSC et Johanna Choremis, M.D., FRCSC

Il existe aujourd'hui de nombreuses options pour les patients souhaitant une correction chirurgicale de la myopie. Le défi consiste à choisir la bonne procédure pour le bon patient. Cet article présente un aperçu des options actuelles de la chirurgie réfractive et traite des considérations cliniques et d'imagerie dans la prise de décision.

OPTIONS ACTUELLES DE CHIRURGIE RÉFRACTIVE DE LA MYOPIE

Parmi les techniques réfractives actuellement utilisées pour la myopie (**Figure 1**), la *photokératectomie réfractive* (**PKR**) est la plus ancienne. La PKR consiste à enlever l'épithélium cornéen et à procéder à l'ablation du stroma à l'aide d'un laser à excimère, tout en respectant la membrane de Bowman. Le *kératomileusis in situ au laser* (**LASIK** – Laser-Assisted In-Situ Keratomileusis), popularisé dans les années 1990, a depuis remplacé la PKR pour devenir la norme de référence pour la correction de la myopie. Des études comparatives ne montrent aucune différence entre les résultats des deux techniques (**Tableau 1**), mais le LASIK est privilégié en raison de l'inconfort minimal pour le patient et de la récupération visuelle plus rapide.[1-3] Au cours de cette chirurgie, le chirurgien crée et élève un lambeau au niveau de la partie antérieure de la cornée, sans retrait de l'épithélium, et applique le laser à excimère directement sur le stroma. Les résultats de cette technique sont aujourd'hui très prédictibles grâce aux améliorations apportées, notamment l'utilisation du laser femtoseconde pour sculpter le lambeau, la préparation de lambeaux de forme elliptique pour améliorer leur adaptation, et l'enregistrement de l'iris pour assurer le centrage. L'utilisation de profils d'ablation personnalisés et optimisés en fonction du front d'onde (ablation guidée par le front d'onde et ablation guidée par la topographie) permet d'améliorer la préservation des tissus et la précision du traitement.[4-6]

L'extraction lenticulaire par petite incision (appelée **SMILE** – Small Incision Lenticule Extraction) consiste à utiliser un laser femtoseconde pour découper un noyau lenticulaire stromal de forme convexe correspondant à la correction myopique. Le noyau lenticulaire est ensuite extrait au travers d'une petite incision de 2 à 4 mm. Les résultats d'efficacité de SMILE sont comparables à ceux du LASIK.[7-10] La procédure élimine les problèmes liés à la création d'un lambeau, mais comporte elle-même des risques de complications, notamment un risque plus élevé d'ablation décentrée et d'extraction incomplète du noyau lenticulaire.[10] Les avantages prétendus sont une meilleure stabilité biomécanique[11] et la préservation du nerf cornéen[12]; cependant, une baisse correspondante de l'incidence de la sécheresse oculaire postopératoire[13] et de la kératectasie ne s'est pas reproduite d'une étude clinique à l'autre.[14,15] De plus, SMILE n'offre pas de profils personnalisés, et la récupération visuelle s'avère plus faible et plus lente par comparaison avec le LASIK personnalisé.[16-18] Ces limitations, auxquelles s'ajoute un manque d'études sur les possibilités de retraitement après une chirurgie SMILE,[19] ont ralenti l'adoption de cette intervention au Canada.

Les segments d'anneau cornéen intrastromal (**SACI**) sont indiqués en cas de myopie faible et de kératocône. Implantés dans le stroma aux deux tiers de la profondeur de la cornée, ils ajoutent du « tissu » en mi-périphérie et ont pour effet de raccourcir et d'aplatir l'arc au niveau de la cornée centrale[20]. L'ajout de « tissu » améliore ainsi la stabilité biomécanique. Un aplatissement plus important et une meilleure correction de la myopie sont obtenus avec des implants proportionnellement plus épais et de plus petit diamètre.[21] Les implants Intacs® (Addition Technology Inc.) sont les seuls SACI approuvés au Canada et sont proposés dans des épaisseurs allant de 0,21 à 0,45 mm.[22] Compte tenu des excellents résultats obtenus par LASIK dans la myopie faible, les chirurgiens réservent les SACI aux patients atteints de kératocône.

Les lentilles intraoculaires phaques (**LIO-p**) actuelles sont conçues pour être fixées à l'iris dans la chambre antérieure (Verisyse/Artisan, Ophtec B.V.) ou placées dans la chambre postérieure (lentille implantable en Collamer Visian, STAAR Surgical). Les lentilles Visian nécessitent une incision cornéenne de 3,2 mm pour être implantées dans l'œil et comportent une ouverture centrale afin de prévenir un blocage pupillaire et éviter les iridotomies. Les LIO-p sont contre-indiquées dans le cas de chambres antérieures peu profondes, d'angles étroits et d'un nombre trop faible de cellules endothéliales cornéennes. Elles sont efficaces, prédictibles et sûres.[23] Quoique les LIO-p produisent des résultats moins favorables dans les yeux fortement myopes que dans les cas de faibles erreurs de

réfraction, ces lentilles surpassent les chirurgies cornéennes soustractives dans ces yeux.[23]

L'échange de lentilles réfractives (**ELR**) est une procédure hors indication qui consiste à remplacer le cristallin transparent par une LIO afin de corriger les erreurs sphériques ou dues à un astigmatisme de toute nature. Bien que l'approche soit similaire à la chirurgie de la cataracte, l'analyse de la correction simultanée de la presbytie et le déploiement d'efforts pour minimiser la manipulation peropératoire revêtent une importance accrue dans cette procédure purement réfractive. Dans ce groupe particulier de patients, le risque de décollement de la rétine lié aux techniques actuelles est de 0 à 4 % – similaire à celui de la population myope générale,[24] mais il est plus élevé chez les jeunes patients, dans les yeux fortement myopes et de grande longueur axiale, ou touchés par une dégénérescence en palissade.[24, 25]

CHOISIR LA MEILLEURE OPTION

En l'absence de contre-indications – telles que grossesse, vision monoculaire et facteurs de risque de mauvaise cicatrisation[26] – les principaux éléments dont il faut tenir compte pour identifier les bons candidats à une chirurgie réfractive au laser sont la forme et l'épaisseur de la cornée, la réfraction manifeste et la réfraction cible, l'épaisseur du lit stromal (ELSR) estimée, l'âge, le cristallin et l'état d'accommodation. Le chirurgien doit distinguer les bons candidats des patients qui (1) ont besoin d'une pose de lentilles pour un résultat visuel optimal, (2) risquent de développer une kératectasie après l'intervention, ou (3) présentent une ectasie cornéenne franche avant l'intervention (**Figure 2**). L'ablation des tissus durant la chirurgie réfractive au laser compromet la stabilité biomécanique et, dans une cornée sensible, peut déclencher ou exacerber une ectasie.

Bons candidats pour la chirurgie cornéenne

Les patients jeunes dont les cornées sont saines, de forme normale et dont l'ELSR est estimée entre 275 µm et 300 µm sont des candidats idéaux pour le LASIK (**Figure 3**). La PKR est une meilleure option lorsque le LASIK est moins sûr du point de vue de la biomécanique, c'est-à-dire dans les cas où une erreur réfractive plus élevée est associée à une cornée mince et, par conséquent, une ELSR < 275 µm avec le LASIK (**Figure 4**). En dessous de ce seuil, le risque de kératectasie postopératoire est plus élevé, même en l'absence d'ectasie avant l'intervention. Par rapport au LASIK, la PKR ne nécessite aucune création de lambeau et permet d'obtenir une ELSR plus importante pour la même épaisseur cornéenne et la même réfraction manifeste.[27]

La PKR est également un meilleur choix dans les pathologies touchant la cornée antérieure, telles que la dystrophie de la membrane basale antérieure, les dystrophies stromales antérieures ou la présence de cicatrices. Sans traitement, ces pathologies peuvent limiter les résultats visuels après un LASIK et être à l'origine de défauts épithéliaux ou de coupes d'interface incomplètes lors de la création du lambeau.[27] Dans ces cas, la PKR élimine les problèmes liés aux lambeaux et peut également offrir une valeur thérapeutique. La tomographie par cohérence optique du segment antérieur est utile pour évaluer la profondeur et l'étendue des cicatrices ou des dystrophies stromales (**Figure 5**), ainsi que pour estimer la probabilité d'interférence avec la création d'un lambeau durant le LASIK ou la probabilité de réussite de l'ablation durant la PKR[27]. Les autres cas dans lesquels la PKR est privilégiée sont (1) les patients présentant un risque professionnel de luxation traumatique du lambeau, (2) les irrégularités cornéennes après une kératotomie radiale ou des greffes de cornée, et (3) les cornées exposées à un risque de complications telles que la survenue d'un capot libre ou d'une boutonnière pendant la création du lambeau.[27]

SMILE comporte les mêmes contre-indications que le LASIK.[28] Dans la plupart des cas, le choix entre les deux interventions relève de la préférence du patient et de l'expérience du chirurgien. Dans la mesure où aucun lambeau n'est nécessaire et l'inconfort postopératoire est moindre par rapport à la PKR, SMILE pourrait être privilégiée chez les patients présentant un risque de luxation traumatique du lambeau.[28] Le LASIK pourrait être préférable à SMILE dans les cas d'astigmatisme plus important, d'aberrations d'ordre supérieur ou d'irrégularités topographiques significatives, car l'enregistrement de l'iris et l'ablation personnalisée peuvent alors être utilisés pour améliorer les résultats.[16-18, 28]

Patients âgés presbytes ou présentant des modifications précoces du cristallin

L'échange de lentilles réfractives (ELR) peut être le meilleur choix chez les patients âgés presbytes ou présentant des modifications précoces du cristallin, même en l'absence de contre-indications aux chirurgies cornéennes. L'ELR offre l'avantage d'être une solution permanente, car elle cible la variable instable – le cristallin – alors que les chirurgies cornéennes n'offrent qu'une solution temporaire. Néanmoins, certains patients optent pour une chirurgie cornéenne lorsqu'ils savent qu'une chirurgie de la cataracte pourrait être nécessaire peu de temps après. La technique de monovision peut être utilisée pour traiter la presbytie de ces patients si une chirurgie cornéenne est choisie.

Cornées « limites » à risque de kératectasie postopératoire

Les facteurs de risque sont notamment un âge plus jeune, des erreurs réfractives importantes, une épaisseur plus fine évaluée par pachymétrie, une faible ELSR (< 275 µm) même en cas de PKR, des antécédents familiaux de kératocône et des antécédents personnels de réflexe de frottement des yeux.[29] Le chirurgien peut tenter de réduire le risque par une réticulation prophylactique du collagène cornéen (CXL) au cours d'une chirurgie LASIK, PKR ou SMILE – une combinaison de procédures que l'on désigne par « Xtra ». Les procédures « Xtra » permettraient de préserver la rigidité de la cornée et de diminuer la probabilité de kératectasie postopératoire et de régression myopique.[30] D'autres études sont toutefois nécessaires pour justifier leur utilisation systématique chez les patients présentant un risque élevé.[30] Ces patients subissent plus souvent une intervention faisant intervenir une lentille afin d'éviter un affaiblissement de la cornée. Si les LIO-p sont

préférables chez les patients plus jeunes, l'ELR est une meilleure option pour ceux qui ont plus 40 ans. Le chirurgien peut également décider d'observer le patient pour surveiller la façon dont les caractéristiques suspectes évoluent avant de procéder à la chirurgie.

Patients présentant une ectasie

La topographie cornéenne, la cartographie de l'épaisseur épithéliale et le logiciel Belin-Ambrosio Enhanced Ectasia Display (Pentacam, Oculus) sont essentiels pour détecter efficacement une ectasie cornéenne préopératoire. Face à des caractéristiques topographiques suspectes (**Figure 6**), la première étape consiste à exclure la présence d'un pseudo-kératocône résultant d'une acquisition d'image inadéquate, une sécheresse oculaire, une dystrophie de la membrane basale antérieure, une déformation de la cornée, un traumatisme ou la présence de cicatrices.[31] Une nouvelle topographie, un examen minutieux à la lampe à fente et une vérification des mires lors d'une kératoscopie peuvent faciliter le processus. La cartographie de l'épaisseur épithéliale est particulièrement utile (**Figure 7**). En cas de déformation, de traumatisme, de cicatrices et de dystrophie de la membrane basale antérieure, la cartographie épithéliale révèle une hyperplasie correspondant aux zones touchées. Toutefois, en présence d'un véritable kératocône, elle montre un amincissement épithélial au niveau du cône et un épaississement périphérique, même dans les cas précoces.[32] Cette caractéristique résulte d'un remodelage compensatoire de l'épithélium pour minimiser les modifications de la courbure cornéenne antérieure au fur et à mesure que le stroma fait saillie.[32]

L'introduction de la CXL a suscité un regain d'intérêt pour le rôle des chirurgies réfractives cornéennes dans la réadaptation visuelle des patients atteints de kératectasie. Les procédures appelées CXL-« Plus »,[33] associant la CXL thérapeutique à la photokératectomie thérapeutique (**PKT**), à la PKT guidée par la topographie ou aux SACI, sont devenues des approches prometteuses pour réduire les irrégularités cornéennes, les aberrations visuelles et l'intolérance aux lentilles de contact chez ces patients.

