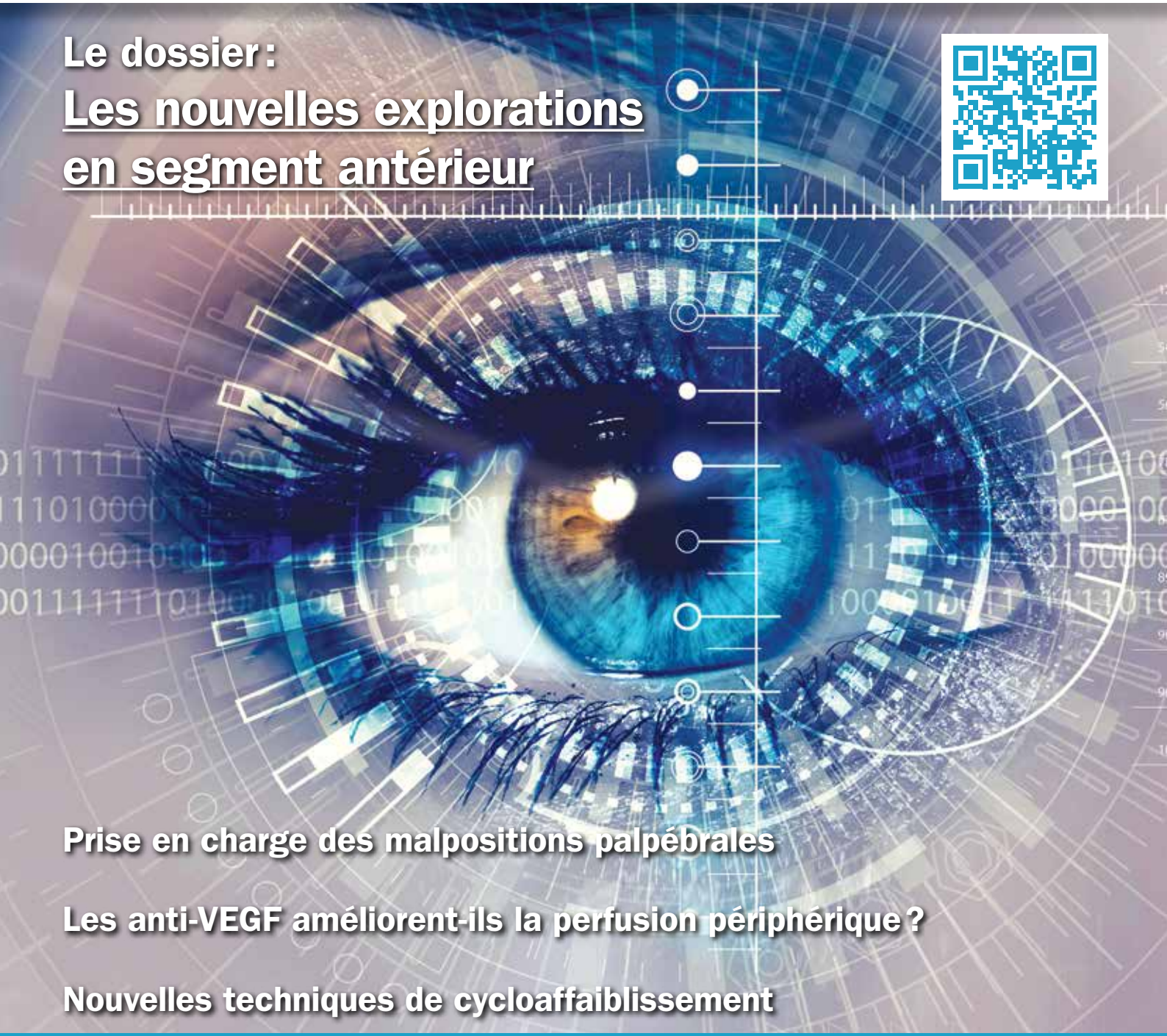
Mensuel
Janvier 2020

réalités

n° 268

OPHTALMOLOGIQUES



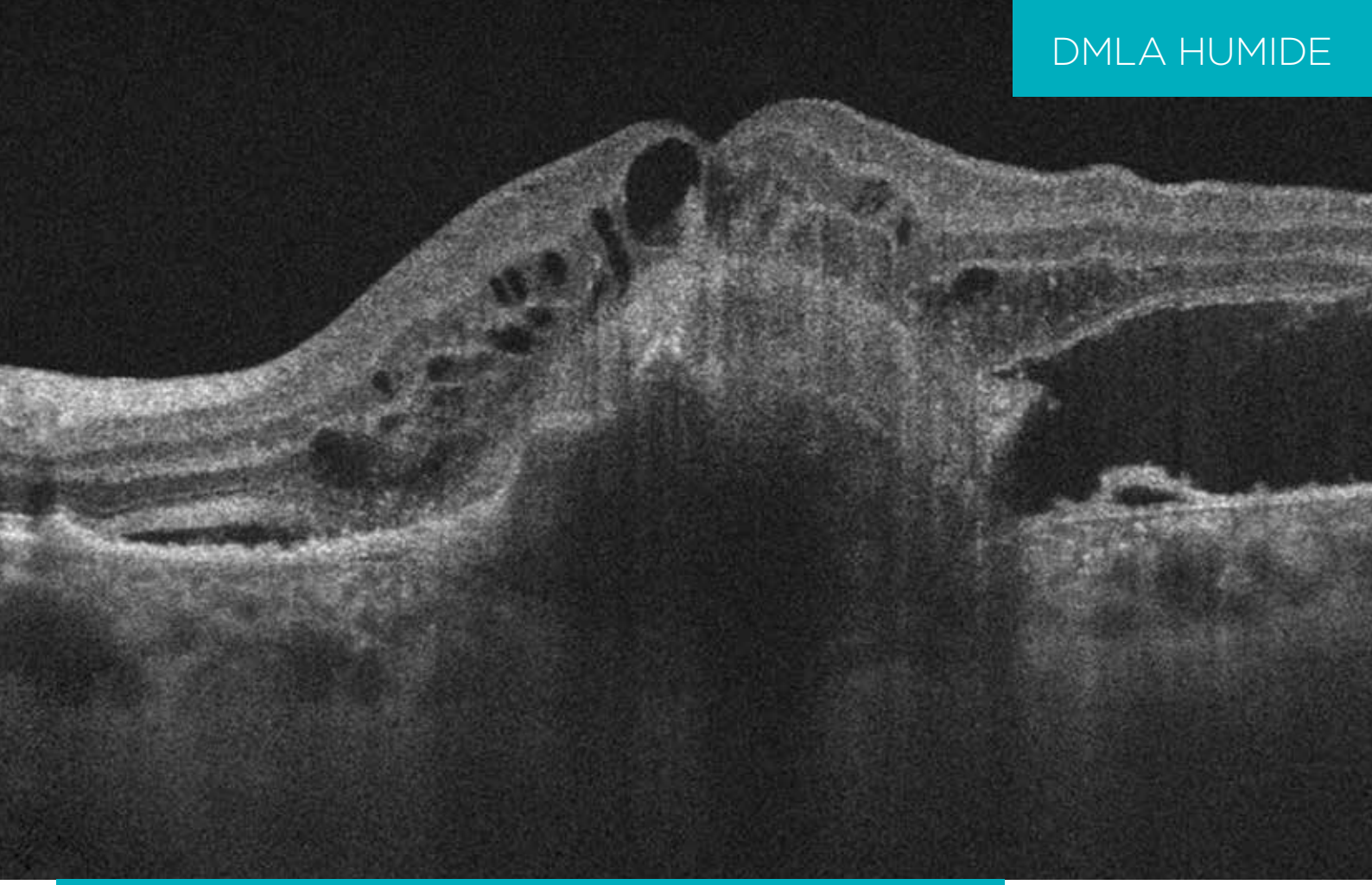
Le dossier :
Les nouvelles explorations en segment antérieur

Prise en charge des malpositions palpébrales

Les anti-VEGF améliorent-ils la perfusion périphérique ?

Nouvelles techniques de cycloaffaiblissement

www.realites-ophtalmologiques.com
La FMC de l'ophtalmologiste d'aujourd'hui pour préparer la médecine de demain



Ensemble, voir la rétine autrement

Novartis s'engage auprès des professionnels de santé pour accompagner l'évolution des pratiques vers une meilleure prise en compte de l'exsudation dans la **DMLA humide**.[1-4]

Un engagement guidé par l'ambition constante de faire émerger de nouveaux paradigmes de diagnostic, de suivi et d'évaluation pour répondre aux besoins d'optimisation de la prise en charge des patients.[1-4]

Un engagement vecteur d'innovations, transmis chez Novartis au fil des progrès accomplis dans la prise en charge et perpétué pour répondre aux évolutions de demain.

H661191 – Novembre 2019 © Novartis Pharma SAS

1. Amoaku WM *et al.* Defining response to anti-VEGF therapies in neovascular AMD. *Eye* 2015; 29(6):721-31. **2.** Tick S, *et al.* Actualisations de la Fédération France Macula : prise en charge thérapeutique de la DMLA exsudative. *J Fr Ophtamol* 2018;41(9):862-7. **3.** Schlegl T, *et al.* Fully Automated Detection and Quantification of Macular Fluid in OCT Using Deep Learning. *Ophthalmology* 2018;125(4):549-58. **4.** HAS. Recommandation de Bonne Pratique. Dégénérescence maculaire liée à l'âge : prise en charge diagnostique et thérapeutique. Argumentaire scientifique. Juin 2012.

NOVARTIS

DMLA : Dégénérescence Maculaire Liée à l'Âge

Brèves

Pathogénie des néovaisseaux de type 3

Spaide RF. New proposal for the pathophysiology of type 3 neovascularization as based on multimodal imaging findings. *Retina*, 2019;39:1451-1464.

Encore actuellement, la pathogénie des néovaisseaux de type 3 de la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) fait l'objet d'hypothèses diverses, parfois contradictoires. Ces théories sont peu à peu affinées avec les progrès de l'imagerie. Les dénominations successives de ces néovaisseaux reflètent d'ailleurs les évolutions dans la conception de la lésion. Le terme "anastomose choriorétinienne" est encore utilisé en France alors qu'aux États-Unis, le terme de RAP (*retinal angiomatous proliferation*) est prédominant.

Un point particulier des discussions concerne l'origine des néovaisseaux de type 3, à partir de la choroïde comme pour les autres types de néovaisseaux de la DMLA ou à partir de la rétine externe comme le suggère de plus en plus l'imagerie actuelle. Les premières études reposaient sur l'analyse du fond d'œil, l'angiographie à la fluorescéine et au vert d'indocyanine puis l'OCT-B, alors que les dernières études ajoutent les informations provenant de l'OCT-angiographie.

Une description de la lésion par Harnett *et al.* en 1992 puis en 1996 comportait déjà la notion de néovaisseaux développés vers la rétine externe associant une hémorragie, des télangiectasies et un soulèvement de l'épithélium pigmentaire [1]. Les auteurs avaient imaginé l'implication d'une hypoxie de la rétine externe et montraient l'évolution "descendante" des néovaisseaux initialement intrarétiniens vers l'épithélium pigmentaire (EP). Le terme de RAP a été proposé par Yannuzzi *et al.* en 2001 [2]. Les auteurs décrivaient des néovaisseaux débutant au niveau du plexus capillaire rétinien profond pour s'étendre ensuite vers les couches plus externes de la rétine.

En 2003, Spaide avait montré la présence d'altérations pigmentaires maculaires chez des patients présentant des néovaisseaux de type 3 [3]. Ces altérations pigmentaires, symétriques au niveau des deux yeux, semblent traduire la migration de cellules de l'EP vers la rétine sous l'effet d'une relative hypoxie choroïdienne. Ces cellules migrées garderaient la possibilité d'exprimer du VEGF. On imagine alors la présence d'un gradient de concentration de VEGF depuis le pourtour de ces cellules migrées vers la rétine plus externe. Les études histologiques publiées au milieu des années 2000 montrent aussi des cellules de l'EP migrées vers la rétine externe qui apparaissent contigües aux néovaisseaux, sans que ceux-ci ne soient reliés à la choriocapillaire [4, 5].

En 2013, Querques montrait des variations des niveaux d'autofluorescence au cours du temps cohérentes avec les altérations pigmentaires localisées précédant les migrations de cellules de

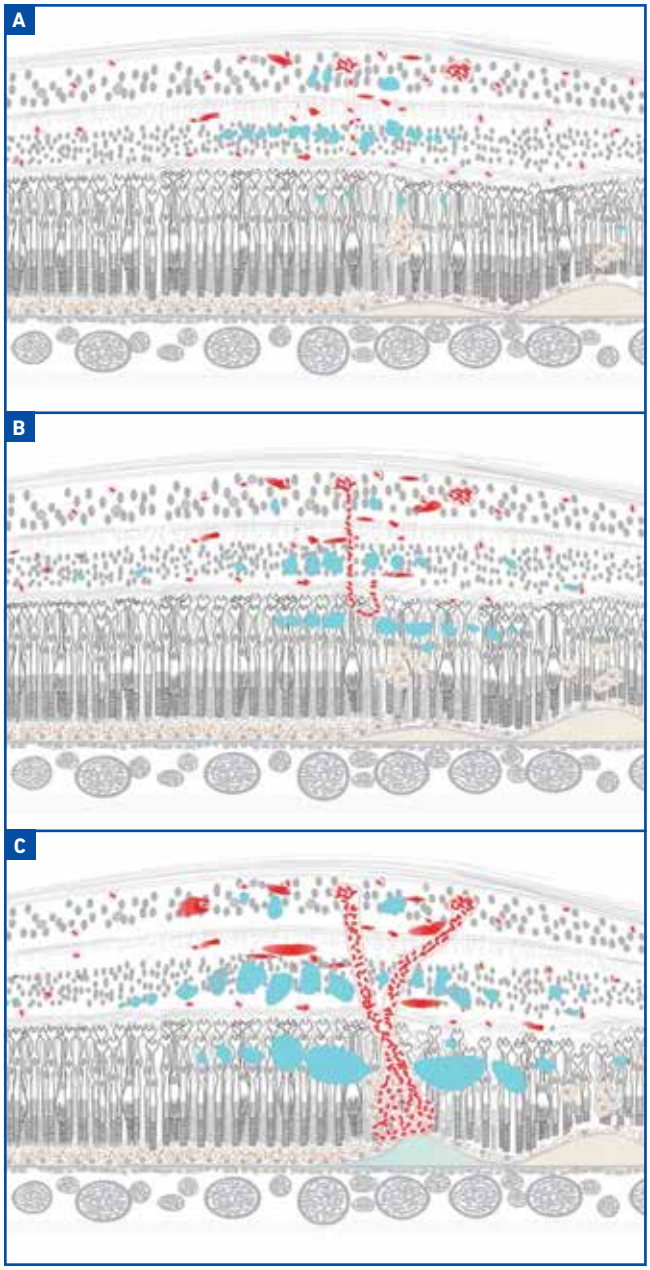


Fig. 1 : Schéma illustrant la progression des lésions au cours du développement des néovaisseaux de type 3. **A :** au stade préprolifératif, une hyperexpression localisée du VEGF est cohérente avec une certaine exsudation rétinienne, l'apparition de télangiectasies et d'une hémorragie. L'hyperexpression de VEGF proviendrait en partie de cellules de l'EP ayant migré vers la neurorétine. **B :** l'augmentation des niveaux de VEGF dans un environnement permissif provoque l'apparition des néovaisseaux le long d'un gradient de VEGF. Les fluides peuvent s'accumuler dans les zones de drainage plus difficile telles que la couche des fibres de Henlé. **C :** la croissance des néovaisseaux est associée à un remodelage vasculaire facilitant l'augmentation de calibre des vaisseaux. L'EP semble se soulever en regard de la zone de prolifération néovasculaire. Le contenu de ce décollement de l'EP n'est pas déterminé mais la mise à plat rapide de ces petits DEP est habituelle dès le début d'un traitement anti-VEGF, ce qui incite à penser qu'une grande partie du contenu correspond à des liquides séreux. D'après Spaide, 2019.

Brèves

l'EP. Le même auteur publiait en 2015 un éditorial décrivant le caractère intrarétinien des néovaisseaux de type 3 sous la forme de multilobules décrits comme des anastomoses rétino-rétiniennes connectées au plexus capillaire intrarétinien profond [6]. L'auteur n'excluait pas une origine choroïdienne aux néovaisseaux.

Su *et al.*, en 2016, décrivaient des néovaisseaux débutant au niveau du plexus capillaire intrarétinien profond, comportant des dizaines de petits vaisseaux progressivement étendus vers les couches externes de la rétine. Les auteurs montraient aussi la présence de points hyperréflectifs (*hyper reflective foci*) aux stades débutants. En 2018, Saconi *et al.* montraient des flux vasculaires associés à ces points hyperréflectifs, ce qui incitait à les interpréter comme des néovaisseaux débutant au niveau du plexus capillaire intrarétinien profond [7].

L'étude de Spaide publiée il y a quelques mois dans *Retina* reprend les images de 10 yeux chez 9 patients pour développer des hypothèses pathogéniques et discuter les notions de la littérature. Plusieurs éléments cliniques simples sont observés :
– chez tous les patients, on observe un œdème rétinien qui n'est pas toujours contigu avec les néovaisseaux repérés en angiographie avec colorant ou en OCT-angiographie ;
– la petite taille des néovaisseaux ne permet pas d'expliquer à elle seule l'importance de l'œdème ;
– les hémorragies n'étaient pas toujours contiguës aux néovaisseaux.

Ces éléments montrent que les signes classiquement associés aux néovaisseaux de type 3 (œdème, hémorragie) peuvent aussi être expliqués par une hyperexpression localisée du VEGF (***fig. 1***).

Cette étude a l'inconvénient d'un faible effectif mais l'analyse permet tout au moins de prendre du recul vis-à-vis de l'attribution des signes cliniques à la conséquence (les néovaisseaux) ou à l'une des causes (l'hyperexpression de VEGF). Surtout, les notions de gradient de concentration du VEGF et de remodelage vasculaire sont inédites et bien cohérentes avec la séquence de développement des néovaisseaux de type 3.

BIBLIOGRAPHIE

1. Hartnett ME, Weiter JJ, Staurenghi G *et al.* Deep retinal vascular anomalous complexes in advanced age-related macular degeneration. *Ophthalmology*, 1996;103:2042-2053.
2. Yannuzzi LA, Negrão S, Iida T *et al.* Retinal angiomatous proliferation in age-related macular degeneration. *Retina*, 2001;21:416-434.
3. Spaide RF. Fundus autofluorescence and age-related macular degeneration. *Ophthalmology*, 2003;110:392-399.
4. Shimada H, Kawamura A, Mori R *et al.* Clinicopathological findings of retinal angiomatous proliferation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2007;245:295-300.
5. Monson DM, Smith JR, Klein ML *et al.* Clinicopathologic correlation of retinal angiomatous proliferation. *Arch Ophthalmol*, 2008;126:1664-1668.
6. Querques G, Souied EH, Freund KB. How has high-resolution multimodal imaging refined our understanding of the vasogenic process in type 3 neovascularization? *Retina*, 2015;35:603-613.
7. Sacconi R, Sarraf D, Garrity S *et al.* Nascent type 3 neovascularization in age-related macular degeneration. *Ophthalmol Retina*, 2018;2:1097-1106.

Hémorragies du vitré spontanées et sans contexte pathologique

Pighin MS, Berrozpe C, Jürgens I. Outcome of acute nontraumatic vitreous hemorrhage in healthy patients. *Retina*, 2020;40:87-91.

Le décollement postérieur du vitré (DPV) est un phénomène banal et le plus souvent sans conséquence, survenant chez les sujets d'âge mur. Dans de rares cas, ce DPV peut être accompagné de déchirures rétiniennes, d'une hémorragie intravitréenne (HIV) et même d'un décollement de rétine. La présence d'une hémorragie intravitréenne ne facilite pas le diagnostic de ces complications. Elle est elle-même un signe péjoratif. Alors que l'incidence d'une déchirure rétinienne serait de l'ordre de 10 % lors d'un DPV simple [1, 2], le risque de déchirure est évalué entre 54 et 91 % [3, 4] lorsqu'une HIV accompagne le DPV.

Devant une HIV accompagnant un DPV, il est parfois difficile de choisir entre la surveillance simple, en prévoyant une résorption rapide de l'hémorragie, et la chirurgie (vitrectomie). D'une part, la surveillance simple comporte le risque de laisser évoluer un décollement de rétine rhegmatogène qui pourra se compliquer rapidement d'une prolifération vitréorétinienne avec des lésions maculaires irréversibles. D'autre part, la chirurgie comporte le risque d'une cataracte, d'une membrane épimaculaire et même d'un décollement de rétine. L'importance de l'hémorragie est un élément important pour décider entre ces deux options. Une hémorragie minime permet de traiter par photocoagulation d'éventuelles déchirures périphériques en prévention d'un décollement de rétine. Elle facilite aussi le repérage d'un éventuel décollement de rétine.

Cette étude réalisée à Barcelone évaluait le pronostic visuel de 315 patients ayant un DPV associé à une HIV. Les auteurs ont séparé la cohorte en deux groupes, l'un avec une HIV totale, l'autre avec une HIV minime (permettant de distinguer le fond

d'œil). 44,4 % des patients ont bénéficié d'une vitrectomie dans le groupe HIV totale contre 9,52 % dans le groupe HIV minime. L'acuité visuelle finale moyenne était de 20/25, sans différence significative entre les deux groupes (p = 0,064).

Les auteurs concluent que le DPV avec HIV est associé à une incidence élevée de complications rétiniennes qui incite à réaliser un suivi rapproché. L'importance de l'hémorragie n'est cependant pas un facteur qui influence le niveau de l'acuité visuelle finale.

BIBLIOGRAPHIE

1. Tan HS, Mura M, Bijl HM. Early vitrectomy for vitreous hemorrhage associated with retinal tears. *Am J Ophthalmol*, 2010;150:529-533.
2. Verbraeken H, Van Egmond J. Non-diabetic and nonoculotraumatic vitreous haemorrhage treated by pars plana vitrectomy. *Bull Soc Belge Ophtalmol*, 1999;272:83-89.
3. Dhingra N, Pearce I, Wong D. Early vitrectomy for fundusobscuring dense vitreous haemorrhage from presumptive retinal tears. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2007;245:301-304.
4. Melamud A, Pham H, Stoumbos Z. Early vitrectomy for spontaneous, fundus obscuring vitreous hemorrhage. *Am J Ophthalmol*, 2015;160:1073-1077.

T. DESMETTRE
Centre de rétine médicale, MARQUETTE-LEZ-LILLE,
Queen Anne St. Medical Centre,
LONDRES.

réalités
OPHTALMOLOGIQUES

☐ oui, je m'abonne à ***Réalités Ophtalmologiques***

Médecin : ☐ **1 an : 60 €** ☐ **2 ans : 95 €**

Étudiant/Interne : ☐ **1 an : 50 €** ☐ **2 ans : 70 €**
(joindre un justificatif)

Étranger : ☐ **1 an : 80 €** ☐ **2 ans : 120 €**
(DOM-TOM compris)

Bulletin à retourner à :
Performances Médicales
91, avenue de la République – 75011 Paris
Déductible des frais professionnels

Bulletin d'abonnement

Nom : .....

Prénom : .....

Adresse : .....

Ville/Code postal : .....

E-mail : .....

Règlement

☐ **Par chèque** (à l'ordre de Performances Médicales)

☐ Par carte bancaire n° |_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|
(à l'exception d'American Express)

Date d'expiration : |_|_|_|_| Cryptogramme : |_|_|_|

Signature :

BIENTÔT DISPONIBLE EN SERINGUE PRÉREMPLIE

EYLEA®
(aflibercept 40 mg/ml, solution injectable)

DMLA Indiqué en **1ère intention** dans le traitement chez l'adulte de la forme néovasculaire (humide) rétrofovéolaire de la dégénérescence maculaire liée à l'âge.[1,2,3]*

OMD Indiqué en **1ère intention** dans le traitement chez l'adulte de la baisse d'acuité visuelle due à l'œdème maculaire diabétique en cas de forme diffuse ou de fuites proches du centre de la macula, chez les patients ayant une baisse d'acuité visuelle inférieure ou égale à 5/10 et chez lesquels la prise en charge du diabète a été optimisée.[1,4]*

OVR Indiqué en **1ère intention** dans le traitement chez l'adulte de la baisse d'acuité visuelle due à l'œdème maculaire secondaire à une occlusion de branche veineuse rétinienne (OBVR) ou de la veine centrale de la rétine (OVCR).[1,5,6]*
Il est recommandé de réaliser une angiographie à la fluorescéine avant la mise sous traitement afin d'écarter les formes ischémiques qui ne sont pas des indications des anti-VEGF. L'évolution de la forme œdémateuse vers la forme ischémique est possible sous traitement, il est recommandé de la surveiller.[5,6]*

NVCm Indiqué en **1ère intention** dans le traitement chez l'adulte de la baisse d'acuité visuelle due à une néovascularisation choroïdienne (NVC) myopique.[1,7]* Il n'existe pas de données chez les patients ayant une forme extrafovéolaire.

** Indications remboursées séc. soc. et agréées coll.*

Médicament d'exception – Prescription en conformité avec la fiche d'information thérapeutique

Pour une information complète, vous pouvez consulter le Résumé des Caractéristiques du Produit en flashant ce QR Code ou directement sur la base de données publique des médicaments (http://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr)

Conditions de prescription et de délivrance : Liste I. Médicament à prescription réservée aux spécialistes en ophtalmologie. Uniquement sur ordonnance.

1. RCP EYLEA®. 2. HAS. Avis de la CT EYLEA® du 03/04/2013. 3. HAS. Avis de la CT - Place dans la stratégie thérapeutique de LUCENTIS®, EYLEA® et de leurs comparateurs cliniquement pertinents dans la forme humide de la DMLA. 11/10/2017. 4. HAS. Avis de la CT EYLEA® du 18/03/2015. 5. HAS. Avis de la CT EYLEA® du 11/06/2014. 6. HAS. Avis de la CT EYLEA® du 06/01/2016. 7. HAS. Avis de la CT EYLEA® du 20/07/2016

28290-1119 - 19/07/68795701/PM/005 - PP-EYL-FR-0013-1 - Représentant local : Bayer HealthCare SAS - SAS au capital de 47 857 291,14 € - RCS Lille Métropole 706 580 149.

réalités
OPHTALMOLOGIQUES

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Pr J.P. Adenis, Pr J.L. Arné, Pr Ch. Baudouin, Pr T. Bourcier, Pr A. Brézin, Pr A. Bron, Pr E.A. Cabanis, Pr G. Chaîne, Pr B. Cochener, Pr J. Colin, Pr Ch. Corbe, Pr G. Coscas, Pr C. Creuzot-Garcher, Pr P. Denis, Pr J.L. Dufier, Pr A. Gaudric, Pr T. Hoang-Xuan, Pr J.F. Korobelnik, Pr P. Le Hoang, Dr S. Liotet, Pr F. Malecaze, Pr P. Massin, Dr S. Morax, Pr J.P. Nordmann, Pr J.P. Renard, Pr J.F. Rouland, Pr J.A. Sahel, Pr G. Soubrane, Pr E. Souied, Pr P. Turut, Pr M. Weber

COMITÉ DE LECTURE

Dr M. Assouline, Dr C. Boureau, Dr S. Defoort-Dhellemmes, Dr L. Desjardins, Dr B. Fayet, Dr C. Albou-Ganem, Dr S. Leroux-les-Jardins, Dr G. Quentel, Dr B. Roussat, Dr E. Sellem, Dr M. Tazartes, Dr M. Ullern

COMITÉ DE RÉDACTION

Dr F. Auclin, Dr S.Y. Cohen, Dr M.A. Espinasse-Berrod, Dr F. Fajnkuchen, Dr J.L. Febbraro, Dr M.N. George, Dr J.F. Girmens, Dr Y. Lachkar, Dr Y. Le Mer, Dr D.A. Lebuisson, Dr F. Malet, Dr M. Pâques, Dr C. Peyre, Dr J.J. Saragoussi, Dr R. Tadayoni, Dr F. Vayr

RÉDACTEURS EN CHEF

Dr T. Desmettre, Dr D. Gatinel

CONSEILLER DE LA RÉDACTION

Dr T. Amzallag

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Dr R. Niddam

SECRÉTARIAT DE RÉDACTION

M. Anglade, M. Meissel

RÉDACTEUR GRAPHISTE

M. Perazzi

MAQUETTE, PAO

D. Plaisance

PUBLICITÉ

D. Chargy

RÉALITÉS OPHTALMOLOGIQUES

est édité par Performances Médicales
91, avenue de la République
75540 Paris Cedex 11
Tél. 0147006714, Fax : 0147006999
info@performances-medicales.com

IMPRIMERIE

Impression : bialec
23, allée des Grands-Pâquis
54180 Heillecourt
Commission paritaire : 0121 T 81115
ISSN : 1242 – 0018
Dépôt légal : 1er trimestre 2020

Sommaire

Janvier 2020

n° 268

Brèves

5 **Pathogénie des néovaisseaux de type 3**

Hémorragies du vitré spontanées et sans contexte pathologique
T. Desmettre

Le dossier

Les nouvelles explorations en segment antérieur

10 **Éditorial**
M. Streho

11 **Actualités en OCT de segment antérieur**
V. Caillaux

17 **Place de l'UBM dans l'analyse du segment antérieur**
M. Streho

21 **Analyse du film lacrymal**
M. Sellam

26 **Topographie cornéenne : actualités et indications**
S. Kallel

33 **En pratique, on retiendra**

Revues générales

35 **Les anti-VEGF améliorent-ils la perfusion périphérique ?**
S. Nghiêm-Buffet

40 **Prise en charge des malpositions palpébrales**
É. Février, J. Delas, J. Lagier

47 **Nouvelles techniques de cycloaffaiblissement (ultrasons, laser diode pulsé)**
F. Aptel

Un bulletin d'abonnement est en page 7.

