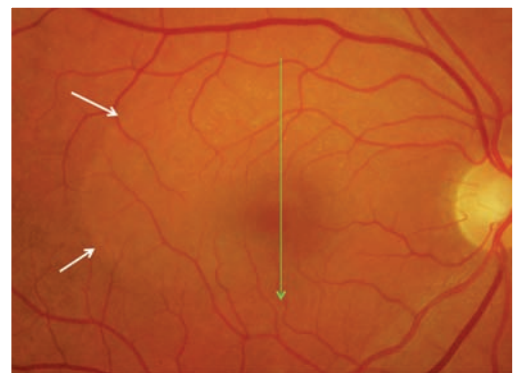


d'Ophthalmologie

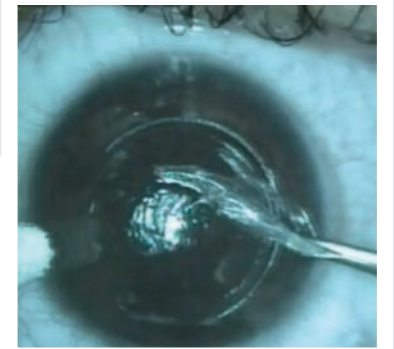
Tout ce qui est utilisé et prescrit en Ophtalmologie



- **DIPLOPIE APRÈS OPÉRATION DE LA CATARACTE**
- **RECONNAÎTRE ET TRAITER LES INCONFORTS EN LENTILLES SOUPLES**
- **CRSC TYPIQUES ET ATYPIQUES**

ÉTAT DE L'ART EN CHIRURGIE RÉFRACTIVE

- **QUELLE PROCÉDURE ET POUR QUI ?**
- **CHIRURGIE CORNÉENNE DE LA PRESBYTIE**
- **CHIRURGIE INTRAOCULAIRE MULTIFOCAL**
- **INLAYS INTRACORNÉENS**
- **APPLICATIONS DU LASER FEMTOSECONDE**
- **ABLATION RÉFRACTIVE PAR LASER FEMTOSECONDE D'UN LENTICULE INTRACORNÉEN**
- **ECTASIE SECONDAIRE : DIAGNOSTIC**
- **ECTASIE SECONDAIRE : NOUVEAUX TRAITEMENTS**
- **ECTASIE SECONDAIRE : BIBLIOGRAPHIE**



Comité scientifique

Jean-Paul Adenis (Limoges)
Tristan Bourcier (Strasbourg)
Antoine Brézin (Paris)
Vincent Borderie (Paris)
Béatrice Cochener (Brest)
Joseph Colin (Bordeaux)
Philippe Denis (Lyon)
Serge Doan (Paris)
Pascal Dureau (Paris)
Eric Frau (Paris)
Alain Gaudric (Paris)
Yves Lachkar (Paris)
François Malecaze (Toulouse)
Pascal Massin (Paris)
Christophe Morel (Marseille)
Pierre-Jean Pisella (Tours)
Eric Souied (Créteil)
Ramin Tadayoni (Paris)

Comité de rédaction

Florent Aptel (Grenoble)
Stéphane Arnavielle (Paris)
Esther Blumen-Ohana (Paris)
Catherine Creuzot-Garcher (Dijon)
Jean-Baptiste Daudin (Paris)
Pierre Fournié (Toulouse)
Florence Malet (Bordeaux)
Aurore Muselier (Dijon)
Véronique Pagot-Mathis (Toulouse)
Dominique Pietrini (Paris)
Mathé Strehö (Paris)
Catherine Vignal-Clermont (Paris)
Benjamin Wolff (Paris)

Rédacteur en chef

Dr Vincent Gualino
Tél. : 05 63 03 03 04
v.gualino@cahiers-ophtalmologie.com

Directeur de la publication

Jean-Paul Abadie
jp.abadie@cahiers-ophtalmologie.com

Publicité - Direction des opérations

Corine Ferraro
Tél. : 01 34 04 21 01 - 06 31 88 71 84
c.ferraro@cahiers-ophtalmologie.com

Assistante de direction

Laetitia Hilly : 01 34 04 21 44
l.hilly@cahiers-ophtalmologie.com

Maquettiste

Cécile Milhau : 06 26 79 16 43
c.milhau@editorial-assistance.fr

Abonnements

(10 numéros par an) : France : 55 euros,
Étudiants (à titre individuel et sur
justificatif) : 30 euros, Étranger : 70 euros
règlement à l'ordre d'Ediss
Voir le bulletin d'abonnement sous le sommaire

Les Cahiers d'Ophthalmologie

Ediss,

Immeuble ISBA, Allée de la Gare,
95570 Bouffemont,
Tél. : 01 34 04 21 44 - Fax : 01 34 38 13 99
contact@editorial-assistance.fr

www.contacto.fr

Le site de la prescription médicale en contactologie

RCS Pontoise B 395 287 766
ISSN : 1260-1055

Dépôt légal à parution

Impression

Imprimerie de Champagne
Z.I. des Franchises
52200 Langres

Adhérent au CESSIM



La chirurgie réfractive est une technique en plein essor et permet aujourd'hui de corriger la majorité des défauts optiques. Dans ce numéro, nous avons choisi de développer trois domaines essentiels, en plein développement.

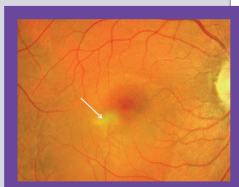
Face à la demande grandissante de nombreux patients, la chirurgie de la presbytie est devenue un des sujets suscitant de plus en plus d'intérêt en chirurgie réfractive. Plusieurs techniques sont proposées à l'heure actuelle. Leur principe optique commun est de compenser la perte du pouvoir accommodatif liée à l'âge en augmentant la profondeur de champ et ainsi diminuer la dépendance aux verres correcteurs en vision de près, tout en conservant une focalisation satisfaisante en vision de loin.

Le « presbylasik » repose sur l'induction d'une hyperprolaticité cornéenne, permettant une augmentation de la profondeur de champ. Les techniques additives (inlays) ou relaxantes (Intracor) complètent l'approche cornéenne de la compensation chirurgicale de la presbytie. L'approche cristallinienne, par la mise en place d'implants multifocaux ou pseudoaccommodatifs, expose quant à elle aux complications de la chirurgie intraoculaire.

Le laser femtoseconde voit ses indications s'élargir, notamment dans la chirurgie de la cataracte et de la greffe de cornée. Dans le cadre de la chirurgie réfractive, la découpe intrastromale d'une lentille cornéenne, ou Relex, permettra éventuellement de s'affranchir de la réalisation d'un capot cornéen.

L'ectasie secondaire est la complication redoutable et redoutée lors de toute procédure de chirurgie réfractive. Le dépistage du kératocône fruste constitue la clef de voûte de sa prévention. Le diagnostic d'ectasie secondaire doit être précoce, afin d'instaurer un traitement adapté, principalement basé sur le cross-linking cornéen.

*François Malecaze
Hôpital Purpan, Toulouse*



Les Actualités

- 5 Le Snof l'emporte sur Santclair dans la prévention du glaucome
- 10 Une revue de la bibliographie dans la DMLA

Cahier Optique

- 12 Cas n° 24. Diplopie après opération de la cataracte d'un fort anisométrope : l'anisiconie mise en cause...
Beryl Cathelineau-Villatte, Jean-Pierre Meillon

Cahier Contactologie

- 18 Reconnaître et traiter les inconforts en lentilles souples
Katherine Vis

Cahier Clinique

- 23 Choriorétinopathies séreuses centrales typiques et atypiques
Julien Péro

État de l'art en chirurgie réfractive

Coordination et éditorial : François Malecaze

- 27 Chirurgie de la presbytie : quelle procédure et pour qui ?
Béatrice Cochener
- 33 Chirurgie cornéenne de la presbytie
Laurent Gauthier-Fournet, François Malecaze
- 36 Chirurgie intraoculaire multifocale
Damien Gatinel
- 41 Inlays intracornéens pour la correction de l'hypermétropie
Laurent Laroche
- 44 Les applications du laser femtoseconde
Dan Alexandre Lebuissou
- 50 Ablation réfractive par laser femtoseconde d'un lenticule intracornéen
Cati Albou-Ganem
- 53 Ectasie secondaire : diagnostic
David Touboul
- 57 Ectasie secondaire : nouveaux traitements
Pierre Fournié
- 59 Ectasie post-chirurgie réfractive de surface : aspects bibliographiques
Mihnea Moldovan

Dans ce numéro : encartage TAP Bausch+Lomb, signet Bausch+Lomb

Bulletin d'abonnement

- Oui, je m'abonne aux Cahiers d'Ophtalmologie pour un an (10 numéros)* **déductible de vos frais professionnels*
- France : 55 euros Étudiants français (à titre individuel et sur justificatif) : 30 euros Autres pays : 70 euros
- Je joins mon règlement de € à l'ordre d'EDISS par Chèque bancaire Chèque postal Autre
- Je souhaite recevoir une facture pour ma comptabilité Je réglerai à réception de votre facture

Nom Prénom

Adresse complète :

Code postal [][][][][] Ville

Merci de préciser :

- Votre mode d'exercice : libéral hospitalier
- Autre (Précisez SVP) :
- Votre année de thèse :
- Votre e-mail :

Adressez ce bulletin à :
Les Cahiers d'Ophtalmologie
Immeuble ISBA, Allée de la Gare,
95570 Bouffemont
Tél. : 01 34 04 21 44 - Fax : 01 34 38 13 99
contact@editorial-assistance.fr

Le DPC est sur sa rampe de lancement

Après deux ans de négociations, les textes officiels du développement professionnel continu (DPC) ont été publiés ! La révolution tant annoncée de la formation médicale continue va pouvoir commencer... Pour cette combinaison de l'évaluation de pratiques professionnelles et de la formation continue, l'évaluation se fera entre pairs et la formation continue sera choisie librement par les libéraux et les hospitaliers parmi des organismes agréés. Donc, les médecins ont dorénavant l'obligation de faire au minimum une évaluation et une action de formation par an. Cependant, pour le moment, les médecins ne peuvent pas trouver d'organismes agréés. Pour la bonne et simple raison que l'organisme de gestion du DPC, l'OG DPC, n'est pas encore fonctionnel. Plusieurs arrêtés restent à paraître. Le système ne sera d'ailleurs effectif que début 2013, après la publication de tous les arrêtés. Malgré tout, la publication de ces décrets marque

une étape essentielle. Le système mis en place n'est plus régi uniquement par l'État et la Caisse. La commission scientifique indépendante sera composée de 22 praticiens issus des différents collèges de spécialités médicales. Cette CSI a un rôle central : elle doit valider les programmes d'évaluation et de formation proposés par les organismes. Les médecins seront aussi représentés au sein de l'OG-DPC. Et concernant le financement, le grand changement est que, pour la première fois, les praticiens devraient recevoir une allocation de ressources pour payer leur action de DPC et les indemniser. La grande question est de savoir si les moyens seront suffisamment importants pour couvrir tous les besoins. Une chose est sûre, c'est que les sources de financement devraient être plus importantes grâce à une nouvelle participation des entreprises du médicament. ■

La Cnam veut sanctionner les dépassements d'honoraires

Les négociations sur le secteur optionnel ont à peine repris que déjà, elles patinent. La Mutualité française a clairement fait savoir qu'à ses yeux, « le secteur optionnel comporte un risque inflationniste évident ». Du côté des syndicats, cette prise de position est très critiquée car, sans la Mutualité française, l'accord est mort-né. Du côté du gouvernement, on s'est engagé à résoudre le problème des dépassements d'honoraires et de l'accès aux soins avant l'échéance présidentielle. De son côté, fin janvier, l'assurance-maladie a joué cartes sur table : elle a proposé une revalorisation de 4 % par an sur trois ans des tarifs remboursés par la Sécurité sociale des chirurgiens et des obstétriciens « pour les praticiens qui limitent strictement leurs dépassements d'honoraires », ainsi qu'un renforcement des sanctions contre les médecins pratiquant des dépassements excessifs. Quelque 250 dossiers de médecins « susceptibles d'être déférés devant le conseil de l'ordre » pour des dépassements abusifs ont déjà été ouverts. On est loin d'un secteur optionnel. ■



Le projet de loi Lefebvre reporté sine die

Depuis le vote par les sénateurs, en fin d'année 2011, du projet de loi Lefebvre (qui prévoyait notamment l'allongement de la validité des ordonnances à cinq ans), la profession est intervenue auprès des députés pour que ces derniers inversent la vapeur. En définitive, le texte n'a pas été examiné, comme prévu, par la commission des Affaires économiques de l'Assemblée nationale. Aucune nouvelle date n'a été fixée pour le moment. La raison officielle de ce report serait un calendrier législatif trop chargé. ■

Non à la TVA à 5,5% sur les lunettes

Trop cher ! La ministre du Budget, Valérie Pécresse, s'est dite opposée à l'application d'une TVA réduite à 5,5 % sur les lunettes. Le coût d'une telle mesure a été évalué à 650 millions d'euros. Trois députés l'avaient interpellée sur cette question. La réponse a été sans appel : « *Les matériels d'optique médicale ne s'adressent pas spécifiquement aux handicapés et doivent en conséquence être soumis au taux normal de TVA.* » ■

Partagez vos agendas, propose l'URPS

Pour faciliter l'accès aux soins, tous les acteurs du système de santé formulent des propositions. Celles de l'Union régionale des professions de santé d'Île-de-France (URPS) a le mérite d'être originale : un agenda et un standard communs aux médecins libéraux d'un même territoire. Pouvoir proposer d'emblée une alternative à son patient lorsqu'il a une « urgence » alors que son carnet de rendez-vous est déjà plein, c'est en effet l'idée de l'URPS Île-de-France. Il faut savoir que pour cette région les médecins estiment que les problèmes d'accès aux soins sont avant tout dus aux délais de rendez-vous. Selon une enquête, 41 % d'entre eux ont des difficultés pour adresser des patients à leurs confrères, les ophtalmologistes et les psychiatres étant les spécialités les plus fréquemment citées. Pour mettre en place cette mutualisation des agendas de rendez-vous, l'URPS entend tout d'abord faire appel aux médecins volontaires et démarrer l'expérimentation dans deux zones tests. ■

Snof

Le Snof l'emporte sur Santéclair dans la prévention du glaucome

La mesure de la pression intraoculaire est bien un acte médical. La Cour de cassation a rendu un arrêt dans ce sens le 11 janvier dernier. Dans l'affaire qui opposait le Syndicat national des ophtalmologistes de France (Snof) à Santéclair, elle a en effet estimé que les opticiens mesurant la pression intraoculaire se rendent coupables d'exercice illégal de la médecine. Cette affaire remonte à juin 2006 : à l'époque, Santéclair étudie le rôle que les opticiens-optométristes peuvent jouer dans la prévention du glaucome. Par conséquent, dans une dizaine de magasins, une mesure de la pression intraoculaire à l'aide d'un tonomètre à air est proposée à plus de 1 000 personnes de plus de 40 ans. Le tout sans aucun contrôle médical. Immédiatement, le conseil national de l'Ordre des médecins et le Snof saisissent la justice, estimant que cette opération s'assimile à un exercice illégal de la médecine. Par ailleurs, les ophtalmologistes craignaient que ces tests pratiqués en magasin d'optique n'induisent les clients en erreur. Autrement dit, que ce seul test leur fasse croire qu'une faible tension oculaire suffisait à les protéger du glaucome. Le Dr Jean-Bernard Rottier, président du Snof, s'explique : « *Le dépistage du glaucome est un acte complexe nécessitant de nombreux tests qui ne peuvent être effectués qu'en cabinet d'ophtalmologie, par un médecin spécialiste. Faire croire aux patients qu'un opticien peut détecter leurs risques de glaucome au moyen d'un simple tonomètre à air est irresponsable !* ».