L'ablation de l'épithélium par PKT transépithéliale jusqu'à une profondeur de 50 µm pendant la CXL offre de meilleurs résultats visuels dans le kératocône que le débridement mécanique.[34,35] Ce fait est attribué à la pénétration du laser à excimère à travers l'épithélium jusqu'à la membrane de Bowman dans les zones où l'épithélium est le plus fin.[34] L'ablation différentielle de 10 µm de la membrane de Bowman au niveau de l'apex du cône permet ainsi d'obtenir une meilleure régularité de la cornée antérieure.[33] Le but de la CXL-PKR guidée par la topographie est d'aplatir la zone la plus cambrée (généralement inférieure) de la cornée par ablation myopique et de cambrer la zone la plus plate (supérieure) par ablation hypermétropique,[36] ce qui « égalise » la surface. Bien que les résultats de l'association CXL-PKR guidée par la topographie soient encourageants, il existe une controverse quant à son avantage sur la CXL seule, à sa prédictibilité, au calendrier des interventions, à l'utilisation de la mitomycine C et à son innocuité à long terme.[33, 37] Les SACI sont utilisés depuis longtemps dans le traitement du kératocône pour déplacer le cône vers le centre de la cornée et l'aplatir. Le calendrier et le protocole d'implantation optimaux des SACI en complément à la CXL font encore l'objet de débats. La réalisation simultanée de la CXL et de l'implantation des SACI semble offrir le plus grand avantage.[33]

Le degré d'astigmatisme et l'acuité visuelle sont des éléments importants intervenant dans le choix des procédures CXL-« Plus ».[38] Une CLX associée à une PKT peut être envisagée en cas d'astigmatisme léger lorsque l'ablation superficielle est jugée suffisante pour régulariser

Procédure	Plage de la sphère	Plage du cylindre	Efficacité (AVNC)	Prédictibilité (ES atteint par rapport à ES cible)
LASIK	≤ -10 D	≤ 4 D	84 à 94 % ≥ 20/20[4-6]	76 à 95 % ≤ 0,50 D[4-6]
PRK	≤ -10 D	≤ 4 D	82 à 94 % ≥ 20/20[39, 40]	83 à 98 % ≤ 0,50 D[39, 40]
SMILE	≤ -10 D	≤ 3 D	50 à 96 % ≥ 20/20[7-10]	80 à 100 % ≤ 0,50 D[7-10]
SACI (Intacs®)	≤ -3 D	-	69 % ≥ 20/20, 96 % ≥ 20/40[41]	6 9% ≤ 0,5 D[41]
LIO-p	≤ -20 D	≤ 6 D		
Artisan/Verisyse®			31 % ≥ 20/20; 84 % ≥ 20/40[42]	76,7 ≤ 0,5 D[42]
Visian ICL®			≤ -7 D : 72,4 % ≥ 20/20; 98,3 % ≥ 20/40[43]	84,7 ≤ 0,5 D[43]
			-7 D à -10 D : 62,7 % ≥20/20; 92,8 % ≥ 20/40[43]	71 % ≤ 0,5 D[43]
			>-10 D à -20 D : 37,5 % ≥ 20/20; 93,8 % ≥ 20/40[43]	56,9 % ≤ 0,5 D[43]
ELR	Toutes les plages	≤ 3 D	71,4 % à 83,7% avec une vision meilleure qu'avant l'intervention[25]	70,8 à 86,5 % ≤ 1,0 D[25]

Tableau 1: *Résumé de la plage de correction de la sphère et du cylindre, de l'efficacité et de la prédictibilité des options de chirurgie réfractive pour la myopie. LASIK, kératomileusis in situ par laser; PKR, photokératectomie réfractive; SMILE, extraction lenticulaire par petite incision; SACI, segments d'anneau cornéen intrastromal; LIO-p, lentille intraoculaire phaque; LIC, lentille de contact implantable en Collamer; ELR, échange de lentilles réfractives; AVNC, acuité visuelle non corrigée; ES, équivalent sphérique*

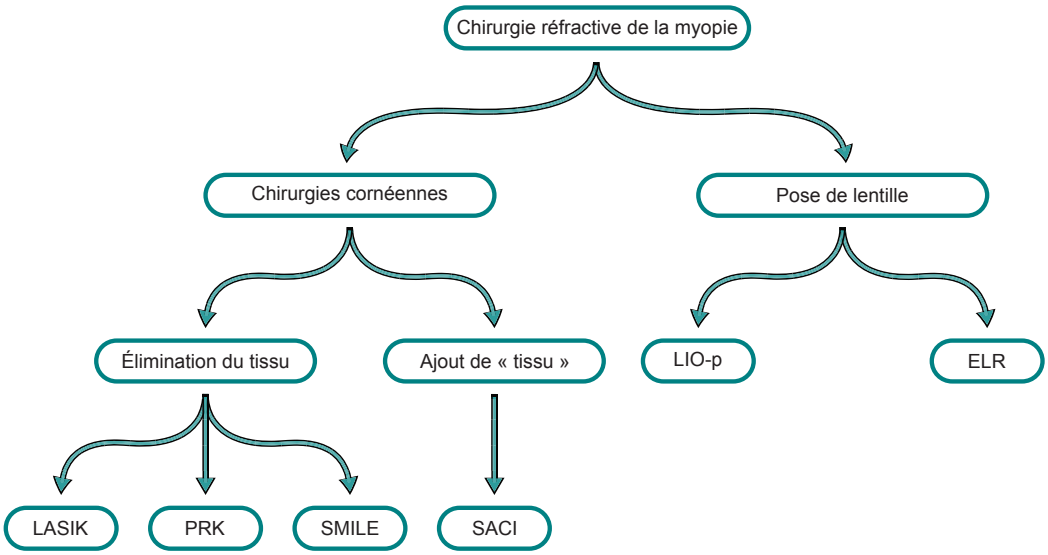


Figure 1 : *Classification des options de chirurgie réfractive de la myopie. LASIK, kératomileusis in situ par laser; PKR, photokératectomie réfractive; SMILE, extraction lenticulaire par petite incision; SACI, segments d'anneau cornéen intrastromal; LIO-p, lentille intraoculaire phaque; ELR, échange de lentilles réfractives.*

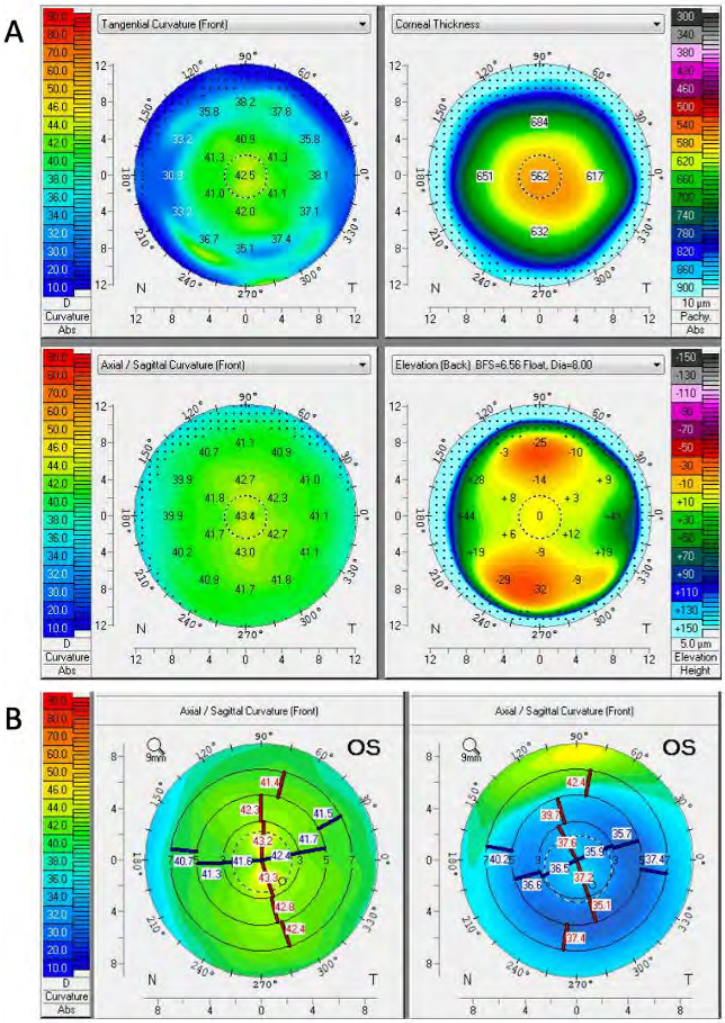


Figure 3 : *(A) Image Pentacam composite de quatre cartes de la cornée gauche normale d'un homme de 24 ans présentant une réfraction manifeste de -5,75 +0,50 x 95. Le Pentacam montre une épaisseur cornéenne normale et aucun signe d'ectasie cornéenne sur les cartes de courbure antérieure et d'élévation postérieure. Avec un lit stromal résiduel estimé à 322 µm et sans autre contre-indication, ce patient est un bon candidat pour la chirurgie LASIK. (B) Les cartes de courbure préopératoire (à gauche) et postopératoire (à droite) montrent un aplatissement de la surface centrale antérieure après une chirurgie LASIK de la myopie.*

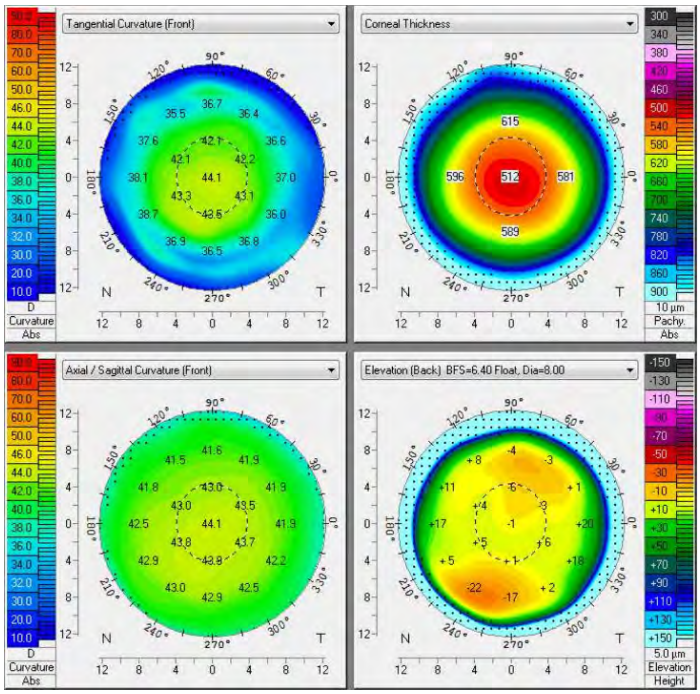


Figure 4 : *Image Pentacam composite de quatre cartes de la cornée gauche d'une femme de 22 ans présentant une réfraction manifeste de -10,75 +1,00 x 15. Il n'y a aucun signe d'ectasie, mais la cornée est assez mince et présente une épaisseur centrale de 512 µm. Compte tenu de l'erreur réfractive élevée et de la minceur de la cornée, le lit stromal résiduel estimé pour une chirurgie LASIK est inférieur à 250 µm. La PKR autorisant une ELSR de 313 µm, elle représente donc une meilleure option.*

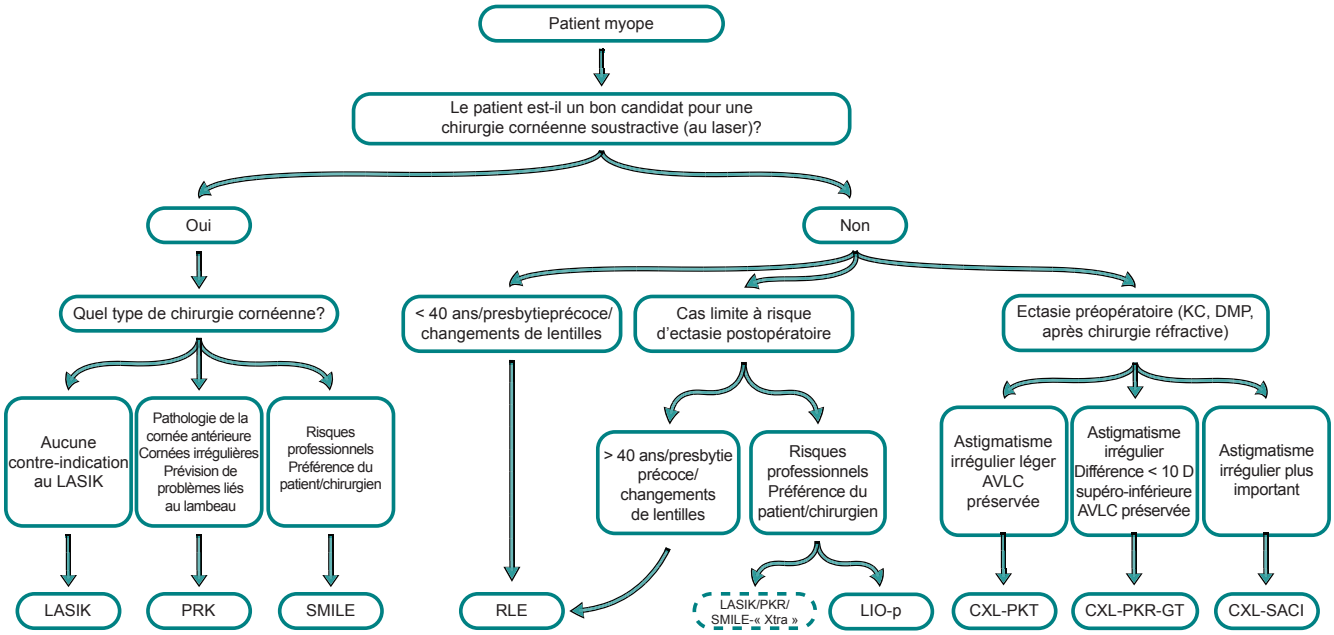


Figure 2 : *Schéma simplifié du processus décisionnel dans la correction réfractive de la myopie. KC, kératocône; DMP, dégénérescence marginale pellucide; AVLC, acuité visuelle de loin corrigée; LASIK, laser in situ keratomileusis; PKR, photokératectomie réfractive; SMILE, extraction lenticulaire par petite incision; ELR, échange de lentilles réfractives; LIO-p, lentille intraoculaire phaque; CXL, réticulation du collagène cornéen; PKT, photokératectomie thérapeutique; GT, guidé par la topographie; SACI, segments d'anneau cornéen intrastromal.*

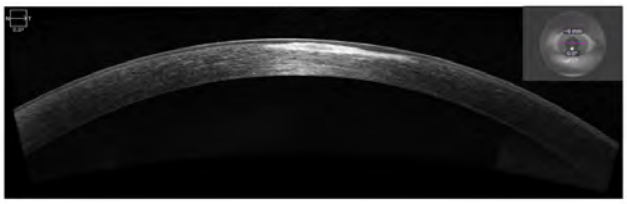


Figure 5 : *Tomographie par cohérence optique du segment antérieur montrant une hyperréflectivité focale au niveau d'une cicatrice stromale antérieure due à un ulcère causé par une lentille de contact. Il convient de noter l'hyperplasie épithéliale compensatoire sus-jacente. Compte tenu de sa profondeur et de sa localisation, cette cicatrice poserait un problème pour la création du lambeau durant la chirurgie LASIK. Une PKR est plus adaptée à ce cas et permet d'éviter les problèmes liés au lambeau ainsi que d'éliminer complètement la cicatrice pour obtenir un meilleur résultat visuel.*