Image de couverture
©Sergey Nivens@shutterstock.com

Éditorial

M. STREHO
Centre Explore Vision,
PARIS et RUEIL-MALMAISON,
Hôpital Lariboisière, PARIS.

C'est avec plaisir que nous vous proposons un dossier spécial de *Réalités Ophtalmologiques* sur les nouvelles explorations en segment antérieur. L'évolution (ou la véritable révolution) de l'imagerie actuelle rend souvent difficile le suivi des dernières actualités. Ces nouveautés rendent possibles de nouveaux champs d'explorations, de dépistages et de diagnostics. L'apparition de nouvelles techniques redistribue notre algorithme de diagnostic, plaçant l'imagerie au premier plan. Il convient néanmoins de toujours commencer par la clinique et tout examen complémentaire doit être orienté par l'examen clinique. L'imagerie systématique n'est que peu ou pas contributive, voire souvent inutile.

À l'aire du "tout OCT", **Violaine Caillaux** nous expose la place actuelle de l'OCT de segment antérieur. Les actualités sont dans le domaine du *swept source* et des indications qui en découlent. Les avantages de l'appareil rendent cet examen fort attrayant pour les patients et pour les ophtalmologues. Nous avons ici un point à date des choses à savoir sur le sujet.

Je propose ensuite un article sur **la place de l'UBM**, qui garde toute son importance pour l'analyse fine du segment antérieur et notamment de la chambre postérieure. Je rappelle les principes techniques, les avantages et les inconvénients pour ensuite dresser le champ (non exhaustif) des indications actuelles de l'UBM.

L'analyse du film lacrymal est une des dernières actualités. **Mickaël Sellam** nous présente le principe et la réalisation de cette analyse. Nous voyons ainsi quelles informations en tirer et comment l'intégrer dans notre pratique clinique quotidienne. Il est évident que le syndrome sec est une pathologie fréquente et l'analyse du film lacrymal trouvera prochainement une place de choix dans nos explorations. Outre le syndrome sec, il existe de nombreuses autres indications pour cette exploration.

Finalement, nous abordons la topographie cornéenne avec **Sofiène Kallel**. Il s'agit d'une exploration commune, bien développée mais qui a connu de nombreuses évolutions récentes dans le principe, l'acquisition et l'interprétation. L'évolution de la topographie cornéenne a également vu arriver l'OCT.

Le champ de l'imagerie ainsi que son application sur le segment antérieur ne cessent de nous fasciner. Les fabricants et les ingénieurs travaillent à améliorer nos techniques actuelles mais nous proposent également de nouvelles techniques d'explorations. La vraie difficulté est de s'y retrouver et d'adapter nos pratiques en modifiant nos algorithmes décisionnels. Mais, ici encore, les évolutions techniques aideront avec bientôt l'intelligence artificielle adaptée à l'exploration du segment antérieur. Affaire à suivre…

Le dossier – Les nouvelles explorations en segment antérieur

Actualités en OCT de segment antérieur

RÉSUMÉ : Les perfectionnements permanents des technologies font une place croissante à l'imagerie dans l'analyse du segment antérieur. L'OCT de segment antérieur (OCT-SA) a l'avantage d'être un examen non invasif, avec une bonne pénétration tissulaire, une excellente résolution axiale et un large champ d'examen. Les applications cliniques sont variées, l'OCT-SA présentant un intérêt aussi bien pour le diagnostic et le suivi que pour la thérapeutique.
L'OCT-SA a ainsi sa place dans le domaine des pathologies de la surface oculaire et cornéennes, du glaucome, de la chirurgie réfractive, de l'analyse des implants intraoculaires, de la biométrie ainsi que des pathologies tumorales.

V. CAILLAUX
Centre Explore Vision,
PARIS et RUEIL-MALMAISON,
Hôpital Lariboisière, PARIS.

L'*optical coherence tomography* (OCT), apparu il y a déjà plus de 25 ans, a révolutionné l'imagerie ophtalmologique. Après un développement initial principalement centré sur l'étude des pathologies rétiniennes maculaires et du glaucome (fibres optiques), l'OCT est aussi devenu un examen précieux pour l'analyse fine du segment antérieur, de la cornée, du cristallin et de l'angle iridocornéen [1, 2]. L'OCT de segment antérieur (OCT-SA) a l'avantage d'être un examen non invasif (non contact) et d'acquisition rapide permettant d'obtenir des mesures fiables et reproductibles. Les appareils sont compacts, intuitifs, faciles d'utilisation et délégables.

Les appareils disponibles

De nombreux appareils sont aujourd'hui disponibles pour explorer le segment antérieur en OCT, avec des évolutions technologiques permanentes permettant d'améliorer constamment la résolution des images, la profondeur de champ et la rapidité d'acquisition. La plupart des appareils de segment postérieur ont un module permettant de voir le segment antérieur : une lentille amovible est additionnée pour la focalisation sur le segment antérieur. À l'heure actuelle, seuls les appareils entièrement dédiés au segment antérieur peuvent donner une image en coupe de tout le segment antérieur.

L'OCT Visante (Carl Zeiss Meditec), commercialisé de 2005 à 2015, a été le premier appareil d'OCT entièrement dédié au segment antérieur et à l'analyse de l'angle iridocornéen. Il utilise une technologie *time domain* (TD) et un laser diode avec une longueur d'onde de 1 310 nm.

La technologie TD a été remplacée par le *spectral domain* (SD), de longueur d'onde allant de 830 à 880 nm, qui permet d'augmenter largement la vitesse d'acquisition et la résolution spatiale des images. La plupart des OCT-SD sont dédiés au segment postérieur et possèdent une lentille amovible permettant l'analyse complémentaire du segment antérieur : Spectralis OCT2 (Heidelberg Engineering), RS-3000 Advance (Nidek), Cirrus HD-OCT 5000 (Carl Zeiss Meditec), RTVue Avanti/Angiovue (Optovue), HS-100 (Canon), Revo NX (Optopol). Le MS-39 (CSO) est un OCT-SD uniquement dédié au segment antérieur, avec un champ d'examen augmenté à 16 mm permettant de visualiser la totalité du segment antérieur sur une même coupe. La résolution axiale est

Le dossier – Les nouvelles explorations en segment antérieur

excellente (3,5 µm) mais la pénétration tissulaire reste limitée.

Les nouveaux appareils qui fonctionnent en mode *swept source* (SS), avec un laser de 1 050 à 1 310 nm, ont l'avantage d'avoir une forte pénétration tissulaire (jusqu'à 13 mm de profondeur) avec une faible dispersion dans la sclère, une vitesse d'acquisition et de reconstruction très élevée, combinées à un large champ d'analyse avec des coupes de 16 mm de largeur, permettant d'obtenir des images en haute définition de tout le segment antérieur. La résolution axiale, de l'ordre de 10 µm, est néanmoins inférieure à celle des appareils SD. Le Casia-2 (Tomey) et l'Anterion (Heidelberg Engineering) sont des appareils SS dédiés au segment antérieur (***fig. 1***). L'OCT SS Triton (Topcon) est un appareil de segment postérieur permettant d'imager le segment antérieur grâce à une lentille amovible.

Cette pénétration améliorée est néanmoins limitée au niveau des tissus les plus pigmentés ou opaques, comme l'iris et la sclère, où l'absorption de la lumière ne permet pas d'obtenir une image en OCT. L'examen échographique de très haute fréquence (UBM) a une résolution inférieure à celle des appareils d'OCT. Il a en revanche un très haut pouvoir de pénétration tissulaire à travers des tissus opaques et conserve ainsi une place indispensable dans certaines indications. L'UBM reste la seule technique d'imagerie capable de visualiser les structures en arrière de l'iris et de la sclère (procès ciliaires, sulcus ciliaire, tumeurs, implants intraoculaires, etc.).

L'OCT-SA a également une place au bloc opératoire. Il peut être intégré aux machines réalisant la chirurgie réfractive (laser femtoseconde) pour visualiser la progression des découpes cornéennes. Certains lasers utilisés pour la femtocataracte ont également un module d'imagerie OCT pour positionner les incisions. Plus récemment, l'OCT a été intégré au microscope opératoire, apportant une assistance peropératoire pour le chirurgien, particulièrement utile pour les cornéoplasties [3]. Il donne en temps réel des informations pertinentes pour les décisions chirurgicales, améliorant la précision et la sécurité des gestes.

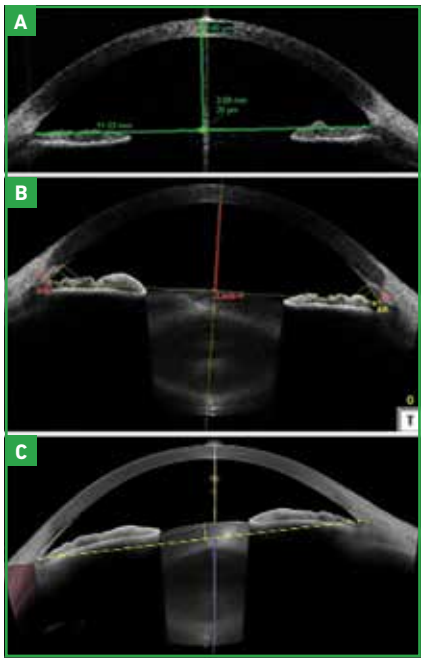


Fig. 1 : Coupe axiale du segment antérieur avec différents appareils d'OCT-SA. **A :** OCT Visante, Zeiss. **B :** Casia-2, Tomey. **C :** Anterion, Heidelberg Engineering. Notez la meilleure pénétration tissulaire avec les appareils *swept source* (**B et C**), permettant de visualiser toute l'épaisseur du cristallin.

Les appareils d'OCT-SA évoluent de plus en plus vers des plateformes multimodales, permettant non seulement d'effectuer un examen OCT du segment antérieur avec des mesures quantitatives diverses mais également d'autres explorations du segment antérieur, telles que la topographie cornéenne avec des cartes de courbure antérieure et postérieure de la cornée, kératométriques et pachymétriques (Casia-2 Tomey, Anterion Heidelberg Engineering, MS-39 CSO, HP-OCT Cylite) et la mesure de la longueur axiale (Anterion Heidelberg Engineering, HP-OCT Cylite). Il peut ainsi être réalisé une biométrie complète avec calcul d'implant intraoculaire avant chirurgie du cristallin.

Champs d'application de l'OCT de segment antérieur

1. Cornée

Grâce à l'excellente visualisation en coupe de la cornée, avec identification des différentes interfaces, l'OCT-SA est devenu un examen de routine pour les dystrophies cornéennes : dystrophies épithéliales, sous-épithéliales, stromales et endothéliales [4, 5]. L'OCT-SA permet de localiser précisément l'atteinte et de déterminer le stade de gravité (***fig. 2***).

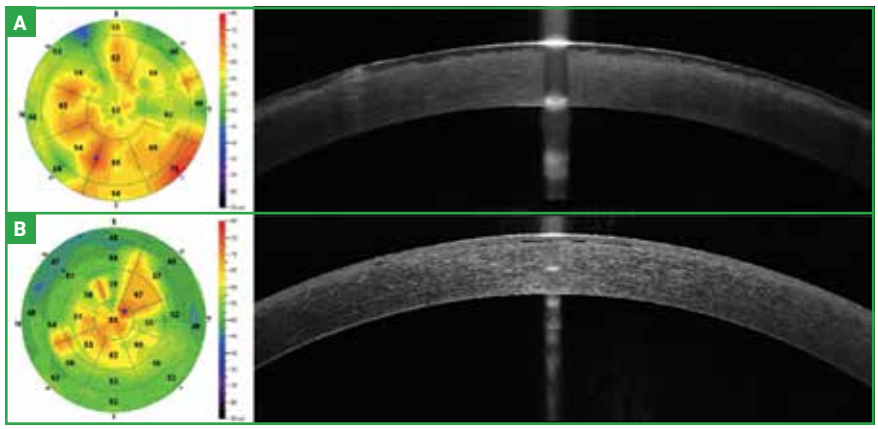


Fig. 2 : OCT de la cornée (Angiovue). **À gauche :** cartographies épithéliales ; **à droite :** images en coupes. **A :** dystrophie de Reis-Bücklers, épithélium très irrégulier avec dépôts hyperréflectifs sous-épithéliaux continus et crénelés. **B :** dystrophie de la membrane basale épithéliale (de Cogan), épithélium d'épaisseur irrégulière avec des espaces hyporéflectifs multiples et focaux entre l'épithélium et le stroma.

Dans le cadre des kératites (inflammatoires, infectieuses, neurotrophiques, traumatiques), l'OCT-SA permet d'imager le remodelage de la cornée (amincissement stromal, fibrose, épaississement, ulcère) et d'analyser les conséquences réfractives en résultant (aberrations optiques). Il permet également d'évaluer l'activité infectieuse ou inflammatoire (infiltrats, néovaisseaux). En cas de taie cornéenne, la profondeur et l'épaisseur de l'opacité stromale pourront être mesurées afin de guider la prise en charge thérapeutique (photokératectomie thérapeutique au laser excimer, kératoplastie lamellaire antérieure profonde ou encore kératoplastie transfixiante).

En chirurgie réfractive cornéenne, la visualisation de l'interface entre un capot de Lasik et le stroma sous-jacent permet d'obtenir des mesures précises du mur postérieur avant une éventuelle reprise chirurgicale. Les complications postopératoires peuvent aussi être analysées en OCT-SA : *haze* post-PKR, SOS syndrome, invasion épithéliale, traumatisme du volet…

En postopératoire de greffes de cornée, l'OCT-SA permet de détecter des complications précoces : détachement du greffon endothélial, défaut d'affrontement entre le greffon et la cornée receveuse, défaut d'adhérence entre un greffon lamellaire antérieur et la couche endothélio-descemétique du receveur [6]. L'OCT-SA est particulièrement utile en cas de trouble des milieux transparents (œdème cornéen) empêchant une bonne analyse clinique.

2. Glaucome

Le glaucome est un champ d'application très vaste pour l'OCT-SA. Outre l'analyse fine des angles iridocornéens étroits, il a également une place dans le suivi de la chirurgie filtrante, après traitements par laser ou encore dans certains glaucomes à angle ouvert.

Une des premières applications de l'OCT-SA dans le glaucome a été l'analyse de l'angle iridocornéen [7]. L'OCT-SA apporte des informations morphologiques sur le degré d'ouverture de l'angle, la position de l'iris, l'existence de synéchies et également des données biométriques (telles que la mesure de la profondeur de la chambre antérieure et de la flèche cristallinienne) pouvant guider la prise en charge dans les angles étroits ou fermés (***fig. 3 et 4***).

Il faut garder à l'esprit que la lumière émise par le faisceau infrarouge de l'OCT, bien que faible, ne permet pas d'obtenir une mydriase physiologique complète. De ce fait, il n'est pas rare que l'angle apparaisse plus fermé en UBM, réalisée en milieu scotopique sans source lumineuse parasite, qu'en OCT-SA. De plus, la visualisation des procès ciliaires, à la recherche notamment d'un iris plateau responsable de la fermeture d'un angle, ne pourra se faire qu'en UBM.

Après iridotomie périphérique au laser, l'OCT-SA permet d'imager l'iridotomie et de s'assurer de son caractère transfixiant et fonctionnel (disparition de la composante de blocage pupillaire avec disparition du bombement de l'iris vers l'avant). Elle permet de juger de l'efficacité du laser en évaluant la réouverture de l'angle (***fig. 5***).

Après chirurgie filtrante, l'OCT-SA permet de visualiser la bulle de filtration sous-conjonctivale. Les bulles fonctionnelles sont habituellement diffuses et microkystiques, avec une paroi faiblement réflective et de nombreux espaces hyporéflectifs dans la conjonctive

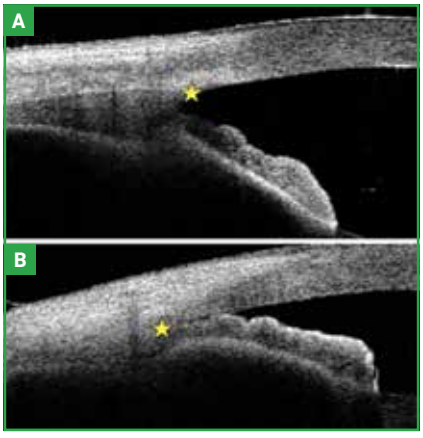


Fig. 3 : Analyse de l'angle iridocornéen en OCT-SA. L'**étoile jaune** localise l'éperon scléral. **A :** angle ouvert. **B :** angle fermé avec contact iridotrabéculaire.

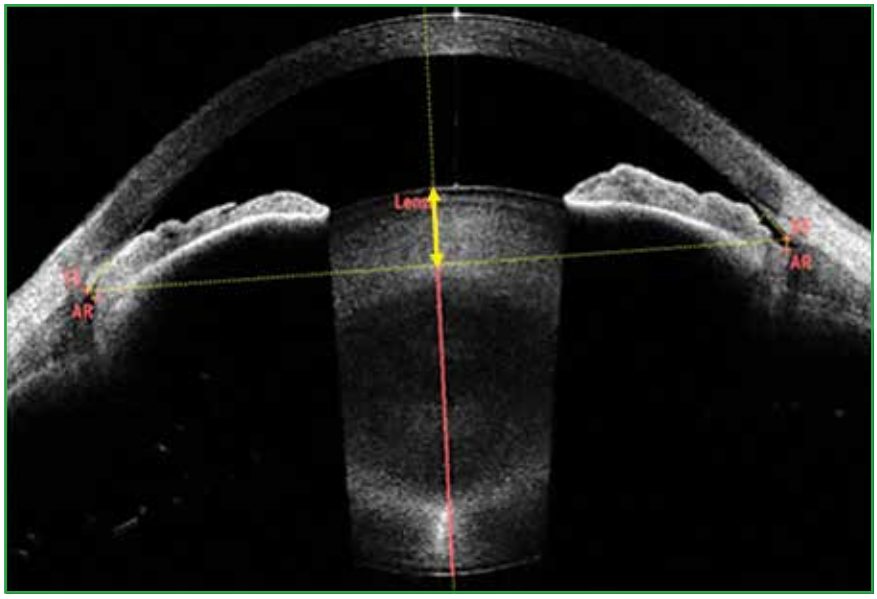


Fig. 4 : Coupe axiale du segment antérieure en OCT-SA Casia-2. Facteur cristallinien (**flèche jaune**) très marqué, associé à un bombement de l'iris vers l'avant avec fermeture de l'angle iridocornéen.

Le dossier – Les nouvelles explorations en segment antérieur

traduisant le passage intratissulaire de l'humeur aqueuse [8]. La présence d'un espace hyporéflectif sous le volet scléral confirme la présence d'un espace de décompression. À l'inverse, les bulles non fonctionnelles sont plates, encapsulées avec un tissu conjonctival hyperréflectif.

Dans les syndromes de dispersion pigmentaire et glaucomes pigmentaires, l'OCT-SA recherche une inversion de la courbure de l'iris, avec une concavité postérieure traduisant un blocage pupillaire inverse [9]. Une telle confirmation morphologique orientera la décision d'effectuer une iridotomie.

3. Cristallin

Les appareils les plus récents en mode *swept source* permettent d'imager le cristallin dans sa totalité jusqu'à la cristalloïde postérieure. Des mesures fiables peuvent être réalisées telles que l'épaisseur du cristallin, la flèche cristallinienne, les rayons de courbure du cristallin. La position anatomique du cristallin peut être étudiée, pouvant mettre en évidence une subluxation.

La visualisation du cristallin n'est possible qu'en regard de l'aire pupillaire (la portion localisée en arrière de l'iris étant masquée). L'examen de l'équateur et des fibres zonulaires n'est donc pas possible en OCT-SA.

4. Implants

Sur un œil opéré de cataracte, l'OCT-SA permet d'imager l'implant de chambre postérieure. Le centrage de l'implant par rapport à la pupille peut être apprécié. En cas de subluxation de l'implant, on recherchera une obliquité de l'optique par rapport à l'axe du segment antérieur et éventuellement une indentation irienne localisée (***fig. 6A***). Les parties de l'implant localisées en arrière de l'iris ne sont pas directement visibles. Ainsi, seule l'échographie par UBM permettra d'analyser les haptiques, leur position dans le sulcus ciliaire et leur éventuelle interaction avec les procès ciliaires ou la face postérieure de l'iris [10].

La capsule postérieure du cristallin peut être imagée, avec mise en évidence d'une opacification postérieure. Cette approche complète les données de l'examen clinique à la lampe à fente, avec des renseignements plus précis sur l'épaisseur et la nature de l'opacification.

L'OCT-SA apporte des renseignements très utiles dans le bilan préopératoire des implants phaques, en mesurant avec grande précision le diamètre interne de la chambre antérieure. Les implants phaques de chambre antérieure peuvent être visualisés entièrement en OCT-SA (***fig. 6B***). La mesure de la distance de sécurité entre la face antérieure de l'optique et l'endothélium cornéen est très utile dans le suivi postopératoire et permet d'évaluer le risque endothélio-cornéen [11].

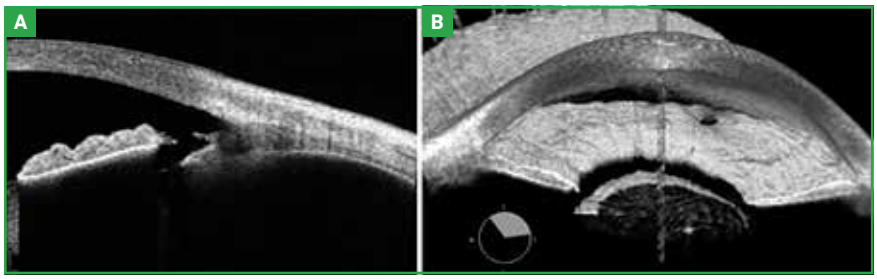


Fig. 5 : Iridotomie périphérique transfixiante en OCT-SA Casia-2. **A :** coupe radiaire. **B :** reconstruction en 3D de la chambre antérieure.

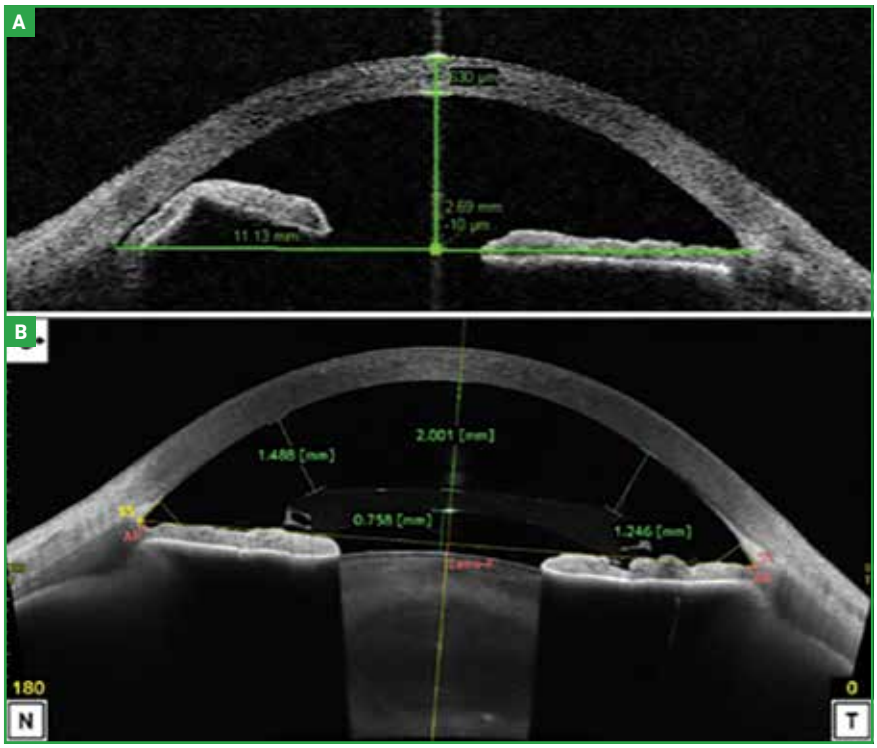


Fig. 6 : Implants intraoculaires. **A :** décentrement d'un implant de chambre postérieure en OCT Visante. On note une indentation irienne, responsable d'une fermeture localisée de l'angle iridocornéen. L'implant n'est pas visible en arrière de l'iris. **B :** OCT-SA Casia-2 montrant un implant phaque de chambre antérieure clippé à l'iris avec mesure des distances de sécurité entre les bords de l'implant et l'endothélium cornéen.

Les implants phaques de chambre postérieure ne sont visibles en OCT-SA qu'en regard de l'aire pupillaire. La distance entre la face postérieure de l'implant et la cristalloïde antérieure peut être appréciée. Cette distance se réduit avec l'épaississement progressif du cristallin et sa surveillance permettra de proposer un retrait en cas de risque de cataracte.

5. Tumeurs

L'OCT-SA peut visualiser certaines lésions tumorales superficielles. Les nævi iriens et conjonctivaux apparaissent sous la forme d'une hyperréflectivité bien délimitée. Des tumeurs malignes de l'iris (mélanome, métastase) sont responsables d'un épaississement irien plus marqué, avec des contours plus irréguliers. Les limites postérieures de la lésion ne sont parfois pas visibles en cas de tumeur très épaisse ou de forte pigmentation (***fig. 7***).

Une tumeur rétro-irienne sera habituellement non visible en OCT-SA, masquée par l'absorption du faisceau infrarouge par la pigmentation irienne. Des signes indirects peuvent néanmoins alerter, telle qu'une voussure localisée de l'iris ou une modification de réflectivité irienne. Les kystes iridociliaires sont fréquents et peuvent induire une fermeture localisée de l'angle iridocornéen (***fig. 8***). Certaines tumeurs malignes iridociliaires peuvent cependant avoir une présentation identique en OCT-SA, imposant de réaliser une UBM au moindre doute.

Place de l'OCT-angiographie dans l'exploration du segment antérieur

Après son développement pour la rétine et la choroïde, l'OCT-angiographie (OCT-A) apparaît comme une nouvelle technique prometteuse pour la cornée et la surface oculaire [12]. Son apport est en plein développement et des améliorations sont encore nécessaires, toutefois des applications cliniques émergent.

L'OCT-A peut ainsi être utilisé pour analyser une néovascularisation cornéenne compliquant une kératite infectieuse ou neurotrophique, un rejet de greffe de cornée. Il permet une meilleure visualisation des néovaisseaux profonds, notamment en cas de perte de

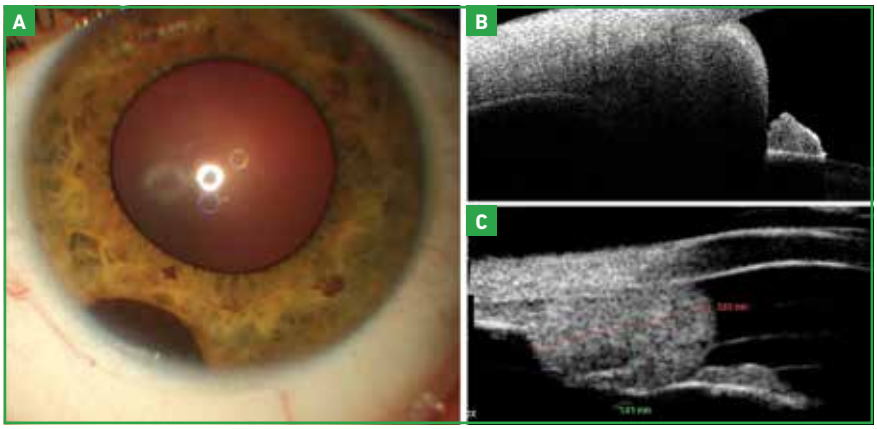


Fig. 7A : Cliché couleur d'une lésion pigmentée de l'angle iridocornéen en inféronasal. **B :** l'OCT-SA Casia-2 met en évidence une lésion hyperréflective tissulaire comblant l'angle iridocornéen. La pigmentation de la lésion entraîne une forte atténuation du signal avec ombrage postérieur. **C :** En UBM, la tumeur iridociliaire est visible dans sa globalité, avec des limites postérieures bien identifiables et dont l'aspect est évocateur d'adénome irien.