L'argument a manifestement fait mouche. La Cour de cassation vient en effet d'estimer que la mesure de la pression intraoculaire « *ne permettait pas à elle seule un dépistage efficace du glaucome et faisait courir des risques de santé publique, des patients pouvant croire qu'ils n'étaient pas atteints (...) alors que seule une consultation médicale était en mesure de détecter la maladie* ». L'utilisation de tonomètre à air sans contact constitue donc bien « *un délit d'exercice illégal de la médecine* ». Cette mesure est « *un acte médical en ce qu'il prend part à l'établissement d'un diagnostic* ». Par ailleurs, elle n'est pas inscrite sur « *la liste des actes médicaux pouvant être exécutés par des auxiliaires médicaux qualifiés et uniquement sur prescription du médecin* ». La balle est maintenant dans le camp de la Cour d'appel de Versailles, qui devra à son tour se prononcer sur cette affaire, soit en réitérant le non-lieu, soit en décidant de renvoyer l'affaire en correctionnelle pour exercice illégal de la médecine. Seul regret pour le Dr Rottier : « *que la procédure pénale n'ait pas été initiée par le ministère de la Santé lui-même, dont la mission première est pourtant de protéger la santé de la population.* » ■

Réquisitoire des opticiens contre les mutuelles

La Fédération nationale des opticiens de France (Fnof) a dressé un banc d'essai de onze complémentaires¹. Et cette étude réalisée avec le cabinet Gallileo Business Consulting, dresse un constat sans appel. Premièrement, les écarts en termes de niveau de remboursement sont impressionnants. « *Ramené au montant de la cotisation, certaines mutuelles remboursent les frais d'optique dans une proportion jusqu'à quatre fois inférieure que d'autres* », explique le syndicat. La liberté de choix est mise à mal puisque « *82 % des complémentaires pénalisent l'assuré en termes de prestations et/ou de remboursement s'il ne se rend pas chez un opticien partenaire*, pointent les auteurs de l'étude. Or pour 73 % des complémentaires, le réseau mis en place ne couvre pas plus d'un quart des opticiens en France et la liste des partenaires est difficilement accessible ». Par ailleurs, « *82 % des complémentaires analysées imposent à l'opticien de transmettre certaines données de santé, allant ainsi à l'encontre des règles établies par la CNIL* (par exemple : leur correction visuelle). » Mais les critiques ne s'arrêtent pas là : pas d'accès au tiers-payant, liberté de choix des produits très restreinte, des contrats qui manquent de clarté... ■

1. MGEN, Malakoff Médéric, Harmonie Mutuelles, Allianz, MAAF, MMA, Groupama-Gan, Pro-BTP, Swiss Life, CCMO, Ociane.

Médicament

Le bénéfice des dérivés ergotés revisité

La commission d'AMM a conclu à un rapport bénéfice/risque défavorable de certains médicaments contenant des dérivés ergotés. Concernant les vasodilatateurs contenant des dérivés ergotés, indiqués notamment en ophtalmologie (Hydergine, Capergyl, Sermion), « les données d'efficacité de ces spécialités manquent de pertinence. Ces dérivés ergotés peuvent induire des réactions de fibrose au niveau cardio-thoracique ou rétro-péritonéal. Ces effets sont très rares mais graves. » ■

Initiatives

Ophta Point Vision : une consultation en 48 h

Le premier centre Ophta Point Vision a été inauguré à Paris, près de La Madeleine. Il propose aux patients des consultations sous 48 heures maximum, sans dépassements d'honoraires, les ophtalmologistes associés dans ce centre étant conventionnés en secteur 1. Ces derniers effectuent les examens et délivrent des prescriptions pour équipements optiques.

À terme, 71 centres devraient voir le jour, dont un prochainement à Lyon. Le but annoncé est de recevoir quelque 40 000 patients à l'année grâce à la délégation des tâches auprès des orthoptistes et des assistantes médicales qui devrait permettre « *d'augmenter d'au moins 40 à 50 % la productivité des médecins* » affirment ses responsables. Ils insistent également « *sur le fait qu'une telle initiative va dans le sens de permettre à la profession des ophtalmologistes de mieux répondre à la demande des patients de rendez-vous à court terme pour un bilan de la vue* ». Ils estiment que cela devrait contribuer à éviter une évolution de la prise en charge de la réfraction par d'autres professions.

Ophta Point Vision est à l'origine une start-up qui a vu le jour dans l'Incubateur HEC qui promeut les projets innovants, un des fondateurs de ce projet, le Dr François Pelen, étant ophtalmologiste et diplômé d'HEC. Ophta Point Vision a été autorisé à rejoindre l'incubateur public Agoranov et, dans ce cadre, a pu intégrer l'Incubateur de l'Institut de la vision.

Ophta Point Vision nous ayant indiqué n'avoir aucun lien avec le site de vente en ligne Happyview, une recherche sur ce site à la rubrique "Prise de RDV Ophtalmo rapide" (praticiens de secteur 1) dirige néanmoins systématiquement sur Ophta Point Vision jusqu'au 5 avril prochain. Cela étant, on peut s'interroger sur la fiabilité du

système car la recherche nous a dirigé ensuite systématiquement et pendant de très nombreux jours vers un ophtalmologiste d'Alfortville, et ce pour un patient supposé habiter dans les Hauts-de-Seine... ■

La Fédération des aveugles et handicapés visuels entre en campagne

Surfant sur la campagne présidentielle, la Fédération des aveugles et handicapés visuels (FAF) veut interpeller les candidats, les responsables politiques et plus généralement l'opinion publique sur la situation de plus d'un million de non-voyants et handicapés visuels. Pour preuve, ce chiffre : seulement 15 % des lieux publics sont accessibles à tous à ce jour. À ce rythme, l'objectif de 100 % au 1^{er} janvier 2015, rendu obligatoire par la loi de février 2005, sera loin d'être tenu.

Elle a donc édité un calendrier engagé : « *Confiance et conscience* » qui met en scène des candidats à l'Élysée rendus aveugles et guidés par leur ennemi intime : Nicolas Sarkozy par Dominique de Villepin, François Hollande par Martine Aubry...

[commande : <https://donner.faf.asso.fr/b?cid=5>].

La FAF promeut également l'ouvrage « *Un aveugle à l'Élysée* » de Vincent Michel (Editions Arcane) : le soir du second tour, le visage de Vincent Michel apparaît sur les écrans : le président de la FAF est le nouveau président de la République. Problème : à l'image de notre société, l'Élysée n'est pas accessible aux malvoyants... Cet ouvrage est l'occasion d'une mise en cause de l'absence de mesures en faveur des non- ou des malvoyants dans l'éducation, les transports, l'emploi, la formation... et démontre qu'il est possible de changer la vie des déficients visuels [commande : www.faf.asso.fr]. ■

Distinctions

Le Prix de la Fondation de l'œil attribué à Cécile Delettre

La Fondation de France remettait traditionnellement chaque année un prix spécial récompensant un travail de recherche en ophtalmologie. Afin de donner encore plus d'importance, et de moyens, à ce domaine, une fondation spécifique a été créée sous son égide et c'est donc le Prix de la Fondation de l'œil, doté de 50 000 euros, qui a été attribué cette année pour la première fois. Le lauréat 2011 est Cécile Delettre, chercheur à l'unité Inserm « Pathologies sensorielles, neuroplasticité et thérapies » de l'Institut des neurosciences de Montpellier, équipe « Génétique et thérapie des cécitités rétiniennes et du nerf optique ». Elle a été récompensée pour ses recherches sur les mécanismes génétiques de maladies héréditaires du nerf optique. Après avoir découvert des gènes associés à l'atrophie optique dominante, Cécile Delettre se consacre désormais à la thérapie génique oculaire dans le syndrome de Wolfram.



Stéphane Freiss, parrain de la Fondation de l'œil et Cécile Delettre, lauréate du Prix 2011.

Comment présenter un projet de recherche à la Fondation de l'œil ?

La Fondation de l'œil, parrainée par le comédien Stéphane Freiss, propose des bourses destinées aux jeunes chercheurs et cliniciens menant des travaux de recherche en ophtalmologie, et plus précisément en biologie cellulaire et moléculaire de l'œil, sa physiologie, sa pathologie ou la thérapeutique des maladies oculaires ; la neuro-ophtalmologie, et plus précisément le contrôle des mouvements oculaires, les phénomènes de perception visuelle et leur intégration et, de façon générale, tout mécanisme neurologique en relation avec les fonctions oculaires.

La sélection des projets, est assurée par le comité Maladies de l'œil¹, qui choisit également le lauréat du prix annuel.

Dossier de candidature : téléchargeable sur www.fondationdefrance.org ou disponible sur demande par mail : recherche@fdf.org.

Date limite de dépôt des dossiers : 23 mars 2012.

¹ Présidé par le Pr Phuc Le Hoang (La Pitié-Salpêtrière, Paris), le comité Maladies de l'œil comprend sept membres : Pr Tristan Bourcier (Strasbourg), Pr Christophe Chiquet (Grenoble), Pr Danièle Denis (hôpital Nord, Marseille), Pr Hélène Dollfus (Strasbourg), Dr Guillaume Masson (Institut des neurosciences cognitives, Marseille), Dr William Rostène (Institut de la Vision, Paris), Pr Caroline Tilikete (Lyon).

Nouvelles de l'industrie

Traitement de l'œil sec : enregistrement du brevet de Neuroptis Biotech

Neuroptis Biotech, société française indépendante de biotechnologie spécialisée dans la recherche de médicaments en ophtalmologie et en neurologie, a obtenu l'enregistrement du brevet aux Etats-Unis et en Europe pour le ML7 dans le traitement des inflammations rencontrées dans les pathologies oculaires de surface.

« L'obtention du brevet, sans restrictions notables, permet d'envisager un passage en phase I du ML7 dès 2012 » a déclaré le Dr Eric Belot, PDG de Neuroptis Biotech. ■

Succès d'Optifog

Depuis son lancement, les verres Optifog, qui préviennent la formation de buée sur les verres, séduisent de plus en plus les professionnels pour lesquels la buée rend difficiles certains gestes de tous les jours, comme les ophtalmologistes au bloc opératoire. Mais de nombreux autres professionnels soumis à de brusques changements de température ont adopté Optifog, mais également les sportifs comme les skieurs qui mettent leurs lunettes équipées Optifog sous leur masque. ■

Hoya fête ses 70 ans

Tout au long de l'année 2012 Hoya va fêter avec ses clients opticiens, ses prescripteurs ophtalmologistes et les consommateurs son 70^e anniversaire.

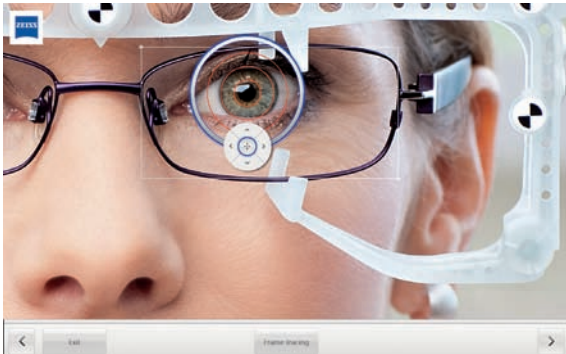
Créé en 1941, Hoya est un groupe pluridisciplinaire qui réalise 3,5 milliards de dollars de chiffre d'affaire. Son activité principale est assurée, pour 38 %, par les verres et les lentilles de contact, puis par la technologie de l'information [semi-conducteurs, lentilles pour lecteurs Blu-Ray...] pour 36 %, la photo (17 %) et la santé (9 %). Basé à Tokyo, il emploie 36 000 salariés dans 100 filiales réparties dans 30 pays. Numéro 2 mondial des verres ophtalmiques, il réalise 41 % de ses ventes en Europe. Présent en Thaïlande depuis 1974, deux sites de production ont été gravement touchés par les inondations de 2011. L'un deux a repris ses activités depuis début décembre et le second rouvrira avant le 1^{er} avril. Pour augmenter sa capacité de production en Europe et répartir les risques, Hoya a investi 24 millions d'euros pour ouvrir de nouvelles lignes de production. ■



L'usine d'Ayutthaya lors des inondations.

i.Terminal 2, un instrument de centrage et de prises de mesure numérique

À l'occasion du salon Opti de Munich, Carl Zeiss Vision a présenté un nouvel instrument destiné aux opticiens qui garantit une prise de mesures dans des conditions de vision à l'infini, sans accommodation et sans convergence. i.Terminal 2 permet ainsi des prises de mesures et un centrage précis pour tous types de verres, individualisés ou non. Le centrage et les prises de mesures s'effectuent d'une manière rapide, simple et ultra-précise.



L'appareil fournit toutes les données nécessaires tels que les demi-écarts pupillaires, les hauteurs, l'angle pantoscopique, l'angle de galbe, la distance verre-œil et aide également l'opticien et le porteur dans le choix de la monture. Le Groupe Carl Zeiss AG a également présenté ses résultats annuels pour l'exercice 2010-2011, avec un chiffre d'affaires en hausse de 10 %, à 4,237 milliards d'euros. ■

Nouveaux produits

Alcon commercialise Vitalux® Plus

Commercialisé auparavant par Novartis, Vitalux® Plus est distribué depuis le 1^{er} janvier par les laboratoires Alcon en remplacement d'Icaps® R.



Ce complément alimentaire à visée oculaire contient des vitamines et des oligo-éléments antioxydants, des oméga-3 DHA et EPA, de la lutéine et de la zéaxanthine, constituants du pigment maculaire. Il est recommandé d'utiliser Vitalux® Plus pendant au minimum un mois, à raison d'une capsule par jour, à avaler avec un peu d'eau. Disponible en boîte de 28 capsules. ■

Contactologie

C2 multifocal, la lentille mensuelle par Precilens

Aboutissement de 30 ans d'expertise en presbytie et fruit d'un programme de recherche européen mené par Precilens, C2 multifocal marque une nouvelle avancée dans l'équipement des presbytes en lentilles de contact.

Conçu point par point, le design C2 est le seul à associer des zones de puissances stabilisées pour la VL et la VP à une zone de puissance progressive pour la VI (puissance de -8,00 à -6,00 D par 0,50 et -6,00 à +6,00 D par 0,25 ; additions : Low \leq +1,75 et High $>$ +1,75).

À ses performances visuelles, C2 Multifocal associe un confort de port optimal grâce à la très haute mouillabilité du matériau silicone-hydrogel, son faible coefficient de friction (0,50 Mpa) et son faible module d'élasticité.

Une étude européenne en cours, réalisée avec Jena University, positionne d'ores et déjà C2 multifocal comme une lentille de première intention pour l'équipement des presbytes. ■



➤ Voir les caractéristiques détaillées de cette lentille sur contacto.fr

PureVision® 2 HD pour Astigmates, la nouvelle lentille torique en silicone-hydrogel

Son système de stabilisation unique, l'Auto Align Design™, permet aux porteurs de bénéficier d'une vision constamment nette et claire. Ses deux atouts majeurs sont un système hydride de ballast, combinaison d'un prisme-ballast et d'un péri-ballast et un diamètre large de la lentille pour une vision sans fluctuations. Dotée de l'optique High Definition™, PureVision® 2 HD pour Astigmates est la seule lentille torique en silicone-hydrogel à réduire les aberrations sphériques sur la sphère et le cylindre. Elle offre ainsi aux porteurs une vision nette et claire même par faible luminosité, réduisant les phénomènes de halos et d'éblouissements. Enfin, la solution hydratante contenue dans l'étui et le design affiné des bords de la lentille apportent confort à la pose et tout au long de la journée.

Une large gamme de paramètres (qui s'élargira très vite courant 2012) est proposée dès le lancement : • plan à -6,00 D par pas de 0,25 D • Cylindres : -0,75 D / -1,25 D / -1,75 D • Axes de 10° à 180° par palier de 10°. Dans cette logique de transformation de son portefeuille produit, les lentilles B3/B4, H3/H4, H03/H04 et Optima 38 sont arrêtées. ■



➤ Voir les caractéristiques détaillées de cette lentille sur contacto.fr

Nouveaux matériels

Blépharostat ajustable plastique

Dans sa gamme d'instruments à usage unique, Beaver Visitec International (BVI) présente Blépharostat Ajustable Plastique, un nouveau blépharostat adapté à tout type de



chirurgies. Plus léger et moins agressif que ceux en métal, sa forme courbée respecte l'anatomie de l'œil et permet les chirurgies temporales. Grâce à ses six positions réglables, il s'adapte au mieux à la morphologie du patient et apporte un maintien optimum des paupières. Ce produit est proposé en boîte de 10 unités ou dans les packs personnalisables BVI CustomEyes™. ■

Nouvel implant Versario multifocal MICS

Croma lance cette lentille intraoculaire dotée d'une surface optique diffractive indépendante du diamètre pupillaire.



Elle offre une sensibilité au contraste optimale (optique asphérique négative) et une excellente qualité de vision quelle que soit la distance (de près, intermédiaire et de loin) grâce à une addition de +3,75 D. De plus, la taille d'incision cornéenne requise est de 1,8 mm pour une chirurgie moins invasive et non astigmatogène. ■

AOP

AOP/ACR 2011 : pari gagné !