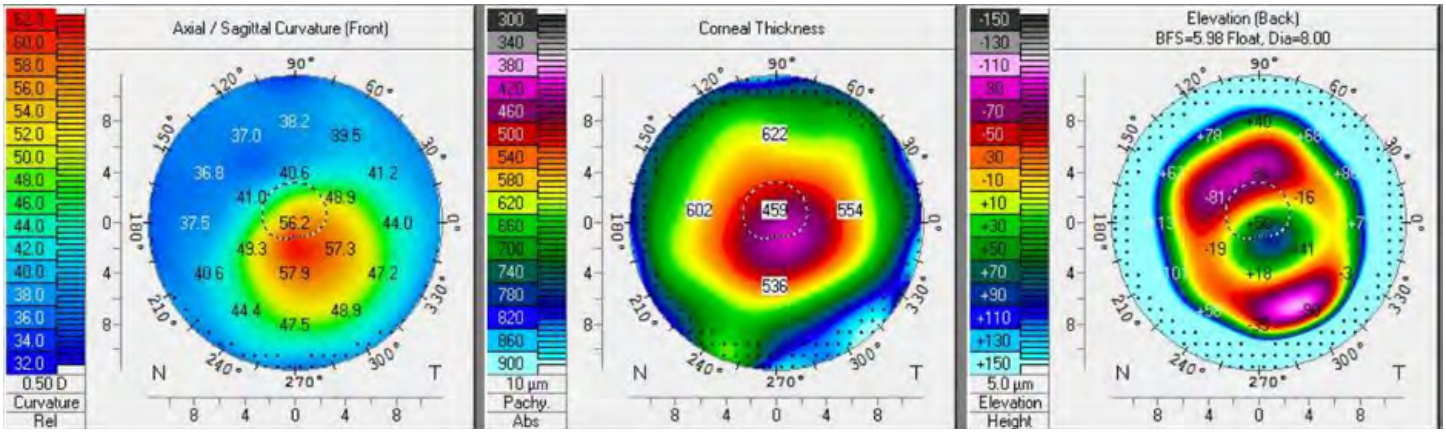


Figure 6 : *Image Pentacam composite de trois cartes d'une cornée présentant un kératocône. La carte de courbure (gauche) montre une cambrure inféro-temporale allant jusqu'à 57,9 D et un aplatissement de la partie supérieure. Certains cas peuvent présenter un astigmatisme asymétrique avec une inclinaison des axes radiaux et un motif en « pince de crabe ». La carte de pachymétrie (au milieu) montre un amincissement de la cornée, le point le plus mince étant légèrement excentré et correspondant à l'emplacement de la cambrure maximale. La carte d'élévation postérieure (à droite) montre un îlot excentrique correspondant à une protrusion de la surface postérieure, et coïncidant avec les points de cambrure et d'amincissement maximaux.*

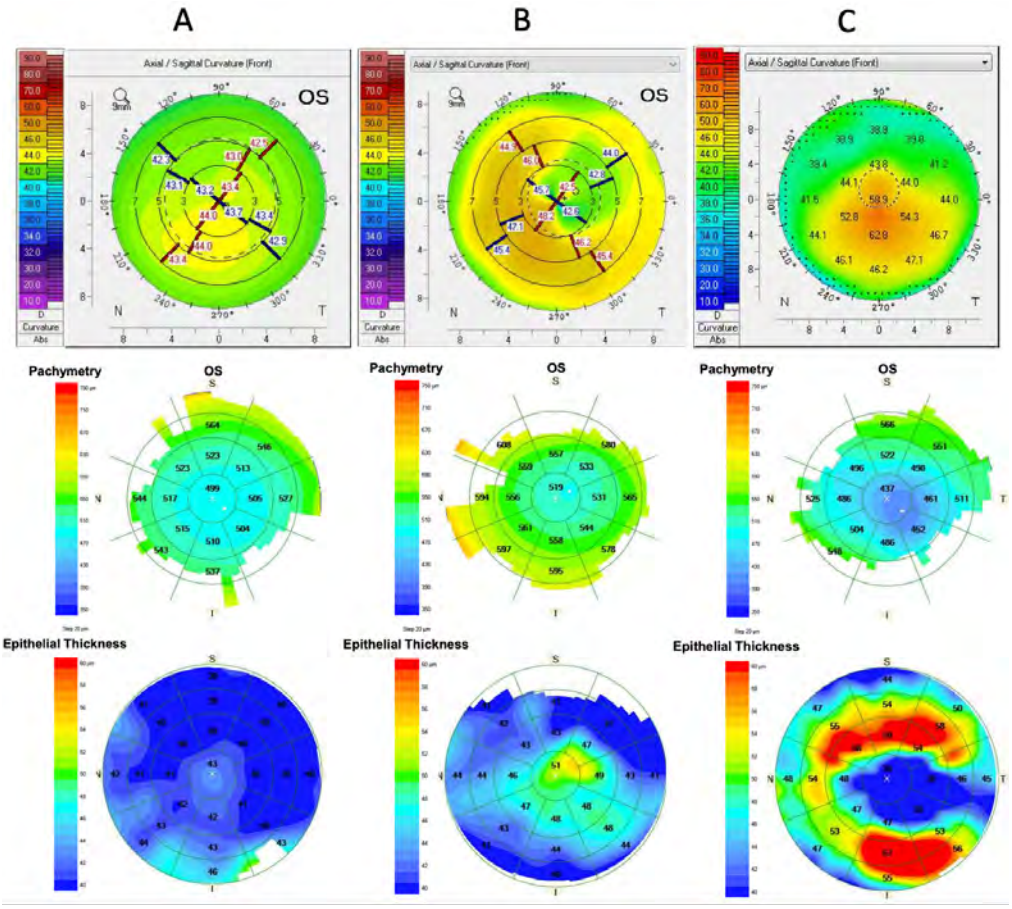


Figure 7 : *Image composite de cartes de courbure sagittale Pentacam (rangée du haut), de pachymétrie par tomographie par cohérence optique du segment antérieur (rangée du milieu) et de cartes d'épaisseur épithéliale (rangée du bas). (A) La carte de courbure montre une légère cambrure inférieure. La carte de l'épaisseur épithéliale est toutefois normale (43 µm dans la cornée centrale et environ 2 à 3 µm dans la périphérie cornéenne) et ne montre aucun amincissement dans la zone légèrement plus cambrée. Il ne s'agit donc pas d'une ectasie cornéenne. (B) La carte de courbure montre un astigmatisme asymétrique avec un aplatissement supéro-temporal et une cambrure inféro-nasale adjacente. La carte de l'épaisseur épithéliale montre un épaississement épithélial focal atteignant 55 µm et recouvrant la zone aplatie. Il s'agit du même patient que celui de la Figure 3 : l'aplatissement et l'épaississement épithélial compensatoire recouvrent la cicatrice stromale antérieure. (C) La carte de courbure montre un astigmatisme irrégulier prononcé avec une cambrure inférieure allant jusqu'à 62,8 D. La carte de l'épaisseur épithéliale montre un amincissement de l'épithélium allant jusqu'à 32 µm sur la zone saillante et un épaississement allant jusqu'à 66 µm autour du cône en forme de « beignet », ce qui évoque un kératocône.*

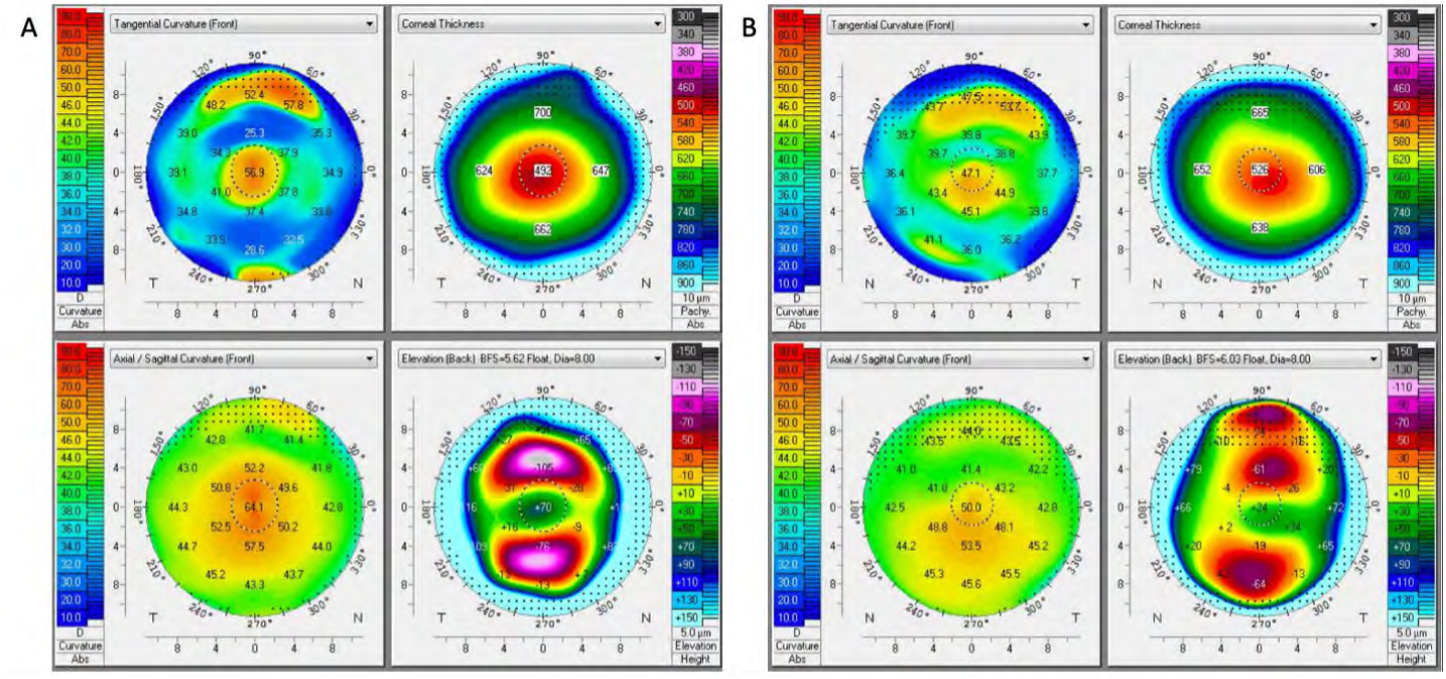


Figure 8 : *Homme de 20 ans présentant un kératocône. La réfraction manifeste est de -10,25 D et l'acuité visuelle de loin corrigée de 20/100 dans l'œil droit. Elle est de -5,25 +6,00 x 35, ce qui équivaut à 20/25 dans l'œil gauche. Images Pentacam composites de quatre cartes de l'œil droit (A) et de l'œil gauche (B). Les images de l'œil droit montrent la présence d'un cône central proéminent, avec un aplatissement important des bords et une différence de courbure entre le centre et la périphérie de plus de 20 D. Bien qu'une procédure combinée CXL-PKR puisse être envisagée pour cet œil, une CXL-SACI est susceptible d'offrir de meilleurs résultats. Les images de l'œil gauche montrent une asymétrie supéro-inférieure, avec une cambrure inférieure relative et une différence d'environ 10 D dans la courbure de la cornée. Compte tenu de l'acuité visuelle préservée, une procédure combinée CXL-PKR pourrait représenter une bonne option pour arrêter la progression du kératocône et accroître la régularité de la cornée dans cet œil.*

la cornée antérieure. Une étude menée récemment a suggéré que l'association CXL-SACI était plus efficace pour réduire l'astigmatisme et améliorer la vision que l'association CLX-PKR guidée par la topographie, et a recommandé son utilisation dans les yeux présentant un astigmatisme important et une moins bonne vision corrigée.[38] En ce qui concerne l'association CXL-PKR guidée par la topographie, les meilleurs candidats sont les patients dont la vision corrigée est préservée et qui présentent une différence < 10 D dans la courbure de la cornée, c'est-à-dire entre les zones les plus cambrées et les zones les plus plates (**Figure 8**).[36, 38]

CONCLUSION

Diverses options sont aujourd'hui disponibles pour corriger chirurgicalement la myopie, même pour les cornées traditionnellement considérées comme inadmissibles aux chirurgies réfractives cornéennes. Bien que des études menées sur un plus long terme soient nécessaires, les procédures « Xtra » et CXL-« Plus » s'avèrent prometteuses pour la réadaptation visuelle des cornées à risque et atteintes d'ectasie, respectivement. Les innovations apportées à l'imagerie diagnostique, telles que la cartographie de l'épaisseur épithéliale, représentent un ajout précieux pour guider le choix de la meilleure approche chirurgicale.