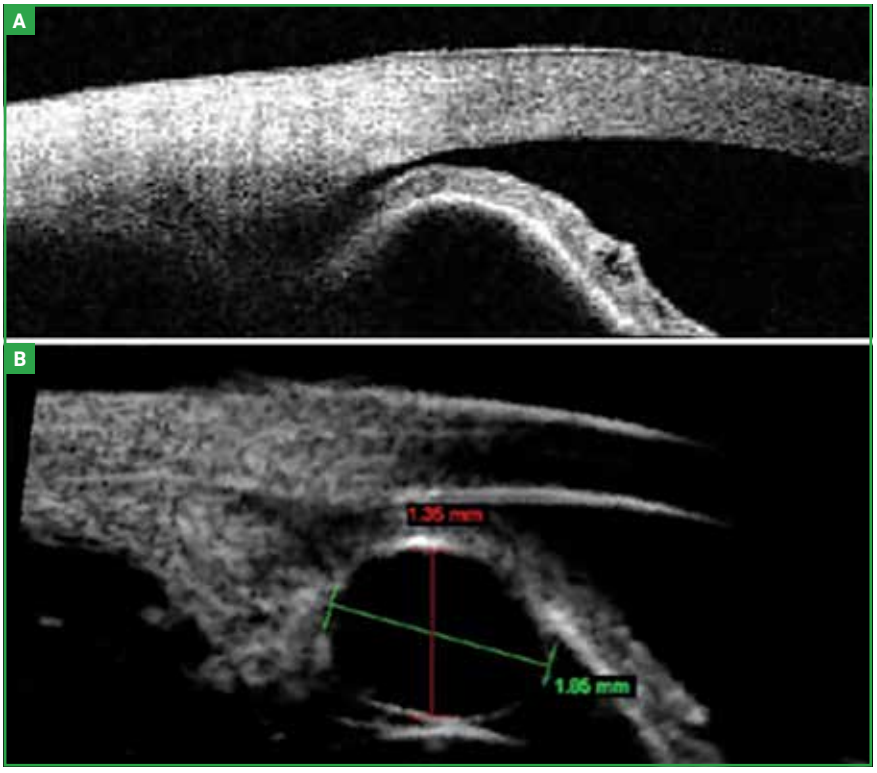


Fig. 8 : Kyste iridociliaire : comparaison OCT-SA Casia-2 (**A**) et échographie UBM (**B**). En OCT-SA, le kyste est suspecté devant une voussure irienne antérieure. En UBM, le diagnostic est confirmé par la visualisation complète de la lésion kystique rétro-irienne.

Le dossier – Les nouvelles explorations en segment antérieur

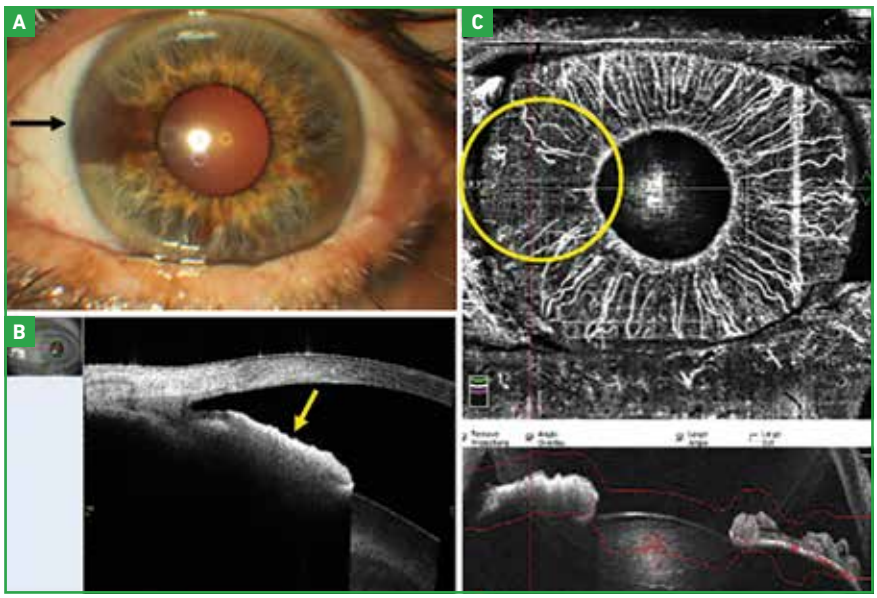


Fig. 9 : Nævus irien. **A :** cliché couleur du segment antérieur montrant une pigmentation irienne en nasal. **B :** coupe OCT-SA Casia-2 montrant une hyperréflectivité irienne avec ombrage postérieur. **C :** OCT-A Angiovue de l'iris montrant l'absence de flux au niveau du nævus en nasal.

transparence stromale masquant les néovaisseaux.

L'OCT-A peut aussi être utilisé pour imager le réseau vasculaire conjonctival, notamment en cas de tumeur, d'inflammation conjonctivale ou après chirurgie de glaucome (bulle de filtration).

L'analyse de l'iris en OCT-A permet de visualiser une rubéose irienne à un stade plus précoce qu'à l'examen clinique à la lampe à fente [13]. La vascularisation au sein d'une lésion tumorale irienne, telle qu'un hémangiome, un mélanome ou un nævus, peut aussi être imagée (***fig. 9***). L'analyse morphologique de la vascularisation ainsi que les mesures de la densité vasculaire pourraient être un outil supplémentaire pour l'orientation diagnostique et le suivi.

Conclusion

Les champs d'application de l'OCT pour le segment antérieur sont très variés. Il a un intérêt aussi bien pour le diagnostic que pour la thérapeutique et le suivi.

Les améliorations technologiques constantes permettent aujourd'hui d'avoir des images de très haute qualité, avec une bonne pénétration tissulaire, une excellente résolution axiale, un grand champ d'examen, couplés à une rapidité d'acquisition. Des perfectionnements sont encore nécessaires sur le plan technologique, notamment en OCT-A. La poursuite de la recherche sur les applications cliniques est également fondamentale pour optimiser l'utilisation des appareils et révéler tout leur potentiel.

BIBLIOGRAPHIE

1. Swanson EA, Izatt JA, Hee MR *et al.* In vivo retinal imaging by optical coherence tomography. *Opt Lett*, 1993;18:1864-1866.
2. Radhakrishnan S, Rollins AM, Roth JE *et al.* Real-time optical coherence tomography of the anterior segment at 1310 nm. *Arch Ophthalmol*, 2001;119:1179-1185.
3. Hallahan KM, Cost B, Goshe JM *et al.* Intraoperative interface fluid dynamics and clinical outcomes for intra-operative optical coherence tomography-assisted descemet stripping automated endothelial keratoplasty from the PIONEER study. *Am J Ophthalmol*, 2017;173:16-22.
4. El Sanharawi M, Sandali O, Basli E *et al.* Fourier-domain optical coherence tomography imaging in corneal epithelial basement membrane dystrophy: a structural analysis. *Am J Ophthalmol*, 2015;159:755-763.
5. Zhou W, Stojanovic A. Comparison of corneal epithelial and stromal thickness distributions between eyes with keratoconus and healthy eyes with corneal astigmatism ≥ 2.0 D. *PLoS One*, 2014;9:e85994.
6. Nesi TT, Leite DA, Rocha FM *et al.* Indications of optical coherence tomography in keratoplasties: literature review. *J Ophthalmol*, 2012;2012:989063.
7. Fénolland JR, Puech M, Baudouin C *et al.* [Imaging of the iridocorneal angle in glaucoma]. *J Fr Ophtalmol*, 2013;36:378-383.
8. Mastropasqua R, Fasanella V, Agnifili L *et al.* Anterior segment optical coherence tomography imaging of conjunctival filtering blebs after glaucoma surgery. *Biomed Res Int*, 2014;2014:610623.
9. Aptel F, Beccat S, Fortoul V *et al.* Biometric analysis of pigment dispersion syndrome using anterior segment optical coherence tomography. *Ophthalmology*, 2011;118:1563-1570.
10. Kumar DA, Agarwal A, Packialakshmi S *et al.* In vivo analysis of glued intraocular lens position with ultrasound biomicroscopy, *J Cataract Refract Surg*, 2013;39:1017-1022.
11. Ferreira TB, Portelinha J. Endothelial distance after phakic iris-fixated intraocular lens implantation: a new safety reference. *Clin Ophthalmol*, 2014;8:255-261.
12. Ang M, Cai Y, Shahipasand S *et al.* En face optical coherence tomography angiography for corneal neovascularisation. *Br J Ophthalmol*, 2016;100:616-621.
13. Roberts PK, Goldstein DA, Fawzi AA *et al.* Anterior segment optical coherence tomography angiography for identification of iris vasculature and staging of iris neovascularization: a pilot study. *Curr Eye Res*, 2017;42:1136-1142.

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

Le dossier – Les nouvelles explorations en segment antérieur

Place de l'UBM dans l'analyse du segment antérieur

RÉSUMÉ : L'UBM est un appareil d'échographie basé sur les ultrasons qui utilise une sonde à focale courte avec une fréquence (très) élevée. Son principal avantage est la pénétration tissulaire, permettant ainsi de visualiser la totalité de l'œil, son principal inconvénient est le caractère "opérateur-dépendant", nécessitant une courbe d'apprentissage pour la réalisation et l'interprétation des clichés d'UBM optimaux.

L'UBM a trouvé sa place dans le glaucome pour l'analyse fine de l'angle iridocornéen, la chirurgie réfractive pour la biométrie du segment antérieur, la traumatologie pour l'analyse de toutes les structures oculaires, l'oncologie pour l'analyse et la mesure des tumeurs bénignes ou malignes du segment antérieur. C'est le meilleur examen de l'angle iridocornéen mais la gonioscopie est l'examen de référence. Globalement, il convient de retenir qu'en 2019, l'UBM est un examen complémentaire de l'OCT de segment antérieur.

M. STREHO
Centre Explore Vision,
PARIS et RUEIL-MALMAISON,
Hôpital Lariboisière, PARIS.

L'ultra-biomicroscopie ou UBM ou encore échographie de haute et très haute fréquence a été décrite pour la première fois par Charles Pavlin dans les années 1990 [1]. Son intérêt se résume à utiliser les propriétés de l'échographie pour analyser le segment antérieur. Son développement a été rapide avec de plus en plus d'indications et des améliorations techniques, rendant cet examen davantage disponible. À l'aire du "tout OCT" se pose la question de la place de l'UBM. Mais les limites de la technique OCT et tout particulièrement pour le segment antérieur laissent une place de choix à l'UBM.

Nous allons ainsi voir le principe technique de l'UBM, ses avantages et ses inconvénients de manière non exhaustive, les différentes indications possibles et sa place par rapport à l'OCT de segment antérieur [2]. Globalement, il convient de retenir qu'en 2019, l'UBM est un examen complémentaire de l'OCT de segment antérieur. Ainsi, nous associons actuellement les deux techniques, privilégiant l'une ou l'autre selon l'indication et l'information à retenir.

Principes techniques

L'UBM est un appareil d'échographie, donc basé sur les ultrasons. L'appareil émet des ultrasons *via* un transducteur et recueille les échos (ultrasons de retour) pour en déduire une échographie en mode A (ou amplitude), selon un vecteur de contrôle, ou en mode B (ou brillance), selon une échelle de gris avec une image en coupe (***fig. 1 et 2***). Selon la fréquence d'oscillation et la focale, nous pouvons analyser les différentes structures de l'œil [3]. Ainsi, pour le segment antérieur, nous utilisons une sonde à focale courte avec une fréquence élevée (entre 35 MHz et 50 MHz). L'appareil initialement décrit était à 50 MHz mais, pour certains appareils, les images sont plus belles à des fréquences moindres. Chaque sonde est unique et chaque

Le dossier – Les nouvelles explorations en segment antérieur

fabricant a le meilleur compromis entre fréquence, focale et qualité d'image.

Parmi les avantages, le principal point à retenir est que les ultrasons traversent toutes les structures et permettent ainsi de visualiser la totalité de l'œil (***fig. 3***). Pour le segment antérieur, cela donne la possibilité de visualiser la chambre postérieure avec les corps ciliaires, les fibres zonulaires, l'équateur du cristallin et l'extrême périphérie rétinienne (***fig. 4***). Les autres avantages sont nombreux, comme la possibilité de réaliser un examen en condition scotopique stricte, en position décubitus et sans aplanation. Il s'agit d'un examen parfaitement indolore, non contact, fiable et reproductible entre des mains entraînées.

C'est probablement le principal inconvénient de l'appareil, le côté "opérateur-dépendant" nécessitant une courbe d'apprentissage pour la réalisation et l'interprétation des clichés d'UBM. Au contraire de l'OCT, nous ne pouvons pas faire une acquisition volumétrique semi-automatisée contenant toutes les coupes qui peuvent être retravaillées dans un second temps. L'UBM a une acquisition en coupe et nécessite ainsi une analyse en direct de l'œil, avec un choix strict des coupes les plus informatives à garder. Une fois l'examen terminé, nous ne pouvons visualiser que les coupes enregistrées. Parmi les autres inconvénients, nous pouvons reprocher à l'UBM de se faire uniquement sur un patient allongé et l'examen dynamique avec indentation n'est actuellement pas disponible.

Dans la pratique, l'OCT peut être utilisé en dépistage, débrouillage, et l'UBM vient compléter l'OCT pour analyser les différentes structures et voir notamment la partie en arrière de l'iris. L'UBM est réalisé selon un plan d'examen standardisé avec un patient rassuré, allongé, en condition photopique et scotopique selon les différents méridiens et selon deux plans de coupes perpendiculaires (***fig. 5***). Pour l'UBM, nous utilisons peu ou pas la variation du gain car le réglage par défaut est très souvent le meilleur. Il y a un temps d'examen quantitatif avec mesure des paramètres du segment antérieur et un temps qualitatif avec une analyse des structures et de l'échogénicité. Le contexte clinique oriente idéalement l'examen et en est beaucoup plus informatif.

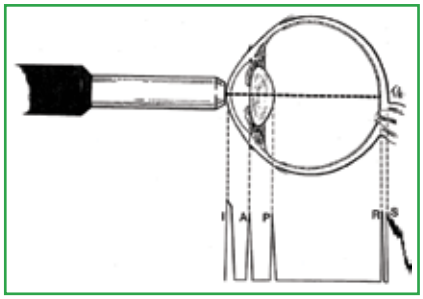


Fig. 1 : Échographie en mode A (mode amplitude). Noter le vecteur de contrôle montrant des pics d'amplitude différents en fonction des interfaces rencontrées. Cette technique est utilisée pour la biométrie.

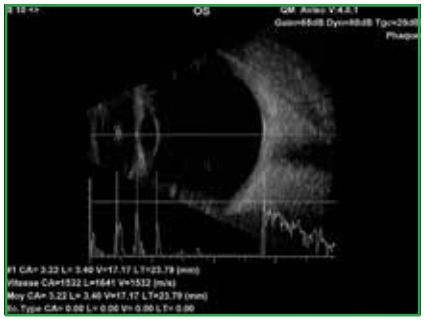


Fig. 2 : Échographie en mode B (mode brillance). La coupe permet une visualisation en échelle de gris de l'œil. Les différents échos sont codés en degré d'échogénicité.

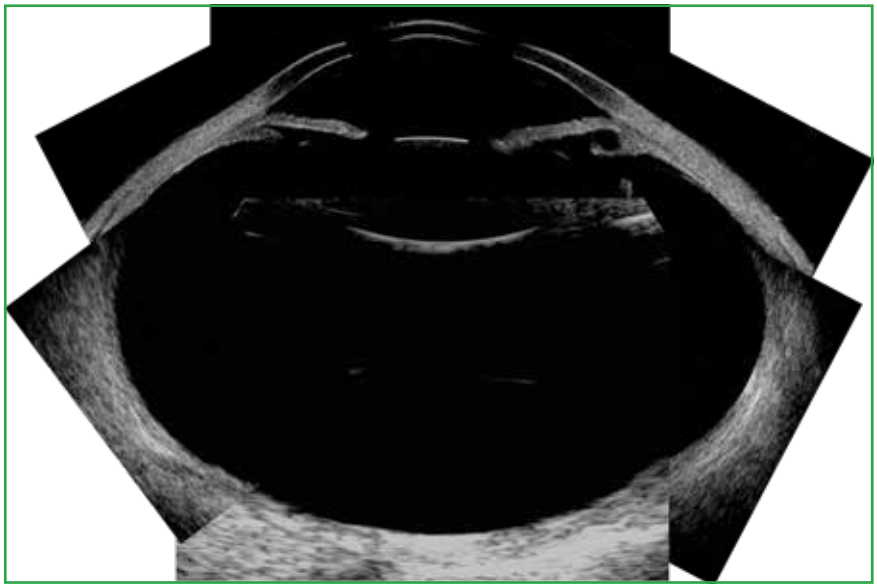


Fig. 3 : Montage réalisé avec plusieurs coupes d'échographie du même œil (focale longue, focale courte, fréquence haute et faible) permettant une visualisation de la totalité des structures.

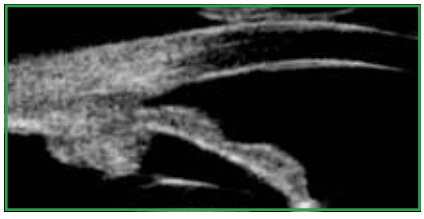


Fig. 4 : Coupe UBM de l'angle iridocornéen permettant l'analyse de toutes les structures (angle, iris, procès ciliaires, zonules, cristallin, périphérie rétinienne…).

Indications de l'UBM

Les indications de l'UBM découlent de ses avantages et notamment de son principal point fort, la pénétration tissulaire. Il s'agit du seul examen actuellement disponible permettant l'analyse de la chambre postérieure, même les OCT *swept source* de segment antérieur ne permettent pas une analyse fine des structures en arrière de l'iris.

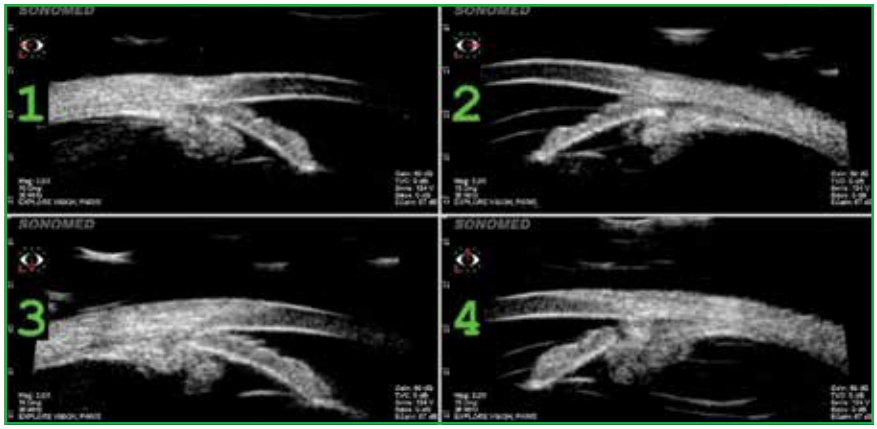


Fig. 5 : Planche d'examen UBM illustrant quatre coupes selon quatre méridiens montrant un angle iridocornéen fermé malgré une iridotomie périphérique transfixiante en raison d'un mécanisme d'iris plateau.

Schématiquement, l'UBM a trouvé sa place dans le glaucome pour l'analyse fine de l'angle iridocornéen, la chirurgie réfractive pour la biométrie du segment antérieur, la traumatologie pour l'analyse de toutes les structures oculaires, l'oncologie pour l'analyse et la mesure des tumeurs bénignes ou malignes du segment antérieur, et tout particulièrement des procès ciliaires, et d'autres indications plus rares.

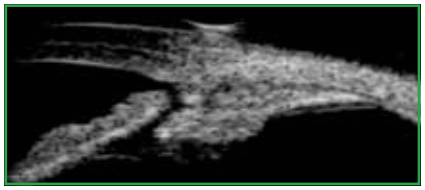


Fig. 6 : Coupe d'UBM illustrant une iridotomie périphérique transfixiante.

>>> Dans le glaucome, il s'agit du meilleur examen de l'angle iridocornéen (AIC), permettant de diagnostiquer un AIC étroit voir fermé à risque de crise de glaucome aigu ou chronique par fermeture de l'angle [4-5]. L'examen permet d'analyser de manière quantitative et qualitative l'AIC en mydriase physiologique (***fig. 6***). De plus, l'UBM nous donne des informations sur l'iris (insertion, épaisseur, volume, cinétique) et sur les procès ciliaires (taille, anatomie ou mécanisme d'iris plateau). Cet examen est intéressant avant l'indication d'une iridotomie périphérique ou au décours du laser pour juger de son efficacité (***fig. 6***).

Il est toujours intéressant de déterminer les mécanismes de fermeture de l'AIC. En effet, le traitement n'est pas forcément le même en cas d'une fermeture primitive, de composante cristallinienne majeure, de mécanisme d'iris plateau ou encore de kystes iridociliaires (***fig. 7***). L'UBM peut ainsi aider au choix de la bonne attitude thérapeutique, en plus du contexte clinique, de la gonioscopie (examen de référence) et d'autres paramètres. Dans le glaucome, l'UBM est également utile pour évaluer l'efficacité d'une chirurgie filtrante transfixiante ou non, ou plus récemment les MIGS (chirurgie du glaucome mini-invasive, ***fig. 8***).

>>> En oncologie ou pour l'exploration d'une voussure irienne cliniquement visible, l'UBM permet de visualiser les structures et d'éliminer une tumeur d'aspect malin comme un mélanome du corps ciliaire (***fig. 9***). L'UBM permet également de mesurer la tumeur dans

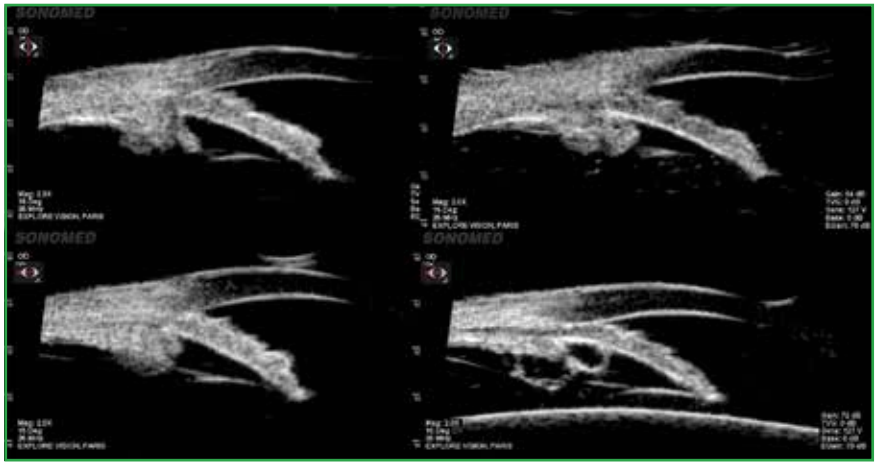


Fig. 7 : Planche d'UBM illustrant quatre cas d'angle iridocornéen fermé avec des mécanismes différents. Il s'agit de mécanisme par fermeture primitive, par insertion antérieure de l'iris, par mécanisme d'iris plateau et par polykystose iridociliaire.

Fig. 8 : Coupe d'UBM illustrant un site de chirurgie filtrante type sclérectomie profonde non perforante fonctionnelle.

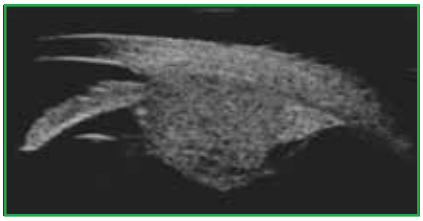
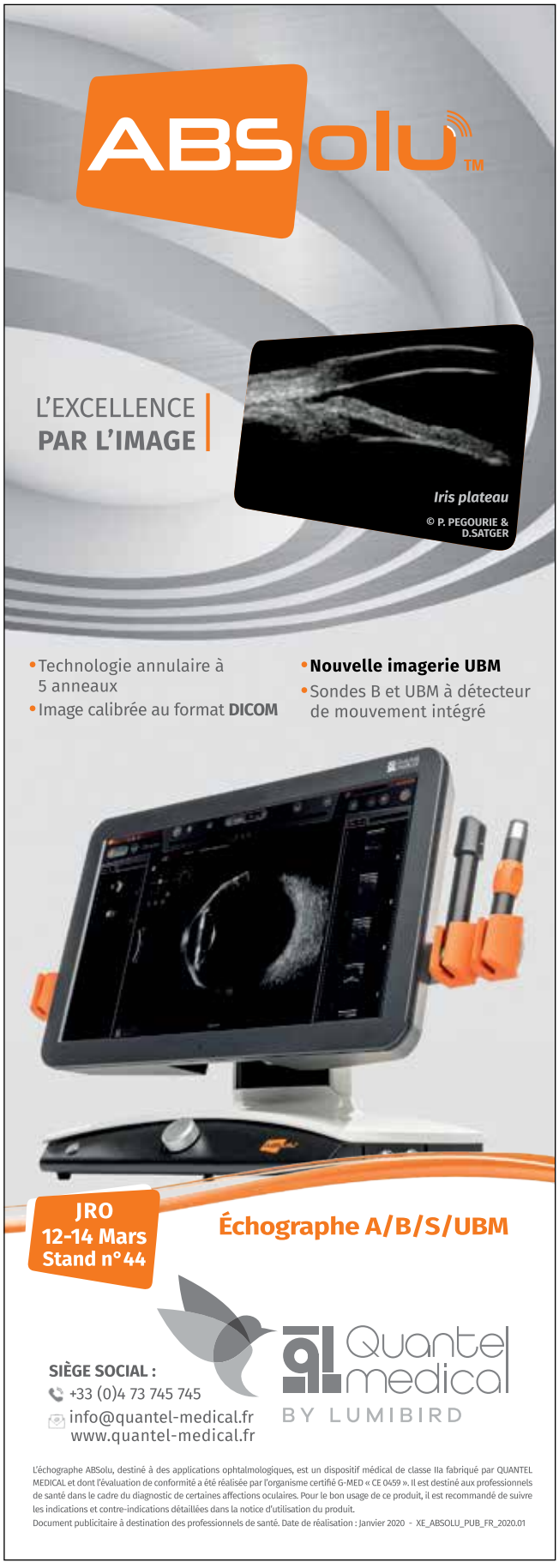


Fig. 9 : Coupe d'UBM montrant une tumeur (probable mélanome) du corps ciliaire peu ou pas visible à l'examen clinique ni à l'OCT de segment antérieur.



les trois plans de l'espace (longueur, largeur, épaisseur) selon deux plans de coupe perpendiculaires [6]. Ces mesures sont réalisées au moment du diagnostic et lors du suivi au décours d'un traitement conservateur type protonthérapie. Idéalement, les mesures sont réalisées sur le même appareil, par le même opérateur en comparant directement les coupes entre elles.

>>> En traumatologie, l'UBM permet de visualiser le bloc cristallinien, de voir s'il est en place, sa mobilité, l'intégrité des fibres zonulaires par secteur, une éventuelle récession de l'angle ou un autre délabrement. De plus, l'examen est possible même en cas de troubles des milieux transparents comme un hyphéma ou un trouble de la cornée.

Conclusion

L'UBM a actuellement une place importante dans l'analyse du segment antérieur et notamment des structures en arrière de l'iris. Les OCT actuels, même en *swept source* et dédiés au segment antérieur, ne permettent pas d'avoir des images comparables à l'UBM. Elle reste ainsi un examen de choix pour analyser les structures de l'AIC et comprendre le mécanisme de fermeture de l'angle. Il existe d'autres indications nombreuses comme en traumatologie, oncologie, chirurgie réfractive… Idéalement, l'examen vient en relai d'un examen clinique complet et est orienté pour avoir le maximum d'informations. La réalisation de l'examen nécessite une certaine habitude pour obtenir des images optimales et assurer une interprétation parfaite.