Le déplacement des AOP/ACR au Palais des Congrès correspondait à l'élan que ses organisateurs entendaient donner à cette 24^e réunion. Ce pari a été tenu et gagné puisque 800 médecins français et étrangers se sont inscrits cette année ! Ils ont pu choisir parmi les 140 sessions qui leur étaient proposées pendant ces deux jours par 125 experts. Chaque inscrit a pu participer jusqu'à 7 à 8 ateliers par jour, sans compter les deux séances plénières sur les uvéites et la cornée. La nouvelle formule « *Un jour pour être à jour ...* » a connu un vif succès puisqu'elle a permis de suivre au moins 7 ateliers spécifiques à



Yves Bokobza et Dan Lebuissou entourés des nouveaux membres de l'équipe organisatrice : Raphaël Amar (à gauche) et Pierre Bokobza (à droite).

chaque thématique en une seule journée, cette année la neuro-ophtalmologie et l'ophtalmopédiatrie¹, et les deux journées ont été complètes. C'est dire que les praticiens ont pu trouver les sujets qui les intéressaient ! Les partenaires, laboratoires pharmaceutiques, fabricants de

matériel, producteurs de logiciels..., ont contribué au succès de ces journées puisque 35 d'entre eux étaient présents sur l'espace exposition. Les prochains AOP/ACR se tiendront les 7 et 8 décembre 2012, toujours au Palais des Congrès. ■



35 partenaires laboratoires, fabricants de matériel, producteurs de logiciels ont contribué au succès de l'espace exposition.

1. Les lecteurs ont pu avoir dans le n°156 (janvier 2012) un aperçu de la qualité des ateliers avec la publication de trois articles d'ophtalmopédiatrie :

- Affections neuro-ophtalmologiques de l'enfant : les diagnostics à ne pas rater – Mathieu Robert
- La correction optique de l'enfant – Mitra Goberville
- Chirurgie du strabisme de l'enfant : quand ? comment ? Alain Spielmann



Des participants nombreux et attentifs !

Conférences d'angiographie de Créteil

Une revue de la bibliographie dans la DMLA

Lors de la conférence d'angiographie organisée par le service d'ophtalmologie du centre hospitalier intercommunal de Créteil du Pr Souied, qui s'est déroulée le 30 janvier 2012, a été présentée une revue des articles publiés en 2011 sur la dégénérescence maculaire liée à l'âge. Une sélection de ceux qui ont marqué l'année vous est présentée.

Une meilleure compréhension de la physiopathologie

Weisman *et al.* [1] ont publié dans la revue *Nature* en octobre un article très intéressant pour la compréhension de la physiopathologie de la maladie. Le stress oxydatif et la peroxydation lipidique augmentée sont reliés à de nombreuses maladies dont la DMLA. Le malondialdéhyde (MDA) est un produit de la peroxydation lipidique qui s'accumule dans de nombreux processus physiopathologiques, y compris la DMLA. Les auteurs ont pu mettre en évidence que le facteur H du complément (CFH) représente une protéine majeure de liaison au malondialdéhyde capable de bloquer non seulement son recaptage par les macrophages mais aussi les effets proinflammatoires du MDA. Le polymorphisme Y402H du gène CFH, fortement associé au risque de DMLA, diminue remarquablement l'habilité du CFH à lier le MDA. Ces découvertes apportent de nouvelles informations sur la compréhension de la physiopathologie de la maladie qui pourraient être exploitées dans la prévention et le traitement de la DMLA.

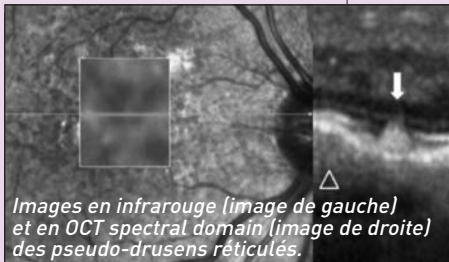
Prédire le risque de DMLA

Plusieurs articles de prédiction du risque de DMLA ont été publiés dernièrement, notamment l'article de J. Seddon *et al.* [2] publié dans *Ophthalmology* en novembre 2011 dont le modèle de prédiction du risque de DMLA tient compte de facteurs démographiques, environnementaux, génétiques et oculaires. Les auteurs ont étudié les individus de l'étude AREDS en analysant ceux qui avaient développé une DMLA au cours de leur suivi. Les auteurs ont pris en compte dans leur calcul les fac-

teurs connus de risque de DMLA tels que l'âge, le tabac, l'indice de masse corporelle, les variants à risque des gènes CFH, ARMS2, C3, C2 et facteur B, ainsi que la présence de drusen ou de DMLA sur un œil. Cet algorithme a permis très justement de prédire le risque de DMLA. Ainsi les auteurs montrent qu'un individu avec des drusen aux deux yeux avec peu de facteurs de risque environnementaux et génétiques a un risque de DMLA à 10 ans de 19,8 %. Ce risque s'élève à 59 % lorsque les facteurs génétiques et environnementaux sont plus nombreux. Un individu avec une DMLA sur un œil qui présente plusieurs risques environnementaux et génétiques a un risque de 88 % à 10 ans de développer une DMLA sur son deuxième œil. Ces modèles de prédiction pourront être d'une grande aide dans la prévention et la surveillance de cette maladie.

Imagerie : une meilleure description des lésions

Les progrès de l'imagerie, grâce en particulier à la tomographie par cohérence optique en mode *spectral domain* (SD-OCT), ont permis de préciser, de définir et de mieux décrire les lésions de la DMLA. Les pseudo-drusens réticulés sont associés à un haut risque de progression vers la DMLA exsudative. Ils étaient également appelés « pseudo-drusens bleus » car mieux visible en lumière bleue dans la description originale. Ils ont été tout à fait bien caractérisés grâce à l'imagerie en SD-OCT. Querques *et al.*, dans leur article publié dans *Retina* en mars 2011 [3], a analysé les pseudo-drusens réticulés et en apporte une description en SD-OCT, avec clichés en autofluorescence infrarouge et



Images en infrarouge (image de gauche) et en OCT spectral domain (image de droite) des pseudo-drusens réticulés.

angiographie en imagerie confocale SLO (Heidelberg Retina Angiograph). Ils apparaissent sous la forme de « cibles » sur les images en autofluorescence et infrarouge (image de gauche). Le centre est le plus souvent iso-autofluorescent/réfléctif entouré d'un halo hypo-autofluorescent/réfléctif. En angiographie à la fluorescéine, le centre apparaît hypofluorescent entouré d'un halo hyperfluorescent. L'imagerie en SD-OCT permet de montrer la localisation des pseudo-drusens réticulés sous la forme d'un petit dépôt entre l'épithélium pigmentaire et la limitante externe (image de droite) ou la couche plexiforme externe. De plus, ils peuvent réaliser une interruption de l'interface segment externe/épithélium pigmentaire ainsi que de l'interface articles internes/articles externes des photorécepteurs.

Thérapeutique : toujours la CATT study

Les résultats de la CATT Study [4] ont fait grand bruit cette année. Il s'agit d'une étude multicentrique, en simple insu, incluant 1 208 patients, comparant l'efficacité et la tolérance du traitement par ranibizumab (Lucentis®) au bevacizumab (Avastin®). Le bevacizumab administré tous les mois était équivalent au ranibizumab administré tous les mois, avec un gain de 8,0 et 8,5 lettres. Le traitement par bevacizumab à la demande

était équivalent au traitement par ranibizumab à la demande. De façon intéressante le traitement par ranibizumab à la demande était aussi efficace que le traitement tous les mois. Le taux d'effets indésirables (décès, infarctus du myocarde, et accidents vasculaires) n'était pas différent entre les deux groupes. La proportion de patients avec effets indésirables sévères, notamment les désordres gastro-intestinaux, était plus importante dans le groupe bevacizumab que ranibizumab (24,1 % contre 19,0 %). Il s'agissait d'événements divers et de nouvelles études sont nécessaires afin de compléter ces résultats.

Dans le futur : l'utilisation de cellules souches embryonnaires

Schwartz *et al.* [5] viennent de rapporter dans le *Lancet* l'utilisation de cellules souches embryonnaires pour le traitement de la DMLA atrophique. Les auteurs ont transplanté des cellules souches embryonnaires dans l'espace sous-rétinien à un patient atteint de DMLA atrophique et un patient avec dystrophie maculaire de Stargardt. Après le transfert, les cellules souches se sont différenciées en cellules de l'épithélium pigmentaire et ont persisté pendant la durée de l'étude de quatre mois. Ils n'ont pas observé d'hyperprolifération ou formation de tumeurs, ni même de rejet. La vision s'est améliorée chez les deux patients. Il s'agit de résultats très encourageants et prometteurs pour de nombreuses maladies rétinienues.

Jennyfer Zerbib

CHI, service du Pr Souied, Créteil

1. Weismann D *et al.* *Nature* 2011 Oct 5;478(7367):76-81. 2. Seddon JM *et al.* *Ophthalmology* 2011 Nov;118(11):2203-11. 3. Querques G *et al.* *Retina* 2011 Mar;31(3):518-26. 4. CATT Research Group *et al.* *N Engl J Med* 2011 May 19;364(20):1897-908. 5. Schwartz SD *et al.* *Lancet* 2012 Jan 24 [Epub ahead of print].

Cas n° 24.

Diplopie après opération de la cataracte d'un fort anisométrope : l'aniséiconie mise en cause...

Beryl Cathelineau-Villatte¹, Jean-Pierre Meillon²

Monsieur A. C., né en 1929, est anisométrope depuis l'enfance, avec une myopie unilatérale gauche qui s'est développée pendant l'adolescence. L'autre œil étant emmétrope, il n'a jamais porté de lunettes en permanence. En 1947, à l'âge de 18 ans, ce patient est victime de l'explosion d'un obus de la dernière guerre qui – outre quelques blessures au visage – provoque la luxation du cristallin de son œil gauche. Opéré d'urgence, sans autres dommages intraoculaires, il récupère une bonne acuité avec un verre d'aphake de faible puissance du fait de la myopie antérieure de cet œil. La correction prescrite n'est pas portée en permanence car elle crée un déséquilibre binoculaire. En juin 2011, à l'âge de 82 ans, il est opéré d'une cataracte de l'œil droit avec pose d'un implant de chambre postérieure, mais il est victime d'une neuropathie ischémique antérieure aiguë dont la conséquence est un déficit inférieur du champ visuel de l'œil droit avec épargne du point de fixation. Pour palier le déficit du champ visuel de l'œil droit et obtenir la meilleure acuité, une correction est prescrite pour les deux yeux. Réalisée en lunettes et en lentilles de contact, elle n'est pas tolérée en vision binoculaire car elle produit une diplopie insupportable.

L'ensemble des tests effectués pour analyser les causes du déséquilibre binoculaire décrit par le patient a permis de montrer que l'aniséiconie induite par la correction de l'œil aphake (correction trompeuse car de faible puissance) rend impossible la fusion et qu'elle est probablement responsable de la phorie-tropie décompensée chez ce patient.

Historique de la correction

- Myopie de l'OG dépistée dans l'enfance : $\approx -9,00/-10,00$ D ;
- corrigée par lunettes (peu portées, l'OD étant emmétrope) ;
- opération de la cataracte de l'œil myope en 1947, sans implant ;
- opération de la cataracte de l'œil emmétrope en 2011 avec implant.

- Après l'opération de l'OG (patient âgé de 18 ans) :
VL : OD afocal ; OG ($90^\circ -2,25$) +5,50 (portée épisodiquement),
VP : OD afocal ; OG ($90^\circ -2,25$) +8,75 (jamais portée).
- En 2007 (patient âgé de 78 ans) :
VL : OD afocal ; OG ($90^\circ -2,25$) +5,50 (portée épisodiquement),
VP : OD = +3,00 ; OG ($90^\circ -2,25$) +8,75 (portée régulièrement, mais gêne en vision binoculaire).
- Opération de la cataracte de l'OD en 2011 avec ICP :
Sans correction :
OD : 5/10 ; OG : 1/40 faible.
Avec correction :
OD ($100^\circ -1,75$) +1,00 \rightarrow 9 à 10/10f,
OG ($90^\circ -2,25$) +5,50 \rightarrow 9 à 10/10f,
VP : OD \rightarrow P2 avec add 3,00 ; OG \rightarrow P3 avec add 3,25.

1. Ophthalmologiste, Paris – beryl.cathelineau@yahoo.fr

2. Opticien consultant, Vision Contact, Paris – meillon.jp@wanadoo.fr

Problématique liée à l'aphakie unilatérale

Opéré de l'œil myope en 1947 (sans implant), ce patient n'a jamais vraiment porté ses lunettes d'aphake qu'il supportait mal, d'autant qu'il voyait parfaitement de son OD emmétrope. Pour l'inciter à faire travailler son œil aphake, plusieurs essais de lentilles ont été tentés sans succès.

En se référant aux courbes de Bonnac et coll.* (*Les Cahiers d'Ophthalmologie* n°66, janvier 2003), on voit que la correction après opération de la cataracte d'un œil myope unilatéral sans implant, l'œil adelphe étant emmétrope, induit une aniséiconie dioptrique « de l'ordre de 38 % » avec lunettes, et « de 28 % » avec lentille (*figure 1*), alors que, avant l'opération de l'œil myope, l'aniséiconie induite avec les lunettes était de l'ordre de 2 % (*figure 2*).

En revanche, nous voyons que si ce patient avait pu bénéficier d'une correction par lentilles de contact,

l'aniséiconie induite aurait été de l'ordre de 17 %. Une telle disparité des deux images rétiniennes n'aurait probablement pas permis une vision binoculaire normale malgré tous les autres avantages apportés par ce type de correction...

La survenue d'une neuropathie optique ischémique antérieure aiguë complique la situation

En 1991, soit 64 ans après l'opération du premier œil, il est opéré de la cataracte de l'OD (emmétrope) avec pose d'un ICP. Après l'opération de la cataracte, la situation se complique malheureusement par la survenue d'une neuropathie optique ischémique antérieure aiguë avec perte du champ visuel inférieur de l'OD, l'obligeant à porter davantage ses lunettes, toujours aussi mal tolérées. Il se plaint d'une diplopie de plus en plus gênante avec deux images de taille différente. Un bilan orthoptique met

en évidence une hétérophorie-tropie importante et un Press-on de 20 Δ base à 195°, permettant d'inhiber la diplopie, est posé sur le verre gauche de ses lunettes. Il lui est conseillé de porter celles-ci en regardant la télévision pendant une période d'essai d'un à deux mois de façon à vérifier la tolérance et l'efficacité de la prismation dans le temps.

Une mesure de l'aniséiconie subjective est effectuée à l'aide d'un iconomètre à comparaison directe (présent sur les projecteurs de tests, *Les Cahiers d'Ophthalmologie* n°123, octobre 2009). Cette mesure, difficile à effectuer en binoculaire à cause de l'hétérophorie-tropie importante, a révélé des disparités des grandeurs d'images rétiniennes droite et gauche de l'ordre de 22 %. Cette valeur a été confirmée par un masquage alterné, sur une cible carrée. Le

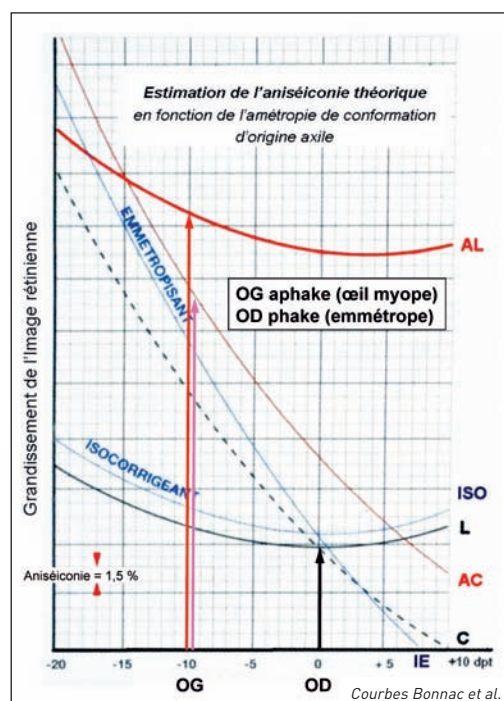


Figure 1. Calcul de l'aniséiconie selon le mode de correction.

- AL : lunettes (aphake unilatéral OG) : aniséiconie $\Rightarrow \approx 38 \%$.
- AC : lentille de contact sur OG (aphake unilatéral) : aniséiconie $\Rightarrow \approx 28 \%$.

L : lunettes ; IE : implant emmétropisant ; AL : aphake lunettes ; C : lentille de contact ; ISO : implant isocorrigeant ; AC : aphake lentille de contact.

* Bien que ces courbes aient été établies par rapport à des yeux sans pathologie rétinienne et ne prenant en compte que des amétropies d'origine axiale, faisant abstraction d'une compensation corticale possible, elles sont extrêmement pratiques pour prévenir des risques liés à l'aniséiconie.