Références

1. *Hersh PS, Steinert RF, Brint SF. Photorefractive keratectomy versus laser in situ keratomileusis: comparison of optical side effects. Summit PRK-LASIK Study Group. Ophthalmology. 2000;107(5):925-33.*
2. *Tole DM, McCarty DJ, Couper T, Taylor HR. Comparison of laser in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy for the correction of myopia of -6.00 diopters or less. Melbourne Excimer Laser Group. J Refract Surg. 2001;17(1):46-54.*
3. *Van Gelder RN, Steger-May K, Yang SH, Rattanatam T, Pepose JS. Comparison of photorefractive keratectomy, astigmatic PRK, laser in situ keratomileusis, and astigmatic LASIK in the treatment of myopia. J Cataract Refract Surg. 2002;28(3):462-76.*
4. *Schallhorn SC, Farjo AA, Huang D, Boxer Wachler BS, Trattler WB, Tanzer DJ, et al. Wavefront-guided LASIK for the correction of primary myopia and astigmatism a report by the American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology. 2008;115(7):1249-61.*
5. *Stonecipher KG, Kezirian GM. Wavefront-optimized versus wavefront-guided LASIK for myopic astigmatism with the ALLEGRETTO WAVE: three-month results of a prospective FDA trial. J Refract Surg. 2008;24(4):S424-30.*
6. *Stulting RD, Fant BS, Bond W, Chotiner B, Durrie D, Gordon M, et al. Results of topography-guided laser in situ keratomileusis custom ablation treatment with a refractive excimer laser. J Cataract Refract Surg. 2016;42(1):11-8.*
7. *Vestergaard A, Ivarsen AR, Asp S, Hjortdal J. Small-incision lenticule extraction for moderate to high myopia: Predictability, safety, and patient satisfaction. J Cataract Refract Surg. 2012;38(11):2003-10.*
8. *Lin F, Xu Y, Yang Y. Comparison of the visual results after SMILE and femtosecond laser-assisted LASIK for myopia. J Refract Surg. 2014;30(4):248-54.*
9. *Sekundo W, Kunert KS, Blum M. Small incision corneal refractive surgery using the small incision lenticule extraction (SMILE) procedure for the correction of myopia and myopic astigmatism: results of a 6 month prospective study. Br J Ophthalmol. 2011;95(3):335-9.*
10. *Ang M, Farook M, Htoon HM, Mehta JS. Randomized Clinical Trial Comparing Femtosecond LASIK and Small-Incision Lenticule Extraction. Ophthalmology. 2020;127(6):724-30.*
11. *Reinstein DZ, Archer TJ, Randleman JB. Mathematical model to compare the relative tensile strength of the cornea after PRK, LASIK, and small incision lenticule extraction. J Refract Surg. 2013;29(7):454-60.*
12. *Li M, Niu L, Qin B, Zhou Z, Ni K, Le Q, et al. Confocal comparison of corneal reinnervation after small incision lenticule extraction (SMILE) and femtosecond laser in situ keratomileusis (FS-LASIK). PLoS One. 2013;8(12):e81435.*
13. *Ma KK, Manche EE. Corneal Sensitivity and Patient-Reported Dry Eye Symptoms in a Prospective Randomized Contralateral-Eye Trial Comparing LASIK and SMILE. Am J Ophthalmol. 2022.*
14. *Brar S, Roopashree CR, Ganesh S. Incidence of Ectasia After SMILE From a High-Volume Refractive Surgery Center in India. J Refract Surg. 2021;37(12):800-8.*
15. *Randleman JB. Ectasia After SMILE, Revisited. J Refract Surg. 2021;37(12):798-9.*
16. *Khalifa MA, Ghoneim A, Shafik Shaheen M, Aly MG, Piñero DP. Comparative Analysis of the Clinical Outcomes of SMILE and Wavefront-Guided LASIK in Low and Moderate Myopia. J Refract Surg. 2017;33(5):298-304.*
17. *Kanellopoulos AJ. Topography-Guided LASIK versus Small Incision Lenticule Extraction: Long-term Refractive and Quality of Vision Outcomes. Ophthalmology. 2018;125(10):1658-9.*
18. *Chiang B, Valerio GS, Manche EE. Prospective, Randomized Contralateral Eye Comparison of Wavefront-Guided Laser In Situ Keratomileusis and Small Incision Lenticule Extraction Refractive Surgeries. Am J Ophthalmol. 2022;237:211-20.*
19. *Siedlecki J, Luft N, Priglinger SG, Dirisamer M. Enhancement Options After Myopic Small-Incision Lenticule Extraction (SMILE): A Review. Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2019;8(5):406-11.*
20. *Barraquer JI. Modification of refraction by means of intracorneal inclusions. Int Ophthalmol Clin. 1966;6(1):53-78.*
21. *Fleming JF, Wan WL, Schanzlin DJ. The theory of corneal curvature change with the Intrastromal Corneal Ring. Clao j. 1989;15(2):146-50.*
22. *Addition Technology, Inc. Professional Use Information Manual for Correction of Myopia with Intacs(R) Corneal Implants: Physician Booklet. 2005.*
23. *Huang D, Schallhorn SC, Sugar A, Farjo AA, Majmudar PA, Trattler WB, et al. Phakic intraocular lens implantation for the correction of myopia: a report by the American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology. 2009;116(11):2244-58.*
24. *Srinivasan B, Leung HY, Cao H, Liu S, Chen L, Fan AH. Modern Phacoemulsification and Intraocular Lens Implantation (Refractive Lens Exchange) Is Safe and Effective in Treating High Myopia. Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2016;5(6):438-44.*
25. *Alió JL, Grzybowski A, Romaniuk D. Refractive lens exchange in modern practice: when and when not to do it? Eye Vis (Lond). 2014;1:10.*
26. *Salz J, Trattler WB. Patient Evaluation and Selection in Refractive Surgery. In: Mannis MJ, Holland EJ, editors. Cornea. 2. 5th ed. Canada: Elsevier; 2021. p. 1666-73.*
27. *Sorkin N, Perez Velasquez MA, Rootman DS. Excimer Laser Surface Treatment: Photorefractive Keratectomy. In: Mannis MJ, Holland EJ, editors. Cornea. 2. 5th ed. Canada: Elsevier; 2021. p. 1682-94.*
28. *Shah R. History and Results; Indications and Contraindications of SMILE Compared With LASIK. Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2019;8(5):371-6.*
29. *Brar S, Gautam M, Sute SS, Ganesh S. Refractive surgery with simultaneous collagen cross-linking for borderline corneas - A review of different techniques, their protocols and clinical outcomes. Indian J Ophthalmol. 2020;68(12):2744-56.*
30. *Lim EWL, Lim L. Review of Laser Vision Correction (LASIK, PRK and SMILE) with Simultaneous Accelerated Corneal Crosslinking - Long-term Results. Curr Eye Res. 2019;44(11):1171-80.*
31. *Piñero DP. Misdiagnosing Keratoconus. Expert Review of Ophthalmology. 2016;11(1):29-39.*
32. *Hwang ES, Schallhorn JM, Randleman JB. Utility of regional epithelial thickness measurements in corneal evaluations. Surv Ophthalmol. 2020;65(2):187-204.*
33. *Zhu AY, Jun AS, Soiberman US. Combined Protocols for Corneal Collagen Cross-Linking with Photorefractive Surgery for Refractive Management of Keratoconus: Update on Techniques and Review of Literature. Ophthalmol Ther. 2019;8(Suppl 1):15-31.*
34. *Kymionis GD, Grentzelos MA, Kounis GA, Diakonis VF, Limnopoulou AN, Panagopoulou SI. Combined transepithelial phototherapeutic keratectomy and corneal collagen cross-linking for progressive keratoconus. Ophthalmology. 2012;119(9):1777-84.*
35. *Kapasi M, Dhaliwal A, Mintsioulis G, Jackson WB, Baig K. Long-Term Results of Phototherapeutic Keratectomy Versus Mechanical Epithelial Removal Followed by Corneal Collagen Cross-Linking for Keratoconus. Cornea. 2016;35(2):157-61.*
36. *Stein R. Topography-Guided Photorefractive Keratectomy. In: Mannis MJ, Holland EJ, editors. Cornea. 5th ed. Canada: Elsevier; 2021. p. 1757-64.*
37. *Iqbal M, Elmassry A, Tawfik A, Elgharieb M, Nagy K, Soliman A, et al. Standard cross-linking versus photorefractive keratectomy combined with accelerated cross-linking for keratoconus management: a comparative study. Acta Ophthalmol. 2019;97(4):e623-e31.*
38. *Singal N, Ong Tone S, Stein R, Bujak MC, Chan CC, Chew HF, et al. Comparison of accelerated CXL alone, accelerated CXL-ICRS, and accelerated CXL-TG-PRK in progressive keratoconus and other corneal ectasias. J Cataract Refract Surg. 2020;46(2):276-86.*
39. *Adib-Moghaddam S, Soleyman-Jahi S, Salmanian B, Omidvari AH, Adili-Aghdam F, Noorizadeh F, et al. Single-step transepithelial photorefractive keratectomy in myopia and astigmatism: 18-month follow-up. J Cataract Refract Surg. 2016;42(11):1570-8.*
40. *Luger MH, Ewering T, Arba-Mosquera S. Myopia correction with transepithelial photorefractive keratectomy versus femtosecond-assisted laser in situ keratomileusis: One-year case-matched analysis. J Cataract Refract Surg. 2016;42(11):1579-87.*
41. *Rapuano CJ, Sugar A, Koch DD, Agapitos PJ, Culbertson WW, de Luise VP, et al. Intrastromal corneal ring segments for low myopia: a report by the American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology. 2001;108(10):1922-8.*
42. *Stulting RD, John ME, Maloney RK, Assil KK, Arrowsmith PN, Thompson VM. Three-year results of Artisan/Verisyse phakic intraocular lens implantation. Results of the United States Food And Drug Administration clinical trial. Ophthalmology. 2008;115(3):464-72.e1.*
43. *Sanders DR, Doney K, Poco M. United States Food and Drug Administration clinical trial of the Implantable Collamer Lens (ICL) for moderate to high myopia: three-year follow-up. Ophthalmology. 2004;111(9):1683-92.*

À PROPOS DES AUTEURS



HADY SAHEB, MD, MPH, FRCSC : Hady Saheb, est actuellement directeur du programme de surspécialisation en glaucome de l'Université McGill. Il est également membre du conseil d'administration de la Société canadienne d'ophtalmologie (SCO), président du Conseil du développement professionnel continu de la SCO et trésorier de la Société canadienne de glaucome (SCG).

Le Dr Saheb a obtenu son diplôme de docteur en médecine et accompli son programme de résidence à l'Université McGill. Il a ensuite effectué un premier stage postdoctoral en glaucome au Bascom Palmer Eye Institute à Miami, puis un second pour étudier les nouveaux instruments chirurgicaux pour le traitement du glaucome et la chirurgie complexe du segment antérieur avec le Dr Ike Ahmed à l'Université de Toronto. Par ailleurs, il a obtenu une maîtrise en santé publique à l'École Bloomberg de santé publique de l'Université Johns Hopkins de Baltimore, avec une focalisation sur les essais cliniques et le leadership en santé. Le Dr Saheb est passionné par l'innovation et la formation. Il a reçu plusieurs récompenses, publié des articles à comité de lecture, des chapitres de livres, et pris la parole lors de nombreuses réunions nationales et internationales.



ALI SALIMI, M.D., MSc : Le Dr Ali Salimi accomplit actuellement son programme de résidence en ophtalmologie à l'Université McGill. Il a publié de nombreux articles à comité de lecture, présenté ses recherches à l'échelle internationale et reçu plusieurs récompenses pour ses recherches. Ali envisage de devenir un ophtalmologiste-scientifique et d'exercer dans un centre universitaire où il pourra combiner sa passion pour la formation, la recherche et l'innovation en ophtalmologie.

Applications cliniques de la tomographie par cohérence optique (TCO) dans le glaucome

Hady Saheb, M.D., MPH, FRCSC et Ali Salimi, M.D., MSc

Le test du champ visuel (CV) représente le pilier du diagnostic et de la surveillance du glaucome. Toutefois, le risque d'un retard de diagnostic pour le patient aux premiers stades de la maladie ne peut être exclu si l'on se repose uniquement sur le CV, car il est connu que les modifications structurales précèdent les modifications fonctionnelles, et que les anomalies du CV peuvent ne pas être cliniquement décelables avant la perte d'au moins 25 à 35 % des cellules ganglionnaires rétiniennes (CGR). Ce concept souligne l'importance d'autres modalités de diagnostic telles que la tomographie par cohérence optique (TCO). La capacité de la TCO à différencier et à quantifier fiablement l'épaisseur des couches rétiniennes a permis la détection précoce du glaucome, jusqu'à 6 ans avant la survenue de toute perte décelable du CV.[1] Par rapport aux tests du CV, la TCO est moins chronophage et moins dépendante de la coopération du patient et de sa capacité à passer le test. Quelques appareils TCO à domaine spectral (TCO-DS) sont disponibles sur le marché et sont couramment utilisés dans les centres de traitement du glaucome. Ces appareils sont pratiquement identiques et leurs performances sont comparables, mais leurs protocoles de balayage et leurs algorithmes de segmentation diffèrent; par conséquent, les paramètres mesurés ne sont pas nécessairement interchangeables entre les appareils et les valeurs doivent être interprétées par rapport aux bases de données normatives spécifiques à chacun d'eux (**Tableau 1**). Cet article présente les applications cliniques de l'imagerie TCO dans le glaucome et partage quelques perles et pièges cliniques.

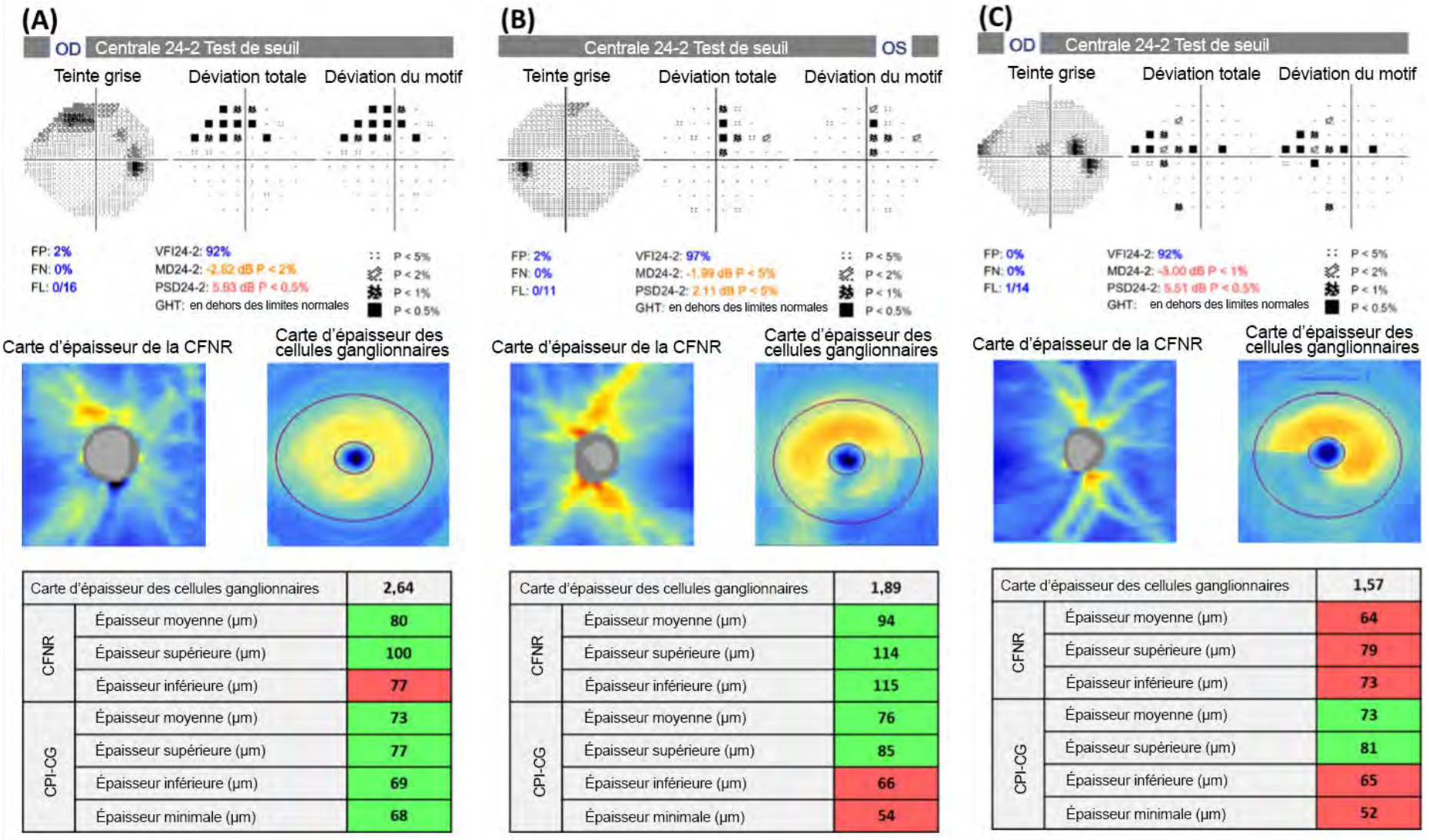
L'épaisseur de la couche de fibres nerveuses rétiniennes péripapillaires (CFNRpp, communément appelée CFNR) ainsi que l'analyse des cellules ganglionnaires (ACG) par TCO sont les deux marqueurs les plus utilisés pour la détection et la surveillance du glaucome dans le cadre de cette technique d'imagerie. Les implications cliniques de chaque marqueur à différents stades de la maladie demeurent un sujet de recherche, car l'amincissement de la CFNR ou des CG déterminé par l'ACG ne survient pas nécessairement simultanément au cours de la dégénérescence des CGR. Il s'avère que l'ACG surpasse l'analyse de la CFNR pour la détection du glaucome à un stade très précoce,[2] compte tenu de la théorie selon laquelle les anomalies des cellules ganglionnaires rétiniennes précèdent la perte axonale.[3] Toutefois, certains chercheurs ont publié des données probantes sur la capacité diagnostique comparable des deux mesures. Lorsque la maladie évolue vers des stades plus avancés, il semble que la valeur diagnostique de la CFNR soit supérieure à celle de l'ACG, probablement parce que seulement 50 % des CGR occupent la région maculaire par rapport à la quasi-totalité des CGR évaluées dans l'analyse de la CFNR péripapillaire.[3,4]

Outre leur capacité diagnostique, la CFNR et l'ACG sont utiles pour surveiller la progression de la maladie. Toutefois, dans les analyses longitudinales, il y a lieu de distinguer les modifications pathologiques des modifications physiologiques liées à l'âge. Les deux paramètres montrent une certaine variation du taux d'amincissement lié à l'âge (0,14 µm à 0,82 µm/an pour la CFNR et 0,11 µm à 0,32 µm/an pour l'ACG), selon la population de patients étudiée et de l'appareil TCO utilisé. Le taux d'amincissement associé au glaucome est cependant nettement plus élevé (0,86 µm à 3,30 µm/an pour la CFNR et 0,49 µm à 1,46 µm/an pour l'ACG). De plus, un amincissement plus rapide de la CFNR a été associé à une évolution plus rapide de la maladie; selon l'étude Duke Glaucoma Registry Study, l'amincissement de la CFNR chez les personnes en progression lente représentait < 1 µm/an par rapport à > 2 µm/an chez les personnes en progression rapide.[5] Actuellement, il n'existe aucun consensus sur une valeur seuil indiquant un taux de progression cliniquement significatif. Néanmoins, dans les stades précoces du glaucome, la perte de la CFNR se produit à un rythme plus rapide par rapport à l'ACG. Au fur et à mesure que la maladie évolue, la perte de la CFNR ralentit et finit par atteindre un plateau, tandis que l'ACG montre un taux d'amincissement comparativement plus rapide dans les cas de glaucome avancé. Ce concept est à l'appui de l'utilisation de la CFNR pour la surveillance de la progression de la maladie aux stades précoces et de l'utilisation de l'ACG aux stades plus avancés,[6-8] bien que notre clinique continue à recourir aux deux mesures tout au long des phases de la maladie (**Figure 1 A-C**).