BIBLIOGRAPHIE

1. Pavlin CJ, Harasiewicz K, Sherar MD *et al.* Clinical use of ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmology*, 1991;98:287-295.
2. Pavlin CJ, Vásquez LM, Lee R *et al.* Anterior segment optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy in the imaging of anterior segment tumors. *Am J Ophthalmol*, 2009;147:214-219.
3. Streho M. Échographie oculaire. In: Fajnkuchen F. *Techniques d'exploration de la rétine* (volume 1 - coffret Rétine). Médecine sciences Lavoisier, 2012.
4. Lachkar Y. Le glaucome chronique par fermeture de l'angle. *J Fr Ophtalmol*, 2003;26:S49-S52.
5. Puech M, Streho M. Imagerie de l'angle iridocornéen. In: Renard JP, Sellem E. *Glaucome primitif à angle ouvert*. Rapport SFO 2014, Elsevier.
6. Krema H, Santiago RA, Gonzalez JE *et al.* Spectral-domain optical coherence tomography versus ultrasound biomicroscopy for imaging of nonpigmented iris tumors. *Am J Ophthalmol*, 2013;156:806-812.

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

Le dossier – Les nouvelles explorations en segment antérieur

Analyse du film lacrymal

RÉSUMÉ : L'amélioration progressive des moyens d'imagerie s'est accélérée ces dernières années, notamment dans le domaine de la surface oculaire et du film lacrymal qui restait encore un domaine confidentiel jusqu'à récemment. De nouveaux appareils "couteaux suisse" permettent notamment une visualisation de la couche aqueuse mais aussi lipidique du film lacrymal et des glandes de Meibomius, et évaluent même la qualité visuelle grâce à l'aberrométrie. En conjonction avec l'examen clinique et les questionnaires d'évaluation de la sécheresse oculaire, tous ces éléments permettent à la fois une meilleure compréhension des mécanismes intriqués mais également une meilleure considération des problèmes rencontrés par nos patients et de leur prise en charge.

M. SELLAM
Centre Explore Vision,
RUEIL-MALMAISON.

Il y a encore peu, l'analyse du film lacrymal était un domaine confiné à la recherche et restait un parent pauvre de l'examen clinique, avec divers tests dont il ne subsiste que les principaux en pratique courante. Nous ne pouvons plus nous permettre aujourd'hui de sous-estimer l'analyse du film lacrymal comme cela a été longtemps le cas par beaucoup d'entre nous, par méconnaissance du problème le plus souvent et, osons le dire, par mépris des plaintes du patient parfois… L'évolution des progrès technologiques, conjointement aux progrès thérapeutiques, a permis ces dernières années de remettre en avant l'intérêt de l'analyse du film lacrymal et de comprendre son rôle primordial dans la surface oculaire et la qualité visuelle de nos patients.

Rôle du film lacrymal et rappel bref de sa composition

De façon schématique, le film lacrymal, qui mesure 7 µm, est constitué de 3 couches :
– une couche lipidique : assure un rôle qualitatif et stabilisateur du film lacrymal en empêchant l'évaporation de la couche aqueuse ;
– une couche aqueuse : contient les agents antimicrobiens (lyzozyme et bêtalysine surtout) et les immunoglobulines, transfère l'oxygène à l'épithélium cornéen, élimine les débris et, surtout, c'est le rôle principal du film lacrymal, assure une surface optique lisse et homogène. En effet, l'interface air/film lacrymal constitue un dioptre optique de 43,6 D, soit 70 % de la puissance réfractive totale de l'œil [1] ;
– une couche mucinique : relie la couche aqueuse à la surface épithéliale cornéenne hydrophobe, participe à la stabilité du film lacrymal.

Analyse clinique et tests

L'analyse clinique débute toujours par l'aspect général du patient : aspect de la peau (rosacée ? eczéma ? dermite séborrhéique ?), anatomie des paupières, aspect des cils, fréquence du clignement, etc.

Deux tests cliniques simples gardent un intérêt dans la pratique courante, il s'agit :
– du **test de Schirmer** : le test est positif si moins de 10 mm est obtenu après 5 min. Ce test permet une analyse quantitative et

Le dossier – Les nouvelles explorations en segment antérieur

mesure essentiellement les sécheresses par déficience aqueuse comme dans le syndrome de Gougerot-Sjögren [2] ;
– du ***break-up time*** : le test est considéré comme significatif si le film lacrymal imprégné d'1 goutte de fluorescéine, après plusieurs clignements, se rompt avant 10 s. Ce test permet une analyse plus qualitative du film lacrymal et oriente plutôt vers une anomalie de la couche lipidique du film lors d'une évaporation excessive des larmes.

L'inconvénient de ces tests réside dans la fluctuation des résultats de façon intrinsèque d'une part (car notre production de larmes est une manifestation de notre adaptation naturelle à notre environnement) et tient également à ce que leur réalisation doit être parfaite pour ne pas fausser les résultats d'autre part.

Analyse paraclinique du film lacrymal

De plus en plus d'appareils permettent une analyse très variée et complète du segment antérieur avec topographie, réfraction, pachymétrie, etc. et analyse du film lacrymal. Ces instruments présentent un intérêt diagnostique, un intérêt pour le suivi des patients et peut-être aussi un intérêt pédagogique. Nous allons décrire ici les principaux appareils existant sur le marché en les classant selon la technologie utilisée. Le ***tableau I*** synthétise les principales technologies utilisées par ces appareils.

1. Mesure osmolaire

Il s'agit de la mesure de l'osmolarité des larmes (TearLab) (***fig. 1***). L'osmolarité des larmes (0,9 % NaCl) est comprise entre 300-310 mOsm/L. Une osmolarité anormale est définie comme étant > 300 mOsm/L ou lorsque la différence entre les deux yeux est > 8 mOsml/L. Par ailleurs, plus l'osmolarité augmente, plus la sécheresse est importante et plus l'altération de la surface oculaire est marquée [3].

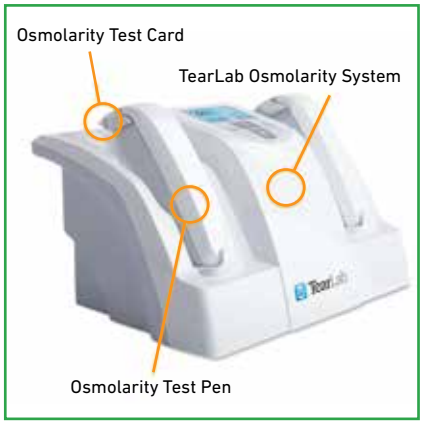


Fig. 1 : TearLab. Mesure de l'osmolarité des larmes.

2. Analyse par disques de Placido

Les disques de Placido permettent d'évaluer de façon non invasive le temps de rupture du film lacrymal (NI BUT) en identifiant les modifications des reflets cornéens des projections des mires (exemple avec le Visionix VX 120 de Luneau, ***fig. 2***). Cette technique permet d'analyser en différents points, et parfois en temps réel, la rupture du film lacrymal avec une grande précision, de façon non invasive et reproductible [4]. En revanche, l'analyse inférieure de la cornée est souvent prise par défaut avec cette technique, laissant encore la place à l'analyse clinique du BUT et de sa dynamique.

La **hauteur du ménisque de larmes** (normale > 0,3 mm) est souvent automatisée sur ces appareils, permettant d'évaluer la déficience de la couche aqueuse des larmes, et peut très bien remplacer aujourd'hui le test de Schirmer (exemple avec l'Antares de CSO, ***fig. 3***).

	Placido	Infrarouge	Interférométrie	Aberrométrie	Scheimpflug
LipiView (Johnson & Johnson Vision Care)		X	X		
Visionix VX 120 (Luneau)	X	X		X	X
Sirius (CSO)	X	X		X	X
Antares (CSO)	X	X			
Keratograph 5M (Oculus)	X	X		X	
LacryDiag (Quantel)	X	X	X		
CA-800 (Topcon)	X	X		X	
SLM6E (Kanghua)	X	X			
Me-check (Eye-Light)		X			
Tear-check (ESW Vision)	X*	X	X		
(*équivalent de mires de Placido)					

Tableau I.

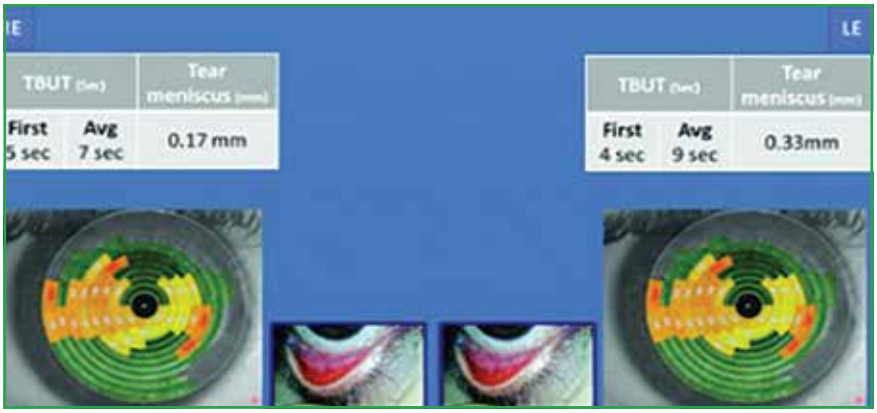


Fig. 2 : Visionix VX 120 de Luneau. Évaluation du NI BUT.

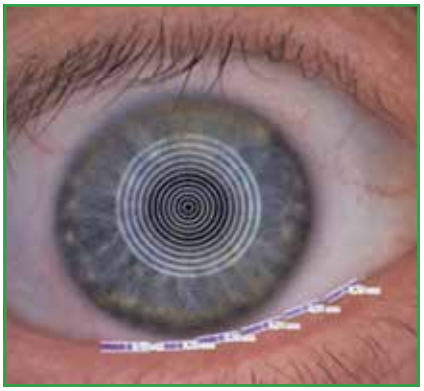


Fig. 3 : Antares de CSO. Mesure de la hauteur du ménisque des larmes.

Certains logiciels permettent enfin d'émettre un rapport résumant les différentes images acquises, associées ou non aux scores d'évaluation de la sécheresse (cf. chapitre ci-dessous sur la qualité de vie). C'est le cas par exemple du Keratograph 5M d'Oculus (***fig. 4***).

3. Analyse par image infrarouge

Souvent couplée aux disques de Placido, elle permet de visualiser les glandes de Meibomius (meibographie) de façon directe ou par transillumination, donnant ainsi probablement les meilleures images (***fig. 5***, LipiView II). Les bouchons lipidiques sont souvent visibles, annonciateurs de l'atrophie des glandes si rien n'est fait. La gradation se fait selon différentes échelles (se référer au DEWS II), de façon manuelle ou automatique selon les appareils sur le marché. À noter également que le LipiView a été le premier appareil à mettre en évidence l'existence de clignements incomplets, grâce à des captures vidéo, ce qui joue un rôle important dans la pathogénèse des dysfonctionnements meibomiens.

Parfois, l'analyse est dissociée sur des appareils permettant seulement l'analyse des glandes meibomiennes, comme avec le Me-check d'Eye-Light (***fig. 6***).

L'appareil Tear-check, bientôt commercialisé par ESW Vision, apportera sans doute de nouveaux éléments intéressants supplémentaires telle la mesure du mouvement du film lacrymal (indice TFSE qui pourrait être corrélé à la sécheresse) comme nouvel indice de la sécheresse l'oculaire (***fig. 7***)… À suivre !

4. Analyse par interférométrie

La couche lipidique du film lacrymal, principalement sécrétée par les glandes de Meibomius, joue un rôle

Fig. 4 : Keratograph 5M d'Oculus. Rapport résumant les différentes images acquises, associées ou non aux scores d'évaluation de la sécheresse.

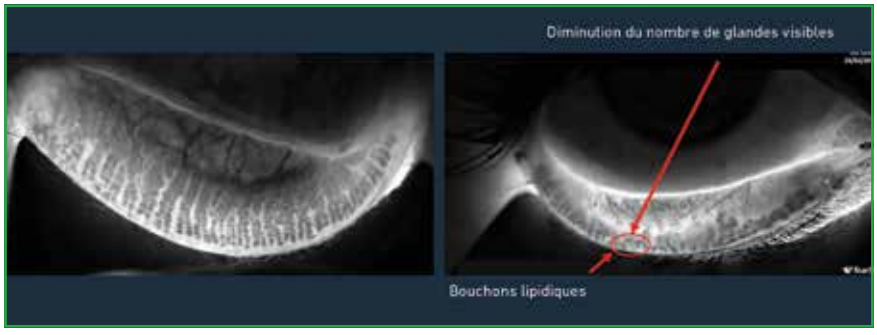


Fig. 5 : LipiView II. Meibographie infrarouge par transillumination : exemple de grade 0 **à gauche** et grade 3 **à droite**.

Le dossier – Les nouvelles explorations en segment antérieur

Fig. 6 : Me-check d'Eye-Light. Analyse infrarouge des glandes de Meibomius.

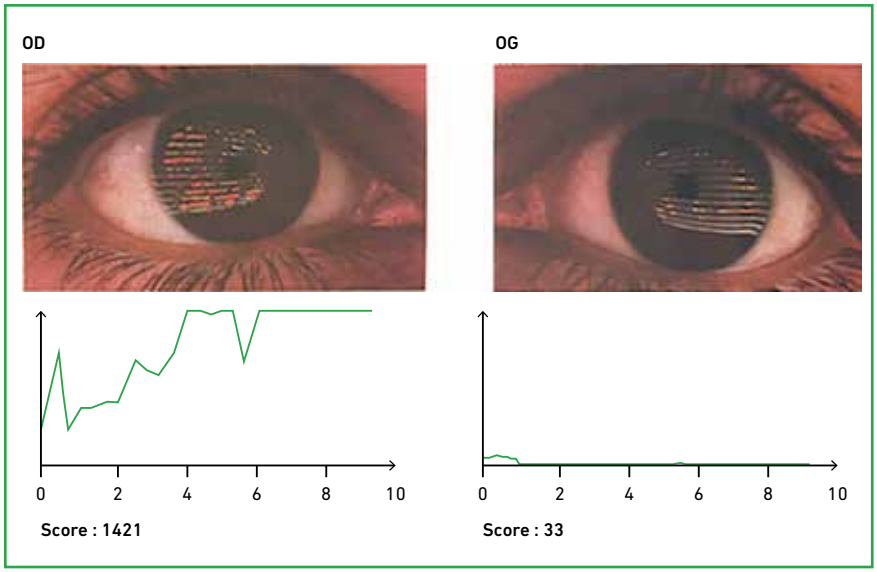


Fig. 7 : Tear-check d'ESW Vision. Mesure du mouvement du film lacrymal comme nouvel indice de la sécheresse oculaire.

primoridal dans la sécheresse oculaire [5]. L'interférométrie permet une analyse quantitative de la couche lipidique du film lacrymal (normale > 90 nm) : le premier appareil ayant permis cela a été le LipiView de TearScience (aujourd'hui en version II chez Johnson & Johnson).

5. Analyse par aberrométrie

L'aberrométrie évalue principalement la qualité visuelle du patient. Couplée à la topographie, elle permet de distinguer l'aberrométrie du film lacrymal et de la face antérieure de la cornée du reste, c'est-à-dire de la face postérieure de la cornée + cristallin + rétine. Certains appareils, comme l'HD Analyser (Visiometrics), effectuent entre autres cette analyse. Ainsi, Denoyer *et al.* [6] ont mis en évidence l'augmentation des aberrations optiques avec le temps entre 2 clignements (***fig. 8***).

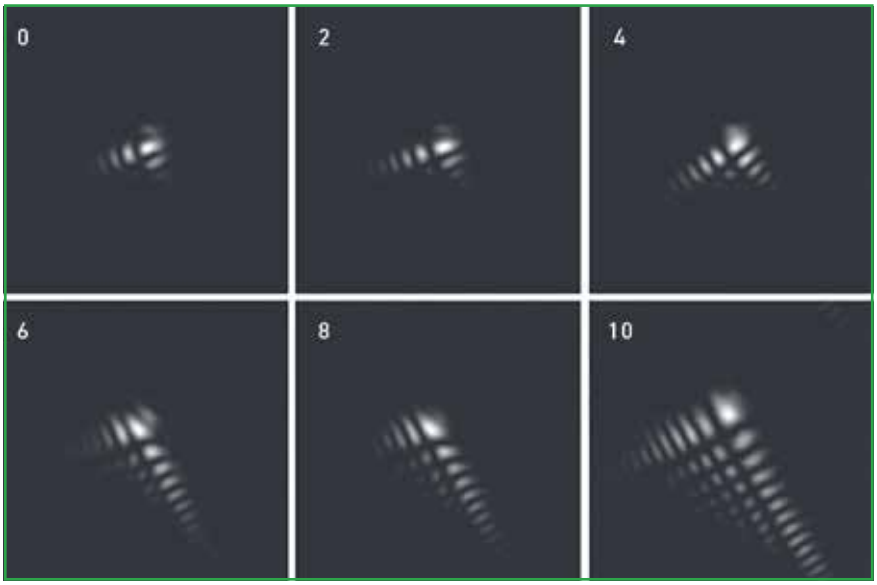


Fig. 8 : Analyse par aberrométrie.

6. Analyse par OCT

L'OCT présente un double intérêt dans l'analyse du film lacrymal :
– méniscométrie (cf. plus haut) ;
– *mapping* cartographique de l'épithélium cornéen : en effet, il semblerait exister un lien entre épaisseur épithéliale et sécheresse oculaire. El Maftouhi [7] décrit au stade initial de sécheresse une hyperplasie de l'épithélium (par possible prolifération cellulaire induite par la libération de cytokines elles-mêmes sécrétées en réaction à l'atteinte inflammatoire et/ou neurologique due à la sécheresse), suivie dans les stades plus chroniques de sécheresse par un amincissement progressif de l'épithélium cornéen (***fig. 9***).

Qualité visuelle et qualité de vie

Il a été démontré que la qualité visuelle est hautement corrélée à la qualité (et la quantité) du film lacrymal [8]. De très nombreux questionnaires existent et peuvent coter la sévérité de la sécheresse oculaire et l'impact sur la qualité de vie du patient : l'OSDI (*Ocular Surface*

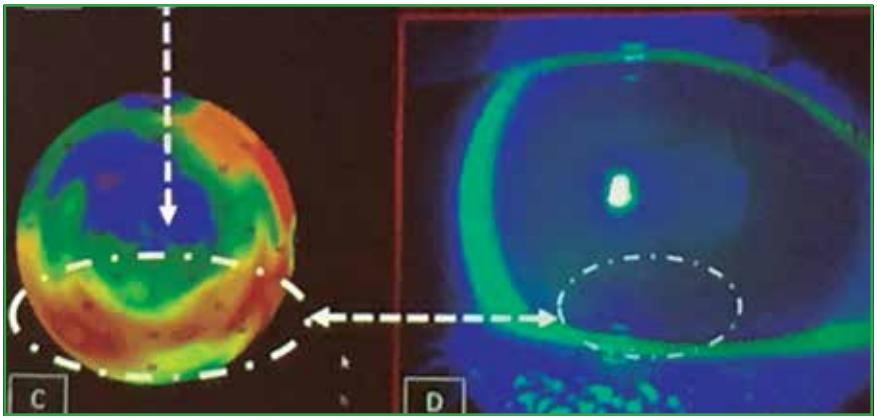


Fig. 9 : *Mapping* cartographique de l'épithélium cornéen en OCT : il semblerait exister un lien entre épaisseur épithéliale et sécheresse oculaire.

Disease Index), l'IDEEL (*Impact of Dry Eye on Everyday Life*), le DEQS (*Dry Eye-Related Quality of Life Score*), le SPEED (*Standard Patient Evaluation of Eye Dryness*), etc.

Intérêt particulier en chirurgie du segment antérieur

Au-delà de l'impact sur la qualité de vie, l'impact sur la qualité de vue est également immense et, à l'heure où la chirurgie de la cataracte devient en partie réfractive et où la chirurgie réfractive repousse sans cesse les limites de l'amélioration visuelle (mais aussi lors des kératoplasties ou d'autres chirurgie du segment antérieur de façon plus générale), le film lacrymal est une donnée qui intervient à tous les niveaux :

– en préopératoire : de nombreux examens risquent d'être faussés ou perturbés par un film lacrymal de mauvaise qualité [9] (topographes de Placido en premier lieu, mais aussi Orbscan, kératométrie sur biomètre optique…) ;

– en peropératoire : risque de mauvaise visibilité ;

– en postopératoire : kératite d'exposition, qualité visuelle et confort [10].

Conclusion

Le film lacrymal constitue un élément primordial de la surface oculaire permettant d'assurer une qualité de vision et un confort de vie optimaux. Aujourd'hui, de plus en plus d'appareils d'imagerie nous aident à mieux diagnostiquer, comprendre et traiter nos patients.

BIBLIOGRAPHIE

1. Dawson D, Watsky M, Geoski D *et al. Cornea and sclera*. Duanes Ophthalmology, New York.
2. Beckman KA, Luchs J, Milner MS. Making the diagnosis of Sjögren's syndrome in patients with dry eye. *Clin Ophthalmol*, 2015;10:43-53.
3. Kam WR, Liu Y, Ding J *et al.* Do cyclosporine A, an IL-1 receptor antagonist, uridine triphosphate, rebamipide, and/or bimatoprost regulate human meibomian gland epithelial cells? *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016;57:4287-4294.
4. Kim J, Kim JY, Seo KY *et al.* Location and pattern of non-invasive keratographic tear film break-up according to dry eye disease subtypes. *Acta Ophthalmol*, 2019 [Epub ahead of print].
5. Korb DR, Baron DR, Herman JP *et al.* Tear film lipid layer thickness as a function of blinking. *Cornea*, 1994;13:354-359.
6. Denoyer A, Rabut G, Baudouin C. Tear film aberration dynamics and vision-related quality of life in patients with dry eye disease. *Ophthalmology*, 2012;119:1811-1818.
7. El Maftouhi A. ESCRS Paris 2019.
8. Gomes JAP, Santo RM. The impact of dry eye disease treatment on patient satisfaction and quality of life: a review. *Ocul Surf*, 2019;17:9-19.
9. Epitropoulos AT, Matossian C, Berdy GJ *et al.* Effect of tear osmolarity on repeatability of keratometry for cataract surgery planning. *J Cataract refract Surg*, 2015;41:1672-1677.
10. Szakáts I, Sebestyén M, Tóth É *et al.* Dry eye symptoms, patient-reported visual functioning, and health anxiety influencing patient satisfaction after cataract surgery. *Curr Eye Res*, 2017;42:832-836.

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

Le dossier – Les nouvelles explorations en segment antérieur

Topographie cornéenne : actualités et indications

RÉSUMÉ : Au-delà de délivrer une topographie d'élévation antérieure et postérieure, ainsi que des images de qualité de la chambre antérieure, les topographes actuels permettent de s'ouvrir à énormément d'autres applications telles que l'analyse du film lacrymal et la visualisation des structures meibomiennes, l'aide à l'adaptation en lentilles de contact rigides et à l'orthokératologie, le dépistage du kératocône et les évaluations des ectasies postopératoires. Certains topographes permettent d'analyser l'ouverture de l'angle iridocornéen, de mesurer la longueur axiale et de faire le calcul d'implants intraoculaires pour la chirurgie de la cataracte.

S. KALLEL
Centre Explore Vision,
CHNO des Quinze-Vingts, PARIS.

Tout n'est pas comparable mais nous pouvons aujourd'hui classifier les différents topographes en trois catégories : les topographes d'élévation antérieure uniquement, les topographes d'élévation antéropostérieure et les topographes de dernière génération incluant un OCT de segment antérieur.

Les topographes d'élévation antérieure uniquement

Munis de disques de Placido, ils n'ont pas de caméra interne permettant d'analyser la face postérieure. Parmi ces topographes, nous trouvons l'Antares de chez CSO et le Keratograph d'Oculus. Ces appareils sont équipés de modules utiles au diagnostic de sécheresse oculaire et permettent une visualisation aisée des structures meibomiennes. Un logiciel permet ainsi de classer les images des structures meibomiennes par degrés d'atrophie [1]. Doté d'une source de lumière blanche, l'Antares permet aussi de capturer des photos et vidéos en couleurs. Ces topographes permettent surtout d'aider à l'adaptation des lentilles de contact et à dépister les kératocônes.

1. Adaptation des lentilles de contact

La source lumineuse bleu cobalt de l'Antares permet d'observer la position des lentilles de contact sous fluorescéine, permettant d'optimiser au mieux le centrage et le positionnement des lentilles rigides en fonction des critères cornéens du patient. De nombreuses lentilles de différents fabricants sont disponibles dans la base de données.

Avec le Keratograph d'Oculus, la première pose de la lentille de contact et le contrôle de son ajustement sont réalisés sans contact car ces étapes sont simulées par l'ordinateur, sur la base de la topographie et des données de la lentille [2]. Après positionnement de la lentille de contact virtuelle sur l'œil réel, la simulation de l'image fluorescente est recalculée et peut être comparée à des enregistrements dynamiques, statiques et réalistes (***fig. 1***).

Les lentilles de contact actuelles de tous les fabricants les plus courants sont répertoriées. Le Keratograph d'Oculus permet aussi la visualisation de la perméabilité à l'oxygène des lentilles souples, les classant par couleur en fonction de leur puissance dioptrique grâce au logiciel OxiMap (***fig. 2***).

2. Dépistage du kératocône

Cet outil fournit aux praticiens des informations importantes sur la structure cornéenne du patient, permettant le dépistage

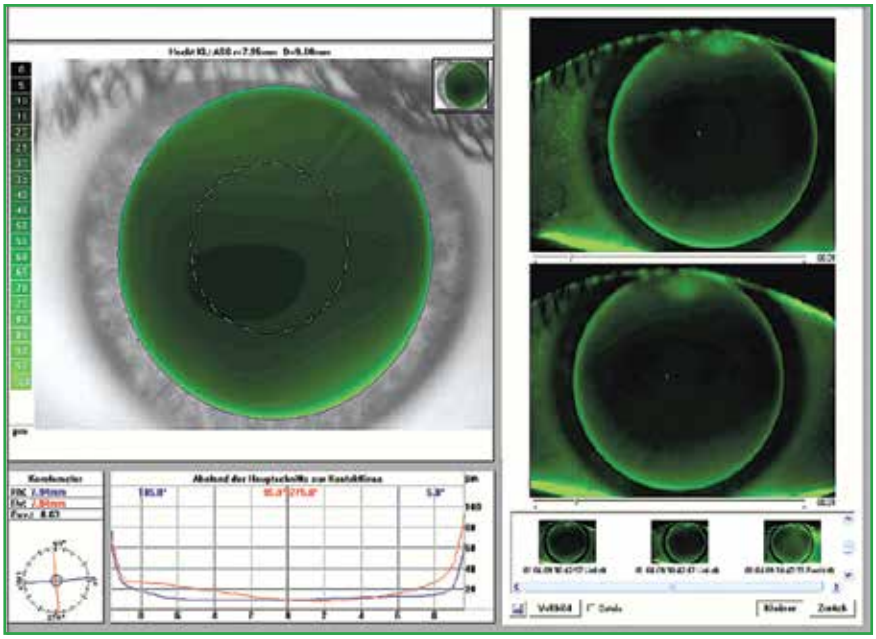


Fig. 1 : Simulation de l'image fluorescente calculée et comparée aux enregistrements réalistes.