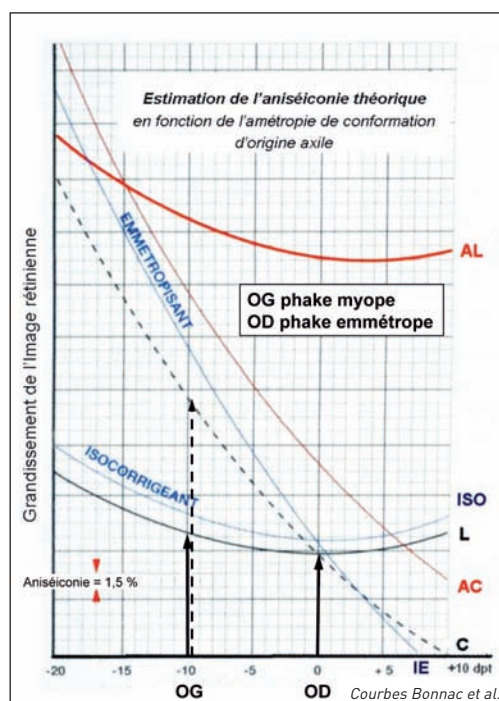


Figure 2. Calcul de l'aniséiconie selon le mode de correction.

Situation avant cataractes :

- Lunettes (yeux phakes) : aniséiconie dioptrique $\Rightarrow \approx 2 \%$.
- Lentille de contact sur OG (yeux phakes) : aniséiconie dioptrique $\Rightarrow \approx 17 \%$.

meilleur appairage des deux images ayant été obtenu en plaçant un verre iséiconique « overall » de -22 % sur l'OG (verre de +22 % positionné à l'envers de façon à obtenir une minoration de l'image de l'œil aphake).

Est-il possible de proposer un tel verre ?

À l'épaisseur initiale du verre correcteur de l'OG [(90°-2,25) +5,50], soit ≈ 5 mm au centre, il faut prévoir l'épaisseur d'un verre iséiconique de -22 % (environ 22 mm au bord et au centre), avec une forme « ménisquée à l'envers »... donc un verre particulièrement laid (figure 3). Sans oublier la pose du Press-on de 20 Δ pour l'aider à fusionner, au moins les premiers temps !

Même en supposant que l'hétérophorie-tropie induite par l'aniséiconie régresse grâce au port du verre iséiconique, la proposition d'un tel verre n'a aucune chance d'être acceptée par le patient, et il est probable qu'aucun laboratoire de verres ophtalmiques n'accepte de le fabriquer !

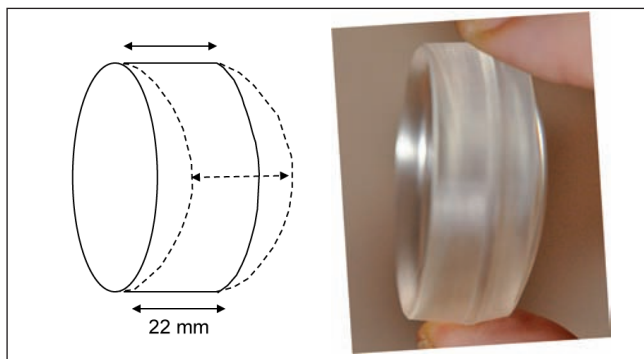


Figure 3. Verre iséiconique de -22 % : face concave en avant.

Quid d'une implantation secondaire ?

Nous savons qu'une implantation secondaire pour l'OG, entreprise avant l'apparition de la cataracte de l'OD, aurait probablement apporté une solution plus respectueuse de l'ancien équilibre binoculaire, à condition de ne pas trop emmétropiser cet œil anciennement myope. Mais cette possibilité, proposée maintenant après l'accident ischémique de l'OD, semble particulièrement hasardeuse. D'autant qu'en cas de perte totale du champ visuel de l'OD, l'OG – étant fonctionnel et performant – serait immédiatement utilisé.

Actuellement, la solution sans lunettes est préférée en VL

La solution de ne corriger que l'OD (son œil directeur) en VL, qui semblait relativement logique, n'a pas été acceptée non plus, le patient ayant commencé à prendre

l'habitude d'utiliser son OG dont le champ visuel n'est pas altéré... Il porte sa correction binoculaire (avec le Press-on sur le verre gauche) pour regarder la télévision ou en voyage lorsqu'il est assis.

Dans un espace familial, grâce à l'acuité visuelle de l'OD (5/10 francs sans correction), il peut vaquer à ses occupations journalières sans avoir recours à ses lunettes, et c'est ainsi qu'il est le moins gêné. En vision de près, il utilise sa correction binoculaire (sans prismation) et lit assez facilement en clignant de l'œil gauche, tout en étant capable d'alterner. La principale crainte de ce monsieur, toujours très actif à 82 ans, est de ne plus pouvoir skier à cause de la perte du champ visuel de son œil droit qui a toujours été son meilleur œil !

Conclusion

Ce cas met en évidence l'importance d'une bonne estimation des risques liés à l'aniséiconie, en particulier pour les anisométriques opérés de la cataracte, sachant qu'il nous est quasiment impossible d'imaginer le degré de la gêne occasionnée en postopératoire. Dans le cas présent, c'est la fatalité qui est responsable de la situation. En effet, lorsque le premier œil a été opéré, les implants n'existaient pas et tous les opérés de cataracte étaient aphakes. Et, pour le deuxième œil, 64 ans après, le choix de l'implantation s'imposait. En fait, c'est l'accident ischémique du patient qui est venu tout compliquer. Mais cela confirme qu'il faut se méfier des anisométriques et éviter de trop transformer leurs anciennes habitudes sensorielles. Car, même avec un résultat fonctionnel satisfaisant, les plaintes visuelles qu'ils expriment sont difficilement réversibles.

Bibliographie

Anghert A, Meillon JP, Rocher P. Vision binoculaire et lentilles de contact, tolérance critique de l'aniséiconie. *Contactologia* 1996;18(2):77-82.

Bronner A, Baikoff G, Charleux J *et al.* La correction de l'aphakie. Rapport de la Société française d'ophtalmologie. Paris : Masson, 1983:68-84.

Linksz A, Bannon RE. Aniseikonia and refractive problems. *Int Ophthalmol Clinics* 1965;5(2):515-34.

Prévost G, Bonnac JP, Mawas E. Aniséiconie : intérêt de sa mesure pour le contactologue et pour le chirurgien implantateur. *Bull Soc Ophtalmol France* 1980;80(4-5):349-53.

Rémy C. Correction des formes particulières d'amétropie. Aniséiconie. In : Roth A, Gomez A, Pêchereau A, eds. *La réfraction de l'œil : du diagnostic à l'équipement optique*. Paris : Elsevier-Masson, 2007:217-22.

Risse JF. Anisométrie, anisophorie induite, aniséiconie. In : Corbéc C, Menu JP, Chainé G, eds. *Traité d'optique physiologique et clinique*. Paris : Doin, 1996:285-301.

Reconnaître et traiter les inconforts en lentilles souples

Katherine Vis

Obttenir et surtout maintenir le confort est le but du contactologue lors de l'adaptation de lentilles de contact. Les plaintes exprimées par le patient sont variables et non superposables aux signes cliniques, mais doivent faire rechercher des modifications physiologiques ou anatomiques susceptibles d'entraîner l'abandon du port des lentilles, voire des complications parfois sévères. L'interrogatoire au moyen de questions simples mais pertinentes est tout aussi important que l'examen clinique afin de résoudre l'inconfort.

Les questions à poser...

... au candidat à l'adaptation

Il est nécessaire de lui faire préciser ses motivations, ses activités et les conditions dans lesquelles il veut porter les lentilles afin de déterminer dès le départ les lentilles les mieux adaptées à ses exigences.

... au patient déjà équipé

Le porteur de lentilles peut consulter pour un renouvellement et c'est à nous de rechercher des symptômes semblant parfois insignifiants pour le patient. Il peut se plaindre d'inconfort et avoir abandonné le port des lentilles. Il est primordial de connaître les lentilles portées, leurs paramètres et le type de solution d'entretien utilisée. Respecte-t-il les modalités d'entretien, de port et de renouvellement de ses lentilles?

Les bonnes questions :

- La vision est-elle bonne ? Stable toute la journée ?
- En cas d'inconfort, à quel moment dans la journée ? Au bout de combien de jours ou de semaines après la pose des lentilles neuves ressentez-vous une gêne ? Quelles en sont les manifestations ?
- Au bout de combien de jours renouvelez-vous vos lentilles ? Comment procédez-vous pour entretenir vos lentilles ?
- Dormez-vous avec les lentilles ? Mettez-vous des larmes ou des collyres mouillants ?

Les signes subjectifs peuvent être très variables :

- trouble visuel permanent ou au clignement, fluctuations de l'acuité, céphalées,
- simple gêne, démangeaisons, picotements, brûlures, sensation de sécheresse,
- nécessité d'utilisation de larmes ou collyres mouillants : si cela est fréquent, suspecter une mauvaise adaptation.

L'horaire de survenue, les modalités d'apparition et l'amplitude de ces symptômes sont essentiels à connaître. L'environnement et les traitements locaux et généraux doivent être précisés.

La lentille « idéale »

Une lentille, c'est d'abord un matériau. Privilégier en première intention une lentille en silicone-hydrogel (Si-Hy) afin d'assurer une oxygénation maximale du fait d'un Dk/e élevé. Tous les autres paramètres de la lentille peuvent être la cause d'un inconfort (diamètre, rayon de courbure, élasticité...).

Une lentille souple bien adaptée doit être centrée, suffisamment mobile lors des regards extrêmes sans découvrir le limbe. Elle se recentre sans à-coups lors du *push-up test*¹. Les bords ne doivent pas être serrés ni béants. Enfin, la surface de la lentille doit être propre, exempte de dépôts et avoir une bonne mouillabilité, apaisage d'un entretien adéquat et bien mené (à faire préciser par le porteur).

¹. Mobilisation active de la lentille par la paupière inférieure.

Les signes à rechercher

Inconfort visuel

Vérifier que les lentilles sont posées à l'endroit et non inversées !

La réfraction doit être exacte et récente. Il y a lieu de vérifier l'acuité avec les lentilles et, si nécessaire, faire une réfraction complémentaire afin de recalculer la nouvelle puissance. Si l'acuité est difficilement améliorable, l'examen des lentilles en place peut permettre d'établir un diagnostic rapide (dépôts, lentilles vieilles, sales ou peu mouillables, décentrement ou mauvais rayon de courbure).

Ceci impose de déposer les lentilles, de mesurer la kératométrie et de refaire la réfraction.

Quelques principes préalables afin d'éviter une perte de temps :

- ne pas sur-corriger le myope et saturer l'hypermétrope ;
- chez l'astigmate, utiliser le cylindre le plus faible et même le négliger s'il est faible (< 0,75 dioptries) sauf s'il est inverse ou oblique. Un faible astigmatisme résiduel gênant l'acuité peut être compensé par une lentille à face antérieure asphérique ou une lentille Si-Hy (plus épaisse ou à module d'élasticité plus élevé) ;
- chez le presbyte, la vision de près ne doit pas être sur-correctée. Il est normal que la vision des contrastes soit perturbée et le patient doit être prévenu de la nécessité d'un bon éclairage pour la lecture.

Une acuité fluctuante avant ou après le clignement peut faire évoquer un problème de rayon de courbure (plat ou serré) ou de mouillabilité de la lentille (vérifier l'état de surface).

Une vision floue au clignement lors du port de lentilles toriques exige la vérification d'une éventuelle rotation de l'axe de la lentille et de le modifier en conséquence. Ce peut être dû également à une instabilité de celle-ci lors des mouvements oculaires et au clignement : resserrer la lentille ou augmenter son diamètre, sinon essayer une lentille à mode de stabilisation différente. La lentille torique trop serrée se stabilise trop lentement et la vision fluctue.

L'examen d'acuité est complété par l'examen biomicroscopique.

Inconfort physique

Lors de l'interrogatoire, le patient parle souvent de « sécheresse », mais ce symptôme englobe en réalité beaucoup de signes d'inconfort qualifiés comme tels mais relevant d'une adaptation ou d'un entretien inadéquats.

La sécheresse vraie est très rare chez le sujet jeune.

Chez le nouveau porteur, l'objectif est d'obtenir une adaptation idéale d'emblée (cf. chapitre ci-dessus). Le confort initial est en corrélation avec le confort ultérieur et il conditionne le succès final, qu'il soit positif ou négatif.

L'examen ne doit rien négliger et apprécie :

- avec les lentilles en place :
 - la surface de la lentille, ses bords, sa mouillabilité et la présence de dépôts,
 - le centrage et la mobilité lors des mouvements oculaires ou lors du *push-up* test (évaluant le rayon de courbure et le diamètre) ;
- après dépose des lentilles (examen en lumière blanche et après instillation de fluorescéine) :
 - l'état du bord palpébral (penser à retourner les paupières à la recherche de conjonctivite giganto-papillaire (CGP)).
 - le film lacrymal (qualité et quantité, BUT (*break-up time*)),
 - la rougeur conjonctivale,
 - l'état du limbe et l'empreinte éventuelle de la lentille (hypoxie ou serrage de la lentille),
 - l'état de la cornée à la recherche de KPS (signe de sécheresse pouvant être associée au port des lentilles ou *staining* dû à la solution d'entretien) ou d'ulcérations arciformes.

L'ampleur de l'atteinte cornéenne n'est pas corrélée à celles des symptômes subjectifs, mais toute atteinte cornéenne, même minime, doit attirer l'attention, être prise en charge et contrôlée.

Conduite à tenir

L'étiologie de l'inconfort est variable selon les modalités de survenue.

L'inconfort dès la pose des lentilles oriente vers une intolérance à la solution d'entretien

Changer pour un système oxydant avant tout changement de lentille. On peut retrouver un piqueté cornéen diffus ou annulaire prédominant dans les deux heures qui suivent la pose des lentilles. Parfois, la solution contenue dans le blister des lentilles jetables journalières entraîne des picotements à la pose.

En cas d'inconfort immédiat, penser à l'inversion de la lentille (endroit/envers), au corps étranger sous la lentille, ou à la lentille trop plate avec béance du bord.

L'inconfort en fin de journée est le plus souvent dû à un mauvais choix ou à une mauvaise géométrie de lentille :

- une lentille de trop petit diamètre découvre la région limbique et peut entraîner un piqueté limbique tandis

qu'un trop grand diamètre donne la sensation de corps étranger lors de la mobilisation du globe dans les regards latéraux (figure 1) ;

- une lentille trop plate se décentre, est trop mobile et provoque des démangeaisons ;
- une lentille serrée est relativement confortable, mais elle

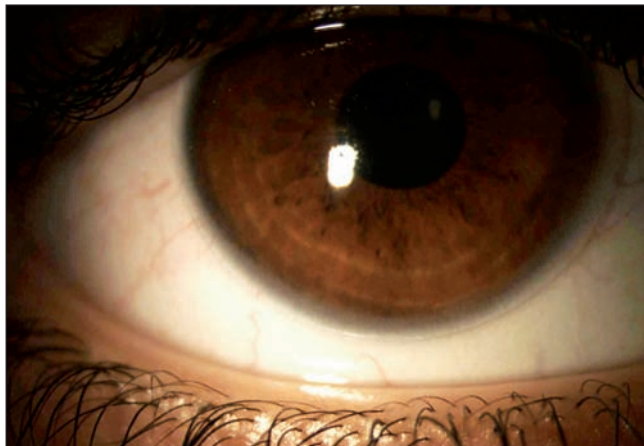


Figure 1. Lentille non centrée et de trop petit diamètre.

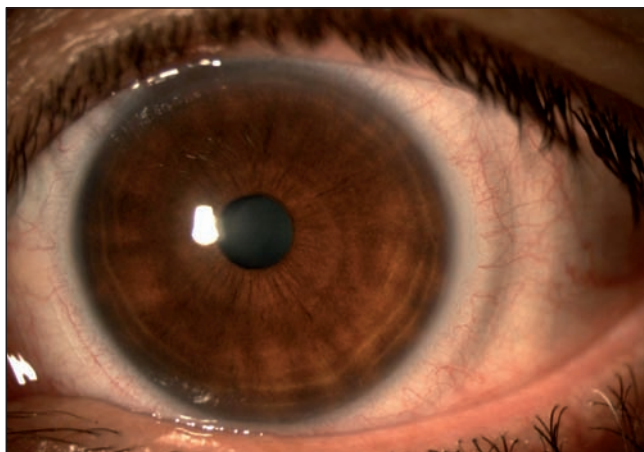


Figure 2a. Serrage avec empreinte limbique.