Les lignes directrices actuellement publiées par l'American Academy of Ophthalmology et la Société européenne du glaucome ne recommandent pas de fréquence particulière pour l'imagerie TCO des patients glaucomateux.[9,10] Néanmoins, les données de plusieurs études semblent indiquer que la meilleure pratique consiste à effectuer des examens TCO à des intervalles de six mois afin de suivre ces patients.[11,12] Une étude menée plus récemment a démontré que l'augmentation de la fréquence des examens TCO de deux à trois fois par an ne diminuait pas le temps nécessaire pour détecter la progression du glaucome.[11]

		Cirrus HD-OCT (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, États-Unis)	Spectralis (Heidelberg Engineering, Allemagne)	3D OCT 1000 (Topcon, Paramus, NJ, États-Unis)	RTVue-100 (Optovue, Fremont, CA, États-Unis)
Taille de la pupille requise (mm)		≥ 2,0	≥ 2,0	≥ 2,5	≥ 3,0
Vitesse de balayage (balayages en mode A/ seconde)		27 000	40 000	18 000	26 000
Résolution axiale (microns)		5	7	5	5
Qualité du signal recommandée		Désignée par « force du signal » ≥ 6 [0 – 10]	Désignée par « indice de force du signal (indice SS pour Signal Strenght) » ≥ 15 [0 – 40]	Désignée par « facteur de qualité (facteur Q) » 45 [0 – 160]	Désignée par « qualité (Q) » 30 pour la zone maculaire [0 – 100]
CFNR	Protocole de balayage	Protocole d'acquisition d'un cube papillaire de 200 x 200 (surface de 6 × 6 mm^2)	Balayage circulaire péripapillaire couvrant un arc de 12°	Protocole d'acquisition d'un cube papillaire de 200 x 200 (surface de 6 × 6 mm^2)	Combinaison de balayages radiaux et de balayages circulaires
	Mesure de l'épaisseur	Cercle de 3,46 mm de diamètre centré sur la papille	Le diamètre du cercle dépend de la longueur axiale de l'œil	Cercle de 3,4 mm de diamètre centré sur la papille	Cercle de 3,45 mm de diamètre centré sur la papille
Cellule ganglionnaire	Protocole de balayage	Protocole d'acquisition d'un cube maculaire de 200 x 200, protocole 512 × 128	Balayage volumique 30° × 25° de l'épaisseur de la rétine	Protocole d'acquisition d'un cube maculaire de 512 × 128	Surface carrée de 7 × 7 mm centrée à 0,75 – 1 mm en temporal de la fovéa (épaisseur calculée dans une zone maculaire circulaire de 6 mm de diamètre)
	Mesure de l'épaisseur	CPI-CG = CCG + CPI CCG = CFNR + CCG + CPI	Analyse de l'asymétrie du pôle postérieur	CCG + CPI CFNR + CCG + CPI	Zone maculaire circulaire de 6 mm de diamètre CCG = CFNR + CCG + CPI
Plan de référence pour la mesure de l'épaisseur		Dépendant du plan de référence (200 µm au-dessus de l'EPR)	Indépendant du plan de référence	Dépendant du plan de référence (120 µm au-dessus de l'EPR)	Dépendant du plan de référence (150 µm au-dessus de l'EPR)
Base de données normative	Taille de l'échantillon (n)	284 personnes (284 yeux) pour la CFNR 282 personnes (282 yeux) pour le balayage de la macula	330 personnes (330 yeux)	399 personnes (399 yeux)	480 personnes (640 yeux)
	Âge moyen [plage] (années)	46,5 [19 – 84]	49,7 [20 – 90]	46,3 [18 – 88]	50,7 [19 – 82]
	Sexe (M : F)	134 : 150 pour la CFNR 133 : 149 pour le balayage de la macula	146 : 184	173 : 226	S. O.
	Origine ethnique (%) • Blanche Caucasienne • Hispanique • Noire/Afro-américaine • Asiatique • Indienne • Autre/mixte	 43 12 18 24 1 6	 66 14 12 7 - 1	 49 18 20 13 - -	 18 11 10 47 14 -
	Les valeurs de balayage sont ajustées en fonction de	Âge	Âge, et la surface d'ouverture de la membrane de Bruch	Âge	Âge, force du signal, surface de la papille, **origine ethnique**
	Les valeurs de balayage ne sont PAS ajustées en fonction de	Longueur axiale, réfraction, surface de la papille, force du signal, origine ethnique	Longueur axiale, réfraction, surface de la papille, force du signal, origine ethnique	Longueur axiale, réfraction, surface de la papille, force du signal, origine ethnique	Longueur axiale, réfraction

Tableau 1. *Caractéristiques de quatre dispositifs de tomographie par cohérence optique à domaine spectral disponibles sur le marché.*[28-37]



Carte d'épaisseur des cellules ganglionnaires		2,64
CFNR	Épaisseur moyenne (µm)	80
	Épaisseur supérieure (µm)	100
	Épaisseur inférieure (µm)	77
CPI-CG	Épaisseur moyenne (µm)	73
	Épaisseur supérieure (µm)	77
	Épaisseur inférieure (µm)	69
	Épaisseur minimale (µm)	68

Carte d'épaisseur des cellules ganglionnaires		1,89
CFNR	Épaisseur moyenne (µm)	94
	Épaisseur supérieure (µm)	114
	Épaisseur inférieure (µm)	115
CPI-CG	Épaisseur moyenne (µm)	76
	Épaisseur supérieure (µm)	85
	Épaisseur inférieure (µm)	66
	Épaisseur minimale (µm)	54

Carte d'épaisseur des cellules ganglionnaires		1,57
CFNR	Épaisseur moyenne (µm)	64
	Épaisseur supérieure (µm)	79
	Épaisseur inférieure (µm)	73
CPI-CG	Épaisseur moyenne (µm)	73
	Épaisseur supérieure (µm)	81
	Épaisseur inférieure (µm)	65
	Épaisseur minimale (µm)	52

Figure 1 : *Exemples cliniques d'yeux glaucomateux présentant des anomalies structurales détectées par tomographie par cohérence optique. (A) épaisseur anormale de la couche de fibres nerveuses rétiniennes (CFNR) et épaisseur normale de la couche plexiforme interne des cellules ganglionnaires (CPI-CG); (B) épaisseur normale de la CFNR et épaisseur anormale de la CPI-CG; (C) épaisseur anormale de la CFNR et de la CPI-CG.*

Les applications cliniques de la CFNR et de l'ACG ne sont pas nécessairement généralisables à tous les yeux et doivent être utilisées au cas par cas selon les pathologies spécifiques. Par exemple, dans le cas des yeux présentant une myopie pathologique et une papille inclinée, la CFNR est beaucoup plus affectée que l'ACG,[13-15] et cette dernière est donc un meilleur paramètre de diagnostic, sans tenir compte de la gravité du glaucome. De même, un diamètre papillaire plus grand a été associé à une épaisseur plus importante de la CFNR, mais pas à l'épaisseur des cellules ganglionnaires;[14,16] l'ACG est donc supérieure à la CFNR, car cette dernière peut entraîner des faux négatifs dans les yeux dont les diamètres papillaires sont plus grands. À l'inverse, dans les yeux présentant une pathologie maculaire, les mesures des cellules ganglionnaires peuvent être anormales en raison d'un artéfact, ce qui fait de la CFNR un outil diagnostique plus fiable dans ces cas.

Le codage couleur automatique des valeurs de la CFNR et de l'ACG en fonction de la base de données normative adaptée à l'âge peut faciliter et accélérer l'interprétation des données; toutefois, les cliniciens ne doivent jamais oublier que les bases de données normatives actuelles disponibles dans les modules de glaucome des appareils TCO sont établies dans des populations en bonne santé, sans pathologies rétiniennes ou neuro-ophtalmiques. De plus, des tests statistiquement normaux ne sont pas toujours révélateurs de mesures cliniquement normales. Il existe ainsi un risque d'interprétations faussement négatives ou faussement positives si l'on se fie uniquement au codage couleur automatique. Dans les cas où les valeurs semblent se situer dans les limites normales de la base de données normative, il convient de prêter attention à toute asymétrie entre les deux yeux. Par exemple, sur les balayages effectués au moyen de l'ophtalmoscope Cirrus HD-OCT, une asymétrie supérieure à 9 µm de l'épaisseur moyenne de la CFNR ou à 5 µm de l'ACG doit déclencher une suspicion de glaucome.[17-19] Le profil TSNIT (temporal-supérieur-nasal-inférieur-temporal) de la CFNR est un indicateur très utile de la présence d'anomalies subtiles de la CFNR, qui peuvent ne pas être décelées par les indices globaux moyens – un piège connu sous le nom de maladie verte. En revanche, la CFNR des yeux fortement myopes a tendance à s'amincir et peut donc être codée en rouge, même en l'absence de glaucome.[13] Dans ces cas, l'évaluation de la symétrie interoculaire de la CFNR et des paramètres del'ACG, ainsi que la recherche d'anomalies focales peuvent permettre d'éviter le piège de la maladie rouge.

L'imagerie TCO reste sujette à des erreurs et il convient de vérifier l'absence d'artéfacts cliniquement significatifs avant toute interprétation clinique. Chaque fabricant mentionne un seuil de force du signal en dessous duquel les algorithmes de segmentation automatique peuvent ne pas être fiables (**Tableau 1**). Un mauvais alignement du cercle de la papille peut entraîner des variations de mesure,[20] car l'épaisseur de la CFNR est maximale dans la zone péripapillaire et diminue au fur et à mesure que la distance augmente par rapport à cette zone.[21] Le clignement et les mouvements saccadés de l'œil, la présence d'une opacité du milieu et la mise au point optique peuvent entraîner une segmentation erronée qui limite la validité et la fiabilité des balayages.[22] Enfin, en l'absence d'une base de données normative relative aux modifications longitudinales liées à l'âge qui surviennent dans la CFNR et l'ACG, l'analyse des tendances ne permet pas de différencier les modifications glaucomateuses de celles liées à l'âge. La signification statistique de la pente de l'analyse des tendances doit donc être interprétée avec prudence, connaissant sa propension à donner des taux élevés de faux positifs.[23]

Plus récemment, la TCO à source balayée (TCO-SB) a démontré son utilité clinique dans les centres de traitement du glaucome grâce à sa rapidité, sa longueur d'onde plus grande, sa meilleure profondeur de pénétration et sa capacité d'acquisition de la papille et de la macula en un seul balayage.[24] L'extension des mesures de la CFNR au-delà de la région péripapillaire et de l'ACG au-delà de la région maculaire permet d'analyser simultanément la CFNR et l'ACG sous forme d'une couche unique au moyen de cette nouvelle technique. La TCO-SB présente des performances comparables à celles de la TCO-DS pour la détection du glaucome et la surveillance de sa progression,[24] mais elle surpasse la TCO-DS dans les yeux myopes[25] – une population dans laquelle la détection et la surveillance du glaucome sont particulièrement difficiles. Alors que la TCO-SB gagne en popularité dans les centres de traitement du glaucome, les cliniciens doivent garder à l'esprit que les valeurs de la CFNR et de l'ACG obtenues par TCO-DS et TCO-SB ne sont pas interchangeables.[26]

L'angiographie par TCO (A-TCO) constitue un autre domaine d'innovation dans l'imagerie TCO et pourrait trouver une place dans les centres de traitement du glaucome. Cette modalité d'imagerie non effractive et sans colorant permet une évaluation qualitative et quantitative de la vascularisation rétinienne. L'indice de flux sanguin et la densité vasculaire sont deux des paramètres A-TCO qui sont affectés chez les patients glaucomateux. Bien qu'à l'heure actuelle on dispose de peu de données probantes, la densité vasculaire maculaire n'est pas limitée par l'effet plancher, ce qui permet à l'A-TCO de surmonter l'une des principales limitations de l'imagerie TCO et d'en faire un outil potentiellement plus efficace pour les yeux atteints de myopie forte ou de glaucome avancé.[27] Si l'A-TCO est encore une technique relativement nouvelle, elle a le potentiel de conduire à un changement de paradigme dans la détection et la surveillance du glaucome. Toutefois, tant qu'on ne disposera pas de plus de données sur toutes les applications et les limitations de l'A-TCO, les cliniciens doivent rester prudents dans l'interprétation des résultats de cette technique.

L'avenir est très prometteur pour la détection rapide et la surveillance du glaucome. Les progrès technologiques permanents apportés aux modalités d'imagerie ont entraîné une vive augmentation des données disponibles sur le glaucome. L'intelligence artificielle et les algorithmes

d'apprentissage automatique continuent de percer les mystères du diagnostic du glaucome en combinant les données issues de diverses modalités fonctionnelles et d'imagerie telles que les tests du champ visuel, les photos du fond de l'œil, la TCO et l'A-TCO. Un algorithme intégratif validé et largement accepté, capable de combiner des mesures fonctionnelles et structurales pour détecter le glaucome ou surveiller sa progression, est d'une importance clinique primordiale, mais doit encore être développé et commercialisé.