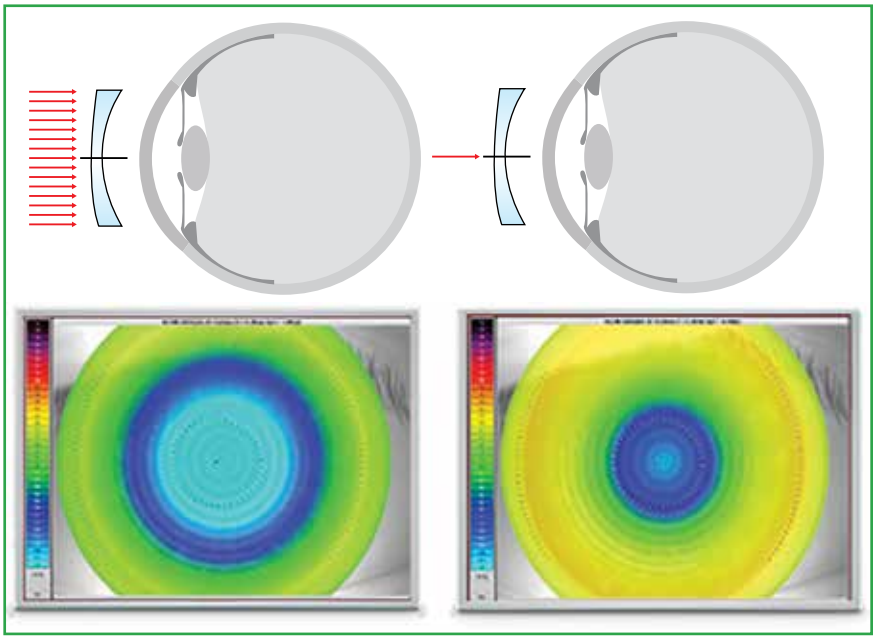


Fig. 2 : Perméabilité à l'oxygène avec une puissance dioptrique de –3,0 D (**à gauche**)/–6,0 D (**à droite**).

du kératocône. Cette analyse préopératoire est très utile en chirurgie réfractive afin d'éviter les complications postopératoires telles que l'ectasie cornéenne. En effet, en comparant les valeurs mesurées avec une base de données normative, il est possible de représenter les anomalies de topographie sous la forme d'un indice. À partir de l'indice des analyses de Fourier et de Zernike, le stade du kératocône est classifié, ce qui permet de détecter les anomalies dès le stade précoce.

Fig. 3 : Easygraph installé sur la lampe à fente.

Le Keratograph d'Oculus permet en outre d'assurer un diagnostic de suivi par la réalisation régulière de contrôles de l'évolution [3]. Les examens peuvent être comparés directement les uns par rapport aux autres et les changements de la topographie cornéenne sont affichés avec un code couleur. En effet, les modifications réfractives de la cornée induites par le port de lentilles d'orthokératologie ou par une chirurgie réfractive peuvent être analysées et documentées [4].

Enfin, il existe un topographe cornéen compact qui peut être directement installé sur la lampe à fente. L'Easygraph associe à la fois un système de topographie et un kératomètre intégré (***fig. 3***).

Les topographes d'élévation antéropostérieure

Le topographe Sirius est un dispositif d'analyse du segment antérieur combinant la tomographie Scheimpflug avec la topographie par disque de Placido. En plus de ce que permet le topographe Antares, le Sirius fournit des informations pachymétriques, d'élévations, de courbure et de puissances réfractives sur un diamètre de 12 mm. Associées aux différentes cartes cornéennes, ces informations permettent aux chirurgiens d'optimiser la programmation de leur chirurgie réfractive topoguidée [5] et d'assurer un suivi fiable.

Le dossier – Les nouvelles explorations en segment antérieur

Le topographe permet aussi de visualiser des segments d'anneaux intracornéens, ce qui pourrait orienter le choix de longueur et d'épaisseur ainsi que de la position de ses dispositifs dans la prise en charge de certaines formes du kératocône [6]. L'analyse aberrométrique permet une visualisation complète des aberrations cornéennes. Il est possible de dissocier les aberrations antérieures et postérieures en fonction de différentes tailles pupillaires [7, 8]. Les cartes OPD/WTF ainsi que les simulations visuelles (PSF, MTF, Optotype) permettent une analyse approfondie des problèmes visuels.

Il fournit une mesure du diamètre pupillaire en conditions scotopiques (0,04 lx), mésopiques (4 lx), photopiques (50 lx) et dynamiques. En effet, la connaissance du centre et du diamètre de la pupille est essentielle dans certaines procédures cliniques cherchant à optimiser la qualité de vision (***fig. 4***).

Le deuxième appareil est le Pentacam AXL. Outre la tomographie du segment antérieur, il intègre la mesure de la longueur axiale qui permet de calculer les lentilles intraoculaires [9]. Muni du logiciel Indices, il permet le dépistage rapide et l'affichage du grade de la cataracte préopératoire. La mesure de la longueur axiale et le scan 3D sont effectués simultanément et sur le même axe, le patient n'a pas besoin de se déplacer.

Le Galilei G6 est un autre outil de diagnostic qui permet une topographie HD, une tomographie du segment antérieur et une biométrie optique. Il utilise la technologie Dual Scheimpflug et offre une mesure de la puissance cornéenne, de pachymétrie et de carte d'élévation postérieure en haute définition. Le calcul d'implant est possible grâce à la combinaison du Dual Scheimpflug, des données Placido et de la longueur axiale. Le calcul est fait en prenant en compte les données d'épaisseur du cristallin, la puissance cornéenne totale, l'astigmatisme et les aberrations de haut degré [10, 11]. Lors des mesures, il permet une compensation des mouvements basés sur l'iris. Ainsi, la mesure des valeurs pachymétriques et d'élévation est réalisée indépendamment de l'alignement (***fig. 5***).

Le TMS-5 est un topographe à caméra Scheimpflug et Placido. Il permet une analyse de la face antérieure et postérieure de la cornée avec une mesure

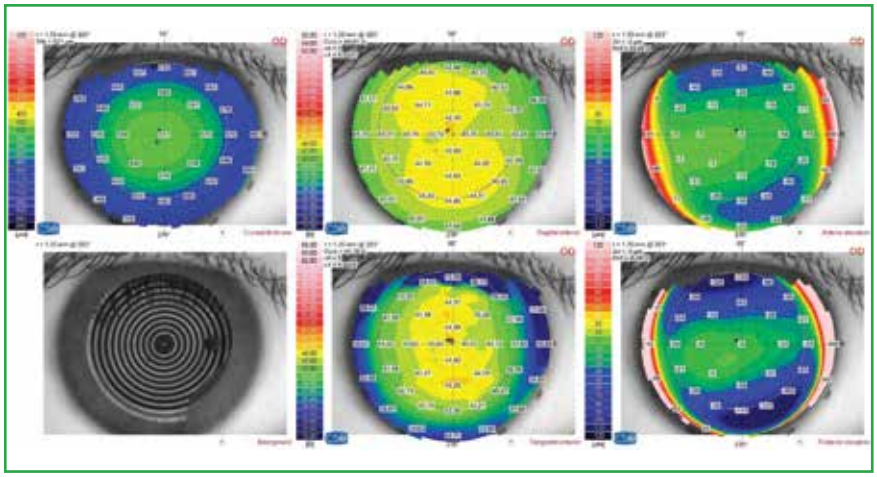


Fig. 4 : Six cartes topographiques fournies par Sirius.

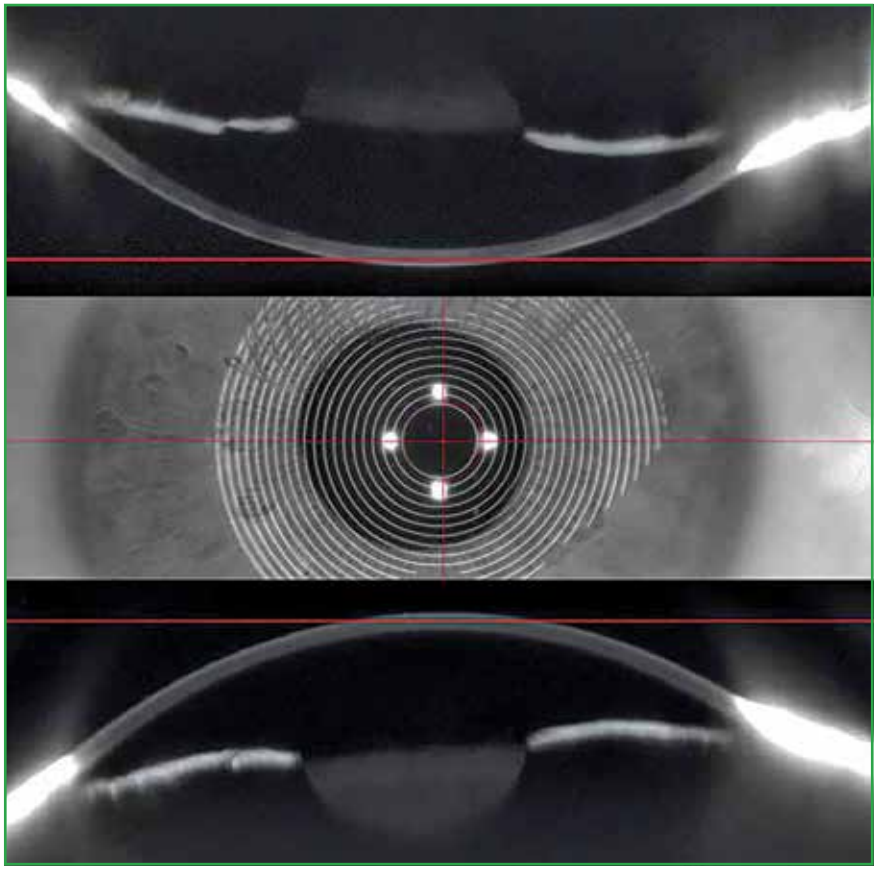


Fig. 5 : Combinaison du Dual Scheimpflug et des données Placido.

ultra-rapide en moins de 0,5 s sur un diamètre de 14 mm [12]. Il est muni de modules de détection des ectasies cornéennes par Scheimpflug et de détection des kératocônes par Placido. En combinant les deux méthodes de mesure, le TMS-5 fournit des résultats aussi bien en topographie d'élévation qu'en topographie de courbure.

Les topographes de dernière génération incluant un OCT de segment antérieur

Ils sont au nombre de trois : le Casia-2 de Tomey, l'Anterion de Heidelberg Engineering et le MS-39 de CSO.

L'OCT *swept source* 3D Casia-2 de Tomey possède un système qui intègre toutes les fonctions nécessaires à l'analyse du segment antérieur [13, 14]. En plus de l'analyse de la face antérieure et postérieure de la cornée, cet appareil mesure 5 paramètres du cristallin permettant une meilleure prédiction des résultats postopératoires. Il détecte automatiquement les angles iridocornéens sur 360°. Les images OCT de segment antérieur permettent une visualisation des détails anatomiques. Un logiciel d'analyse de progression permet de visualiser l'évolution d'une pathologie cornéenne et la détection précoce des ectasies cornéennes (***fig. 6***).

L'Anterion de chez Heidelberg Engineering est un OCT *swept source* dédié et optimisé pour réaliser l'ensemble des examens du segment antérieur demandés en ophtalmologie. Il permet de combiner la topographie cornéenne, la biométrie du segment antérieur, la biométrie du cristallin ainsi que l'imagerie haute définition du segment antérieur [15]. L'examen de la cornée permet la réalisation de tous les *mapping* cornéens nécessaires : courbure axiale, antérieure et postérieure, tangentielle, puissance cornéenne et pachymétrie. Le contrôle des images s'effectue grâce à la visualisation du scan OCT *swept source* et de l'image de l'œil. Les paramètres mesurés avec le module biométrie du segment antérieur comprennent la profondeur et le volume de la chambre antérieure, l'ouverture des angles iridocornéens et l'épaisseur de la lentille (***fig. 7***). Le module polyvalent d'imagerie du segment antérieur permet de visualiser différentes pathologies cornéennes [16].

Le MS-39 est une évolution de la technologie Scheimpflug, disposant à la fois de l'analyse de la topographie, des disques de Placido et d'un OCT de

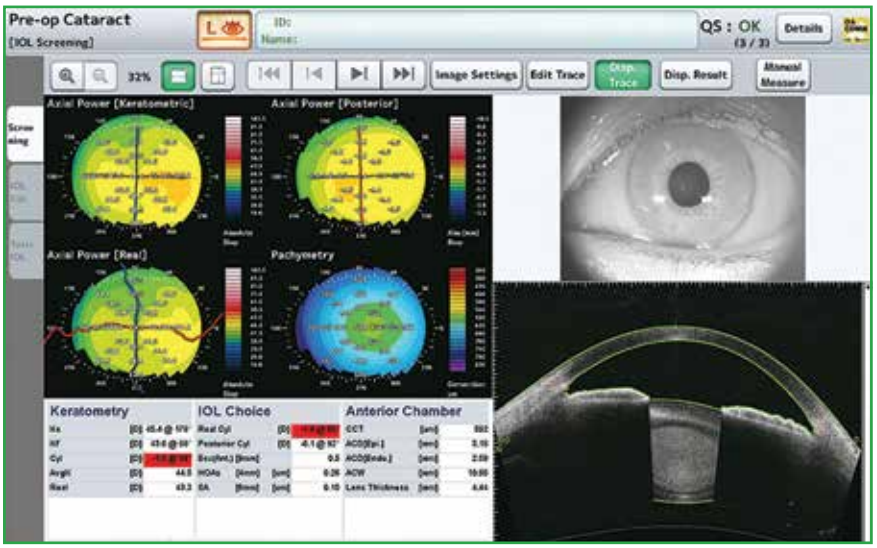


Fig. 6 : Topographie de cornée et mesures biométriques du cristallin.

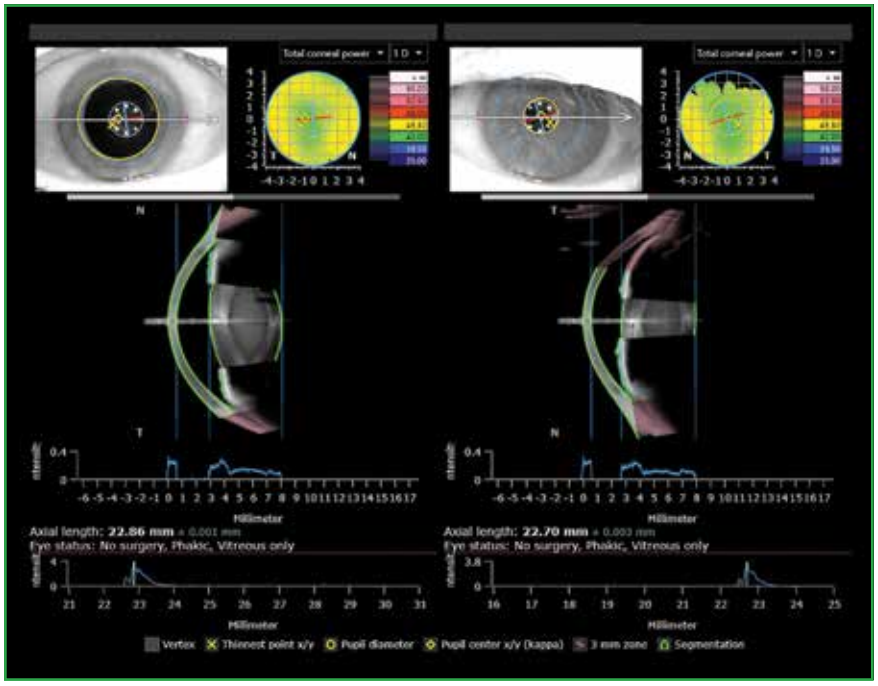


Fig. 7 : Combinaison de topographie cornéenne et biométrie du segment antérieur.

Compagnie	Tomey		Ziemer	Oculus	CSO		Heidelberg Eng.
Modèle	TMS-5	Casia-2	Galilei	Pentacam AXL	Sirius	MS-39	Anterion
Méthode de mesure	Disque Placido et caméra Scheimpflug	OCT *swept source*	Combinaison de A-Scan optique + caméra Dual Scheimpflug + Placido	Caméra Scheimpflug	Disque Placido et caméra Scheimpflug	OCT-AS + disque Placido	OCT *swept source*
Largeur de couverture	5,5 à 10 mm pour les disques et 13,6 mm par la caméra Scheimpflug	16 mm			12 mm	16 x 8 mm	
Plage de mesure pour rayon de courbure			4,5 à 13,5 mm (25 à 75 D)	3-38 mm 9-99 D	1 à 100 D	1 à 100 D	
Précision	± 0,02 mm	Axiale : 10 µm Transversale : 30 µm	5 µm	± 0,1 D	± 0,25 D	Axiale : 3,6 µm Transversale : 35 µm	
Anneaux Placido	31	/	20	/	22	22	/
Points de mesure	63 488 par les disques et 40 960 maximum par la Scheimpflug				21 632 (face avant) / 16 000 (face arrière)	31 232 (face avant) / 25 600 (face arrière)	
Temps d'acquisition	0,5 s	De 0,3 à 2,4 s	60 images/s	50 images/s			
Pupillographie		Non	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
Dépistage du kératocône	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Aberrométrie cornéenne		Non	Oui – Ray Tracing	Oui	Oui – Ray Tracing	Oui – Ray Tracing	Oui
Aide aux calculs IOLs	Oui	Oui	Oui (formule Haigis-Holladay I-Hoffer Q-SRK II-SRK/T)	Oui	Oui	Oui	Oui
Meibographie	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non
Mesure de la longueur axiale	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Oui

Tableau I.

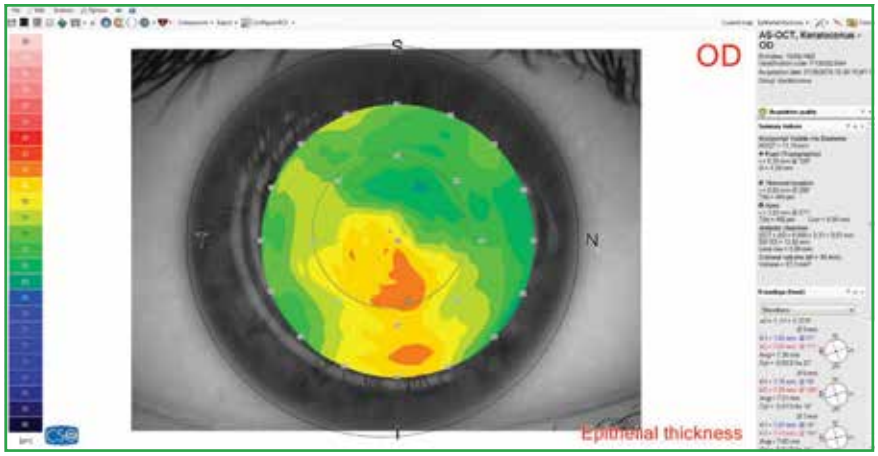


Fig. 8 : Cartographie épithéliale cornéenne.

segment antérieur. La reconstruction topographique par OCT, contrairement à ce qui arrive avec le Scheimpflug, n'est pas affectée par les artéfacts et permet une mesure précise de la surface postérieure, même en présence d'une opacité cornéenne [17]. Ce dispositif fournit des données pachymétriques, d'élévation, de courbure, de puissances réfringentes de la face antérieure mais aussi postérieure de la cornée sur une zone de 10 mm de diamètre ainsi qu'une carte de l'épithélium cornéen (***fig. 8***). L'analyse à 360° du segment antérieur met à disposition toutes les applications utiles dans la chirurgie réfractive et de cataracte mais aussi d'autres données nécessaires pour tous types de chirurgie cornéenne (opacité, déformation). Le module de calcul d'implants aphaques est basé sur le *ray-tracing*, indépendamment de l'état cornéen, ce qui permet le calcul de la toricité et sphéricité d'une lentille intraoculaire.

La grande différence des trois réside dans le type d'OCT [18-20] : *swept source* pour le Casia-2 et l'Anterion, et *spectral domain* pour le MS-39. Seul le MS-39 a gardé la technologie Placido, garantissant la fiabilité de la topographie d'élévation. Le Casia-2 et le MS-39 permettent le *mapping* épithélial. Il semble que Heidelberg Engineering est en train de le développer pour l'Anterion.

Conclusion

Les topographes d'élévation antéropostérieure et les topographes de dernière génération incluant un OCT de segment antérieur sont les plus utilisés et fournissent des informations de plus en plus utiles pour le dépistage, le diagnostic, le suivi et la prise en charge chirurgicale du segment antérieur (***tableau I***). Par ailleurs, le Topolyzer VARIO est une version du Keratograph d'Oculus totalement dédiée au traitement topoguidé par laser excimer WaveLight d'Alcon [19], de même que le Schwind Sirius pour le laser excimer Schwind [20].

BIBLIOGRAPHIE

1. Kim J, Kim JY, Seo KY *et al.* Location and pattern of non-invasive keratographic tear film break-up according to dry eye disease subtypes. *Acta Ophthalmol*, 2019;97:e1089-e1097.
2. García-Montero M, Rico-Del-Viejo L, Lorente-Velázquez A *et al.* Repeatability of noninvasive Keratograph 5M measurements associated with contact lens wear. *Eye Contact Lens*, 2019;45:377-381.
3. Ortiz-Toquero S, Rodriguez G, de Juan V *et al.* Repeatability of placido-based corneal topography in keratoconus. *Optom Vis Sci*, 2014;91:1467-1473.
4. Ferreira-Mendes J, Lopes BT, Faria-Correia F *et al.* Enhanced ectasia detection using corneal tomography and biomechanics. *Am J Ophthalmol*, 2019;197:7-16.
5. Lin DTC, Holland SP, Verma S *et al.* Postoperative corneal asphericity in low, moderate, and high myopic eyes after transepithelial PRK using a new pulse allocation. *J Refract Surg*, 2017;33:820-826.
6. Vega-Estrada A, Chorro E, Sewelam A *et al.* Clinical outcomes of a new asymmetric intracorneal ring segment for the treatment of keratoconus. *Cornea*, 2019;38:1228-1232.
7. Anbar M, Mohamed Mostafa E, Elhawary AM *et al.* Evaluation of corneal higher-order aberrations by Scheimpflug-Placido topography in patients with different refractive errors: a retrospective observational study. *J Ophthalmol*, 2019;2019:5640356.
8. Zhang Y, Chen YG, Yang HY *et al.* Analysis on the role of Sirius combined topography and tomography system in screening for suspect keratoconus. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2018;54:33-38.
9. Almorín-Fernández-Vigo I, Sánchez-Guillén I, Fernández-Vigo JI *et al.* Normative Pentacam anterior and posterior corneal elevation measurements: effects of age, sex, axial length and white-to-white. *Int Ophthalmol*, 2019;39:1955-1963.
10. Bessa NM, Souza RA, Santhiago MR *et al.* Dual Scheimpflug imaging as a screening method for occludable angles-a comparison with gonioscopy. *Int J Ophthalmol*, 2019;12:241-245.
11. Moshirfar M, Motlagh MN, Murri MS *et al.* Galilei corneal tomography for screening of refractive surgery candidates: a review of the literature, part II. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol*, 2019;8:204-218.
12. Bao F, Savini G, Shu B *et al.* Repeatability, reproducibility, and agreement of two Scheimpflug-Placido anterior corneal analyzers for posterior corneal surface measurement. *J Refract Surg*, 2017;33:524-530.
13. Fukuda S, Ueno Y, Fujita A *et al.* Comparison of anterior segment and lens biometric measurements in patients with cataract. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2019 [Epub ahead of print].
14. Kamiya K, Ayatsuka Y, Kato Y *et al.* Keratoconus detection using deep learning of colour-coded maps with anterior segment optical coherence tomography: a diagnostic accuracy study. *BMJ Open*, 2019;9:e031313.

Gamme complète
Sécheresse oculaire

DIAGNOSTIC

LACRYDIAG™
Analyseur de surface oculaire

4 examens non-contact répondant aux critères du TFOS-DEWS II :

INTERFÉROMÉTRIE

N.I.B.U.T.

MÉNISQUE LACRYMAL

MEIBOGRAPHIE

TRAITEMENT

LACRYSTIM
Système IPL

Traitement du **dysfonctionnement des glandes de meibomius** et de l'inflammation

JRO
12-14 Mars
Stand n°44

SIÈGE SOCIAL :
Tél : +33 (0)4 73 745 745
info@quantel-medical.fr
www.quantel-medical.fr

Quantel medical
BY LUMIBIRD

L'analyseur de surface oculaire LACRYDIAG est un appareil de diagnostic médical non-invasif de classe I, conçu par SBM SISTEMI pour QUANTEL MEDICAL et dont l'enregistrement du produit a été fait auprès du ministère de la santé italienne. L'IPL LacryStim est un dispositif médical de classe IIb, conçu par CSB pour QUANTEL MEDICAL, et dont l'évaluation de conformité a été réalisée par l'organisme IMQ, CE 0051. Ces produits sont destinés aux professionnels de santé dans le cadre du diagnostic et du traitement de certaines affections oculaires. Pour le bon usage de ces produits, il est recommandé de suivre les indications et contre-indications détaillées dans la notice d'utilisation des produits. Document publicitaire à destination des professionnels de santé.

Date de réalisation : Janvier 2020 XS_LACRYDIAG_LACRYSTIM_PUB_FR_2020.01

15. Lopes FS, Matsubara I, Almeida I *et al.* Structure-function relationships in glaucoma using enhanced depth imaging optical coherence tomography-derived parameters: a cross-sectional observational study. *BMC Ophthalmol*, 2019;19:52.
16. Giers BC, Tandogan T, Auffarth GU *et al.* Hydrophilic intraocular lens opacification after posterior lamellar keratoplasty - a material analysis with special reference to optical quality assessment. *BMC Ophthalmol*, 2017;17:150.
17. Vega-Estrada A, Mimouni M, Espla E *et al.* Corneal epithelial thickness intrasubject repeatability and its relation with visual limitation in keratoconus. *Am J Ophthalmol*, 2019;200:255-262.
18. Jung S, Chin HS, Kim NR *et al.* Comparison of repeatability and agreement between swept-source optical biometry and Dual-Scheimpflug topography. *J Ophthalmol*, 2017;2017:1516395.
19. Ozulken K, Yuksel E, Tekin K *et al.* Comparison of wavefront-optimized ablation and topography-guided contoura ablation with LYRA protocol in LASIK. *J Refract Surg*, 2019;35:222-229.
20. Lin DTC, Holland SP, Verma S *et al.* Postoperative corneal asphericity in low, moderate, and high myopic eyes after transepithelial PRK using a new pulse allocation. *J Refract Surg*, 2017;33:820-826.

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

Le dossier – Les nouvelles explorations en segment antérieur

EN PRATIQUE, **ON RETIENDRA**

Actualités en OCT de segment antérieur

- La technologie *swept source* utilisée par les appareils les plus récents d'OCT de segment antérieur (OCT-SA) améliore la pénétration tissulaire, la largeur du champ d'exploration et la rapidité d'acquisition avec une excellente résolution axiale (< 10 µm). L'OCT-angiographie est également en plein développement pour le segment antérieur.
- Les spectres d'utilisation et les applications cliniques sont vastes, tant pour le diagnostic et le suivi que pour la thérapeutique. L'OCT-SA a aussi une place au bloc opératoire, couplé aux appareils de laser ou intégré au microscope opératoire.
- Outre des mesures quantitatives et une analyse morphologique pour le glaucome (angle iridocornéen), la cornée ou le cristallin, certains appareils d'OCT-SA disposent de modules complémentaires permettant la réalisation d'une topographie cornéenne, d'une kératométrie et d'une mesure de la longueur axiale (avec calcul d'implant intraoculaire).
- La technologie OCT ne permettant pas de passer au travers des tissus trop opaques et pigmentés, un complément d'exploration par échographie de très haute fréquence (UBM) peut être utile voire indispensable dans certaines situations (par exemple : recherche d'iris plateau, tumeurs iridociliaires, subluxation d'implants de chambre postérieure).
- La plupart des OCT de segment postérieur peut être focalisée sur le segment antérieur à l'aide d'une lentille amovible. À l'heure actuelle, seuls les OCT spécifiquement développés pour le segment antérieur donnent une image en coupe de tout le segment antérieur.

Place de l'UBM dans l'analyse du segment antérieur

- L'UBM est un appareil d'échographie basé sur les ultrasons qui utilise une sonde à focale courte avec une fréquence (très) élevée.
- Son principal avantage est la pénétration tissulaire permettant ainsi de visualiser la totalité de l'œil.
- Son principal inconvénient est le caractère "opérateur-dépendant", nécessitant une courbe d'apprentissage pour la réalisation et l'interprétation des clichés d'UBM optimaux.
- L'UBM est réalisée selon un examen standardisé avec un patient rassuré, allongé en condition photopique et scotopique selon les différents méridiens et selon deux plans de coupe perpendiculaires.
- L'UBM a trouvé sa place dans le glaucome pour l'analyse fine de l'angle iridocornéen, la chirurgie réfractive pour la biométrie du segment antérieur, la traumatologie pour l'analyse de toutes les structures oculaires, l'oncologie pour l'analyse et la mesure des tumeurs bénignes ou malignes du segment antérieur.
- C'est le meilleur examen de l'angle iridocornéen mais la gonioscopie est l'examen de référence.
- En 2019, l'UBM est un examen complémentaire de l'OCT de segment antérieur.