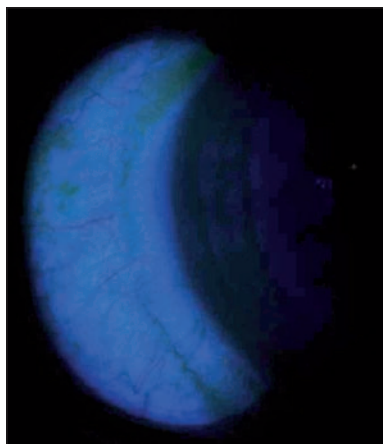


Figure 2b.
Même patient :
aspect fluorescéinique
sans lentille.

se mobilise peu au *push-up* test et laisse une empreinte sur la conjonctive paralimbique (figure 2a et 2b) : l'œil peut être rouge et l'acuité altérée.

Ne pas hésiter à faire une topographie en cas de doute lors de kératométrie faible.

Il faudra donc dans tous ces cas agir sur la flèche de la lentille en jouant sur le diamètre et le rayon de courbure.

S'il apparaît sur la cornée des lésions arciformes supérieures ou inférieures, la lentille présente vraisemblablement un module d'élasticité élevé. Les lentilles en Si-Hy plus récentes devront être préférées et si le résultat est insatisfaisant éventuellement équiper en lentilles en hydrogel (Hy) « avancé ».

Certaines lentilles peuvent se déshydrater en fin de journée et donner une sensation de sécheresse. On retrouve quelques points de kératite superficielle prédominant dans la moitié inférieure de la cornée. Dans ce cas, un changement de matériau est indiqué avec passage au Si-Hy si l'équipement était en Hy. Il est nécessaire également de vérifier l'entretien.

S'il existe une sécheresse oculaire, les symptômes subjectifs sont parfois importants. La recherche de facteurs environnementaux est essentielle. L'œil est souvent rouge, le porteur est obligé de déposer ses lentilles plus tôt et utilise des collyres mouillants. Outre le traitement symptomatique, le traitement visera à soigner également un dysfonctionnement meibomien souvent associé. La réadaptation se fera en Si-Hy éventuellement à plus forte teneur en eau.

L'inconfort en fin de journée peut parfois évoquer une intolérance à la solution d'entretien.

L'inconfort apparaissant avant le terme du renouvellement est essentiellement dû à une atteinte de la surface de la lentille

Il est accompagné de baisse d'acuité ou de vision fluctuante. On retrouve une anomalie de la mouillabilité de la lentille (figure 3) parfois associée à un film lacrymal de mauvaise qualité et à des dépôts protéiques (matériau Hy) ou lipidiques (matériau Si-Hy) (figure 4).

Le traitement consiste à modifier l'entretien ou ses modalités :

- masser +++ et rincer à la solution d'entretien les lentilles à la dépose (simple et efficace),
- changer d'entretien et utiliser des déprotéinisants si besoin,
- renouveler plus rapidement les lentilles, voire réadapter en lentilles jetables journalières si possible hydratées,
- changer de classe de matériau (matériau non ionique),
- proscrire le maquillage du bord libre.

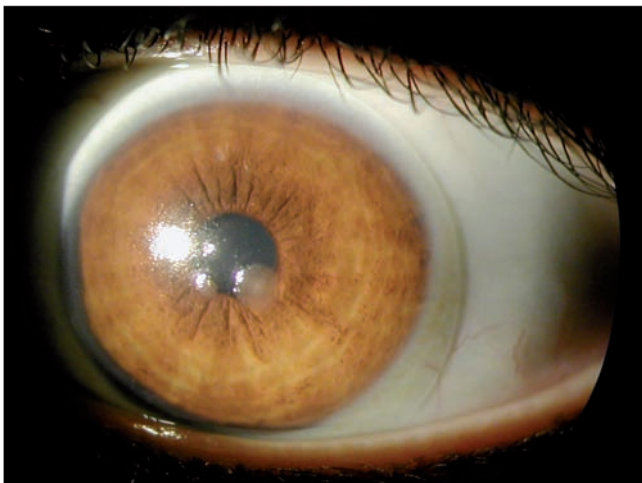


Figure 3. Mauvaise mouillabilité et dépôts sur une lentille en silicone-hydrogel.

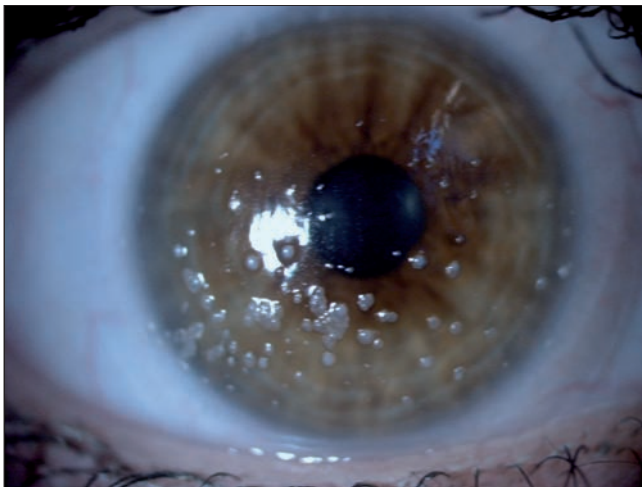


Figure 4. Dépôts mixtes sur une lentille en silicone-hydrogel.

L'inconfort chez l'ancien porteur est souvent dû à un mésusage des lentilles et à un entretien mal conduit

Ceci est souvent l'apanage des porteurs non médicalement contrôlés. Les porteurs de lentilles Hy doivent être réadaptés en Si-Hy au vu de la large gamme de puissances actuellement disponibles, sinon en lentilles rigides : on note souvent chez eux, outre des lentilles en mauvais état, des signes d'hypoxie cornéenne avec néovaisseaux. Cela va fréquemment de pair avec un entretien non revalidé, en particulier avec des solutions d'ancienne génération, sans massage ni rinçage, d'où la majoration des dépôts et du risque infectieux.

Insister sur la nécessité d'un entretien rigoureux afin d'éviter les complications infectieuses. Proscrire le port nocturne.

Il est indispensable de retourner les paupières à la recherche d'une conjonctivite giganto-papillaire au niveau du tarse supérieur (à suspecter en cas d'inconfort avec des sécrétions). L'étiologie peut être immunitaire et/ou mécanique (module d'élasticité élevé, présence de dépôts, terrain atopique). Dans ce cas, changer l'équipement pour des lentilles en Si-Hy de moindre élasticité ou plus hydratées et augmenter la fréquence du renouvellement, ou essayer des lentilles jetables journalières.

Ce qu'il faut retenir

- Privilégier les lentilles en silicone-hydrogel de dernière génération à très haut Dk/e en cas d'ischémie ou plus fortement hydratées en cas de sécheresse.
- Il reste une place pour les lentilles en hydrogel « avancé » en cas d'inconfort des lentilles en silicone-hydrogel.
- Choisir la géométrie la mieux adaptée au porteur.
- L'entretien est primordial (massage + rinçage) avec les solutions de nouvelle génération à ne pas substituer.
- Augmenter la fréquence de renouvellement et prescrire des lentilles jetables journalières en cas de problème de mouillabilité et de dépôts.
- Préciser tout ceci sur l'ordonnance et l'expliquer au patient.

Conclusion

L'adaptation des lentilles doit être rigoureuse et menée en fonction des particularités de chaque patient. La prise en charge de toutes les allégations du porteur et un examen méthodique permet de retrouver dans la grande majorité des cas la cause de l'inconfort et donc de le traiter en conséquence de façon relativement simple. La réadaptation en lentilles rigides peut s'avérer utile et efficace pour des cas difficiles à résoudre.

Pour en savoir plus

Bloise L. Confort et lentilles de contact. Rapport de la SFOALC. Paris : Med-line, 2011.

Butcko V, McMahon TT, Joslin CE, Jones L. Microbial keratitis and the role of rub and rinsing. *Eye Contact Lens* 2007;33:421-3.

Dumbleton KA, Chalmers RL, McNally J *et al.* Effect of lens base curve on subjective comfort and assessment of fit with silicone hydrogel continuous wear contact lenses. *Optom Vis Sci* 2002;79(10):633-7.

Vayr F. Adaptation en lentilles souples. In : Malet F. Les lentilles de contact. Rapport de la société française d'ophtalmologie. Paris : Masson, 2009;8:231-63.

CRSC typiques et atypiques

Julien Pérol

Dans sa présentation la plus typique, la chorioretinopathie séreuse centrale (CRSC) ne pose habituellement pas de problème diagnostique et thérapeutique. Toutefois, certaines formes cliniques atypiques peuvent être de diagnostic plus difficile, en particulier chez les sujets plus âgés pour lesquels une néovascularisation occulte reste le principal diagnostic différentiel. Enfin certaines CRSC chroniques comme l'épithéliopathie rétinienne diffuse (ERD) sont plus difficiles à traiter et de moins bon pronostic visuel que la CRSC typique.

La CRSC typique

Classiquement, une baisse d'acuité visuelle chez un homme jeune

Touchant préférentiellement les hommes jeunes, certains facteurs de risque ont été mis en évidence comme une personnalité de type A (stress, rapidité à s'énerver, compétitivité, nécessité de contrôle), la prise de corticostéroïdes ou de psychotropes. Les principaux symp-

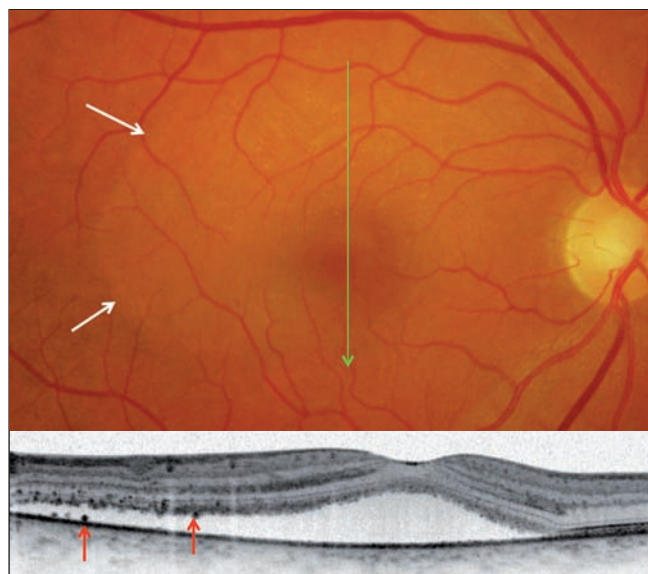


Figure 1. Rétinophotographie couleur d'une CRSC présentant une bulle de décollement séreux rétinien (DSR) maculaire dont les bords sont bien limités (flèches blanches), et contenant des points blancs sous-rétiniens. La coupe OCT passant par le DSR met en évidence un DSR au contenu homogène, et des points hyperréflectifs (flèches rouges) correspondant aux points blancs sous-rétiniens.

Service d'ophtalmologie, hôpital Lariboisière, Paris

tômes se manifestent par une baisse d'acuité visuelle pouvant aller de 1/10 à 10/10, en partie améliorable par la correction de l'hypermétropie acquise, un scotome central relatif, une micropsie ainsi qu'une discrète dyschromatopsie. L'examen du fond d'œil retrouve une bulle de décollement séreux rétinien (DSR) maculaire à liquide clair parfois associée à des petits points blancs sous-rétiniens au sein de cette bulle (figure 1).

Le diagnostic repose encore sur l'angiographie à la fluorescéine

Elle permet de mettre en évidence le plus souvent un ou deux points de diffusion. Ce point de fuite apparaît vers la trentième seconde après l'injection sous la forme d'un point hyperfluorescent, puis le colorant diffuse au sein du DSR, parfois en tâche d'encre ou en plumeau, remplissant ainsi la bulle aux temps tardifs (figure 2).

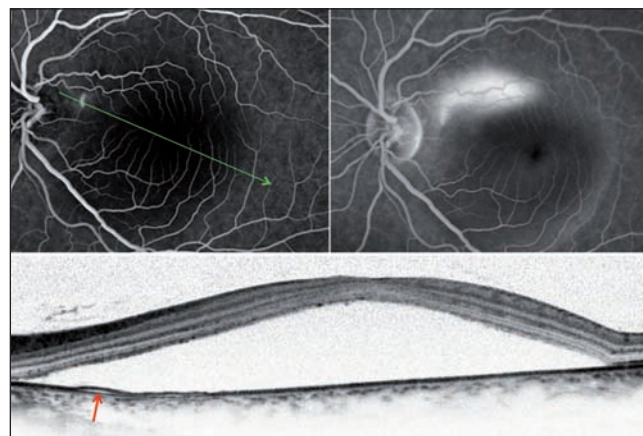


Figure 2. Angiographie à la fluorescéine d'une CRSC typique avec une diffusion en plumeau du point de fuite, remplissant le décollement séreux rétinien au temps tardif. Sur la coupe OCT, on retrouve un petit DEP (flèche rouge) en regard du point de fuite.

On retrouve parfois sur les clichés OCT un décollement de l'épithélium pigmentaire (DEP) au niveau du point de fuite (*figure 2*) ou en dehors de la bulle. Ces DEP sont parfois multiples et bilatéraux. Il n'est pas rare de retrouver sur l'œil controlatéral des séquelles de CRSC passées inaperçues, ou bien des poussées infracliniques. L'OCT nous permet actuellement de suivre avec précision l'évolution de la maladie en quantifiant la taille du DSR. Le contenu de ce DSR est aréfléctif et homogène, l'épaisseur de la rétine neurosensorielle est en règle peu modifiée, et l'on peut noter un allongement des articles externes des photorécepteurs lorsque la bulle persiste quelques semaines. On retrouve parfois des points hyperréfléctifs à la face postérieure des segments externes des photorécepteurs (*figure 1*) qui correspondent aux points blancs sous-rétiniens vus au fond d'œil. L'étude de la choroïde en OCT-SD obtenu grâce au procédé EDI (*Enhanced Depth Imaging*) retrouve un épaississement choroïdien diffus présent également sur l'œil adelphe.

Une évolution spontanée le plus souvent vers une guérison en 4 à 10 semaines avec une cicatrisation du point de fuite

Les récurrences varient de 30 à 40 % selon les études. Elles surviennent dans l'année qui suit l'épisode initial dans 50 % des cas et peuvent aller jusqu'à 12 ans. Un passage à la chronicité est également possible, indépendamment de la survenue de récurrences.

Si on réalise un traitement, il repose sur la réalisation d'impact de laser vert sur le point de fuite

Il sera proposé lorsque la poussée persiste plus de six semaines à trois mois. Les indications du traitement ne sont toutefois pas strictes et elles seront à moduler en fonction du contexte clinique. En effet, il faut prendre en compte l'acuité visuelle, la gêne ressentie par le patient et ses besoins visuels ainsi que la localisation du point de fuite. Après un repérage soigneux aidé par l'angiographie à la fluorescéine, on effectuera 2 à 5 impacts au laser vert de 100 µm de diamètre, d'une durée de 0,1 s et d'intensité juste suffisante pour que l'emplacement du point de fuite devienne légèrement gris. Ce traitement réduit la durée de la poussée, mais ne semble pas avoir d'effet sur l'acuité visuelle finale et le taux de récurrence. La PDT demi-fluence n'a de place dans la CRSC aiguë que lorsque le point de fuite est rétro- ou juxtafovéolaire.

Les CRSC atypiques

Les CRSC aiguës atypiques

Certaines CRSC se présentent parfois avec des points de fuites multiples, dépassant parfois la dizaine (*figure 3*).

L'ensemble des points de fuite présents dans l'aire du DSR devra être traité, à moins qu'ils ne soient trop proches du centre. Certaines se présentent parfois avec un liquide trouble, soit localement autour du point de fuite (*figure 4*), soit en inférieur sous la forme d'un sédiment jaune mimant ainsi l'aspect d'une dystrophie pseudovitelliforme de l'adulte. De façon très rare enfin, elles prennent la forme d'un décollement de rétine inférieur, pouvant faire errer le diagnostic vers un décollement de rétine rhégmotogène, une maladie de Harada ou bien un syndrome d'effusion uvéale. Le diagnostic repose princi-

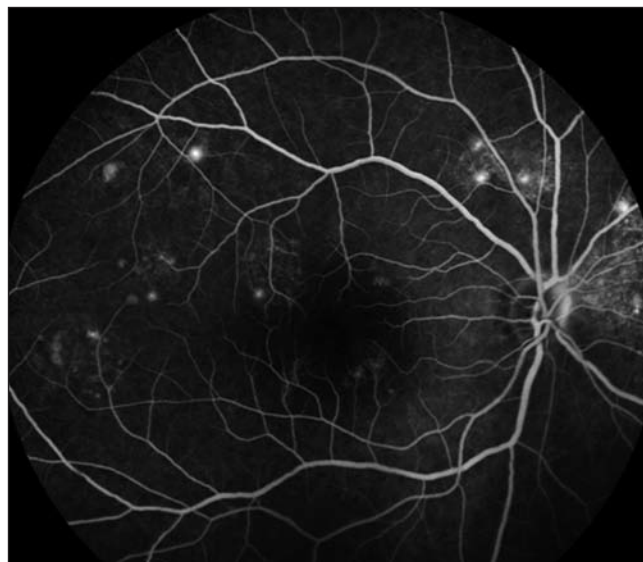


Figure 3. Angiographie à la fluorescéine d'une CRSC avec des multiples points de fuite au pôle postérieur.