Références

1. *Kuang TM, Zhang C, Zangwill LM, Weinreb RN, Medeiros FA. Estimating Lead Time Gained by Optical Coherence Tomography in Detecting Glaucoma before Development of Visual Field Defects. Ophthalmology. Oct 2015;122(10):2002-9. doi:10.1016/j.ophtha.2015.06.015*
2. *Kalyani VK, Bharucha KM, Goyal N, Deshpande MM. Comparison of diagnostic ability of standard automated perimetry, short wavelength automated perimetry, retinal nerve fiber layer thickness analysis and ganglion cell layer thickness analysis in early detection of glaucoma. Indian J Ophthalmol. May 2021;69(5):1108-1112. doi:10.4103/ijo.IJO_2409_20*
3. *Fortune B, Cull GA, Burgoyne CF. Relative course of retinal nerve fiber layer birefringence and thickness and retinal function changes after optic nerve transection. Invest Ophthalmol Vis Sci. Oct 2008;49(10):4444-52. doi:10.1167/iovs.08-2255*
4. *Chua J, Tan B, Ke M, et al. Diagnostic Ability of Individual Macular Layers by Spectral-Domain OCT in Different Stages of Glaucoma. Ophthalmol Glaucoma. Sep - Oct 2020;3(5):314-326. doi:10.1016/j.ogla.2020.04.003*
5. *Jammal AA, Thompson AC, Mariottoni EB, et al. Rates of Glaucomatous Structural and Functional Change From a Large Clinical Population: The Duke Glaucoma Registry Study. Am J Ophthalmol. Feb 2021;222:238-247. doi:10.1016/j.ajo.2020.05.019*
6. *Bowd C, Zangwill LM, Weinreb RN, Medeiros FA, Belghith A. Estimating Optical Coherence Tomography Structural Measurement Floors to Improve Detection of Progression in Advanced Glaucoma. Am J Ophthalmol. Mar 2017;175:37-44. doi:10.1016/j.ajo.2016.11.010*
7. *Sung KR, Na JH, Lee Y. Glaucoma diagnostic capabilities of optic nerve head parameters as determined by Cirrus HD optical coherence tomography. J Glaucoma. Sep 2012;21(7):498-504. doi:10.1097/IJG.0b013e318220dbb7*
8. *Shin JW, Sung KR, Lee GC, Durbin MK, Cheng D. Ganglion Cell-Inner Plexiform Layer Change Detected by Optical Coherence Tomography Indicates Progression in Advanced Glaucoma. Ophthalmology. Oct 2017;124(10):1466-1474. doi:10.1016/j.ophtha.2017.04.023*
9. *Gedde SJ, Vinod K, Wright MM, et al. Primary Open-Angle Glaucoma Preferred Practice Pattern(R). Ophthalmology. Jan 2021;128(1):P71-P150. doi:10.1016/j.ophtha.2020.10.022*
10. *European Glaucoma Society Terminology and Guidelines for Glaucoma, 5th Edition. Br J Ophthalmol. Jun 2021;105(Suppl 1):1-169. doi:10.1136/bjophthalmol-2021-egsguidelines*
11. *Mahmoudinezhad G, Moghimi S, Proudfoot JA, et al. Effect of Testing Frequency on the Time to Detect Glaucoma Progression with OCT and OCT Angiography. Am J Ophthalmol. Sep 9 2022;doi:10.1016/j.ajo.2022.08.030*
12. *Melchior B, De Moraes CG, Paula JS, et al. Frequency of Optical Coherence Tomography Testing to Detect Progression in Glaucoma. J Glaucoma. Aug 11 2022;doi:10.1097/IJG.0000000000002101*
13. *Shoji T, Sato H, Ishida M, Takeuchi M, Chihara E. Assessment of glaucomatous changes in subjects with high myopia using spectral domain optical coherence tomography. Invest Ophthalmol Vis Sci. Feb 25 2011;52(2):1098-102. doi:10.1167/iovs.10-5922*
14. *Ganekal S, Sadhwini MH, Kagathur S. Effect of myopia and optic disc area on ganglion cell-inner plexiform layer and retinal nerve fiber layer thickness. Indian J Ophthalmol. Jul 2021;69(7):1820-1824. doi:10.4103/ijo.IJO_2818_20*
15. *Rolle T, Bonetti B, Mazzucco A, Dallorto L. Diagnostic ability of OCT parameters and retinal ganglion cells count in identification of glaucoma in myopic preperimetric eyes. BMC Ophthalmol. Sep 22 2020;20(1):373. doi:10.1186/s12886-020-01616-5*
16. *Seo S, Lee CE, Jeong JH, Park KH, Kim DM, Jeoung JW. Ganglion cell-inner plexiform layer and retinal nerve fiber layer thickness according to myopia and optic disc area: a quantitative and three-dimensional analysis. BMC Ophthalmol. Mar 11 2017;17(1):22. doi:10.1186/s12886-017-0419-1*
17. *Mwanza JC, Durbin MK, Budenz DL, Cirrus OCTNDSG. Interocular symmetry in peripapillary retinal nerve fiber layer thickness measured with the Cirrus HD-OCT in healthy eyes. Am J Ophthalmol. Mar 2011;151(3):514-21 e1. doi:10.1016/j.ajo.2010.09.015*
18. *Dalgliesh JD, Tariq YM, Burlutsky G, Mitchell P. Symmetry of retinal parameters measured by spectral-domain OCT in normal young adults. J Glaucoma. Jan 2015;24(1):20-4. doi:10.1097/IJG.0b013e318287ac2f*
19. *Lee SY, Jeoung JW, Park KH, Kim DM. Macular ganglion cell imaging study: interocular symmetry of ganglion cell-inner plexiform layer thickness in normal healthy eyes. Am J Ophthalmol. Feb 2015;159(2):315-23 e2. doi:10.1016/j.ajo.2014.10.032*
20. *Cheung CY, Yiu CK, Weinreb RN, et al. Effects of scan circle displacement in optical coherence tomography retinal nerve fibre layer thickness measurement: a RNFL modelling study. Eye (Lond). Jun 2009;23(6):1436-41. doi:10.1038/eye.2008.258*
21. *Lee EJ, Lee KM, Kim H, Kim TW. Glaucoma Diagnostic Ability of the New Circumpapillary Retinal Nerve Fiber Layer Thickness Analysis Based on Bruch's Membrane Opening. Invest Ophthalmol Vis Sci. Aug 1 2016;57(10):4194-204. doi:10.1167/iovs.16-19578*
22. *Hardin JS, Taibbi G, Nelson SC, Chao D, Vizzeri G. Factors Affecting Cirrus-HD OCT Optic Disc Scan Quality: A Review with Case Examples. J Ophthalmol. 2015;2015:746150. doi:10.1155/2015/746150*
23. *Tatham AJ, Medeiros FA. Detecting Structural Progression in Glaucoma with Optical Coherence Tomography. Ophthalmology. Dec 2017;124(12S):S57-S65. doi:10.1016/j.ophtha.2017.07.015*
24. *Yang Z, Tatham AJ, Zangwill LM, Weinreb RN, Zhang C, Medeiros FA. Diagnostic ability of retinal nerve fiber layer imaging by swept-source optical coherence tomography in glaucoma. Am J Ophthalmol. Jan 2015;159(1):193-201. doi:10.1016/j.ajo.2014.10.019*
25. *Kim YW, Lee J, Kim JS, Park KH. Diagnostic Accuracy of Wide-Field Map from Swept-Source Optical Coherence Tomography for Primary Open-Angle Glaucoma in Myopic Eyes. Am J Ophthalmol. Oct 2020;218:182-191. doi:10.1016/j.ajo.2020.05.032*
26. *Lee SY, Bae HW, Kwon HJ, Seong GJ, Kim CY. Repeatability and Agreement of Swept Source and Spectral Domain Optical Coherence Tomography Evaluations of Thickness Sectors in Normal Eyes. J Glaucoma. Feb 2017;26(2):e46-e53. doi:10.1097/IJG.0000000000000536*
27. *Moghimi S, Bowd C, Zangwill LM, et al. Measurement Floors and Dynamic Ranges of OCT and OCT Angiography in Glaucoma. Ophthalmology. Jul 2019;126(7):980-988. doi:10.1016/j.ophtha.2019.03.003*
28. *Sehi M, Grewal DS, Sheets CW, Greenfield DS. Diagnostic ability of Fourier-domain vs time-domain optical coherence tomography for glaucoma detection. Am J Ophthalmol. Oct 2009;148(4):597-605. doi:10.1016/j.ajo.2009.05.030*
29. *Mesiwala NK, Pekmezci M, Huang JY, Porco TC, Lin SC. Comparison of optic disc parameters measured by RTVue-100 FDOCT versus HRT-II. J Glaucoma. Oct-Nov 2012;21(8):516-22. doi:10.1097/IJG.0b013e3182253e58*
30. *Huang Y, Gangaputra S, Lee KE, et al. Signal quality assessment of retinal optical coherence tomography images. Invest Ophthalmol Vis Sci. Apr 24 2012;53(4):2133-41. doi:10.1167/iovs.11-8755*
31. *Gonzalez-Garcia AO, Vizzeri G, Bowd C, Medeiros FA, Zangwill LM, Weinreb RN. Reproducibility of RTVue retinal nerve fiber layer thickness and optic disc measurements and agreement with Stratus optical coherence tomography measurements. Am J Ophthalmol. Jun 2009;147(6):1067-74, 1074 e1. doi:10.1016/j.ajo.2008.12.032*
32. *Chen TC, Hoguet A, Junk AK, et al. Spectral-Domain OCT: Helping the Clinician Diagnose Glaucoma: A Report by the American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology. Nov 2018;125(11):1817-1827. doi:10.1016/j.ophtha.2018.05.008*
33. *Buchser NM, Wollstein G, Ishikawa H, et al. Comparison of retinal nerve fiber layer thickness measurement bias and imprecision across three spectral-domain optical coherence tomography devices. Invest Ophthalmol Vis Sci. Jun 20 2012;53(7):3742-7. doi:10.1167/iovs.11-8432*
34. *Heidelberg Engineering. 510(k) summary: spectralis HRA+OCT and variants. Food Drug Adm. https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf15/K152205.pdf. Accessed 5 Oct 2022.*
35. *Carl Zeiss Meditec, Inc. 510(k) summary: Cirrus HD-OCT with retinal nerve fiber layer and macular normative databases. Food Drug Adm. https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf8/K083291.pdf. Accessed 5 Oct 2022.*
36. *Topcon Corporation. 510(k) summary: 3D OCT-1 Maestro. Food Drug Adm. https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf16/K161509.pdf. Accessed 5 Oct 2022.*
37. *Optovue Inc. 510(k) summary: RTVue with Normative Database. Food Drug Adm. https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf10/K101505.pdf. Accessed 5 Oct 2022.*

À PROPOS DES AUTEURS



MATTHEW BUJAK, M.D. : Le Dr Bujak a accompli ses études de médecine et son programme de résidence en ophtalmologie à l'Université de Toronto. Il est retourné à l'hôpital St. Michael et à l'Université de Toronto après avoir été titulaire de deux bourses de recherche sur la cornée au Doheny Eye Institute de l'université de Californie du Sud et au Moran Eye Center dans l'Utah. Sa seconde bourse de recherche avait une dimension internationale et il a collaboré avec Geoffrey Tabin dans le cadre du projet Himalayan Cataract. Après avoir travaillé pendant une dizaine d'années à l'Université de Toronto, le Dr Bujak s'est installé à Vancouver en 2019, où il occupe un poste de professeur adjoint dans une clinique mixte universitaire et communautaire des soins de la cornée.



ARSHDEEP MARWAHA, BSc : Arshdeep S. Marwaha est né et a grandi à Surrey, en Colombie-Britannique. Il est actuellement étudiant en médecine en quatrième année à l'Université de la Colombie-Britannique (UBC). Il a obtenu son baccalauréat en sciences à l'UBC, avec une majeure en biologie. Il s'intéresse particulièrement à la recherche en ophtalmologie et en neurologie, et s'appuie sur son expérience acquise en laboratoire expérimental et en milieu clinique.

Tomographie par cohérence optique du segment antérieur du globe oculaire : un outil pratique pour le prestataire de soins ophtalmologiques complets

Matthew Bujak, M.D., FRCSC et Arshdeep Marwaha, BSc.

INTRODUCTION

La tomographie par cohérence optique (TCO) est une technique d'imagerie in vivo non effractive et rapide des structures oculaires grâce à l'interférométrie à faible cohérence. La TCO a été introduite en 1991 pour l'imagerie du segment postérieur de l'œil et, peu après, son utilisation a été élargie au segment antérieur (TCO-SA).[1] Grâce aux avancées technologiques, notamment l'augmentation de la résolution et de la vitesse d'acquisition des images, la TCO-SA est devenue pour les spécialistes de la cornée d'aujourd'hui un outil essentiel de l'évaluation clinique de la cornée et du segment antérieur. La pachymétrie par TCO-SA est souvent utilisée pour analyser l'épaisseur de la cornée, tandis que les images en coupe facilitent la visualisation et l'analyse morphométrique du segment antérieur.[1] Ces paramètres servent généralement à évaluer la fixation des greffes endothéliales et la santé des greffes de cornée. Bien que la TCO-SA soit principalement utilisée par les spécialistes de la cornée, son application se généralise dans les centres offrant des soins ophtalmologiques complets. De plus, l'apparition de techniques d'imagerie abordables permettant de vérifier la fixation des lentilles a également fait de la TCO-SA un outil plus pratique dans le cadre clinique.

Un prestataire de soins ophtalmologiques complets peut recourir à la TCO-SA pour surveiller des pathologies telles que les érosions cornéennes récurrentes, la dégénérescence nodulaire de Salzmann, la profondeur des cicatrices et l'endothélite.[2–5] Elle peut également être utilisée pour l'évaluation pré et postopératoire de la chirurgie de la cataracte. Par exemple, la TCO-SA peut aider à évaluer la probabilité de développement d'une décompensation cornéenne chez un patient atteint de dystrophie de Fuchs après qu'il a subi une chirurgie de la cataracte. Ces données peuvent à leur tour permettre d'informer le patient des risques et des avantages de la chirurgie avant l'intervention et faciliter une prise de décision clinique commune. Dans le contexte postopératoire, la survenue d'un léger œdème cornéen est courante et généralement attendue. Toutefois, si l'œdème est disproportionné par rapport aux attentes du chirurgien ou à la quantité d'énergie utilisée pour l'intervention, un examen plus approfondi de l'étiologie de l'œdème se justifie. La TCO-SA peut être utilisée pour cerner plus facilement les causes courantes de décompensation cornéenne après une chirurgie de la cataracte, notamment le décollement de la membrane de Descemet (MD), une rétention de fragments du cristallin ou une origine infectieuse. [6,7] Cet article présente quatre scénarios cliniques, dont un cas porte sur l'utilisation de la TCO-SA dans l'évaluation préopératoire, et trois sur son utilisation pour identifier les complications postopératoires.