EN PRATIQUE, **ON RETIENDRA**

Analyse du film lacrymal

- Le film lacrymal est un élément déterminant de la qualité de vie et la qualité de vue.
- L'imagerie oculaire permet de comprendre, diagnostiquer et mieux traiter les patients atteints de sécheresse oculaire.
- De nos jours, de très nombreux appareils regroupant plusieurs technologies à la fois donnent une évaluation rapide, simple et fiable du film lacrymal.
- Toute chirurgie oculaire, et notamment du segment antérieur (cataracte et chirurgie réfractive en premier lieu), doit faire estimer et traiter si besoin en préopératoire l'état du film lacrymal pour optimiser les résultats.

Topographie cornéenne : actualités et indications

- Topographes d'élévation antérieure :
  – adaptation des lentilles de contact ;
  – dépistage des kératocônes ;
  – analyse du film lacrymal et des structures meibomiennes.
- Topographes d'élévation antéropostérieure :
  – mesures pachymétriques, d'élévations, de courbure et de puissances réfractives ;
  – mesure de l'ouverture de l'angle iridocornéen et dépistage du glaucome par fermeture de l'angle ;
  – calcul des implants intraoculaires avec le module de mesure de la longueur axiale associé ;
  – optimisation de la programmation de chirurgie réfractive topoguidée.
- Topographes de dernière génération incluant un OCT de segment antérieur :
  – analyse globale du segment antérieur : cornée, angles iridocornéens, cristallin ;
  – visualisation approfondie des structures anatomiques ;
  – reconstruction topographique cornéenne précise par OCT ;
  – carte de l'épithélium cornéen ;
  – puissances réfringentes de la face antérieure et postérieure de la cornée ;
  – biométrie et calcul d'implant.

www.realites-ophtalmologiques.com
La FMC de l'ophtalmologiste d'aujourd'hui pour préparer la médecine de demain

Revues générales

Les anti-VEGF améliorent-ils la perfusion périphérique ?

RÉSUMÉ : L'arrivée des anti-VEGF a révolutionné le traitement et le pronostic de l'œdème maculaire de la rétinopathie diabétique (RD) et des occlusions veineuses rétiniennes (OVR), mais ne doit pas faire oublier pour autant la périphérie rétinienne. En effet, les injections d'anti-VEGF vont modifier l'aspect du fond d'œil, faisant diminuer les lésions élémentaires de la RD et disparaître les hémorragies dans les OVR. Cependant, cette modification ne signifie pas nécessairement reperfusion, et le rôle des anti-VEGF dans la perfusion rétinienne périphérique reste débattu et apparaît le plus souvent suspensif.

Si l'hypothèse d'une amélioration de la perfusion a été longtemps soutenue, les données les plus récentes de la littérature suggèrent à l'inverse que les anti-VEGF ne modifient pas la perfusion périphérique de la RD, tout du moins à court terme. Dans les formes œdémateuses d'OVR, il pourrait y avoir un effet protecteur des anti-VEGF au début de la maladie et en traitement mensuel, mais qui diminuerait en traitement PRN. Dans les formes sévères d'OVR ischémiques, les anti-VEGF ne semblent pas pouvoir stopper la progression de la non-perfusion.

S. NGHIÊM-BUFFET
Centre d'Ophtalmologique Imagerie et de Laser, PARIS,
Service d'Ophtalmologie,
Hôpital Avicenne, BOBIGNY.

Les anti-VEGF (*vascular endothelial growth factor*) ont largement démontré leur efficacité dans l'œdème maculaire (OM) de la rétinopathie diabétique (RD) et des occlusions veineuses rétiniennes (OVR), grâce à des études randomisées permettant ainsi d'obtenir l'autorisation de mise sur le marché (AMM) et le remboursement dans ces indications. Cependant, le rôle des anti-VEGF sur la perfusion rétinienne reste encore débattu. Si l'hypothèse d'une amélioration de la perfusion a été longtemps soutenue, les données les plus récentes de la littérature suggèrent à l'inverse que les anti-VEGF ne modifient pas la perfusion périphérique.

Rôle théorique des anti-VEGF dans l'amélioration de la perfusion périphérique

En cancérologie, certains travaux ont montré que les agents anti-angiogéniques, en bloquant le VEGF systémique, pouvaient améliorer transitoirement la perfusion tumorale en permettant un remodelage de la vascularisation tumorale aberrante vers une structure vasculaire normale mieux organisée et moins perméable, rendant ainsi la tumeur plus sensible à l'oxygène et aux chimiothérapies [1, 2].

Beaucoup plus récemment, il a été démontré chez la souris que l'augmentation des niveaux de VEGF entraînait une obstruction des vaisseaux rétiniens par leucostase, responsable alors d'une occlusion vasculaire et d'une hypoxie. La suppression du VEGF pouvait ensuite réduire cette leucostase, levant ainsi l'obstruction et permettant une reperfusion des vaisseaux occlus [3].

Quels sont les arguments en faveur d'une amélioration de la perfusion périphérique par les anti-VEGF dans la littérature ?

1. Dans la rétinopathie diabétique

Certains articles retrouvent une amélioration de la sévérité de la RD, un

Revues générales

ralentissement de la non-perfusion, voire même une reperfusion dans la rétinopathie diabétique non proliférante (RDNP). Plusieurs analyses *post-hoc* des études randomisées sur les anti-VEGF ont conclu à une amélioration de la RD périphérique sous traitement anti-VEGF, permettant au ranibizumab [4, 5] et à l'aflibercept [6, 7] d'obtenir l'autorisation de la *Food and Drug Administration* (FDA) pour le traitement de la rétinopathie diabétique proliférante (RDP) chez les patients présentant un œdème maculaire diabétique (OMD). Plus récemment, l'autorisation du ranibizumab a été étendue par la FDA en avril 2017 au traitement de la RD périphérique même en l'absence d'OMD associé, suite aux résultats de l'étude du Protocol T du DRCR.net [8].

Tous ces études montrent effectivement une amélioration du stade de la RD évaluée selon la classification ETDRS, basée sur des photographies en couleur du fond d'œil (*Diabetic Retinopathy Severity Scale* [DRSS]). Ainsi, une diminution du nombre de lésions élémentaires (hémorragies, microanévrismes, néovaisseaux) a été observée dans 25 à 38 % des cas et la régression totale des néovaisseaux prérétiniens dans 22 à 30 % des cas (***fig. 1 à 3***).

Cependant, la disparition de lésions élémentaires de la RD sous anti-VEGF ne signifie pas nécessairement reperfusion rétinienne périphérique. Et dans toutes ces études, l'angiographie à la fluorescéine n'a pas été utilisée de façon systématique standardisée pour quantifier la non-perfusion rétinienne.

Dans une sous-analyse de RISE and RIDE, Campochiaro *et al.* ont montré que les injections mensuelles de ranibizumab peuvent ralentir sans prévenir de façon constante l'occlusion capillaire chez les patients avec un OMD [9]. Ainsi, le pourcentage de patients sans zone de non-perfusion centrale entre *baseline* et 24 mois a diminué dans le groupe *sham*, alors qu'il est resté assez stable dans les groupes traités par ranibizumab. Le pourcentage de patients dont les zones de non-perfusion au pôle postérieur se sont étendues entre *baseline* et 24 mois a augmenté dans les 3 groupes, mais de façon significativement plus rapide dans le groupe *sham*.

Certains articles ont analysé l'évolution de la non-perfusion dans la RD traitée avec anti-VEGF par angiographie à la fluorescéine en ultra-grand champ (UGC). Dans une étude rétrospective, Levin *et al.* ont analysé la reperfusion rétinienne de façon qualitative et quantitative sur 16 yeux avec RD traités avec anti-VEGF [10]. 75 % des yeux ont montré une reperfusion à la fois dans les 7 champs ETDRS mais aussi plus en périphérie. Cependant, sur les angiographies, il semble exister des biais dans l'interprétation des images liés à l'alignement et aux projections de l'UGC, ainsi que des biais de contraste.

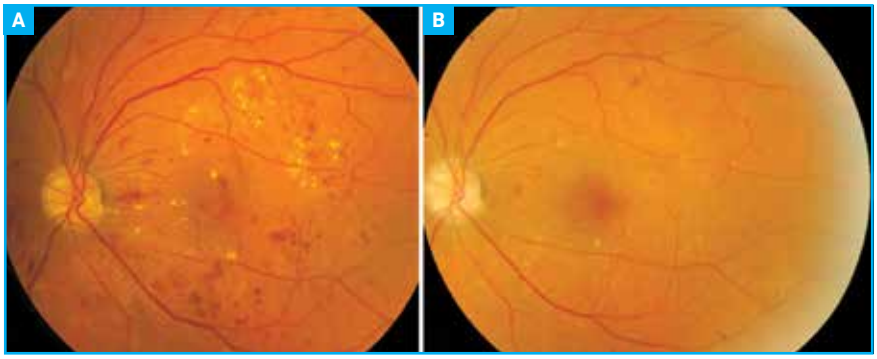


Fig. 1 : Diminution des lésions élémentaires de la RD au pôle postérieur au cours du traitement d'un OMD (clichés en 50°). **A :** avant anti-VEGF. **B :** après anti-VEGF (avec l'aimable autorisation du Dr Frank Fajnkuchen).

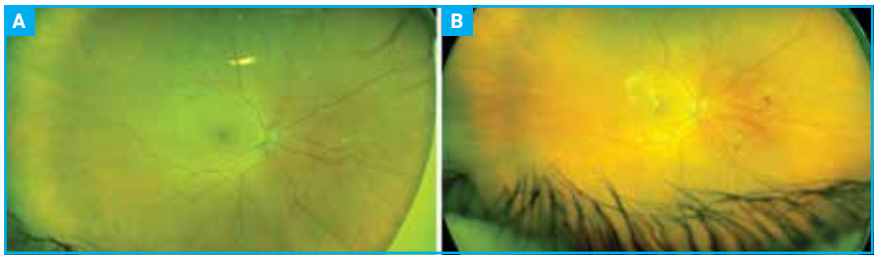


Fig. 2 : Diminution des lésions élémentaires de la RD en rétine périphérique au cours du traitement d'un OMD (clichés en UGC Optos). **A :** avant anti-VEGF. **B :** après anti-VEGF.

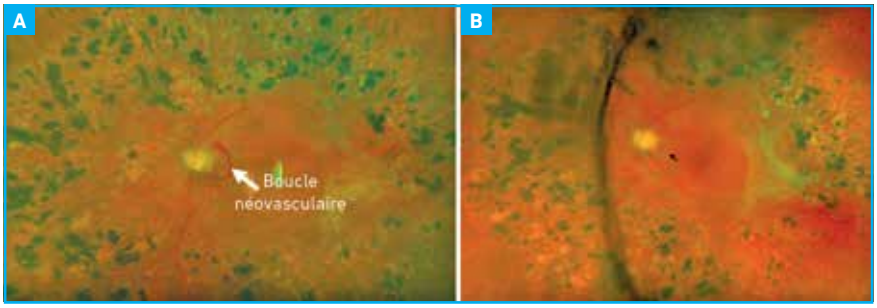


Fig. 3 : Disparition des néovaisseaux prérétiniens après injection d'anti-VEGF. **A :** avant anti-VEGF. **B :** après anti-VEGF (avec l'aimable autorisation du Dr Audrey Giocanti).

2. Dans les occlusions veineuses rétiniennes

Plusieurs études sur les anti-VEGF ont trouvé que le blocage du VEGF par ranibizumab pouvait réduire la progression de la non-perfusion rétinienne, voire même l'améliorer.

Une première sous-analyse des études BRAVO et CRUISE a mesuré les zones de non-perfusion sur les angiographies à la fluorescéine limitées aux champs postérieurs standards ETDRS, avant et après 6 mois de traitement par ranibizumab [11]. Rappelons ici que les formes ischémiques sévères ne pouvaient être inclues dans ces études. À *baseline*, il n'y avait pas de différence entre les groupes mais, à 6 mois, le pourcentage de patients avec occlusion de la veine centrale de la rétine (OVCR) sans zone de non-perfusion était significativement plus élevé (82 et 84 %) dans les groupes traités par ranibizumab que dans les groupes *sham* (67 %). Une reperfusion a même été observée dans 6 à 8 % des patients traités par ranibizumab *versus* 1 % dans les groupes *sham*.

Dans l'étude RELATE, Mir *et al.* [12] ont évalué l'évolution des zones de non-perfusion rétinienne chez des patients traités par ranibizumab à 2 dosages différents (0,5 et 2 mg) pour OM compliquant une OVR (OVCR et occlusion de branche veineuse [OBV]). La perfusion rétinienne était étudiée sur des angiographies à la fluorescéine UGC (Optos). Après 6 mois d'injections mensuelles, une diminution des zones de non-perfusion rétinienne a été observée chez près de 30 % des patients atteints d'OBV et 50 % des patients atteints d'OVCR, et cela indépendamment de la dose de ranibizumab. Environ 5 à 7 % des patients ont toutefois présenté une augmentation des zones de non-perfusion. Pendant les 30 mois suivants, les patients étaient randomisés avec un protocole PRN d'injections de ranibizumab seules ou associées à une photocoagulation panrétinienne (PPR). Après 6 mois de traitement par PRN, seulement 5 % des patients atteints d'OBV et 0 % des patients atteints d'OVCR ont présenté une amélioration des zones de non-perfusion, tandis que 25 % des patients atteints d'OVR et 60 % des patients atteints d'OVCR ont présenté une augmentation des zones de non-perfusion rétinienne.

Selon les auteurs, il semblerait donc que la suppression totale du VEGF (injections mensuelles) diminuerait les zones de non-perfusion mais pas la suppression partielle du VEGF (protocole PRN). Cependant là encore, dans cet article, il existe des biais dans l'interprétation des images liés à l'alignement et aux projections de l'UGC, ainsi que des biais de contraste.

Quels sont les arguments en faveur de l'absence d'amélioration de la perfusion rétinienne dans la RD et les OVR par les anti-VEGF ?

Certaines études ne retrouvent pas d'amélioration de la perfusion rétinienne dans la RD et dans les OVR.

1. Dans les occlusions veineuses rétiniennes

L'étude RAVE a évalué de façon prospective les effets du ranibizumab dans les OVCR ischémiques. Dans cette étude, les patients étaient traités de façon intensive (9 IVT puis PRN). Malgré ce régime, la prévalence du GNV n'a pas été réduite (50 %), mais le délai d'apparition de la rubéose a été retardé à 2 ans en moyenne et à l'arrêt des injections [13]. Des angiographies UGC ont été réalisées à l'aide de la lentille de Staurenghi lens (Ocular Staurenghi 230 SLO Retina Lens) avec un angiographe SLO (Heidelberg HRA Spectralis) à *baseline* et sur 3 ans [14]. Tous les patients (n = 12) ont montré une progression des zones de non-perfusion avec, à *baseline*, une surface de rétine perfusée d'en moyenne 106 surfaces papillaires (37-129), soit 46,5 % de la surface rétinienne totale (19,1-56,4 %). L'extension de la non-perfusion a été d'environ 8,1 % (4,3-12,4 %), soit environ 15 surfaces papillaires (12-35). Les auteurs concluent que, dans cette population particulière, la non-perfusion a progressé malgré des injections répétées de ranibizumab, tout en insistant sur les difficultés d'analyse des zones de non-perfusion avec l'utilisation de l'UGC.

L'étude WAVE (*wide-field angiography guided targeted retinal photocoagulation combined with anti-VEGF intravitreal injections for the treatment of ischemic retinal vein occlusion*) a étudié le rôle potentiel de la photocoagulation au laser des zones de non-perfusion rétinienne pour réduire la charge du traitement par injections d'anti-VEGF chez des patients présentant des OVR ischémiques. Les auteurs n'ont pas trouvé que l'utilisation du laser allégeait le nombre d'injections [15]. Dans cette étude, ils se sont aussi intéressés à la non-perfusion rétinienne maculaire, montrant qu'elle était fréquente à *baseline* (5,04 mm^2 dans le groupe ranibizumab [n = 5] et 8,30 mm^2 dans le groupe bithérapie [n = 15]) mais qu'elle restait assez stable après 12 mois de suivi (progression en moyenne de 0,36 mm^2 dans le groupe ranibizumab et 0,53 mm^2 dans le groupe bithérapie [p =0,77]) [16]. À 12 mois, une extension importante de la non-perfusion était observée dans 3 yeux (12 %). Aucune reperfusion n'a été observée dans cette étude.

Il faut noter que, dans le protocole, tous les patients avaient déjà reçu en moyenne 10 injections d'anti-VEGF à l'inclusion. On peut penser que, si les anti-VEGF permettent une certaine reperfusion, celle-ci serait survenue avant l'inclusion dans l'étude WAVE et que l'absence de reperfusion serait alors liée aux dommages trop évolués liés à l'hypoxie dans ces zones non perfusées.

Revues générales

POINTS **FORTS**

- Les anti-VEGF diminuent les lésions élémentaires de la RD et améliorent le score de la RD, mais la perfusion rétinienne périphérique n'est pas améliorée à court terme après 3 injections d'anti-VEGF.
- La survenue de néovaisseaux prérétiniens reste possible dans la RD traitée par anti-VEGF et la surveillance de la périphérie rétinienne reste indispensable.
- Dans les OVR, il pourrait y avoir un effet protecteur des anti-VEGF au début de la maladie en traitement mensuel, mais qui diminuerait en traitement PRN.
- Dans les OVCR sévères, les anti-VEGF ne semblent pas pouvoir stopper la progression de la non-perfusion.

2. Dans la rétinopathie diabétique

Dans les études RISE and RIDE, environ 2,4 à 9 % des yeux ayant reçu un traitement mensuel par ranibizumab ont tout de même développé une RDP sur 36 mois [4]. Il existe donc toujours un risque de progression d'une RD non proliférante vers une RD proliférante sous injections d'anti-VEGF chez certains yeux et la reperfusion ne peut être garantie par ces traitements [4]. Le traitement anti-VEGF n'apparaît que suspensif et la vigilance doit être accrue lors de l'espacement ou l'arrêt des injections.

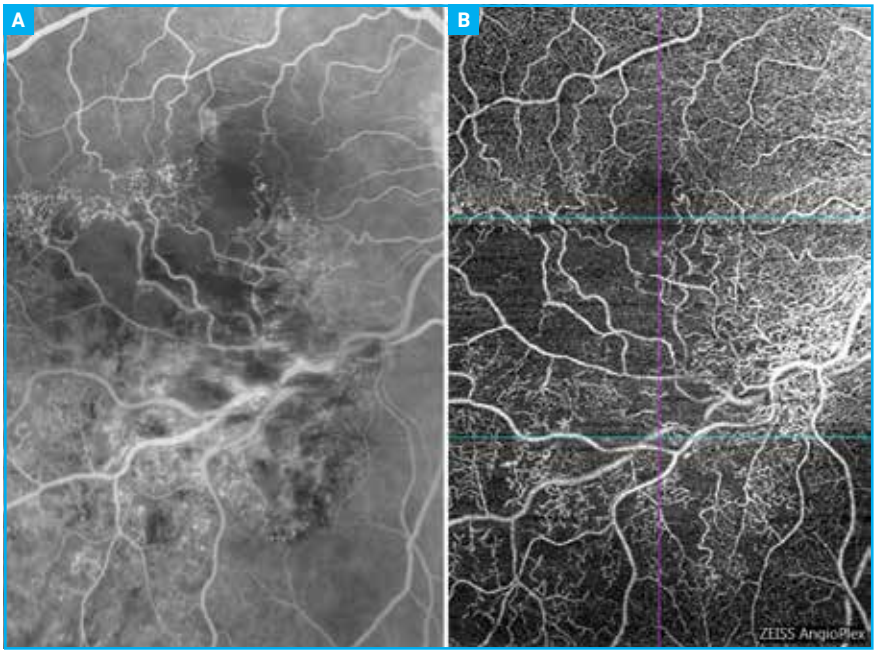


Fig. 4 : Territoires de non-perfusion dans une OBV. **A :** en angiographie à la fluorescéine, la diffusion de colorant masque rapidement certains territoires de non-perfusion. **B :** en OCTA, les territoires de non-perfusion sont mieux visualisés car cette technologie n'utilise pas de colorant pour visualiser la vascularisation rétinienne.

Très récemment vient d'être publié un travail rétrospectif de l'équipe de Lariboisière qui a comparé, sur 18 yeux présentant une RD et un OMD, les modifications de la perfusion rétinienne sur l'angiographie à la fluorescéine UGC (Optos) aux modifications des lésions de RD observées sur les rétinophotographies en couleur UGC après trois injections mensuelles d'anti-VEGF [17]. Une attention particulière a été portée pour réaliser un bon alignement des images afin d'éviter les biais d'interprétation. 61 % des yeux ont présenté une amélioration de la classification de la RD d'au moins un stade, et le nombre moyen d'hémorragies et de microanévrismes a significativement diminué entre l'inclusion et un mois après la troisième injection d'anti-VEGF (80 ± 85 contre 139 ± 130, $p < 0,0001$). Cependant, aucune reperfusion d'artériole ni de veinule n'a été observée au sein ou autour des zones de non-perfusion sur les images d'angiographie à la fluorescéine. La sévérité de la RD, mesurée sur des rétinophotographies en couleur, semble donc être améliorée sans amélioration concomitante de la perfusion vasculaire.

Ainsi, il n'y a plus de corrélation entre le nombre de lésions de RD et la non-perfusion rétinienne après traitement par anti-VEGF. Il faut donc rester vigilant au risque de néovascularisation qui persiste, même si le score de RD diminue sous anti-VEGF puisque l'angiographie UGC ne montre aucune amélioration de la perfusion. Cette dernière étude a cependant été menée à court terme, après seulement 3 injections d'anti-VEGF, et il ne faut pas en déduire que les anti-VEGF ne sont pas bénéfiques dans le long terme pour la RD.

Conclusion

À la lecture de toutes ces études, il est difficile de pouvoir conclure sur le rôle exact des anti-VEGF dans la perfusion

rétinienne périphérique. Si, dans le diabète, certaines études étaient plutôt favorables à un effet protecteur des anti-VEGF sur la perfusion rétinienne ou tout du moins à un ralentissement de la progression de la RD, des études plus récentes ne retrouvent pas d'amélioration de la perfusion au moins à court terme dans la RD, et cela malgré une amélioration du score de la RD sur les rétinographies en couleur. Il est donc indispensable de rester vigilant sur le risque de néovascularisation qui reste possible dans certains yeux malgré un traitement anti-VEGF. Enfin, à la lueur de nos connaissances actuelles, il n'est pas possible de connaître l'effet bénéfique ou pas des anti-VEGF à long terme dans la RD.

Dans les OVR, il pourrait y avoir un effet protecteur des anti-VEGF en traitement mensuel et qui diminuerait en traitement PRN avec une suppression seulement partielle du VEGF. L'effet bénéfique des anti-VEGF serait surtout présent au début de la maladie avant l'apparition de lésions irréversibles occasionnées par une ischémie prolongée. Dans les formes sévères d'OVR ischémiques, les anti-VEGF ne semblent pas pouvoir stopper la progression de la non-perfusion.

Les anti-VEGF ont transformé le pronostic des OM dans la RD et dans les OVR mais leur effet sur la non-perfusion reste discuté. L'arrivée de nouvelles technologies comme l'OCT-angiographie, avec des champs d'exploration de plus en plus vastes, va permettre d'apporter de nouveaux éléments de réflexion en mesurant les zones de non-perfusion de façon beaucoup plus fiable, s'affranchissant des phénomènes de diffusion et des problèmes de contraste liés à l'angiographie à la fluorescéine (***fig. 4***). De nouvelles études en cours et à venir sont encore nécessaires pour améliorer nos connaissances dans ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE

1. Jain RK. Normalization of tumor vasculature: an emerging concept in antiangiogenic therapy. *Science*, 2005;307:58-62.
2. Dickson PV, Hamner JB, Sims TL *et al.* Bevacizumab-induced transient remodeling of the vasculature in neuroblastoma xenografts results in improved delivery and efficacy of systemically administered chemotherapy. *Clin Cancer Res*, 2007;13:3942-3950.
3. Liu Y, Shen J, Fortmann SD *et al.* Reversible retinal vessel closure from VEGF-induced leukocyte plugging. *JCI Insight*, 2017;2. Pii: 95530.
4. Ip MS, Domalpally A, Hopkins JJ *et al.* Long-term effects of ranibizumab on diabetic retinopathy severity and progression. *Arch Ophthalmol*, 2012;130:1145-1152.
5. Ip MS, Domalpally A, Sun JK *et al.* Long-term effects of therapy with ranibizumab on diabetic retinopathy severity and baseline risk factors for worsening retinopathy. *Ophthalmology*, 2015;122:367-374.
6. Korobelnik JF, Do DV, Schmidt-Erfurth U *et al.* Intravitreal aflibercept for diabetic macular edema. *Ophthalmology*, 2014;121:2247-2254.
7. Brown DM, Schmidt-Erfurth U, Do DV *et al.* Intravitreal aflibercept for diabetic macular edema: 100-week results from the VISTA and VIVID studies. *Ophthalmology*, 2015;122:2044-2052.
8. Wells JA, Glassman AR, Ayala AR *et al.* Aflibercept, bevacizumab, or ranibizumab for diabetic macular edema: two-year results from a comparative effectiveness randomized clinical trial. *Ophthalmology*, 2016;123:1351-1359.
9. Campochiaro PA, Wykoff CC, Shapiro H *et al.* Neutralization of vascular endothelial growth factor slows progression of retinal nonperfusion in patients with diabetic macular edema. *Ophthalmology*, 2014;121:1783-1789.
10. Levin AM, Rusu I, Orlin A *et al.* Retinal reperfusion in diabetic retinopathy following treatment with anti-VEGF intravitreal injections. *Clin Ophthalmol*, 2017;11:193-200.
11. Campochiaro PA, Bhisitkul RB, Shapiro H *et al.* Vascular endothelial growth factor promotes progressive retinal nonperfusion in patients with retinal vein occlusion. *Ophthalmology*, 2013;120:795-802.
12. Mir TA, Kherani S, Hafiz G *et al.* Changes in retinal nonperfusion associated with suppression of vascular endothelial growth factor in retinal vein occlusion. *Ophthalmology*, 2016;123:625-634.
13. Brown DM, Wykoff CC, Wong TP *et al.* RAVE Study Group. Ranibizumab in preproliferative (ischemic) central retinal vein occlusion: the rubeosis anti-VEGF (RAVE) trial. *Retina*, 2014;34:1728-1735.
14. Wykoff CC, Brown DM, Croft DE *et al.* Progressive retinal nonperfusion in ischemic central retinal vein occlusion. *Retina*, 2015;35:43-47.
15. Wykoff CC, Ou WC, Wang R *et al.* Peripheral laser for recalcitrant macular edema owing to retinal vein occlusion: The WAVE Trial. *Ophthalmology*, 2017;124:919-921.
16. Ou WC, Lampen SIR, Wykoff CC. Longitudinal quantification of retinal nonperfusion in the macula of eyes with retinal vein occlusion receiving Anti-VEGF therapy: secondary analysis of the WAVE randomized trial. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*, 2018;49:258-264.
17. Bonnin S, Dupas B, Lavia C *et al.* Antivascular endothelial growth factor therapy can improve diabetic retinopathy score without change in retinal perfusion. *Retina*, 2019;39:426-436.

L'auteure déclare ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.

Revues générales

Prise en charge des malpositions palpébrales

RÉSUMÉ : L'appellation générique de "malposition palpébrale" regroupe divers signes et symptômes (fonctionnels ou cosmétiques), et englobe plusieurs pathologies parmi lesquelles la rétraction palpébrale, le ptosis, l'ectropion et l'entropion.

É. FÉVRIER, J. DELAS, J. LAGIER
Service d'Ophtalmologie,
CHU Hôpital Pasteur, NICE.

La rétraction palpébrale

Il s'agit de la visualisation de la sclère (*scleral show*) entre le limbe cornéoscléral et le bord libre de paupière dans le regard primaire. La sévérité de la rétraction palpébrale peut être quantifiée par la mesure du MRD 1 (*Margin Reflex Distance*) en paupière supérieure (normalement compris entre 4 et 4,5 mm) ou MRD 2 en paupière inférieure (normalement compris entre 5 et 5,5 mm).

Les étiologies des rétractions palpébrales sont multiples mais très nettement dominées par l'hyperthyroïdie. Suivent les rétractions congénitales, les rétractions post-traumatiques, les rétractions iatrogènes (post-blépharoplastie, post-strabisme, surcorrection de ptosis) et les rétractions dans le cadre de paralysies faciales périphériques.