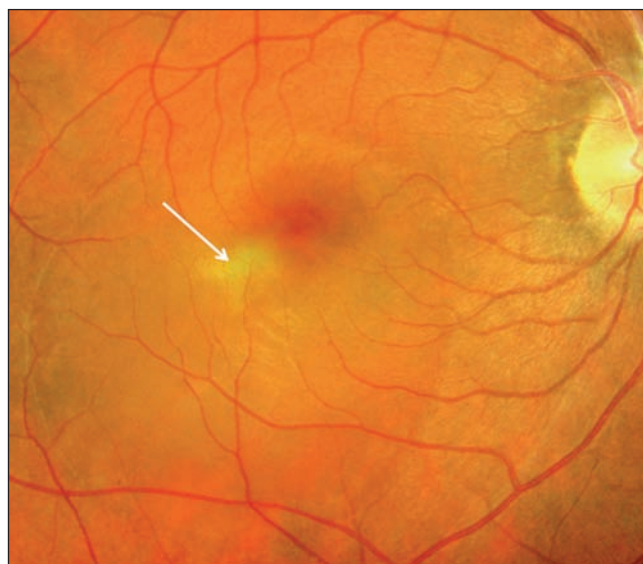


Figure 4. Rétinophotographie couleur d'une CRSC aiguë typique avec un liquide trouble en regard du point de fuite (flèche blanche).

palement sur la présence de points de diffusion sur l'angiographie à la fluorescéine. Une fibrose sous-rétinienne peut apparaître après résolution du DSR.

Les CRSC chroniques et ERD

La CRSC chronique est définie par la persistance de DSR plus de six mois, et les formes diffuses sont appelées épithéliopathie rétinienne diffuse (ERD).

La survenue d'une ERD se fait habituellement à un âge plus avancé que dans la CRSC aiguë, avec une évolution chronique et récidivante. On retrouve des points de fuites multiples associés à des zones d'altération d'épithélium pigmentaire ainsi que des dépigmentations en coulées gravitationnelles bien visibles sur les clichés en autofluorescence (*figure 5*).

Il est également possible de retrouver un œdème maculaire cystoïde et des exsudats lipidiques. Les points de fuites, souvent multiples et modérément actifs, sont plus difficiles à distinguer que dans la CRSC typique.

Figure 5. Cliché en autofluorescence d'une épithéliopathie rétinienne diffuse (ERD) : coulées gravitationnelles hyper-autofluorescentes, partant du pôle postérieur et s'étendant vers la partie inférieure du fond d'œil. À noter que les coulées les plus anciennes sont hypo-autofluorescentes, entourées d'une bordure hyper-autofluorescente.

L'ensemble de ces manifestations chez un sujet de plus de 50 ans doit faire évoquer les principaux diagnostics différentiels que sont les néovaisseaux occultes et la



vasculopathie polypoidale. L'autofluorescence est un bon examen dans ces formes, mettant en évidence des coulées gravitationnelles hyper-autofluorescente (AF). Les coulées les plus anciennes sont hypo-AF avec une bordure hyper-AF. Partant du pôle postérieur au niveau de la macula ou de la papille, elles se dirigent vers la partie inférieure du fond d'œil.

L'angiographie au vert d'indocyanine (*Indocyanine Green*, ICG) permet de confirmer le diagnostic d'ERD et de guider le traitement par photothérapie dynamique (PDT).

Les zones d'hyperfluorescences en ICG sont plus larges et plus diffuses que les points de fuites visualisés à l'angiographie à la fluorescéine. Les DEP ont un comportement angiographique caractéristique en ICG avec un remplissage dès le temps précoce, se vidant ensuite pour ne laisser qu'un liséré hyperfluorescent. L'OCT retrouve une atrophie rétinienne en regard des zones hyper-AF, un DSR maculaire est parfois présent ainsi que des zones de dégénérescence cystoïde ne s'imprégnant pas en angiographie à la fluorescéine (*figure 6*). Si des points de fuites sont bien individualisables, un traitement par laser vert peut être effectué, mais l'existence de plages de diffusion larges nécessitera un traitement par PDT en demi-fluence. La PDT demi-fluence consiste en une dose de vertéporfine de 6 mg/m², une fluence à 25 J/cm², et une durée de 83 s. La taille des spots sera 1 mm plus large que la taille de la zone hyperfluorescente en ICG.

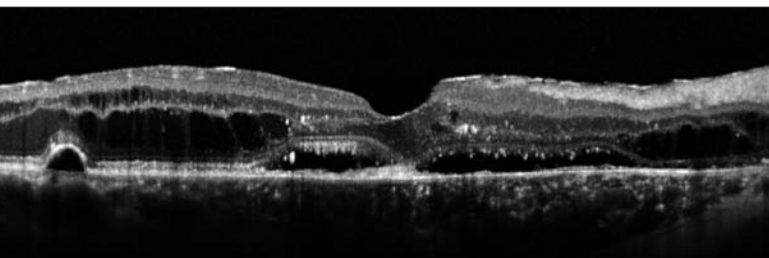


Figure 6. Coupe OCT-SD d'une épithéliopathie rétinienne diffuse (ERD) : présence d'un décollement de l'épithélium pigmentaire (DEP), de décollement séreux rétinien (DSR) avec allongement des segments externes des photorécepteurs et points hyperréflectifs, et d'une dégénérescence cystoïde associée à une atrophie du tissu rétinien.

Les CRSC atypiques selon le terrain

Après l'âge de 50 ans, les CRSC ont un moins bon pronostic visuel et l'on note volontiers d'avantage de formes diffuses, bilatérales et/ou récidivantes. Les femmes sont atteintes en proportion plus importante que chez les sujets jeunes et, à cet âge, il est important de ne pas méconnaître l'existence de néovaisseaux occultes.

Chez la femme, la CRSC est plus rare, mais des cas de poussées sont possibles lors de la grossesse, en particulier pendant le troisième trimestre. Les épisodes sont résolutifs après l'accouchement et le pronostic visuel est bon.

Les patients ayant bénéficiés d'une transplantation d'organe (rétinopathie des greffés), peuvent présenter des poussées de CRSC. Ils sont généralement sous traitement immunosuppresseur et corticostéroïdes et présentent une HTA. Un décollement séreux rétinien chronique associé à des proliférations pigmentaires sous-réiniennes, donnant un aspect "léopard" en angiographie à la fluorescéine, est assez évocateur.

L'association de la CRSC avec certaines maladies systémiques a été également décrite comme le lupus érythémateux disséminé, la maladie de Crohn, la polyarthrite rhumatoïde et l'asthme. Il est néanmoins difficiles d'imputer avec certitude la maladie, les patients étant largement traités par corticostéroïdes pour ce type de pathologies.

Pour en savoir plus

Gass JDM. Stereoscopic atlas of macular disease. 4th ed. St.-Louis: Mosby SLC, 1997.

Gass JDM. Pathogenesis of disciform detachment of the neuroepithelium. *Am J Ophthalmol* 1967;63:Suppl:1-139.

Cohen D, Gaudric A, Coscas G *et al.* Epithéliopathie rétinienne diffuse et chorioretinopathie séreuse centrale. *J Fr Ophtalmol* 1983; 6:339-49.

Inoue R, Sawa M, Tsujikawa M, Gomi F. Association between the efficacy of photodynamic therapy and indocyanine green angiography findings for central serous chorioretinopathy. *Am J Ophthalmol* 2010;149:441-6.

Les œdèmes maculaires

Succès et limites des traitements

Vendredi 15 Juin 2012

Maison de la Chimie, Paris

Cette réunion d'enseignement, qui fera partie d'un programme FMC, est organisée par Pascale Massin, Salomon Yves Cohen, Ramin Tadayoni, Michel Paques et José Sahel.

Pré-programme

Session 1 : Qu'est ce qu'un œdème maculaire ?

Session 2 : Épaississement maculaire et fonction visuelle

Session 3 : Que sait-on de l'évolution spontanée des œdèmes maculaires des maladies vasculaires de la rétine ?

Session 4 : Les traitements intravitréens de l'œdème: progrès et limites, étude critique

Session 5 : Quels traitements pour les autres œdèmes ?

Table ronde : Les traitements intravitréens : quelles stratégies en pratique ?

Mise au point interactive : Place de la chirurgie dans les épaississements maculaires microkystiques

Présentation de cas cliniques : Challenges diagnostiques et thérapeutiques

Informations et inscriptions : PCO/Rétine 2012 - contact@portancecommunication.com - Tél : 01 42 81 48 24

Chirurgie de la presbytie : quelle procédure et pour qui ?

Béatrice Cochener

Cet article propose une synthèse de l'état de l'art en matière de correction de la presbytie, décrivant le décor de sa pratique (sélection du patient, information à lui donner, explorations préopératoires à mener) ainsi que le catalogue des techniques disponibles, en avant-première du rapport détaillé qu'offrira le rapport annuel de la SFO 2012.

La correction de la presbytie représentait le dernier défi à relever dans le domaine de la chirurgie réfractive. N'étant pas une amétropie mais relevant d'un processus de vieillissement naturel, la compréhension du mécanisme de la presbytie demeure incomplètement maîtrisée, alors qu'elle pose la difficulté de son aspect évolutif et dynamique, exigeant que soit optimisée dans le même temps la vision à toutes les distances.

La liste des techniques disponibles s'enrichit de mois en mois, permettant d'élargir les indications et de personnaliser le traitement à chaque patient ; cependant, ce grand nombre de concepts signifie également qu'il n'existe pas à cette heure de procédure parfaite. Dans tous les cas, le résultat sera un compromis entre performances visuelles et qualité de vision, la majorité des chirurgies ayant fait la preuve de leur efficacité, visant une compensation de la perte d'accommodation et non une restauration de cette dernière. Aussi est-il crucial en premier lieu de porter grand soin à la sélection et à l'information des patients candidats. Le choix de la méthode sera adapté en fonction de l'âge du patient, de la transparence de son cristallin, de son passé oculaire et de l'amétropie éventuellement associée ainsi que, et surtout, de son mode de vie et de ses besoins visuels.

Le candidat à la chirurgie de la presbytie

La demande de correction de la presbytie est devenue quotidienne dans les centres qui se consacrent à la chirurgie réfractive. Il est important de cibler la motivation et les attentes du patient, car de ces dernières vont dépendre l'indication et le succès de la procédure.

Pour sa sélection, deux populations sont à distinguer

- Le candidat demandeur d'une chirurgie réfractive, qui représente le patient le plus commun mais le plus délicat,

car ses exigences sont de règle l'obtention d'une indépendance lunettes alors que ses performances visuelles préopératoires sont souvent celles de l'emmétropie. Le choix de la chirurgie sera pour lui dépendante de la clarté lenticulaire.

- Le patient présentant une cataracte authentifiée, source d'une baisse de vision, et à qui sera expliqué les possibilités d'associer au retrait du cristallin opacifié la mise en place d'un implant capable de lui éviter le port de lunettes. C'est cependant cette nouvelle catégorie qui donne à la chirurgie de la cataracte une dimension réfractive et qui invite tous les opérateurs à s'initier à ces dessins d'implants avancés, quant à leur intérêt, leurs limites et si possible leur manipulation.

Mais quelle que soit l'origine de la demande, tout patient ne peut bénéficier d'une chirurgie de la presbytie. Celle-ci n'est envisageable que si sa rétine est intègre et la fonction oculomotrice et binoculaire préservée. Elle sera également contre-indiquée si le patient est porteur d'une maladie évolutive oculaire (glaucome, uvéite...) ou générale (diabète...). Il faudra également considérer avec grande prudence la gestion de la presbytie après chirurgie oculaire antérieure, en particulier cornéenne. Doivent être également exclus les patients aux attentes démesurées : soit désireux de perfection, soit exposés à des conditions professionnelles ou environnementales exigeantes (pilotage, conduite de nuit...).

Une information précautionneuse et exhaustive

Plus encore que dans n'importe quel autre domaine de la chirurgie réfractive, l'information se doit d'être précautionneuse et exhaustive. Elle définira au patient la presbytie et explicitera (par oral et de préférence par écrit) les différentes distances de vision. La notion de compromis et de non-ambition d'une vision parfaite sera

CHU Morvan, Brest

à souligner. Le patient sera prévenu d'un résultat obtenu de façon progressive, avec une altération de la vision des contrastes, une sensibilité à l'éblouissement et une dépendance de la lumière ambiante, avec une chute des capacités de vision en ambiance mésopique. Le temps requis pour une optimisation des performances visuelles et une diminution des signes fonctionnels dépend de la neuro-adaptation qui varie d'un individu à l'autre sans facteur de prédictibilité. Il faudra inviter le patient à ne considérer le résultat que de façon binoculaire et de résister à la tentation en postopératoire immédiat de recourir à ses « verres loupes » préopératoires pour faciliter sa lecture de près. De même que lorsque les deux yeux doivent recevoir un traitement, le patient devra être préparé à ne bénéficier d'un confort visuel que lorsque le second œil sera opéré, ce qui suppose un bref délai entre les deux chirurgies.

Les explorations préopératoires

Le bilan pratiqué doit ajouter aux mesures recueillies dans l'évaluation de la vision de loin celles de la vision de près et en intermédiaire et, de plus, se concentrer sur la qualité de vision. Les données requises pour une approche de cataracte emmétropisante dépassent les mesures élémentaires utilisées pour calculer un implant monofocal conventionnel.

Il s'agit en premier lieu de se pencher sur la mesure de la réfraction avec la même rigueur que pour toute chirurgie réfractive, incluant la réfraction cycloplégique après évaluation des capacités de vision de près. Elle se justifie y compris à l'âge de la presbytie en raison de la persistance d'une capacité d'accommodation résiduelle variant d'un individu à l'autre.

La topographie fait partie des explorations indispensables, en particulier lorsqu'une composante cylindrique est associée aux défauts à corriger. Elle vérifiera l'axe, la symétrie et la régularité de l'astigmatisme ; et surtout en cas de cataracte, elle fera la part entre l'astigmatisme cornéen et d'indice lié au vieillissement du cristallin. Enfin, elle fournira la valeur de la pachymétrie, importante en cas de chirurgie cornéenne.

La population concernée ayant franchi la quarantaine, une grande vigilance est à apporter au contrôle de la tension intraoculaire ainsi qu'à la vérification de l'intégrité rétinienne ; sans hésiter à recourir à des examens d'imagerie complémentaire face à la moindre alerte (champ visuel de dépistage, OCT du pôle postérieur).

Face à une hypermétropie, il faudra prendre le soin d'enquêter sur un éventuel passé de rééducation et/ou de strabisme et conduire un bilan orthoptique en cas de doute afin de vérifier l'existence d'une bonne vision binoculaire.

En cas de chirurgie intraoculaire, le calcul de l'implant fera appel à l'interférométrie, plus précise que celui obtenu par biométrie ultrasonore.

Selon la procédure proposée, pourront être ajoutées une mesure d'aberrométrie, de pupillométrie. Dans tous les cas, une attention particulière est à apporter à l'évaluation de la surface oculaire qui est volontiers altérée dans cette catégorie d'âge et dont la qualité conditionnera cependant le résultat chirurgical.

L'évaluation de ce dernier inclura un questionnaire de vie, un test de la vision des contrastes et de la sensibilité à l'éblouissement, une mesure de la vitesse de lecture et un tracé de la courbe de défocus, afin de rendre compte de la vision qualitative et du parcours d'accommodation retrouvé.

Les chirurgies cornéennes

La monovision en photoablation : toujours d'actualité

Traiter l'œil directeur de son amétropie et maintenir sur l'œil dominé une myopie résiduelle représente une option ancienne, classiquement utilisée en contactologie et également en chirurgie réfractive, en particulier chez le myope jeune presbyte qui représente le meilleur candidat. Son intérêt est la préservation d'une bonne qualité de vision mais au prix d'une perte de la stéréoscopie. La tolérance binoculaire de l'anisométrie limite la différence entre les deux yeux à 2 dioptries, ce qui peut être insuffisant en cas de presbytie complètement installée (et en cas de chirurgie intraoculaire avec phacoexérèse entraînant la perte complète de l'accommodation). En matière de photoablation cornéenne, un profil affiné a été récemment proposé, baptisé « micromonovision avancée » qui se base sur le lien entre asphéricité et qualité de vision. L'accentuation de l'asphéricité cornéenne est inductrice d'une amélioration de la profondeur de champ et par là même de la vision de près. Il s'agit donc de proposer un traitement hyperprolate sur l'œil non directeur permettant de ne maintenir qu'une faible myopie pour une performance de près optimisée.