CAS 1 : DYSTROPHIE DE FUCHS ET CHIRURGIE DE LA CATARACTE

Les patients atteints de dystrophie de Fuchs présentent une détérioration progressive de la densité des cellules endothéliales qui entraîne un œdème cornéen, la formation de cicatrices et une baisse de l'acuité visuelle. Ce problème est particulièrement préoccupant lorsqu'on envisage une chirurgie de la cataracte, car les interventions intraoculaires peuvent accélérer la perte des cellules endothéliales. L'évaluation préopératoire et l'admissibilité des patients atteints de dystrophie de Fuchs à une chirurgie de la cataracte sont donc des éléments essentiels pour sélectionner les candidats idéaux, et éviter d'aggraver l'œdème et d'entraîner une décompensation cornéenne chez les patients exposés à un risque élevé. La pachymétrie cornéenne par TCO-SA est un excellent outil pour quantifier l'œdème ou le voile cornéen chez les patients avant et après l'intervention. Elle sert également de marqueur de substitution qui reflète le bon fonctionnement des cellules endothéliales. [8] La TCO-SA peut être utilisée pour déterminer si la chirurgie de la cataracte seule (c'est-à-dire sans recours à une kératoplastie endothéliale de la membrane de Descemet [DMEK], extraction de cataracte [EC] ou LIO de chambre postérieure) suffira à corriger la vision. Nous avons utilisé cette modalité d'imagerie pour le dépistage préopératoire d'une femme de 80 ans atteinte de dystrophie de Fuchs qui a été référée à notre clinique pour une chirurgie de la cataracte. Sa TCO a montré un léger épaississement épithélial causé par un œdème limite (**Figure 1A**). Nous avons pu utiliser notre image TCO pour informer la patiente sur les risques et les avantages de la chirurgie de la cataracte sans greffe de cornée, ainsi que sur le risque d'œdème cornéen postopératoire. La patiente a finalement opté pour une chirurgie de la cataracte seule, mais l'évaluation préopératoire par TCO lui a permis d'avoir des attentes réalistes après la chirurgie ainsi qu'une bonne compréhension des risques inhérents à la décompensation endothéliale.

CAS 2 : DÉCOLLEMENT DE LA MEMBRANE DE DESCEMET (MD) APRÈS UNE CHIRURGIE DE LA CATARACTE

Le décollement de la MD se produit généralement durant la chirurgie de la cataracte, mais il peut rester inaperçu jusqu'à

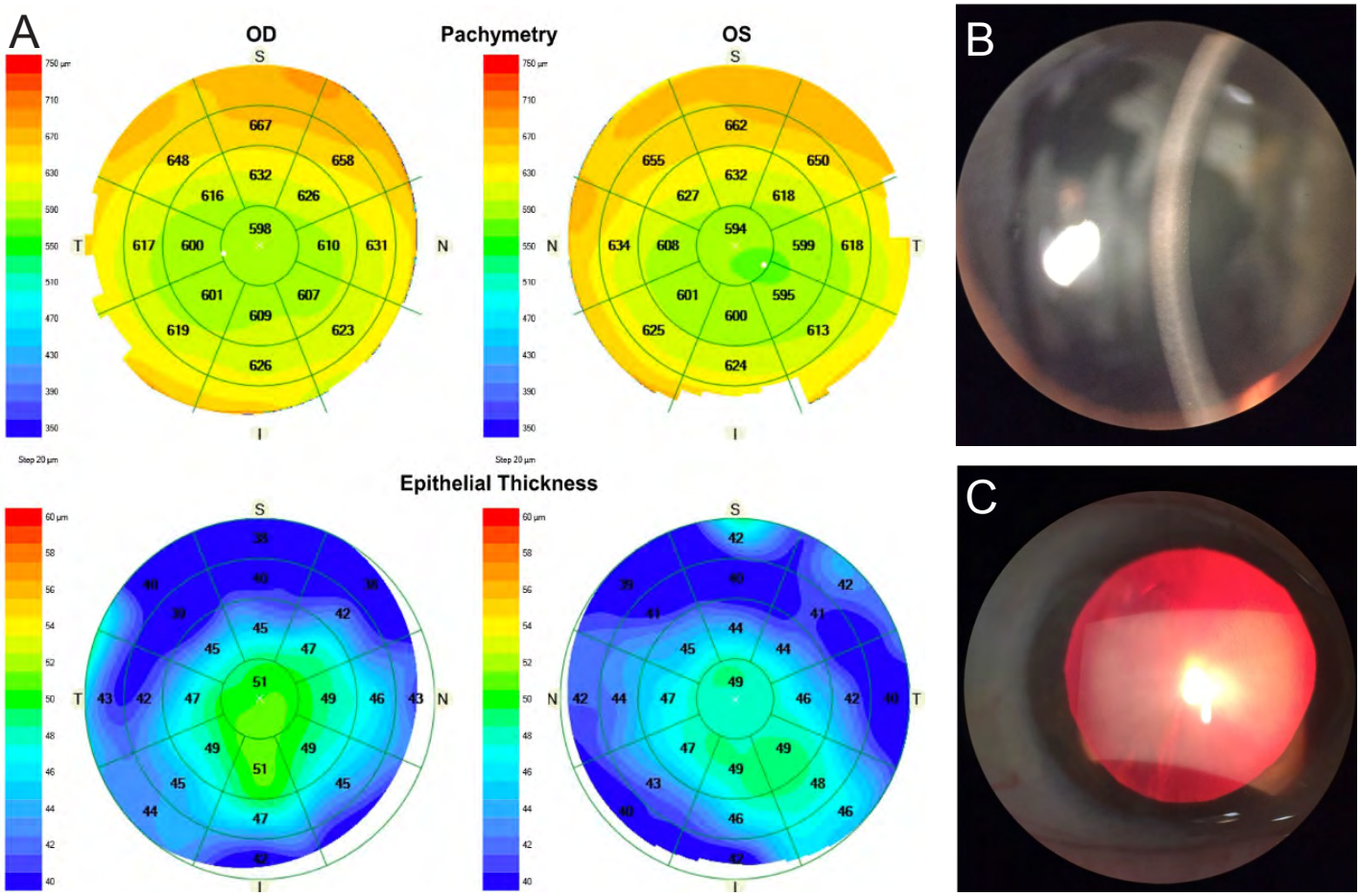


Figure 1 : *Dystrophie de Fuchs et chirurgie de la cataracte. (A) Pachymétrie par TCO-SA montrant une augmentation diffuse de l'épaisseur cornéenne dans les deux yeux. (B) Photographie de cornée montrant une cornea guttata (« cornée en gouttes ») 1+. (C) Cornée claire sous une lumière directe.*

la visite postopératoire. Il entraîne un œdème qui, s'il n'est pas traité rapidement, peut conduire à la formation d'une cicatrice cornéenne et à une baisse de la vision. Nous avons évalué une femme de 62 ans qui avait subi une chirurgie de la cataracte tout à fait classique et sans le moindre incident. Elle a été référée à notre clinique trois mois après l'intervention pour un œdème cornéen persistant et une acuité visuelle de 20/100 dans l'œil gauche. L'ampleur et le délai de persistance de l'œdème ont été jugés anormaux. La pachymétrie par TCO-SA a révélé un épaississement cornéen significatif (**Figure 2A**). Une coupe transversale acquise par TCO-SA a montré un décollement focal de la MD au niveau de l'incision cornéenne pratiquée au cours de la chirurgie (**Figure 2B**). De l'air a été injecté dans la chambre antérieure (descemétopexie) à titre d'agent de tamponnement pour favoriser l'adhérence de la membrane de Descemet au stroma. Cette procédure a permis une résorption transitoire de l'œdème, mais pas le rattachement de la MD. Une nouvelle intervention chirurgicale était donc nécessaire. Une kératoplastie endothéliale de la membrane de Descemet (DMEK) a été réalisée, mais le rattachement de l'endothélium a échoué, probablement en raison de la fibrose chronique touchant la face postérieure de la cornée. Une kératoplastie endothéliale avec stripping automatisé de la membrane de Descemet (DSAEK) a ensuite été effectuée. Malheureusement, elle n'a mené qu'à une amélioration modérée de l'acuité visuelle, car des cicatrices et une fibrose notables affectaient déjà l'interface cornéenne.

Le décollement de la MD peut passer inaperçu au cours d'une chirurgie de la cataracte. De plus, il peut être difficile de quantifier un œdème cornéen postopératoire par le seul examen à la lampe à fente. Ce cas illustre comment l'utilisation de la TCO-SA immédiatement après l'intervention aurait pu identifier la cause de l'œdème cornéen et mener à une solution rapide sans greffe de cornée et à la possibilité d'un meilleur résultat visuel.

CAS 3 : RÉTENTION D'UN FRAGMENT DE CRISTALLIN APRÈS UNE CHIRURGIE DE LA CATARACTE

La rétention d'un fragment de cristallin est une complication potentiellement grave de la chirurgie de la cataracte. Les patients peuvent présenter des pressions intraoculaires élevées, des douleurs oculaires et une vision brouillée en raison d'un œdème cornéen. Compte tenu de ces symptômes, une femme de 70 ans, dont la vision était initialement bonne après une chirurgie de la cataracte, a ressenti une gêne dans l'œil droit et présenté une vision brouillée deux semaines plus tard. D'un point de vue clinique, l'examen à la lampe à fente du segment antérieur de la patiente a révélé un très léger œdème cornéen au niveau de la partie inférieure de la cornée (**Figures 3B,C**); toutefois, la pachymétrie par TCO-SA a mis en évidence un épaississement stromal et épithélial dans la même partie (**Figure 3A**). Cette modalité d'imagerie a confirmé la présence de l'œdème cornéen clinique qui était passé inaperçu lors de l'examen de routine. L'emplacement de

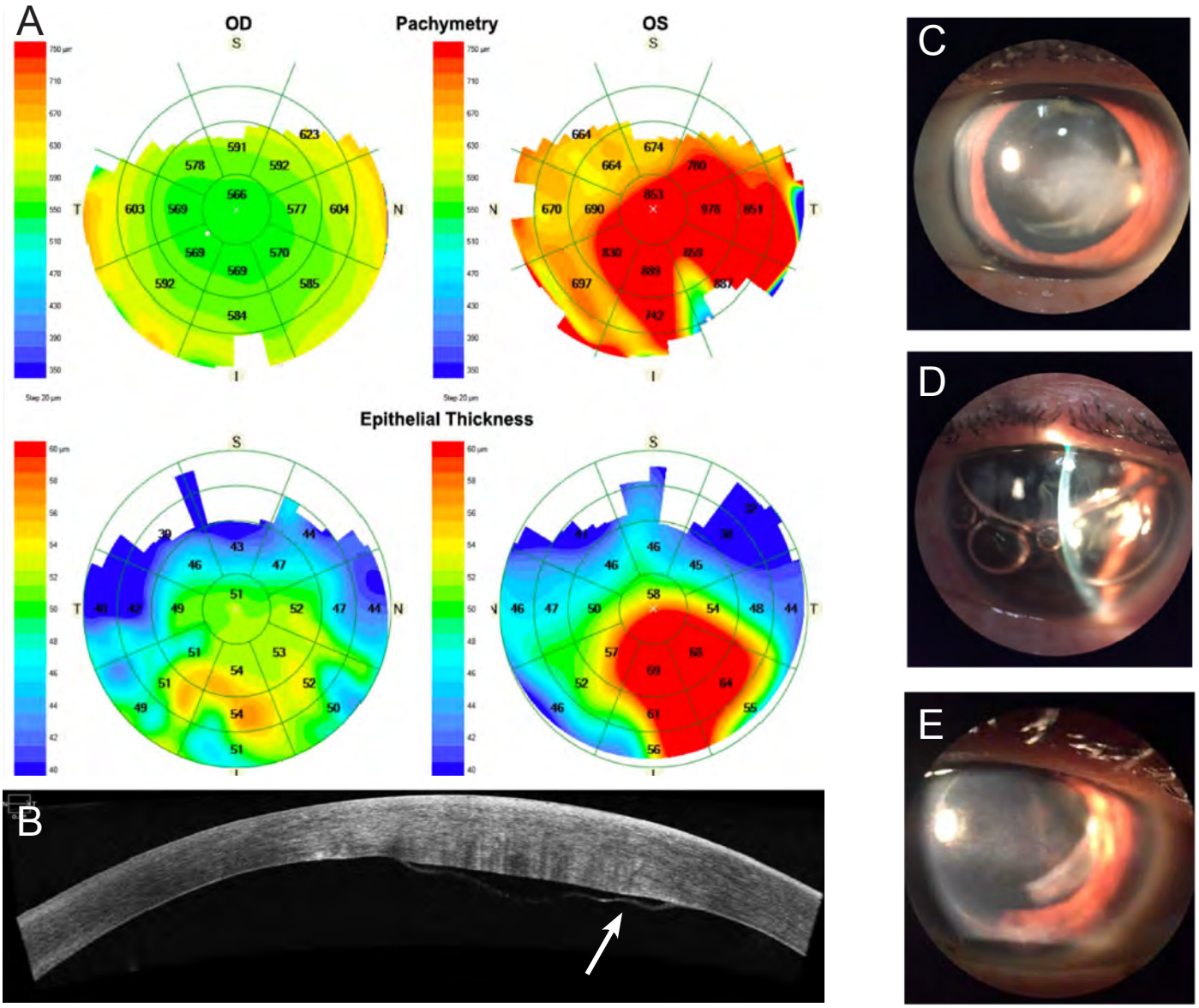
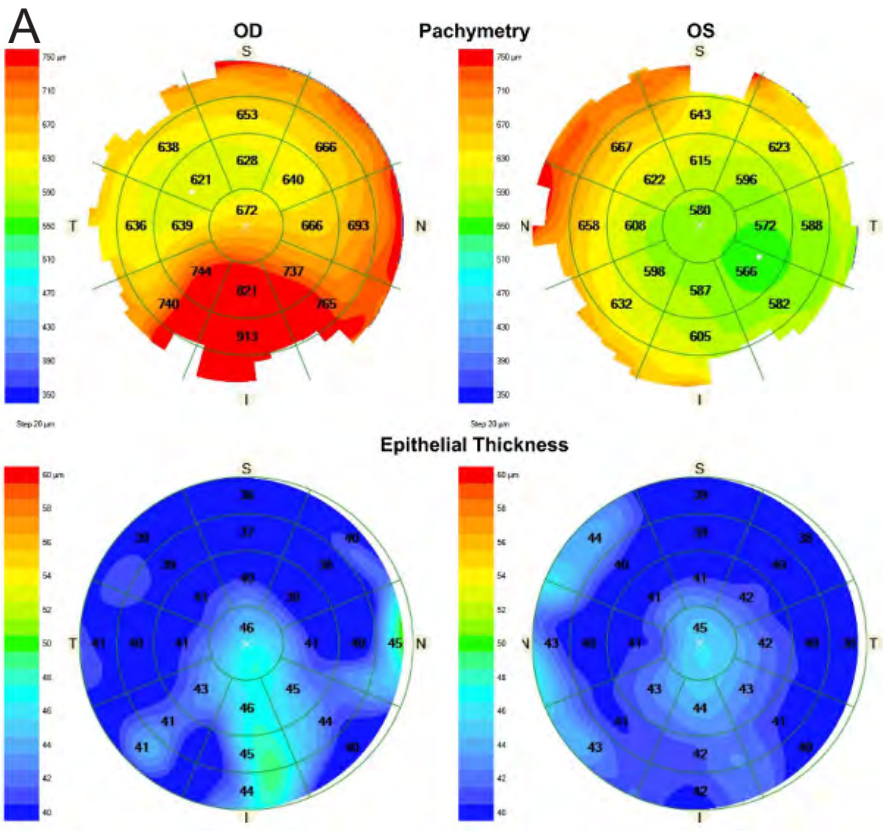