La prise en charge de la rétraction palpébrale peut être nécessaire en raison d'une gêne fonctionnelle (syndrome sec oculaire, ulcère lagophtalmique, larmoiement) ou dans le cadre d'une demande esthétique. La réponse apportée nécessite un examen clinique rigoureux pour quantifier la sévérité de la rétraction et surtout pour comprendre la physiopathogénie de cette rétraction (laxité palpébrale, fibrose cicatricielle, déficit cutané, hypotonie du muscle orbiculaire ou perte du tissu de soutien graisseux). La thérapeutique découlera de cet examen préopératoire. Dans le cadre d'une rétraction palpébrale non fluctuante secondaire à une dysthyroïdie, en l'absence de kératite sévère, la chirurgie est idéalement pratiquée après un an d'euthyroïdie.

La place du traitement médical de la rétraction palpébrale supérieure est limitée [1]. L'utilisation de toxine botulinique peut entraîner des surcorrections et son effet n'est que transitoire. L'utilisation d'acide hyaluronique ou de lipofilling permet l'obtention d'une ptôse mécanique légère qui n'est efficace que pour les rétractions palpébrales supérieures minimes. Les injections palpébrales de corticoïdes associées aux massages permettent de limiter l'évolution d'une rétraction post-traumatique ou iatrogène mais ne la corrigent pas.

>>> **En paupière supérieure**, comme le montre l'arbre décisionnel (***fig. 1***), il existe principalement 3 techniques chirurgicales décrites dans la littérature.

Pour les rétractions de faible et moyenne amplitude, la müllerectomie est la technique de choix (***fig. 2***). Cette chirurgie rapide ne modifie pas le pli palpébral supérieur. Elle nécessite cependant une bonne dissection afin de ne pas laisser de muscle de Müller en place et de ne pas endommager l'aponévrose du releveur

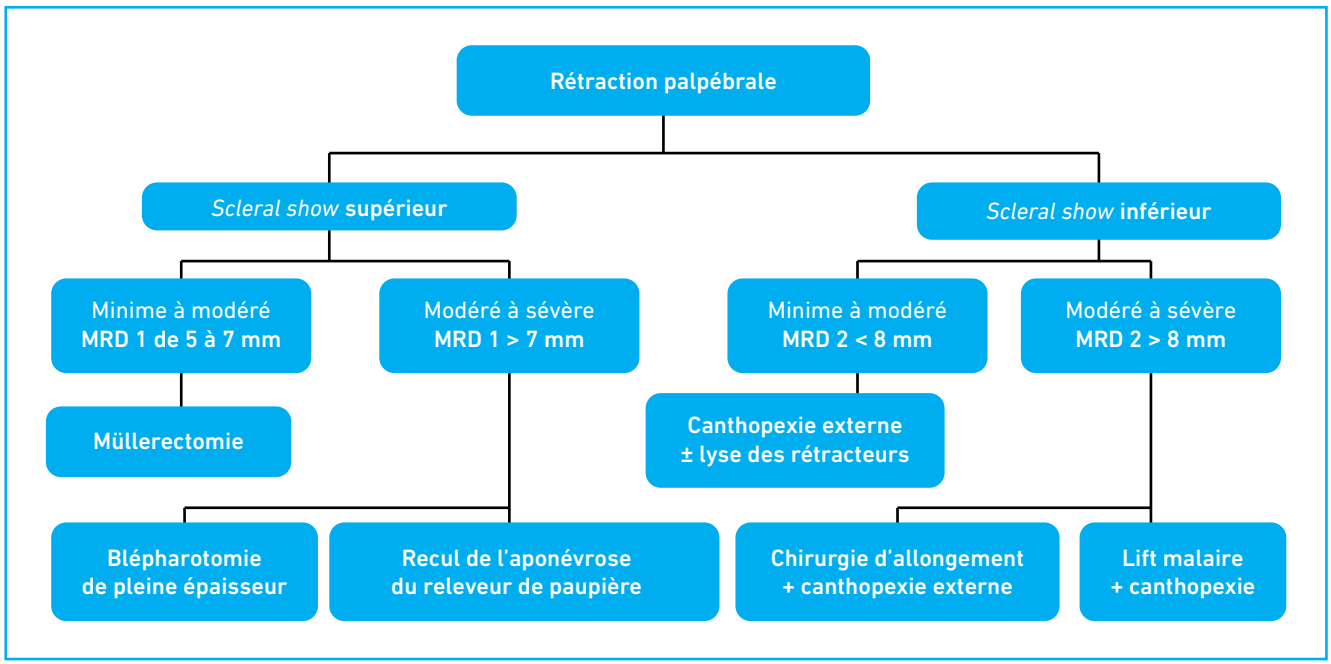


Fig. 1 : Arbre décisionnel des possibilités chirurgicales en ce qui concerne les rétractions palpébrales. Sont exclus les déficits de la lamelle antérieure qui sont corrigés par greffe ou lambeau cutané.

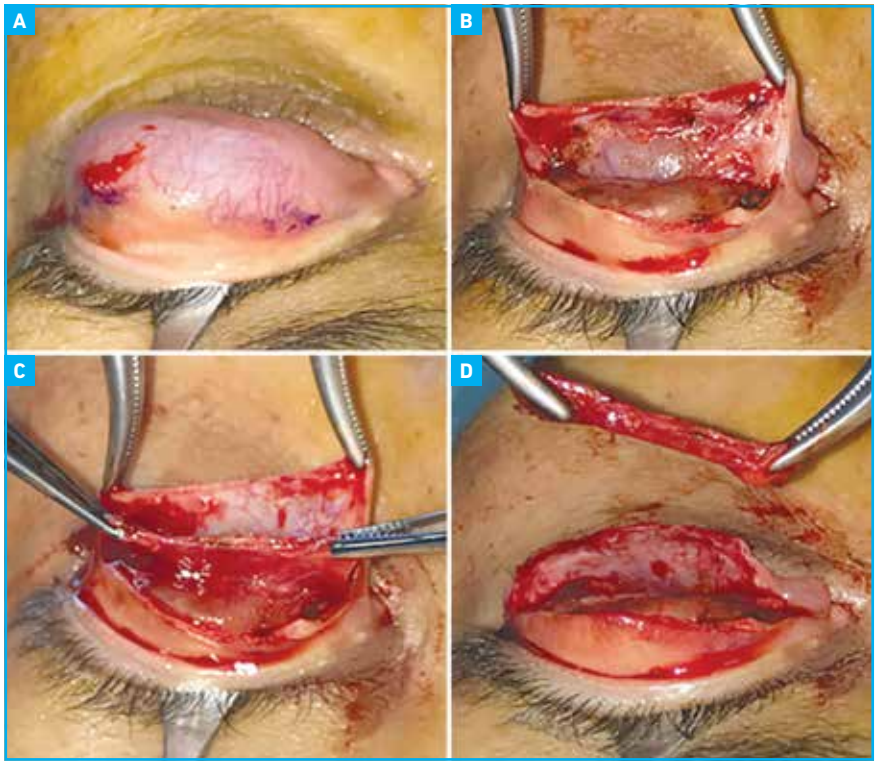


Fig. 2 : Müllerectomie par voie conjonctivale. **A :** éversion palpebrale sur écarteur de Desmarres et ballonisation de la conjonctive. **B :** incision sous le bord supérieur du tarse en séparant d'un côté la conjonctive et le Müller, et de l'autre l'aponévrose du muscle releveur et la lamelle antérieure. **C et D :** le muscle de Müller est ensuite disséqué de la conjonctive avant son exérèse.

de la paupière. La fermeture conjonctivale de la voie d'abord n'est pas obligatoire. Le principal inconvénient de cette technique par voie postérieure est la potentielle réduction de l'excrétion des larmes par atteinte des glandes lacymales accessoires [2].

Pour les rétractions palpébrales d'amplitude modérée à sévère, le choix s'oriente plus vers une blépharotomie de pleine épaisseur ou une chirurgie de recul de l'aponévrose du muscle releveur de la paupière.

La blépharotomie de pleine épaisseur, décrite par Koornneef, consiste en un abord palpébral supérieur par voie antérieure puis en une section centrale de l'aponévrose du muscle releveur, du muscle de Müller et de la conjonctive au-dessus du tarse. Le résultat peropératoire de cette boutonnière centrale de pleine épaisseur doit être objectivé en position demi-assise avec fermeture cutanée. Une légère surcorrection est souhaitable et la blépharotomie doit être plus marquée en temporal.

Revues générales

La chirurgie de recul de l'aponévrose du muscle releveur est un acte minutieux qui consiste, par voie antérieure, à disséquer l'aponévrose du muscle releveur pour la désinsérer du tarse et la séparer du plan conjonctivo-müllerien. Une müllerectomie, cette fois-ci par voie antérieure, et une section des ailerons du muscle releveur peuvent être adjointes au geste. Puis l'aponévrose est suturée à la conjonctive, avec un recul suffisant pour permettre une correction de la rétraction palpébrale en peropératoire. Certains chirurgiens préconisent l'utilisation de sutures ajustables qu'ils nouent dans les premiers jours postopératoires. Cela ne prévient pas de la fibrose postopératoire responsable d'une possible rétraction secondaire, contre laquelle le patient pourra lutter par des massages vigoureux. Il est rarement nécessaire de réaliser une chirurgie d'allongement par greffe en paupière supérieure car celle-ci nécessite moins de soutien que la paupière inférieure. De plus, cela allonge la chirurgie et requiert un deuxième site de prélèvement avec ses complications propres.

>>> **En paupière inférieure**, en cas de rétraction minime à modérée, le recours à une canthopexie externe est fréquent et s'associe volontiers à une lyse des rétracteurs et une exérèse des tissus fibreux éventuels. Pour les cas difficiles de rétractions palpébrales sévères, la pratique d'un lift malaire avec canthopexie externe est une première possibilité. La deuxième option est de réaliser une greffe d'allongement de paupière inférieure, qui consiste à interposer un matériel autologue, hétérologue ou synthétique entre le bord inférieur du tarse et les rétracteurs désinsérés.

Une revue de la littérature sur le sujet des greffes d'allongement ne retrouve pas de supériorité d'un matériel comparativement aux autres [3]. Cependant, la greffe de muqueuse palatine est considérée par certains comme la référence en raison de sa faible rétraction post-greffe, de sa rigidité et de la présence d'un versant muqueux. Le corolaire de cette autogreffe est l'existence d'un deuxième site de prélèvement avec les risques qui en incombent (douleur, saignement, fistule buccosinusienne) [3]. La greffe d'allongement avec du derme ou de la muqueuse buccale est une bonne alternative. Les greffes de tarse et de cartilage conchal étant plus rigides, elles peuvent amener d'importantes modifications de l'esthétique palpébrale et amputer le champ visuel dans le regard vers le bas. Le polyéthylène poreux n'a probablement plus de place dans cette indication en raison de sa mauvaise biocompatibilité et de son taux d'extériorisation important. Si aucun consensus n'existe sur la taille du greffon d'allongement, une hypercorrection peropératoire semble souhaitable, ce qui amène souvent à une greffe d'allongement d'une taille trois fois supérieure à celle de la rétraction.

Le ptosis

Cette malposition palpébrale représente un réel défi thérapeutique. L'oculoplasticien peut avoir recours à des chirurgies multiples dans 5 à 20 % des cas [4] et le résultat s'accompagne rarement d'une parfaite symétrie du regard.

À l'exception du ptosis myasthénique traité médicalement par des inhibiteurs de la recapture de l'acétylcholine, **le traitement du ptosis est toujours chirurgical**. Il existe plusieurs modalités opératoires, mais le choix de la technique reste guidé par l'examen clinique préopératoire, la sévérité du ptosis, la force du muscle releveur de la paupière, les préférences du chirurgien et la volonté du patient. La hauteur du pli palpébral, celle du sourcil, la force de l'orbiculaire, la sensibilité cornéenne et l'importance du Charles Bell sont aussi des données à intégrer dans la correction du ptosis. En cas de ptosis unilatéral, il faut rechercher et informer de la possibilité de décompenser un ptosis controlatéral en postopératoire. L'étiologie doit être recherchée avec insistance car le type de chirurgie et le résultat en dépendent. Globalement, le choix thérapeutique peut être guidé par l'arbre décisionnel en ***figure 3***.

À l'exception du ptosis sévère de l'enfant avec risque amblyopique qui est réalisé sous anesthésie générale, le ptosis se corrige majoritairement sous anesthésie locale, permettant ainsi d'estimer le résultat en peropératoire.

>>> Pour les **ptosis minimes**, la chirurgie s'oriente volontiers vers une résection conjonctivo-müllerienne. La technique est initialement semblable à la müllerectomie vue plus haut, à ceci près que le muscle de Müller raccourci est ici réamaré au tarse. La résection de la

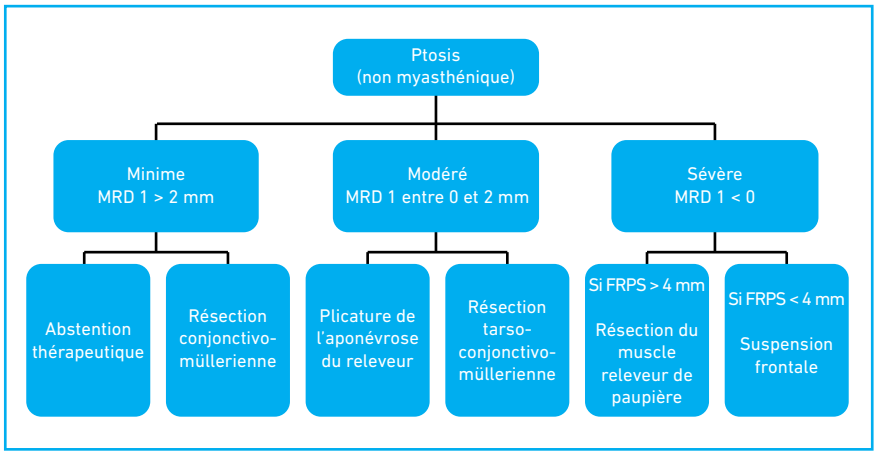


Fig. 3 : Arbre décisionnel thérapeutique pour le ptosis.

conjonctive et du muscle de Müller doit être faite jusqu'au ligament de Whitnall (soit 8 à 10 mm en moyenne).

>>> Le **ptosis modéré** est majoritairement traité par voie antérieure à l'aide d'une plicature de l'aponévrose du muscle releveur, qui est suturée au bord supérieur du tarse. Le dosage de cette plicature et la courbure palpébrale doivent être vérifiés en peropératoire. En cas de ptosis unilatéral, il est conseillé de surcorriger de 1 mm le côté ptôsé par rapport au côté sain pour prévenir un léger relâchement postopératoire alors que, dans le cas du ptosis bilatéral, le niveau des paupières est corrigé de manière symétrique 1 mm sous le limbe [5]. Certains chirurgiens utilisent des sutures ajustables pour régler la hauteur palpébrale en postopératoire.

>>> En ce qui concerne le **ptosis sévère**, la prise en charge est dépendante de la force du muscle releveur de paupière (FRPS). En cas de FRPS > 4 mm, une résection du muscle releveur de paupière supérieure est l'option thérapeutique la plus courante. En revanche, lorsque la FRPS est < 4 mm, c'est la suspension frontale qui est majoritairement pratiquée. Une méta-analyse récente retrouve que l'utilisation de matériel synthétique par PTFE donnerait le plus faible taux de reprise chirurgicale (1 %) mais aurait plus d'infection de cicatrice que les bandelettes de *fascia lata* [6]. Ces dernières restent probablement à ce jour le traitement de référence, notamment chez l'enfant, en raison du plus faible taux d'extrusion [6]. En cas de ptosis congénital sévère ou de ptosis myogène avec diminution de la force du muscle orbiculaire, le résultat postopératoire doit viser une souscorrection afin d'éviter la lagophtalmie.

Ectropion

L'ectropion se définit par une bascule en dehors du bord libre de la paupière, entraînant une perte de contact avec le globe oculaire. L'ectropion peut concerner l'un ou l'ensemble des segments palpébraux (1/3 externe, médian ou interne). Les laxités horizontale et verticale constituent les composantes majeures de la physiopathologie de l'ectropion, notamment sénile. Elles se déterminent par différents tests (SNAP test, test de traction antérieure, latérale ou médiale). Il est enfin nécessaire de dépister des causes de rétraction de la lamelle antérieure et de quantifier celle-ci afin d'apporter la meilleure réponse chirurgicale.

Les étiologies de l'ectropion sont diverses et le traitement chirurgical choisi sera adapté en fonction.

>>> En ce qui concerne l'**ectropion congénital** [7], il peut être primitif (blépharophimosis, trisomie 21, euryblépharon, syndrome de Franceschetti ou Treacher Collins) ou secondaire à une ichtyose congénitale. Le traitement est physiopathologique : remise en tension horizontale et allongement de la lamelle antérieure par greffes ou lambeaux cutanés.

>>> L'**ectropion involutionnel (sénile)** est l'étiologie la plus fréquente. Il ne touche que la paupière inférieure et s'aggrave progressivement. Le traitement repose avant tout sur une remise en tension horizontale pouvant s'associer à une remise en tension des rétracteurs. Les techniques classiques sont la canthopexie latérale (*tarsal strip* d'Anderson) [8] ou la résection pentagonale tarsoconjonctivale de Kuhnt-Szymanowski.

Dans la première, après canthotomie latérale et cantholyse du chef inférieur du tendon canthal externe, une bande tarsale est confectionnée après désépithélialisation et amarrée en dedans du rebord orbitaire externe par un fil résorbable ou non. La résection pentagonale tarsoconjonctivale de Kuhnt-Szymanowski consiste, quant à elle, à réaliser une incision sous-ciliaire avec séparation des lamelles antérieure et postérieure. On réalise ensuite une résection pentagonale tarsoconjonctivale et l'excédent cutané est réséqué dans la patte-d'oie à la manière d'une blépharoplastie. En cas de désinsertion des muscles rétracteurs, le traitement repose alors sur une dissection sous-conjonctivale et un amarrage des rétracteurs par voie postérieure avec sutures résorbables (***fig. 4***).

>>> En ce qui concerne l'**ectropion spasmodique du point lacrymal**, le traitement repose sur une remise en tension horizontale par canthopexie latérale, associée à une résection losangique conjonctivale profonde sous le point lacrymal. La suture doublement aiguillée emporte les rétracteurs, puis la

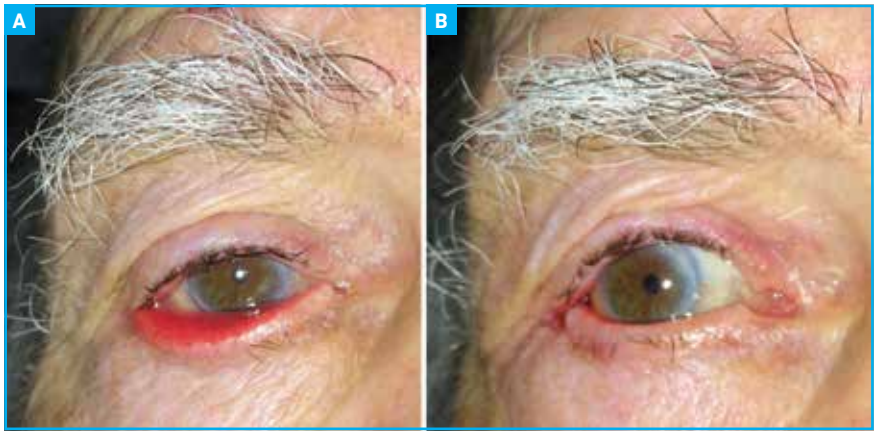


Fig. 4A : Ectropion tarsal avec désinsertion des rétracteurs. **B :** aspect postopératoire après canthoplastie latérale et réinsertion des rétracteurs.

Revues générales

berge conjonctivale supérieure, charge ensuite la berge conjonctivale inférieure et ressort plus bas à la peau pour créer un effet inversant.

>>> L'**ectropion paralytique** [9] fait suite à une paralysie faciale périphérique et le traitement repose sur une remise en tension palpébrale par canthopexie latérale ou médiale, plus ou moins associée à une tarsorraphie notamment si une rétraction palpébrale supérieure est présente. Les canthopexies médiales peuvent être effectuées soit par une simple plicature du tendon canthal interne, soit par une résection pentagonale du segment lacrymal avec fermeture sur une intubation bicanaliculonasale, soit par pexie au périoste de la crête lacrymale postérieure après abord de dacryocystorhinostomie et libération de la loge lacrymale, soit par canthopexie transnasale.

>>> L'**ectropion cicatriciel** est lié à une rétraction verticale de la lamelle antérieure. Il peut faire suite à un traumatisme, une brûlure, une chirurgie ou être lié à une dermatose (eczéma, rosacée, zona ophtalmique, dermatoses bulleuses, cancer cutané). Le traitement est étiologique d'abord (chirurgie carcinologique, pommade cortisonnée, massages de cicatrices…). Ensuite, si le trouble persiste, on pourra combiner une canthopexie latérale, en cas d'hyperlaxité horizontale, à un allongement de lamelle antérieure par greffe ou lambeau (***fig. 5***).

En cas de contexte esthétique prédominant, il est parfois possible de réaliser un lift malaire (***fig. 6***). Après dissection cutanéo-orbiculaire, une incision du périoste est réalisée. La dissection sous-périostée descend jusqu'aux arcades dentaires. 3 trous sont réalisés dans le rebord orbitaire inférieur et latéral et l'ensemble prémalaire est fixé à ces trous.

Dans certains cas de brides cicatricielles, une plastie en Z peut être envisagée. La branche centrale du Z est superposée à la bride tandis que les deux autres sont angulées à 60°. Une cicatrice longue peut nécessiter plusieurs Z consécutifs.

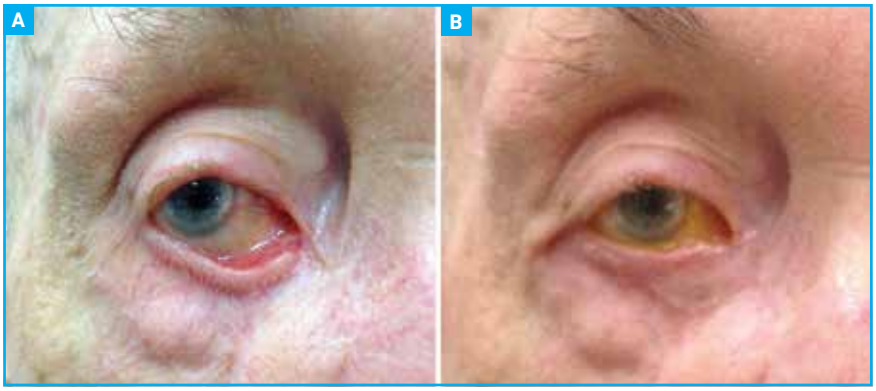


Fig. 5A : Ectropion rétractile sur bride cicatricielle après chirurgie de carcinome basocellulaire de la pommette. **B :** aspect postopératoire après canthopexie latérale et greffe de peau totale.

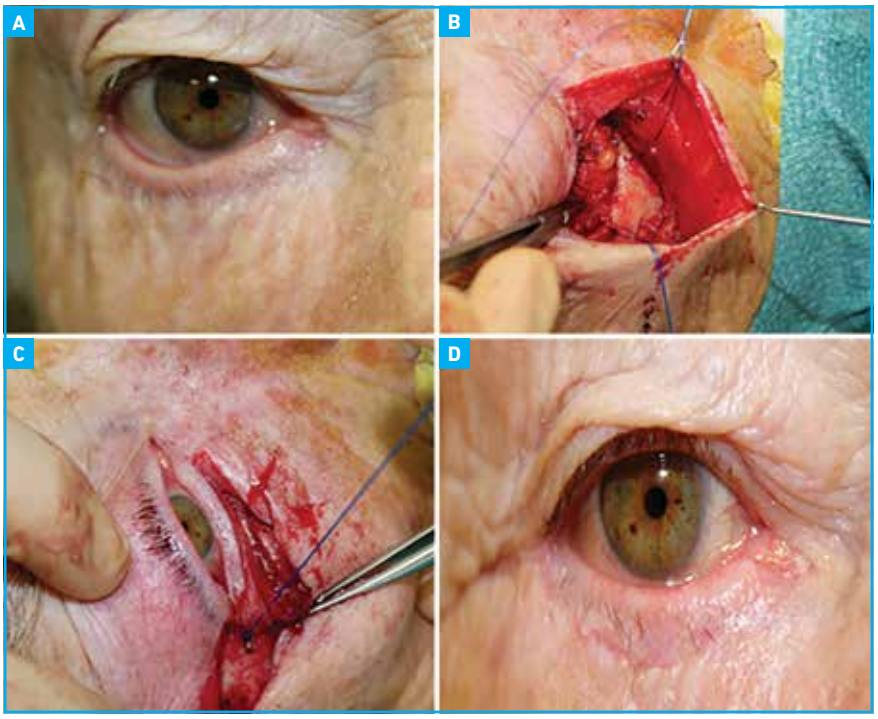


Fig. 6A : Ectropion cicatriciel après chirurgie de mélanome de la pommette. **B :** après ouverture périostée, la région prémalaire est refixée au rebord orbitaire. **C :** le canthus externe est reformé par amarrage d'un lambeau tarsal au rebord orbitaire externe. **D :** aspect postopératoire.

Entropion

L'entropion est une malposition palpébrale caractérisée par une bascule en dedans de la paupière vers le globe oculaire. De nouveau, la physiopathologie est marquée par une majoration des laxités verticales et horizontales auxquelles s'ajoute la bascule de l'orbiculaire préseptal en position prétarsale, ce qui entraîne l'enroulement de la paupière. Le frottement répété de la bordure ciliaire sur le globe oculaire est responsable d'une irritation chronique

avec larmoiement et clignement spasmodique. Les contractions orbiculaires majorées entraînent une hypertrophie visible de ce dernier.

Comme dans l'ectropion, il existe plusieurs formes cliniques dont chacune possède sa propre prise en charge.

>>> Tout d'abord, l'**entropion congénital**. Il est souvent bilatéral et peut être primaire ou secondaire (anophtalmie, énophtalmie, microphtalmie). Son retentissement fonctionnel est souvent minime, ce qui justifie une surveillance simple avant un an. En cas de persistance ou de souffrance cornéenne, il est possible de réaliser une résection cutanéo-orbiculaire préseptale elliptoïdale associée à des points éversants [10]. Les points éversants sont des sutures doublement aiguillées passées dans le cul-de-sac conjonctival et sorties à la peau plus haut sous la ligne ciliaire afin d'entraîner une ectropionisation.

>>> L'**entropion sénile** est de loin le plus fréquent. Il combine en général les trois phénomènes : hyperlaxité verticale, horizontale et ascension avec hypertrophie de l'orbiculaire. Son traitement repose sur la correction chirurgicale de ces trois éléments de manière isolée ou combinée. Le renforcement vertical peut être réalisé de différentes façons. Dans la technique de Celse, une ellipse cutanéo-orbiculaire est réséquée dans la partie médiane de la paupière et des sutures éversantes sont ajoutées. Dans la blépharotomie de Wies, la paupière est incisée de manière transfixiante et la fermeture s'ajoute à des points éversants. La plicature des rétracteurs de Jones est effectuée par voie antérieure car c'est le faisceau antérieur des rétracteurs qui a l'action éversante. Il faut doser les sutures de telle sorte que la paupière ne bascule pas en ectropion.

En plus des techniques répandues de raccourcissement horizontal (canthoplastie latérale, résection pentagonale tarsoconjonctivale), s'ajoute la procédure de Quickert [11]. Il s'agit d'une incision pleine épaisseur de la paupière qui est réalisée à 5 mm du canthus externe jusqu'au bord inférieur du tarse, puis la paupière est sectionnée horizontalement. Les lambeaux sont superposés et l'excédent est réséqué. Des points éversants complètent la procédure. Il peut être intéressant aussi de jouer sur la composante orbiculaire en confectionnant un lambeau orbiculaire prétarsal à charnière interne pour le fixer plus bas au périoste du rebord orbitaire inférolatéral et ainsi éviter l'enroulement palpébral.

>>> En cas d'**entropion spasmodique** pur qui est dû à une irritation chronique de la surface oculaire, celui-ci doit céder après levée de l'irritation oculaire. On peut accélérer la récupération en pratiquant une injection de toxine botulique [12]. Deux injections

POINTS **FORTS**

Pour la rétraction palpébrale :
- examen clinique rigoureux pour s'orienter vers la meilleure thérapeutique ;
- sauf en cas de kératite sévère, vérifier la stabilité de la rétraction pendant 1 an ;
- traitement médical souvent insuffisant ;
- pas de supériorité d'un type de greffe d'allongement par rapport aux autres ;
- viser la surcorrection peropératoire de la rétraction ;
- corriger de manière plus importante en temporal.