“Les” presbylasiks

Utiliser le pluriel pour désigner le concept du presbylasik traduit la succession des profils qui ont vu le jour, et qui se rangent dans deux catégories principales : profils multifocaux et profils asphériques.

Si tous les concepts multifocaux ont pu être décrits (et du reste n'ont donné lieu qu'exceptionnellement à des séries rapportées), celui qui s'est avéré optimal est un profil centré, de règle bifocal (vision de loin et vision de près), et, si possible maintenant, l'asphéricité pour une qualité de vision améliorée. Les plates-formes laser qui

les proposent (VisX (figure 1), Nidek, Bausch+Lomb) le font sous la forme de logiciel intégré, plus ou moins ajustables concernant la taille de la zone optique, de la valeur de l'addition visée... Les limites essentielles sont celles de la multifocalité portant sur l'importance du centrage, de la dépendance de la lumière et de la dégradation relative de la qualité de vision concernant contrastes, vision de nuit, halos et éblouissement. Il s'y associe les inconvénients de la photoablation que sont les fluctuations visuelles, pour une stabilité obtenue qu'après quelques semaines pour un résultat moyen de 0,8 - P2 ou P3. Se pose par ailleurs la difficulté de gérer le retraitement si besoin.

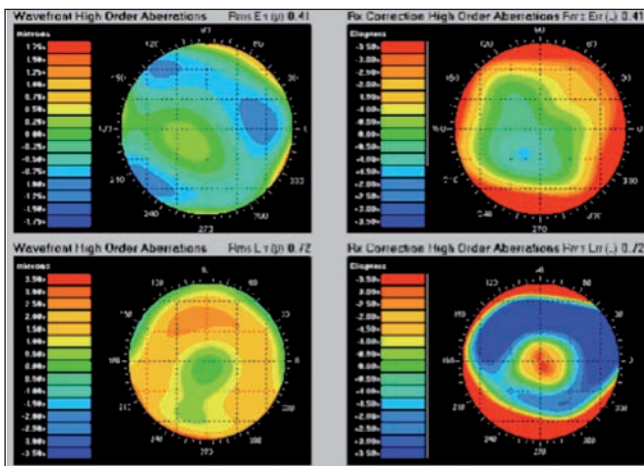


Figure 1. Presbylasik centré asphérique (plate-forme VisX) : flot de myopisation pour la vision de près.

La compréhension de l'impact des aberrations sphériques sur la qualité de vision, concernant le confort visuel de nuit et la profondeur de champ, a permis de travailler sur ce facteur pour influencer la vision de près. Sachant que ces aberrations d'ordre élevé sont induites en quantité variable selon en particulier l'asphéricité cornéenne (grandeur géométrique s'exprimant en facteur Q), il paraît possible de dessiner un profil hyperprolate en vue de restaurer une capacité de lecture de près. Son intérêt est de contourner les limites de la multifocalité en préservant une meilleure qualité de vision. De plus, ce traitement est applicable à toutes les amétropies, incluant potentiellement l'emmétropie alors que le presbylasik multifocal est indiqué chez l'hypermétrope. Les performances visuelles obtenues sont superposables.

“Intracor” ou laser femtoseconde intrastromal

Recourir au laser femtoseconde dans d'autres applications que la réalisation de volets cornéens fait actuellement l'objet de nombreuses recherches. C'est ainsi qu'est né le concept Intracor (exclusivement disponible

sur la plate-forme Bausch+Lomb) qui consiste à réaliser des anneaux de découpe intrastromaux concentriques au laser femtoseconde (figure 2), dans le but d'induire une modification d'asphéricité et ainsi obtenir le même changement morphologique que celui induit par le presbylasik hyperprolate en photoablation. Son indication est celle de la presbytie chez l'emmétrope ou petit hypermétrope. Ses résultats se placent dans le domaine du compromis, à savoir une perte de une à deux lignes d'acuité visuelle de loin pour le gain attendu à P2 en vision de près. C'est pourquoi cette procédure de règle est proposée uniquement sur l'œil dominé et travaille ainsi en monovision. Elle impose un soin particulier pour le centrage et se heurte à la délicatesse d'un retraitement, sa stabilité au long cours restant à démontrer.

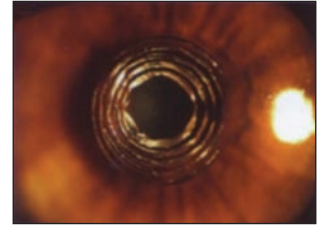


Figure 2. Intracor (Bausch+Lomb) : femtoseconde intrastromal.

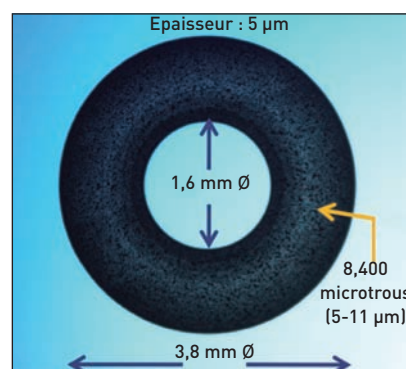
“Inlays” ou lentilles intracornéens

Glisser une lentille réfractif sous un volet cornéen n'est pas un concept nouveau, mais qui a pourtant balbutié de nombreuses années en raison des difficultés à mettre au point un dessin et un matériau assurant une biotolérance cornéenne au long cours.

Un regain d'intérêt fut possible avec la mise au point de polymères très proches des caractéristiques d'hydrophilie de la cornée et offrant une bonne perméabilité au flux métaboliques traversant cette dernière soit grâce à la finesse de l'inlay, soit par la perforation de multiples microtrous au sein de la lentille.

Il existe à cette heure trois modèles agissant chacun sur un principe différent.

Le plus diffusé, ayant reçu l'agrément CE et disposant du plus long recul, est l'Acufocus® (Kamra) (figure 3) qui travaille selon le principe du diaphragme photographique en apparaissant sous la forme d'une fausse pupille de



petit diamètre optimisant la vision de près.

Figure 3. Lentille intrastromal : schéma “en trou sténopéique” de l'Acufocus™ (Kamra).

Le modèle Flexivue Microlens® (Presbia), encore en évaluation, est un lentille bifocale susceptible d'apporter une correction de loin et de près. Enfin, le Vue+® (Revision Optics) d'une douzaine de microns d'épaisseur repose, lui, sur le principe de l'asphéricité augmentant la profondeur de champ ; il est donc destiné à majorer la prolativité cornéenne en se glissant sous un volet de 150 microns (alors que les deux premiers se place à 200 microns de profondeur). Jusqu'à cette heure, ces inlays sont implantés en monovision sur l'œil dominé. Les perspectives, outre la validation de leur bonne tolérance au sein des tissus, reposent sur une amélioration de la précision du centrage et des systèmes de délivrance par le développement d'injecteurs (préchargés) et de dessins de poches d'implantation au laser femtoseconde. Ce concept pourrait de toute évidence représenter une option d'intérêt pour la cure secondaire d'une presbytie après lasik ou à distance d'une implantation.

Les chirurgies intraoculaires

Cette approche intraoculaire est à préférer en cas de vieillissement amorcé du cristallin et, si possible, lorsque le décollement postérieur du vitré est complet.

Implants multifocaux

Ils occupent actuellement et sans conteste la première place des traitements de la presbytie au travers le monde. À noter cependant qu'ils ne représentent encore que 7 % des implantations pseudophaques sur notre territoire et sont concentrés sur les centres de chirurgie réfractive. Souffrant de leur impopularité initiale, reposant sur la fréquence des halos induits par les modèles de première génération mis sur le marché il y a une vingtaine d'années, ils ont bénéficié d'améliorations considérables de leur dessin (apodisation, asphéricité (figures 4 à 6), aboutissant à un moindre retentissement sur la qualité de vision et sur la restitution d'une bonne vision de près sans altération de la vision de loin.

Si l'on ajoute l'aptitude pour certains modèles d'intégrer une correction torique, l'ambition d'atteindre l'emmétropie est devenue réalité. En cas de persistance d'une petite erreur réfractive, la réalisation d'une chirurgie cornéenne est envisageable et permet de prétendre optimiser l'indépendance lunettes à un score dépassant 90 %, qu'il s'agisse de la vision de loin ou de près.

Cependant, il faut distinguer deux variétés d'implants : les diffractifs et les réfractifs.

Les premiers fonctionnent grâce à la faculté du cerveau humain de sélectionner l'image la plus nette parmi toutes celles qui lui parviennent en provenance des multiples zones de l'implant destinées aux différentes zones



Figure 4. Multifocal diffractif ReStor® (Alcon) : apodisé, addition +3 D, acrylique hydrophobe.

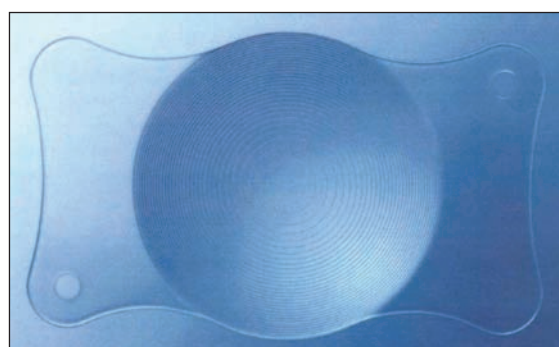


Figure 6. Multifocal diffractif Acrylisa® (Zeiss) : surface "lissée" asphérique, acrylique hydrophile.

de vision. Dépendant de la taille de la pupille, ils exposent à la survenue de halos et d'une altération de la vision nocturne. Toutefois, ce sont les implants jusqu'à présent les plus performants. Si la majorité est essentiellement à effet bifocal, avec parfois une moindre efficacité dans la vision intermédiaire, une nouvelle génération vient d'apparaître offrant un dessin trifocal (figure 7), capable,

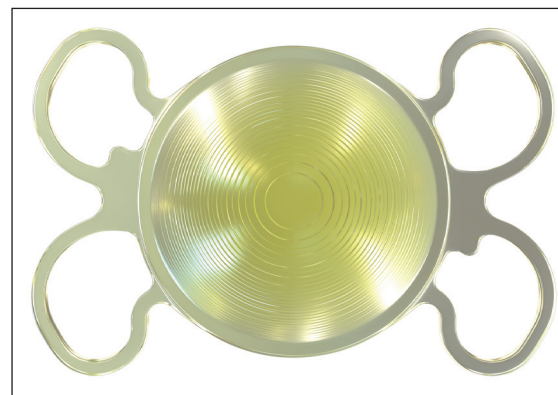


Figure 7. Multifocal diffractif trifocal Fine Vision® (Physiol).

sans perte supérieure d'énergie lumineuse, d'assurer une vision sur ordinateur très satisfaisante. Il n'existe pas actuellement de données comparatives permettant de définir le modèle idéal en termes de dessin et de matériau. Il est certain que l'opacification capsulaire secondaire, survenant d'autant plus tôt que le patient est jeune, sera de plus rapidement pénalisante dans le ressenti du patient en raison des exigences en lumière de ces implants. Il faudra patienter au moins six mois avant de pratiquer sans danger une capsulotomie YAG.

Le second type d'implant multifocal est le concept réfractif qui n'assure pas une aussi bonne vision de près mais préserve une bonne vision de loin avec une moindre dégradation de la qualité de vision. Pour ces implants également, des affinements ont été apportés aux dessins initiaux notamment en nuançant, là aussi, l'asphéricité des optiques pour un gain en vision de près (figure 8).



Figure 8. Multifocal réfractif asphérique Mplus® (Topcon) (version torique).

Implants accommodatifs

Si un traitement idéal de la presbytie devait être imaginé, il consisterait en une restauration de l'accommodation perdue et non une simple compensation comme toutes les procédures décrites le réalisent. C'est cet objectif que visent les implants qualifiés d'« accommodatifs » qui ont vu le jour depuis quelques années. Leur action supposée repose sur une aptitude à se déplacer, voire à se déformer, sous l'action de la mobilisation du sac déplacé lors de la contraction du corps ciliaire.

Il faut distinguer la famille des implants à optiques simples « articulées » dont la capacité de restitution accommodative ne dépasse pas 1,5 D ; ceci a conduit à ajouter une asphéricité à cette optique dans le but d'augmenter la vision de près (mais avec une prédictibilité et un niveau de performance demeurant inférieurs à celles des implants diffractifs) (figure 9). Plus récemment sont apparus des optiques doubles, combinées pour une action synergique et potentiellement optimisée (figure 10). Enfin sont évaluées de multiples concepts novateurs construits sur le principe d'optiques déformables venant remplir et dynamiser un sac laissé en place et qui pose jusqu'à aujourd'hui l'éternel problème de sa fibrose et de son opacification au contact du biomatériau.

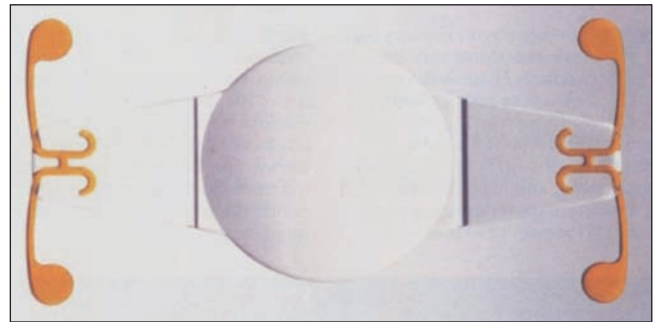


Figure 9. Accommodatif Crystalens® (Bausch+Lomb) : optique simple asphérique.



Figure 10. Accommodative Synchrony® dual-optic (Visiogen) : optique combinée.

Implants piggyback

Corriger secondairement la perte d'accommodation après implantation monofocale constitue une option d'intérêt, notamment chez un patient encore jeune ayant été opéré de façon unilatérale (cataracte traumatique, congénitale), mais également chez un patient opéré de cataracte de façon conventionnelle et demandeur à distance d'une élimination de ses lunettes. Pour ce faire ont été élaborés des implants adaptés pour le positionnement dans le sulcus et pouvant apporter la correction d'une amétropie résiduelle sphérique, voire cylindrique, combinée avec une multifocalité (réfractive).

Perspectives

Implants ajustables à la lumière

Ces implants font appel à un fabuleux concept reposant sur les propriétés de copolymérisation d'un hydrogel novateur sous l'action thermique d'un laser. Par ce mécanisme dynamique, il est alors possible en postopératoire de remodeler l'implant initial dans le but d'affiner le résultat visuel en ajustant la puissance réfractive, voire le profil des courbures ou des aberrations... et pourquoi pas d'apporter par ce biais une correction de la perte d'accommodation par addition d'une zone de près ou plutôt par apport d'un profil hyperprolate. Cependant, les travaux en la matière sont encore du domaine de l'évaluation et ces implants se heurtent à leur coût et à la nécessité pour le patient de porter des verres teintés pour deux semaines dans l'attente du traitement laser si requis

et éviter de fixer le matériau par la seule action des UV naturels.

Femtocataracte

L'application du femtoseconde à la chirurgie du cristallin fut concevable par l'adaptation de la délivrance énergétique du laser lui permettant de se focaliser sur cette structure intraoculaire au-delà de la cornée. Cette nouvelle option fait valeur de nouvelle révolution dans le domaine de la chirurgie du cristallin, même si à cette heure, elle ne permet que de réaliser incision, capsulorhexis et fragmentation du noyau et qu'il reste à définir quel modèle économique elle prendra. Il est certain que le niveau de précision apportée à ces premières étapes de la chirurgie place cette « femtocataracte » au premier rang de la chirurgie réfractive de la cataracte en garantissant un parfait centrage des implants (multifocaux, toriques, accommodatifs) ainsi qu'un geste parfaitement non astigmatogène.

Lenticuloplastie au laser femtoseconde

L'accès du femtoseconde au cristallin a permis à la recherche d'envisager une nouvelle approche, celle de l'incisionnel au sein du cristallin dans le but d'influencer la souplesse de ce dernier et ainsi favoriser la restauration de l'accommodation. Cette stratégie fut définie à partir de la compréhension de l'infrastructure de cette lentille intraoculaire dont les couches qui s'empilent et la composent glisseraient les unes sur les autres. Les travaux ont permis de définir différents dessins, respectant si possible l'axe optique et qui, chez l'animal (modèle porcin), n'ont pas altéré la transparence du cristallin tout en accentuant le pouvoir accommodatif du cristallin traité d'environ 1 D à 1,5 D ...Une promesse pour le futur ?