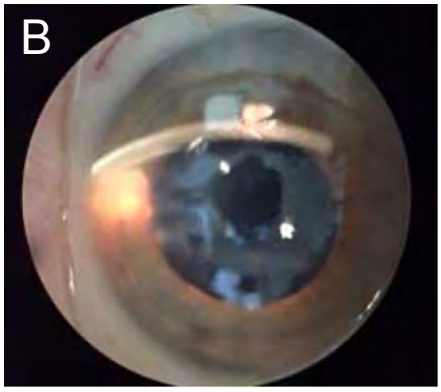
Figure 2 : *Décollement de la membrane de Descemet après une chirurgie de la cataracte. (A) Pachymétrie par TCO-SA montrant une augmentation de l'épaisseur de la cornée et de l'épithélium en inféro-temporal dans l'œil gauche. (B) Image TCO-SA de la cornée. La flèche blanche indique un décollement de la membrane de Descemet. (C) Photographie de la cornée lors de la présentation initiale, (D) après descemetopexie, et (E) après DSAEK.*

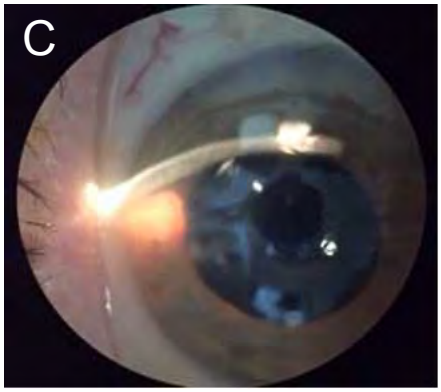
l'œdème dans la partie inférieure a suscité la réalisation d'une gonioscopie qui a identifié un fragment du cristallin nucléaire retenu. Une chirurgie a été rapidement effectuée le lendemain afin d'extraire ce fragment avant l'apparition de toute complication. La patiente a ensuite fait l'objet d'une surveillance par pachymétrie TCO-SA jusqu'à la résorption de son œdème cornéen (**Figures 3D-F**). Heureusement, le fragment retenu avait été extrait en temps opportun avant la survenue d'une décompensation endothéliale importante et notre patiente a donc retrouvé une vision sans correction de 20/20 après l'intervention.

CAS 4 : VIRUS HERPÈS SIMPLEX (VHS) APRÈS UNE CHIRURGIE DE LA CATARACTE

Dans de rares cas, les traumatismes chirurgicaux ainsi que les corticostéroïdes topiques, qui sont généralement prescrits après une chirurgie de la cataracte, peuvent entraîner le développement d'une kératite à VHS. Un homme de 57 ans s'est présenté dans notre clinique quatre mois après une chirurgie de la cataracte au laser femtoseconde. Sa vision s'était aggravée et un œdème cornéen focal était présent au bord de la plaie, ainsi que des précipités kératiques. Aucun fragment retenu n'a été décelé à la gonioscopie. La TCO-SA n'a montré aucun décollement de la MD, mais la pachymétrie a révélé un œdème cornéen (**Figures 4A-D**). Le tableau clinique du patient n'était pas clair, mais correspondait à une avulsion possible de la MD ou à une infection à VHS non résolue. Nous avons décidé de traiter l'infection à VHS suspectée par des stéroïdes, du valacyclovir en comprimés oraux à 500 mg trois fois par jour pendant 10 jours, puis une fois par jour pendant plusieurs semaines par la suite. Nous avons utilisé la pachymétrie par TCO-SA afin de suivre étroitement le patient. Une nouvelle imagerie quatre semaines après le début du traitement par valacyclovir a montré la résorption de l'œdème cornéen du patient et la formation d'une vascularisation stromale secondaire ainsi qu'une diminution de la sensation







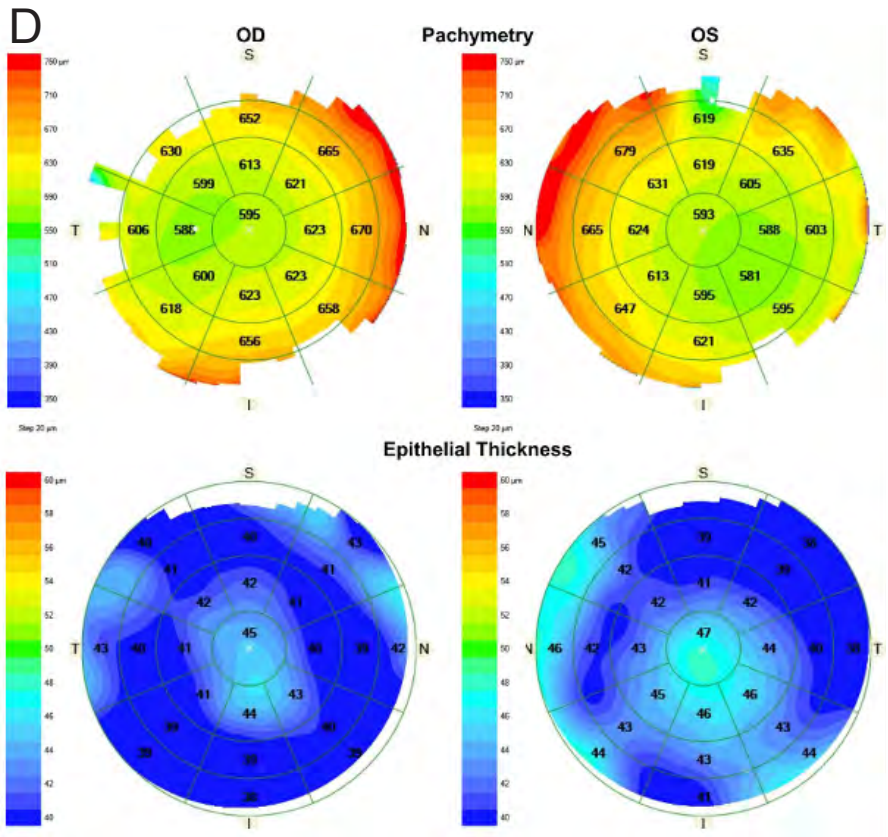


Figure 3 : *Fragment nucléaire retenu après une chirurgie de la cataracte. (A) Pachymétrie par TCO-SA montrant une augmentation de l'épaisseur cornéenne inférieure dans l'œil droit 2 semaines après une chirurgie de la cataracte. (B) et (C) Photographies de la cornée montrant un léger œdème cornéen lors de la présentation initiale. (D) Œdème cornéen résorbé 3 semaines après l'ablation chirurgicale du fragment nucléaire retenu.*

cornéenne, confirmant notre diagnostic. Ce cas illustre l'utilisation d'images en coupe produites par TCO-SA et de la pachymétrie pour exclure certaines pathologies (par exemple, un décollement de la MD) tout en fournissant une mesure quantitative permettant de suivre l'évolution du traitement d'un patient et l'efficacité du plan de traitement.

CONCLUSION

La TCO-SA est un excellent outil sans contact qui produit une imagerie haute résolution des structures allant de l'épithélium cornéen au corps ciliaire, et facilite ainsi le diagnostic et la prise en charge de diverses pathologies du segment antérieur. Actuellement, cette modalité d'imagerie est peu utilisée dans les cliniques d'ophtalmologie générale. Toutefois, compte tenu de son large potentiel d'application, l'intégration de la TCO-SA pourrait accroître la certitude diagnostique, réduire le besoin d'adresser les patients à des sous-spécialistes en ophtalmologie et améliorer les soins globaux aux patients.

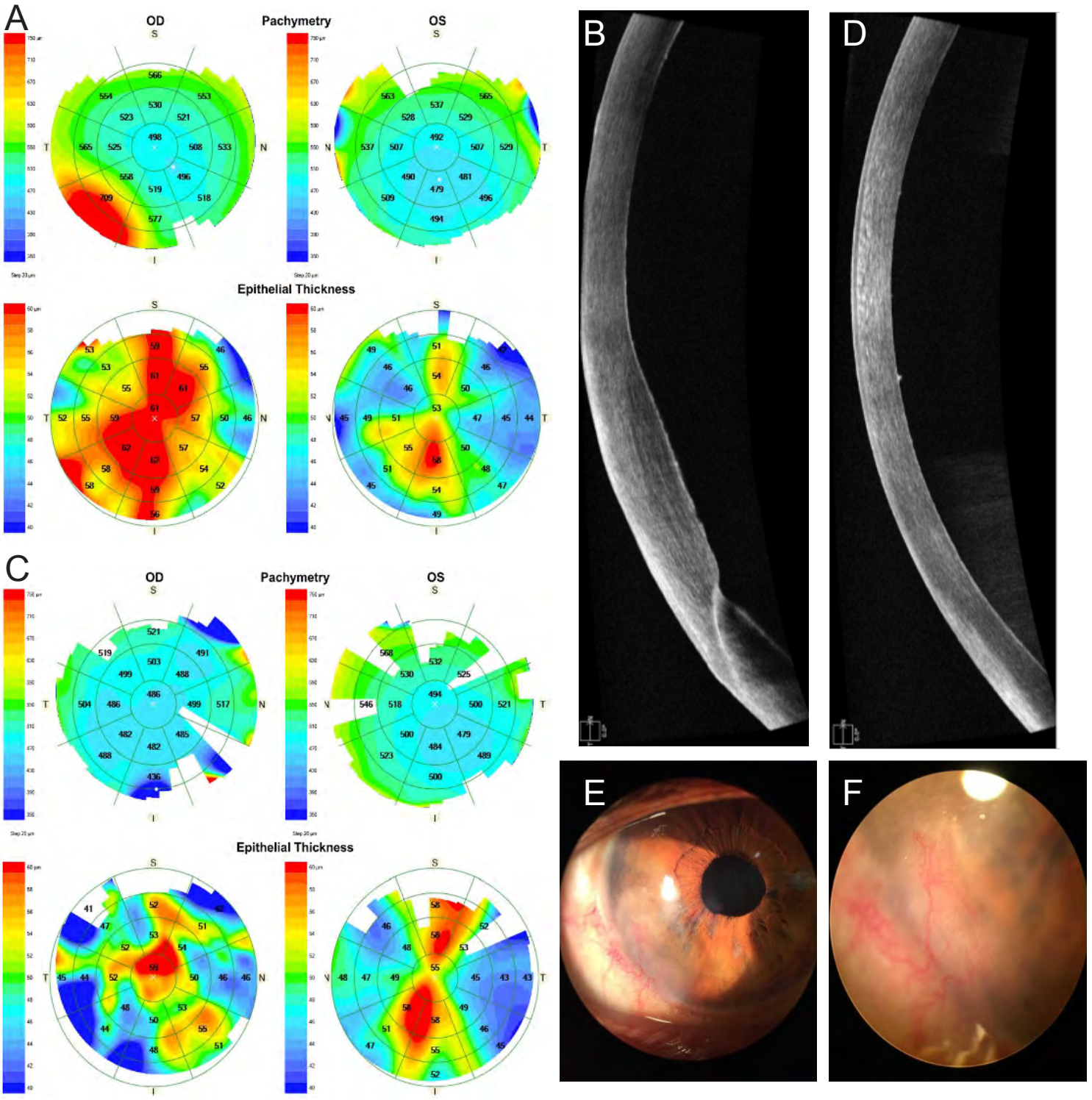


Figure 4 : *Infection au virus herpès simplex après une chirurgie de la cataracte au femtolaser. (A) Pachymétrie par TCO-SA du segment antérieur (B) montrant une augmentation de l'épaisseur de la cornée dans la cornée en inféro-temporal dans l'œil droit, (C) et (D) épaisseur normale après un traitement antiviral et par stéroïde. (E) Cicatrices stromales résiduelles et vascularisation adjacente au bord de la plaie et (F) néovascularisation de la cornée.*

Références

1. *Ang M, Baskaran M, Werkmeister RM, Chua J, Schmidl D, Aranha dos Santos V, et al. Anterior segment optical coherence tomography. Prog Retin Eye Res 2018;66:132–56. https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2018.04.002.*
2. *VanderBeek BL, Silverman RH, Starr CE. Bilateral Salzmann-like nodular corneal degeneration after laser in situ keratomileusis imaged with anterior segment optical coherence tomography and high-frequency ultrasound biomicroscopy. J Cataract Refract Surg 2009;35:785–7. https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.09.033.*
3. *Patel NN, Teng CC, Laurence †, Sperber TD, Dodick JM. New-Onset Herpes Simplex Virus Keratitis After Cataract Surgery. vol. 28. 2009.*
4. *Zheng KK, Cai J, Rong SS, Peng K, Xia H, Jin C, et al. Longitudinal Evaluation of Wound Healing after Penetrating Corneal Injury: Anterior Segment Optical Coherence Tomography Study. Curr Eye Res 2017;42:982–6. https://doi.org/10.1080/02713683.2016.1274038.*
5. *Kobayashi R, Hashida N, Soma T, Koh S, Miki A, Usui S, et al. Clinical Findings of Anterior Segment Spectral Domain Optical Coherence Tomography Images in Cytomegalovirus Corneal Endotheliitis. 2016.*
6. *Sayegh RR, Pineda R. Practical applications of anterior segment optical coherence tomography imaging following corneal surgery. Semin Ophthalmol 2012;27:125–32. https://doi.org/10.3109/08820538.2012.707274.*
7. *Soliman W, Fathalla AM, El-Sebaity DM, Al-Hussaini AK. Spectral domain anterior segment optical coherence tomography in microbial keratitis. Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology 2013;251:549–53. https://doi.org/10.1007/s00417-012-2086-5.*
8. *Tao A, Chen Z, Shao Y, Wang JY, Lu P, Lu F. Phacoemulsification Induced Transient Swelling of Corneal Descemet's Endothelium Complex Imaged with Ultra-High Resolution Optical Coherence Tomography. PloS Ne 2013;8.*

Vol. 1, Numéro 3

NUMÉRO SUR L'IMAGERIE

CANADIAN EYE CARE TODAY

PARTAGEZ NOTRE LIEN INTERNET
SUR VOS MÉDIAS SOCIAUX :

INSCRIVEZ-VOUS AUX FUTURS NUMÉROS NUMÉRIQUES OU IMPRIMÉS EN NOUS VISITANT AU : CANADIANEYECARETODAY.COM

NOUS LANÇONS UN APPEL AUX AUTEURS!

AVEZ-VOUS UN SUJET QUE VOUS AIMERIEZ LIRE EN 2023? ÉCRIVEZ-NOUS, PARLEZ-NOUS-EN, OU ENVOYEZ-NOUS UN COURT ABRÉGÉ

INTÉRESSÉ PAR L'ENREGISTREMENT D'UN BALADO?

NOUS VOULONS EXPLORER LES SUJETS AVEC VOUS! ÉCRIVEZ-NOUS À : INFO@CATALYTICHEALTH.COM