Pour le ptosis :
- examen clinique rigoureux pour adapter la thérapeutique nécessaire ;
- traitement chirurgical systématique sauf pour la myasthénie ;
- chirurgies multiples possibles et pas de symétrie parfaite ;
- ne pas induire de lagophtalmie ;
- si le ptosis est unilatéral, examiner la possible décompensation d'un ptosis controlatéral ;
- viser la souscorrection si ptosis congénital ou myogène.

Pour l'ectropion :
- examen clinique bilatéral de la laxité palpébrale et de la trophicité cutanée ;
- greffe ou lambeau cutané si ectropion cicatriciel ;
- penser à la tarsorraphie partielle en cas d'ectropion paralytique ;
- réinsérer les rétracteurs ;
- ne pas corriger à l'excès au risque de passer en entropion.

Pour l'entropion :
- examen clinique bilatéral de la laxité palpébrale et de la trophicité cutanée ;
- place de la toxine botulique dans l'entropion spasmodique ;
- intérêt de réinsérer les rétracteurs et d'utiliser un lambeau orbiculaire ;
- ne pas corriger à l'excès au risque de passer en ectropion.

Revues générales

de 5 UI dans l'orbiculaire prétarsal sont en règle générale suffisantes (***fig. 7***). Le délai d'action est de quelques jours. La durée d'action de la toxine est de trois mois en moyenne. En cas de récidive, le traitement est superposable à celui de l'entropion sénile.

>>> L'**entropion cicatriciel** fait suite à une rétraction du plan tarsoconjonctival. Les causes sont traumatiques (brûlure, chirurgicales), inflammatoires (pemphigoïdes) ou infectieuses (trachome). Le traitement dépend de la sévérité de l'entropion, du caractère inflammatoire ou non de la conjonctive et de l'état du bord libre. Un entropion peu important de paupière supérieure pourra être traité par un avancement de lamelle antérieure. Après incision dans le pli palpébral et dissection cutanéo-orbiculaire sur toute la hauteur du tarse, une suture doublement aiguillée est passée à la peau juste au-dessus de la ligne ciliaire et charge le tarse aussi haut que nécessaire. Un entropion peu important de paupière inférieure avec conjonctive non inflammatoire peut bénéficier d'une fracture tarsale. Une incision tarsale profonde est réalisée et des points éversants chargent le tarse inférieur et remontent à la peau sous la ligne ciliaire.

>>> En cas d'**entropion modéré**, si le bord libre est conservé, il est possible de réaliser une marginoplastie [13]. Une incision est pratiquée dans la ligne grise et une greffe de muqueuse labiale y est insérée. La procédure peut être combinée avec un avancement de lamelle antérieure. Si le bord libre est kératinisé, une rotation marginale tarsale

Fig. 7 : Sites d'injection de la toxine botulique dans l'entropion spasmodique.

type procédure de Trabut peut être indiquée. Le tarse est incisé par voie conjonctivale 2 mm sous la ligne ciliaire. Après dissection large de la lamelle postérieure, le tarse supérieur effectue une rotation de 180° afin de créer un nouveau bord libre. Si l'entropion est sévère, on peut avoir recours à des allongements de lamelle postérieure de la même manière que pour les rétractions palpébrales.

BIBLIOGRAPHIE

1. Grisolia ABD, Couso RC, Matayoshi S *et al.* Non-surgical treatment for eyelid retraction in thyroid eye disease (TED). *Br J Ophthalmol*, 2018;102:158-163.
2. Baldeschi L. Correction of lid retraction and exophthalmos. *Dev Ophthalmol*, 2008;41:103-126.
3. Park E, Lewis K, Alghoul MS. Comparison of efficacy and complications among various spacer grafts in the treatment of lower eyelid retraction: a systematic review. *Aesthet Surg J*, 2017;37:743-754.
4. Ng J, Hauck M. Ptosis repair. *Facial Plast Surg*, 2013;29:22-25.
5. Couch SM. Correction of eyelid crease asymmetry and ptosis. *Facial Plast Surg Clin North Am*, 2016;24:153-162.
6. Pacella E, Mipatrini D, Pacella F *et al.* Suspensory materials for surgery of blepharoptosis: a systematic review of observational studies. *PLoS One*, 2016;11:e0160827.
7. Morax S *et al.* Affections génétiques et congénitales palpébrales. Rapport de la Société française d'ophtalmologie, 1998:83-92.
8. Anderson RL, Gordy DD. The tarsal strip procedure. *Arch Ophthalmol*, 1979;97:2192-2196.
9. Crawford GJ, Collin JR, Moriarty PA. The correction of paralytic ectropion. *Br J Ophthtalmol*, 1984;68:639-641.
10. Ito O, Kashiwa N, Igawa HH *et al.* Surgery without skin resection for eyelid entropion. *Ann Plast Surg*, 2004;53:56-59.
11. Quickert MH, Rathbun E. Suture repair of entropion. *Arch Ophthalmol*, 1971;85:304-305.
12. Carruthers J, Stubbs HA. Botulinum toxin for benign essential blepharospasm, hemifacial spasm, and age-related lower eyelid entropion. *Can J Neurol Sci*, 1987;14:42-45.
13. Chen J, Wang Z, Gu J. Management of cicatricial entropion of the upper lid using acellular human dermal allograft. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2008;61:610-614.

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

Revues générales

Nouvelles techniques de cycloaffaiblissement (ultrasons, laser diode pulsé)

RÉSUMÉ : Le cycloaffaiblissement consiste à coaguler une portion variable du corps ciliaire afin de réduire la production d'humeur aqueuse et d'abaisser la pression intraoculaire. De nombreuses méthodes physiques, comme la cyclophotocoagulation transsclérale, sont utilisées ou ont été utilisées à cette fin, aboutissant à une nécrose de coagulation du corps ciliaire consécutive à son échauffement ou à sa congélation. Toutes ces méthodes ont deux inconvénients majeurs : elles sont peu ou pas sélectives du corps ciliaire, entraînant souvent des dommages des structures adjacentes, et elles présentent une relation effet-dose très inconstante, empêchant de prévoir avec précision l'effet du traitement. De ce fait, elles peuvent avoir des effets secondaires majeurs et étaient classiquement réservées à la prise en charge des glaucomes évolués et réfractaires aux techniques chirurgicales classiques.

Deux méthodes alternatives ont été développées ces dernières années de façon à permettre un meilleur ciblage du corps ciliaire, augmenter la prédictibilité de la baisse pressionnelle et réduire les risques d'atteinte des structures voisines du corps ciliaire : les ultrasons focalisés et le laser diode micropulsé. Les premiers essais cliniques ont confirmé la meilleure tolérance de ces nouvelles méthodes, suggérant une utilisation possiblement plus précoce dans la stratégie thérapeutique que les méthodes précédentes, parfois même en alternatives aux chirurgies filtrantes conventionnelles.

F. APTEL
Clinique Ophtalmologique Universitaire et Université Grenoble Alpes, GRENOBLE.

Les ultrasons

1. Mécanismes d'action

Un avantage spécifique des ultrasons, comparés aux autres méthodes de coagulation du corps ciliaire, est la possibilité de focaliser le faisceau au travers de tissus non optiquement transparents, réduisant ainsi les risques d'absorption non désirée de l'énergie du faisceau ultrasonore et donc les effets sur les tissus adjacents. De même, le dépôt d'énergie et l'élévation thermique au niveau des tissus traités ne dépendent pas de la pigmentation des tissus.

Plusieurs mécanismes expliquent la réduction de pression intraoculaire (PIO) après coagulation du corps ciliaire par ultrasons, notamment une réduction de la production d'humeur aqueuse par destruction de l'épithélium ciliaire et/ou par réduction de la vascularisation ciliaire, et une augmentation de l'évacuation par augmentation du flux aqueux uvéo-scléral lié au remodelage et à la rétraction des tissus situés au voisinage de la jonction entre la sclère et la choroïde [1-5].

Les études histologiques réalisées sur des yeux d'animaux traités montrent une nécrose de coagulation des procès ciliaires, avec une disparition du double épithélium ciliaire [1, 2, 5]. Des études histologiques ou réalisées à l'aide de traceurs montrent également de façon fréquente la présence d'une lame liquidienne entre la sclère et la base du corps ciliaire et la sclère et la choroïde,

Revues générales

témoignant très certainement d'une augmentation de l'évacuation de l'humeur aqueuse en dehors de l'œil par voie uvéo-sclérale [5] (***fig. 1***). Une rétraction des tissus uvéaux par effet thermique ou la libération de médiateurs inflammatoires ont été avancées pour expliquer ce deuxième mécanisme d'action du traitement.

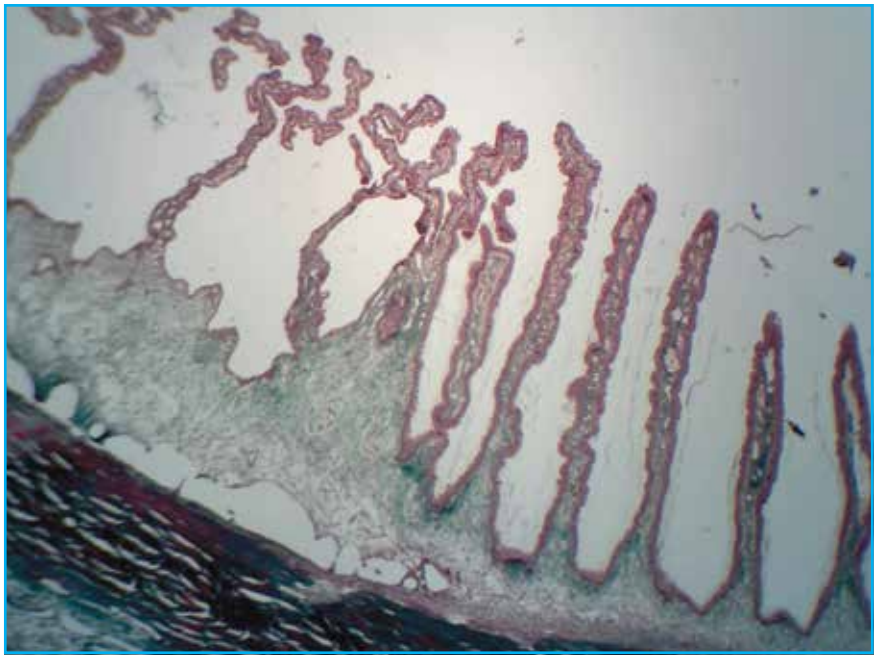


Fig. 1 : Différences entre une portion du corps ciliaire traitée par ultrasons (**gauche**) et intacte (**droite**), avec notamment une coagulation des procès, de la base du corps ciliaire et la présence d'une lame liquidienne supra-sclérale témoignant d'une ouverture de la voie uvéo-sclérale.

2. Déroulement de la procédure

Un cône de positionnement, en forme de cône tronqué et fait de polymère, est placé au contact du globe oculaire, favorisant un positionnement adéquat et constant des transducteurs, aussi bien pour le centrage que pour la distance par rapport à la sclère. À la base du cône, une gouttière est connectée à un système d'aspiration, permettant de solidariser le cône de couplage et l'œil à traiter. Après obtention du ventousage, la sonde – composée d'un berceau de support sur lequel sont insérés les 6 transducteurs – est positionnée dans le cône de couplage (***fig. 2***). La cavité ainsi créée est remplie avec du sérum physiologique. Les 6 volumes focaux des transducteurs sont centrés sur un cercle de 11, 12 ou 13 mm. Une évaluation anatomique (mesure du diamètre blanc à blanc, OCT du segment antérieur, UBM) est réalisée avant le traitement afin de déterminer le modèle d'anneau permettant de cibler de façon optimale le corps ciliaire.

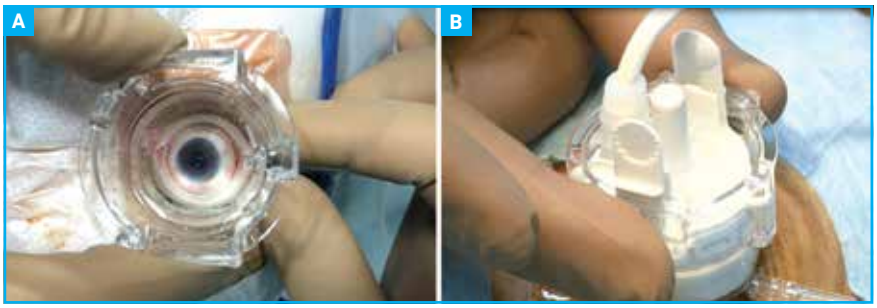


Fig. 2A : Cône de positionnement : positionnement et centrage sur un œil. **B :** sonde insérée dans le cône de positionnement.

Les sondes de dernières générations permettent le traitement de 6 ou 8 secteurs. Une procédure standard consistant à activer les 6 secteurs de la sonde est réalisée. Il est ensuite possible, si une efficacité plus importante est souhaitée, de réaliser une rotation de 27° de la sonde grâce à une gouttière située sur le côté de celle-ci et, ensuite, de traiter deux secteurs supplémentaires s'intercalant entre les 6 premiers secteurs traités.

La procédure dure environ 2 à 3 minutes. Après traitement, il est préférable d'administrer des anti-inflammatoires stéroïdiens et/ou non-stéroïdiens pendant une durée de 4 semaines. La procédure est généralement assez peu douloureuse et peut être réalisée sous anesthésie topique – idéalement complétée par l'utilisation d'un antalgique ou d'un sédatif d'action rapide par voie intraveineuse –, sous anesthésie locorégionale – à condition d'éviter la formation d'un chémosis qui empêche le bon positionnement de la sonde et entraîne une défocalisation antérieure du faisceau d'ultrasons – ou sous anesthésie générale flash.

3. Résultats cliniques

Un résumé des résultats des essais cliniques réalisés avec cette méthode de coagulation du corps ciliaire est proposé dans le ***tableau I*** [6-10]. Ces études ont été réalisées en France et en Europe. Les patients inclus étaient souvent atteints de glaucomes réfractaires, à angle ouvert ou par fermeture de l'angle, primitifs ou secondaires. Certaines études ont été réalisées chez des patients naïfs de toute chirurgie filtrante. Les résultats étaient

Étude	Nb Pts	Type de glaucome	Suivi	Méthode	Résultats d'efficacité	Taux de répondeurs	Réduction de la PIO
Giannaccare *et al.* (GRAEFE, 2016)	30	Réfractaire + non-réfractaire	6	Prospective monocentrée	PIO baseline = 30,1 ± 10,5 mmHg PIO M6 = 20,2 ± 6,2 mmHg	70 %	33 %
Stalmans *et al.* (EVER, 2016)	60	Réfractaire + non-réfractaire	6	Prospective monocentrée	PIO baseline = 21 ± 4,7 mmHg PIO M6 = 13,8 ± 5,9 mmHg	63 %	35 %
Denis (EOR, 2016)	251	Réfractaire + non-réfractaire	6	Prospective multicentrée	PIO baseline = 24,6 ± 4,3 mmHg PIO M6 = 15,9 ± 3,4 mmHg	64 %	35 %
Stalmans, Pinto, Melamed, Nardi (WGC, 2017)	53	Non-réfractaire	6	Prospective multicentrée	PIO baseline = 24,1 ± 2,7 mmHg PIO M6 = 15,8 ± 4,3 mmHg	73 %	39 %
Sousa, Pinto *et al.* (AAO, 2017)	46	Réfractaire + non-réfractaire	12	Prospective monocentrée	PIO baseline = 27,2 ± 7,9 mmHg PIO M6 = 17,9 ± 5,2 mmHg	79 %	34 %
De Gregorio *et al.* (GRAEFE, 2017)	40	Réfractaire + non-réfractaire	12	Prospective monocentrée	PIO baseline = 32,5 ± 9,9 mmHg 34-45 % PIO réduction à M12	85 %	35 %
Deb and Reddy (IJO, 2018)	73	Non-réfractaire	12	Prospective monocentrée	PIO baseline = 23,5 ± 3,0 mmHg PIO M12 = 15,7 ± 5,4 mmHg	78 %	30 %
Giannaccare, Traverso *et al.* (ORJ, 2018)	49	Réfractaire	12	Prospective multicentrée	PIO baseline 27,7 ± 9,2 mmHg PIO M12 = 19,8 ± 6,9 mmHg	75 %	29 %

Tableau I : Résumé des essais cliniques évaluant la cycloplastie par ultrasons avec une sonde de dernière génération. PIO : pression intraoculaire.

assez comparables, avec souvent deux tiers de répondeurs à ce traitement, une baisse pressionnelle voisine de 30 à 40 % chez ces répondeurs, et un tiers de non-répondeurs au traitement. La tolérance est généralement assez bonne, avec surtout des effets secondaires mineurs et transitoires. Quelques cas de baisse d'acuité visuelle liés à la survenue d'œdème maculaire ou d'astigmatisme cornéen ont été décrits.

Il est à noter qu'une étude a démontré l'effet cumulatif de la répétition de procédures avec un espacement de quelques mois lorsque la PIO cible n'est pas atteinte après un seul traitement [10].

4. Indications

Le cycloaffaiblissement du corps ciliaire par ultrasons est classiquement réalisé en cas de glaucome réfractaire aux chirurgies filtrantes ou micro-invasives. La relative bonne tolérance de cette méthode permet de la proposer lorsque la fonction visuelle est peu atteinte. Lorsque le risque d'échec ou de complication des chirurgies filtrantes est élevé (conjonctive épaissie et inflammatoire, glaucome secondaire, glaucome du myope fort, déficits périmétriques étendus avec menace d'atteinte du point de fixation, etc.), cette technique peut être envisagée en alternative aux techniques chirurgicales.

Le laser diode micropulsé

1. Mécanismes d'action (*fig. 3*)

Lors de l'utilisation du laser diode en mode continu, l'émission laser est réalisée sans interruption lors de l'activation du dispositif. L'énergie du faisceau

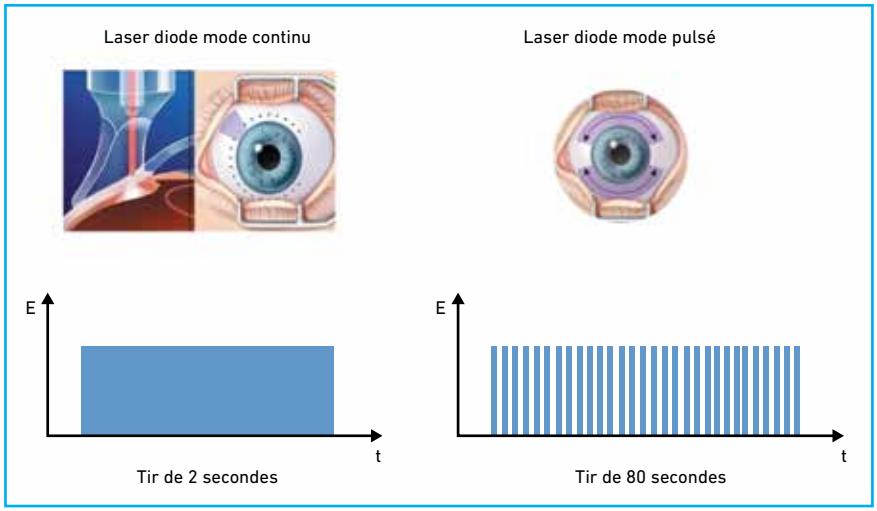


Fig. 3 : Principe du laser diode micropulsé : émission intermittente du faisceau laser de façon à limiter l'élévation thermique des tissus traités.

Revues générales

POINTS **FORTS**

- Les procédures de cycloaffaiblissement réduisent la PIO par plusieurs mécanismes (destruction de l'épithélium pigmenté et non pigmenté réduisant la production d'humeur aqueuse, l'inflammation du corps ciliaire réduisant également la sécrétion ciliaire, la filtration d'humeur aqueuse au travers de zones de sclère amincies, et l'augmentation du flux uvéo-scléral liée à des modifications tissulaires des muscles ciliaires et de la pars plana).
- Le cycloaffaiblissement au laser diode en mode continu est souvent efficace pour réduire la pression intraoculaire mais présente des effets secondaires potentiels sévères qui le réservent au traitement des glaucomes réfractaires aux méthodes chirurgicales conventionnelles, ne représentant pas une alternative pouvant être proposée en deuxième intention en cas d'insuffisance du traitement médical.
- Le principal risque à long terme du traitement au laser diode continu est la survenue d'une hypotonie majeure avec évolution vers la phtyse du globe oculaire, nécessitant un choix prudent des paramètres de tirs, notamment lors des procédures de retraitement.
- Deux nouvelles techniques de coagulation du corps ciliaire, utilisant des ultrasons focalisés de haute intensité ou une source laser diode délivrée de façon intermittente (micro-pulsée), permettent une réduction de la pression intraoculaire sans risques de survenue des complications habituellement rencontrées avec les méthodes plus anciennes et pourraient donc être proposées plus tôt dans la prise en charge des glaucomes.

laser est absorbée par la mélanine du corps ciliaire et aboutit à un échauffement important des tissus ciblés, parfois jusqu'à l'ébullition et l'explosion des tissus (parfois audible sous forme d'un "plop"). Cette explosion des tissus traités entraîne la libération de pigments et de sang et peut participer à la genèse d'une réaction inflammatoire après traitement.

Lors de l'utilisation du laser diode en mode micropulsé, l'émission du faisceau laser est intermittente, avec une alternance de périodes d'activation du laser (environ 31 % du temps total du traitement) et de périodes de repos (environ 69 % du temps). Ce mode d'émission laser permet un échauffement nettement moins important des tissus, sans atteinte du seuil de nécrose tissulaire ou du point d'ébullition. Certains travaux histologiques ont mis en évidence une rétraction des tissus du corps ciliaire après traitement, pouvant aboutir à une ouverture de la voie uvéo-sclérale, et expliquer l'effet de cette technique sur la pression intraoculaire même en l'absence de nécrose de l'épithélium ciliaire.

2. Déroulement de la procédure

L'énergie est délivrée par une fibre optique qui est appliquée au contact de la paroi du globe oculaire quelques millimètres en arrière du limbe cornéoscléral. L'extrémité de la fibre est munie d'un sabot, le bord de celui-ci doit être placé en regard du limbe de façon à situer la fibre optique à une distance optimale du limbe. De façon classique, le traitement est réalisé en deux séquences de 80 à 100 secondes pendant lesquelles l'opérateur va balayer l'hémi-circonférence supérieure du globe puis l'hémi-circonférence inférieure (***fig. 4***). La puissance de la source laser est classiquement de 2 000 mW, mais peut aussi être modulée en fonction de l'effet souhaité.

3. Résultats cliniques

Plusieurs essais cliniques ont évalué l'efficacité et la tolérance du cycloaffaiblissement micropulsé chez des patients atteints de glaucomes primitifs ou secondaires à angle ouvert ou par fermeture de l'angle, réfractaires ou non aux chirurgies conventionnelles [11-14]. Une de ces études est une étude comparative à la technique conventionnelle (laser diode en mode continu) [11].

Globalement, l'efficacité semble être comparable, avec une baisse pressionnelle de 30 à 40 % un an après traitement et un allégement significatif du nombre de collyres hypotonisants utilisés. Le risque d'échec (absence de baisse pressionnelle > 20 %) est rare (10 à 20 % des patients traités). Les complications sont rares et la tolérance est bonne. En particulier, la survenue d'épisodes d'inflammation importante, de brûlures conjonctivales ou d'un amincissement scléral sont très peu fréquents et aucun cas d'atrophie du globe n'est rapporté.

Fig. 4 : Balayage des deux hémi-circonférences pendant une durée de 80 à 100 secondes à l'aide d'une sonde dédiée.

4. Indications

La place de cette nouvelle méthode de traitement est assez voisine de celle des ultrasons focalisés. Cette méthode semble notamment être indiquée pour la prise en charge des glaucomes présentant une pression intraoculaire élevée malgré une ou plusieurs chirurgies filtrantes préalables, avec une acuité visuelle et un champ visuel conservés, et pour qui il est difficile de proposer une chirurgie filtrante supplémentaire (du fait du risque d'échec) ou une cyclocoagulation au laser diode continu (du fait du risque de dégradation de la fonction visuelle).

Lorsque le risque d'échec ou de complication des chirurgies filtrantes est élevé (conjonctive épaissie et inflammatoire, glaucome secondaire, glaucome du myope fort, déficits périmétriques étendus avec menace d'atteinte du point de fixation, etc.), cette technique peut aussi être envisagée en alternative aux techniques chirurgicales.

BIBLIOGRAPHIE

1. Aptel F, Charrel T, Palazzi X *et al.* Histologic effects of a new device for high-intensity focused ultrasound cyclocoagulation. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2010;51:5092-5098.
2. Charrel T, Aptel F, Birer A *et al.* Development of a miniaturized HIFU device for glaucoma treatment with conformal coagulation of the ciliary bodies. *Ultrasound Med Biol*, 2011;37:742-754.
3. Aptel F, Lafon C. Treatment of glaucoma with high intensity focused ultrasound. *Int J Hyperthermia*, 2015;31:292-301.
4. Aptel F, Lafon C. Therapeutic applications of ultrasound in ophthalmology. *Int J Hyperthermia*, 2012;28:405-418.
5. Aptel F, Béglé A, Razavi A *et al.* Short- and long-term effects on the ciliary body and the aqueous outflow pathways of high-intensity focused ultrasound cyclocoagulation. *Ultrasound Med Biol*, 2014;40:2096-2106.
6. Aptel F, Charrel T, Lafon C *et al.* Miniaturized high-intensity focused ultrasound device in patients with glaucoma: a clinical pilot study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011;52:8747-8753.
7. Denis P, Aptel F, Rouland JF *et al.* Cyclocoagulation of the ciliary bodies by high-intensity focused ultrasound: a 12-month multicenter study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2015;56:1089-1096.
8. Aptel F, Denis P, Rouland JF *et al.* Multicenter clinical trial of high-intensity focused ultrasound treatment in glaucoma patients without previous filtering surgery. *Acta Ophthalmol*, 2016;94:e268-e277.
9. Aptel F, Dupuy C, Rouland JF. Treatment of refractory open-angle glaucoma using ultrasonic circular cyclocoagulation: a prospective case series. *Curr Med Res Opin*, 2014;30:1599-1605.
10. De Gregorio A, Pedrotti E, Stevan G *et al.* Safety and efficacy of multiple cyclocoagulation of ciliary bodies by high-intensity focused ultrasound in patients with glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp*, 2017;255:2429-2435.
11. Aquino MC, Barton K, Tan AM *et al.* Micropulse versus continuous wave transscleral diode cyclophotocoagulation in refractory glaucoma: a randomized exploratory study. *Clin Exp Ophthalmol*, 2015;43:40-46.
12. Tan AM, Chockalingam M, Aquino MC *et al.* Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma. *Clin Exp Ophthalmol*, 2010;38:266-272.
13. Chen MF, Kim CH, Coleman AL. Cyclodestructive procedures for refractory glaucoma. *Cochrane Database Syst Rev*, 2019;3:CD012223.
14. Kuchar S, Moster MR, Reamer CB *et al.* Treatment outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in advanced glaucoma. *Lasers Med Sci*, 2016;31:393-396.

L'auteur a déclaré des activités de consultant pour Eyetechcare et Sanotek.

SÉCHERESSE OCULAIRE MODÉRÉE À SÉVÈRE

Existe en flacon de 15 ml et en boîte de 30 UD

INNOVATION

NEOVIS® TOTAL
LARME ABSOLUE

1ère émulsion lacry-mimétique anti-oxydante* sans conservateur ni tensio-actif

DM classe IIb - CE0459. Fabricant : Horus Pharma. Voir notice pour plus d'informations.
Conditions de prise en charge : prescription par un ophtalmologiste après diagnostic de kératite ou de kératoconjonctivite sèche, notamment par un test colorimétrique réalisé à la lampe à fente, en troisième intention après échec des substituts lacrymaux de faible viscosité et des gels. Prescription initiale ne pouvant excéder 6 mois de traitement. Renouvellement autorisé après examen ophtalmologique. L'utilisation de l'émulsion Neovis Total n'est pas indiquée chez les porteurs de lentilles de contact dans le cadre du remboursement..
* Guerin C. *et al.* Osmoprotective, antioxydant and antiapoptotic effect of four eye lubricants assessed through hyperosmolar stress induction on croneal epithelial cells. Poster 3835 – C0062

Horus PHARMA

P/NV1036-01/20