En synthèse

Si la liste des techniques chirurgicales prétendant corriger la presbytie s'est allongée tout au long de cette dernière décennie, avec en particulier un affinement des profils de photoablation et une multiplication des implants dessinés pour restaurer la vision à toutes les distances, l'objectif d'obtenir l'indépendance lunettes des patients opérés est bel et bien atteint. Le succès de toute opération, quel que soit le type de procédure proposé, dépend de la bonne sélection du patient et de la qualité de son information. Jusqu'à ce jour cependant, en dépit de l'efficacité très satisfaisante des chirurgies disponibles, celles-ci agissent par compensation de la perte d'accommodation et non encore par restauration de cette dernière.

Chirurgie cornéenne de la presbytie

Laurent Gauthier-Fournet¹, François Malecaze²

Les traitements cornéens de la presbytie sont en plein essor. Le long délai entre les premiers essais et des solutions commerciales est expliqué par la difficulté qu'ont eue les sociétés à certifier ces traitements. Les bons résultats sont tout autant expliqués par la bonne compréhension de l'optique physiologique du presbyte que par la spécificité des profils de photoablation.

La chirurgie cornéenne de la presbytie est depuis de nombreuses années un défi excitant mais difficile à relever. En effet, dès l'apparition des photoablations hypermétropiques, les ophtalmologistes se sont rendus compte que les patients bénéficiant de ce type de traitement présentaient une acuité visuelle de près anormalement bonne en regard de leur amétropie et de leur âge. L'hyperprolaticité de la cornée et l'asphéricité négative de cette dernière, générées par le profil hypermétropique, ont été identifiées comme responsables de ce phénomène optique (figure 1).

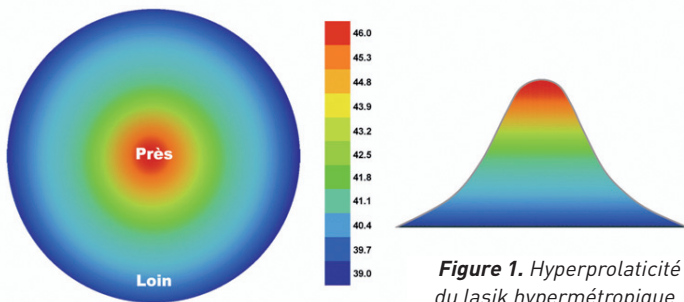


Figure 1. Hyperprolaticité du lasik hypermétropique.

Depuis les années 2000, des procédures, s'apparentant à des photoablations hypermétropiques modifiées, ont été utilisées afin d'augmenter la profondeur de champ. Ces dernières ont certes montré une certaine efficacité, mais leur côté artisanal et l'inconstance des résultats obtenus en ont freiné la diffusion (figure 2).

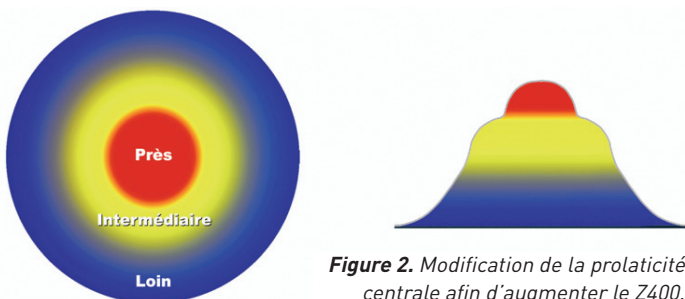


Figure 2. Modification de la prolaticité centrale afin d'augmenter le Z400.

Depuis quelques années, les sociétés de lasers diffusent des algorithmes spécialement conçus pour augmenter cette prolaticité ; le mécanisme est toujours identique même si l'appellation commerciale diverge.

Les principes optiques

Les photoablations hypermétropiques créent une cornée hyperprolate avec comme conséquence une augmentation d'aberration de sphéricité (Z400). Cette aberration s'accompagne d'une augmentation de la profondeur de champ. Elle est d'autant plus importante que la correction hypermétropique est forte.

Les photoablations hyperprolates visent à obtenir une asphéricité maximale pour une correction d'hypermétropie minimale puisque la grande majorité des patients candidats à ce type de chirurgie a une amétropie de départ comprise entre +0,50 et +2 D. La forme de cette photoablation se rapproche d'une photoablation hypermétropique, mais la zone optique créée est beaucoup plus étroite et la photoablation beaucoup plus proche de l'axe visuel.

Les études topographiques montrent bien la différence entre ces photoablations hypermétropiques dont le but est de créer une cornée avec une homogénéité de puissance en regard de la pupille d'entrée *versus* une photoablation type « presbylasik » (figure 3) où le but est de créer une cornée dont la puissance varie très rapidement entre la zone centrale plus bombée et la zone paracentrale.

Les études aberrométriques montrent bien l'augmentation forte du Z400 de ces photoablations type « presbylasik » (figure 4).

Certaines pratiques ont conduit certains chirurgiens à décentrer (figure 5) volontairement ces photoablations afin d'augmenter la coma qui, elle aussi, est génératrice d'augmentation de profondeur de champ.

1. Saint-Jean-de-Luz 2. CHU Purpan, Toulouse

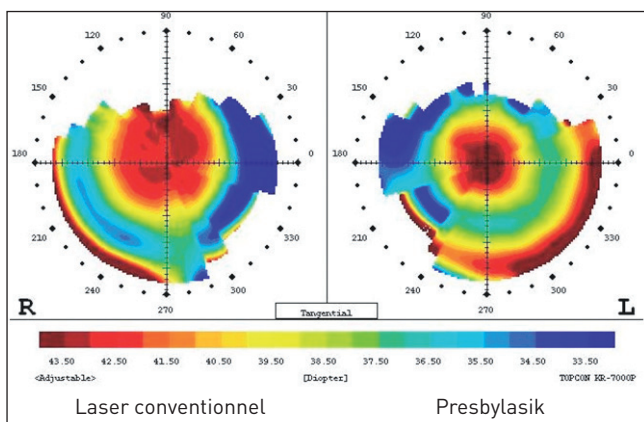


Figure 3. Topographie laser hypermétropique versus presbylasik. Evidence topographique.

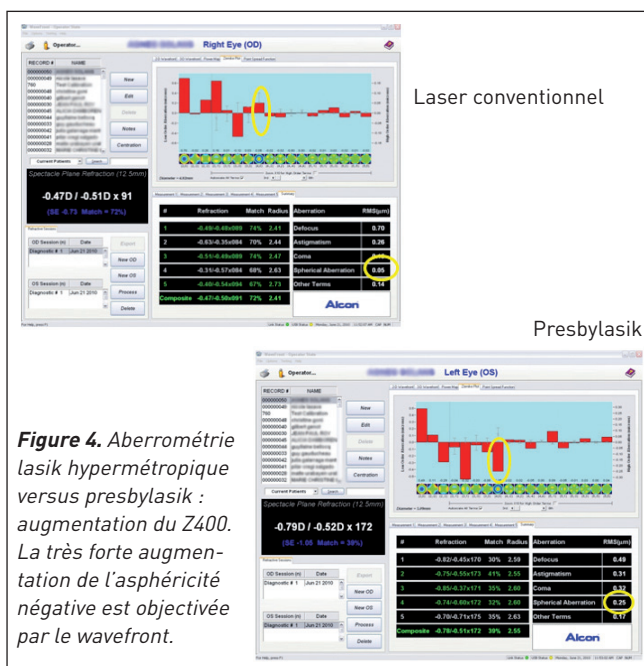


Figure 4. Aberrométrie laser hypermétropique versus presbylasik : augmentation du Z400. La très forte augmentation de l'asphéricité négative est objectivée par le wavefront.

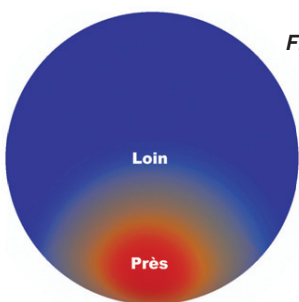


Figure 5. Décentrement volontaire de la zone optique.

Ces pratiques sont aujourd'hui abandonnées car le dosage de ce décentrement est très difficile à estimer, et si certains résultats sont satisfaisants, d'autres cas présentent des aberrations extrêmement gênantes, voire des baisses d'acuité visuelle.

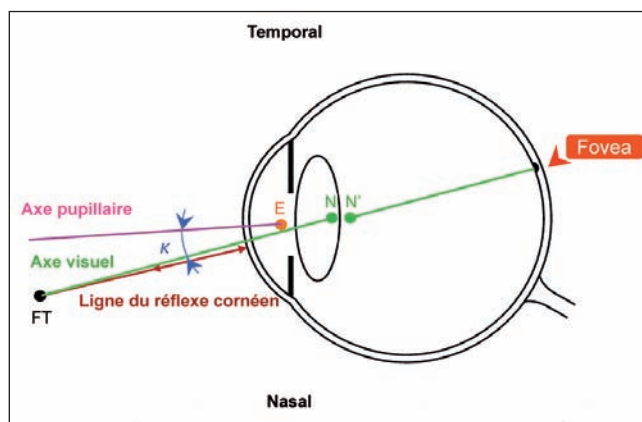


Figure 6. Angle kappa pouvant générer un pseudo-décentrement.

Les photoablations de presbytie modernes génèrent, nous l'avons vu, des zones optiques étroites sur des pupilles présentant très souvent des anomalies de fixation avec des angles kappa parfois importants (figure 6).

Le faible décentrement involontaire de ces petites zones est assez fréquent et peut participer à la profondeur de champ et ce, sans effet secondaire en raison de la très faible importance de l'excentration.

Les clés du succès

Il est difficile d'obtenir une profondeur de champ importante au niveau d'une cornée. Une bonne vision de près est souvent la résultante de plusieurs mécanismes :

- la saturation d'une hypermétropie, même faible, mais qui participe à la baisse de la vision de près ;
- la profondeur de champ liée à une cornée hyperprolate ;

- la création d'une petite monovision qui, même si elle est de faible importance (-0,50 à -0,75 D), améliore considérablement la vision de près. La monovision a mauvaise réputation chez l'emmetrope et l'hypermétrope car les essais réalisés dans le passé voulaient créer une monovision aussi importante que chez le myope, souvent autour de -1,50 D, qui est mal tolérée hors du cadre de la myopie. La micro-monovision du faible hypermétrope est un concept nouveau améliorant considérablement la satisfaction des patients ;
- le recrutement d'une accommodation résiduelle le plus souvent beaucoup plus importante que prévu qu'il est difficile d'estimer en préopératoire. Cette accommodation résiduelle est à nouveau sollicitée par une vision plus nette liée à l'amélioration des facteurs précédemment cités.

On le voit, un bon laser pour presbytie sera avant tout un bon laser pour hypermétrope.

Les pièges du « presbylasik »

La mauvaise sélection des patients

- Les myopes sont d'excellents candidats à la monovision simple. Des tentatives d'augmentation de la prolativité ont été tentées ; les résultats sont pour certains excellents, pour d'autres plus aléatoires et non justifiés par les bons résultats d'une simple monovision.

- Les emmétropes sont des candidats difficiles car il est très difficile de ne pas baisser le confort visuel de loin. Certains patients très bien informés préalablement (parfois essai d'une lentille de contact) admettront un moindre confort de loin pour gagner de l'indépendance de près.

- Les amblyopies relatives : elles sont sources d'insatisfaction visuelle. Si l'œil amblyope est prévu pour la vision de près, le patient sera déçu dans ce secteur de vision. Par contre, s'il est prévu pour la vision de loin, il sera très insatisfait dans ce secteur ; il s'agirait du plus mauvais choix stratégique possible.

- Les trop fortes exigences visuelles :
 - de près : il faut exclure les patients exigeant de lire de longues périodes sans lunettes (le littéraire),
 - de loin : il faudra être prudent avec les conducteurs professionnels.

- Les syndromes secs : la mauvaise qualité du film lacrymal est génératrice de fluctuation visuelle et même parfois de baisse d'acuité ; cela est particulièrement fréquent chez la femme de plus de 50 ans. Le traitement substitutif n'est qu'inconstamment efficace contrairement à la pose de bouchons lacrymaux qui s'avère la solution de prédilection.

Erreur de réalisation

- Une bonne vision de loin est indispensable afin d'assurer la satisfaction des patients. Pour cela, un œil doit être absolument emmétrope, ce qui nécessite une photoablation particulièrement précise. Ces photoablations prolates perdent quant à elles un peu en précision ; certains chirurgiens préfèrent ne la réaliser que d'un seul côté afin de garantir l'emmétropie sur un œil, d'autres préfèrent réaliser ces photoablations hyperprolates sur les deux yeux.

- La correction totale de l'astigmatisme préopératoire est indispensable sur l'œil dominant (de loin) afin d'augmenter au maximum les performances visuelles de loin. Un petit astigmatisme résiduel sur l'œil dominé de près est moins important.

- La recherche d'une forte asphéricité dans le cadre d'un traitement hypermétropique supérieur à 2 D est en général inutile car les traitements standard sont déjà source d'une très forte hyperprolativité alors que la modification de celle-ci va être source d'imprécision réfractive.

Les systèmes commerciaux disponibles

Tous les systèmes commerciaux sont basés sur le même principe d'hyperprolativité même si certains intègrent d'emblée une petite monovision alors que d'autres justifient leur efficacité par une hyperprolativité bilatérale sans aucune monovision.

Le traitement Schwind®

Il s'agit aussi d'un traitement hyperprolate moins connu en France mais basé sur les mêmes principes. C'est le seul traitement payant à la procédure de cette compagnie.

Le traitement TecnoLas Perfect Vision®

Il prend le nom de Supracor®. Il s'agit d'une ablation en couronne hyperprolate autour de la pupille censée corriger une très faible hypermétropie. Il s'agit d'un système automatisé initialement prévu chez le faible hypermétrope dont les indications semblent s'élargir au myope. La reconnaissance irienne est utilisée pour le centrage et le repérage de l'angle kappa. Il s'agit d'une chirurgie bilatérale initialement prévue sans monovision.

Le traitement Visix®

Il s'adresse lui aussi à de faibles hypermétropes et a l'ambition de corriger en même temps les aberrations optiques préopératoires et ce par le couplage à un *wavefront* préopératoire ainsi qu'à une association à un contrôle de la cyclotorsion.

Le traitement Zeiss®

Est aussi appelé *Blended Vision*®. Il s'agit d'une procédure entièrement automatisée associant hyperprolativité et petite monovision. La notion de *blended vision* définit la superposition d'une zone de vision intermédiaire de bonne vision supposée des deux yeux.

Le traitement Wavelight®

Par le biais du logiciel F-CAT®, il permet de modifier à volonté l'asphéricité cornéenne et ce pour tous les traitements réfractifs. Il n'est pas automatisé et demande la compensation d'un shift réfractif parfois difficile à évaluer. Ce traitement bénéficie de l'excellente qualité reconnue du traitement hypermétropique.

Chirurgie intraoculaire multifocale

Damien Gatinel

Si l'objectif premier de la chirurgie de la cataracte est de rétablir la transparence des milieux oculaires par un implant de cristallin artificiel, la restitution d'une indépendance relative à la correction en lunettes ou lentilles occupe une place croissante dans la stratégie opératoire.

Les implants multifocaux ont été développés pour répondre au besoin de voir à la fois de loin et de près sans lunettes après la chirurgie : ils permettent l'induction simultanée d'une vision utile de loin et de près sur chaque œil, grâce une propriété optique distinctive : la multifocalité.

L'avantage de cette approche est de permettre une vision plus « symétrique » et de préserver la vision de loin sur l'œil non dominant (contrairement à la monovision). Son principal inconvénient est de réduire la qualité optique de l'œil opéré pour la vision de loin (une partie de la lumière incidente étant dirigée vers le foyer de près, le stigmatisme est dégradé).

La multifocalité peut être introduite par une chirurgie cornéenne : lasik, PKR (photokératectomie réfractive), incisions relaxantes concentriques intrastromales (Intracor®, Technolas, Perfect Vision AG). Si les techniques de chirurgie multifocales cornéennes utilisées pour le presbylasik découlent d'observations empiriques et sont basées sur l'induction d'un profil cornéen asphérique, le design optique des implants multifocaux pseudophakes est bien codifié. Deux catégories d'implants multifocaux sont disponibles : les implants réfractifs et les implants diffractifs.

La multifocalité des implants repose sur deux principes

- Le principe réfractif : le principe de multifocalité réfractive vise à accroître la profondeur de champ, qui est définie comme l'intervalle de distance où, en l'absence d'accommodation, il est possible de discerner une cible sans déperdition notable de la qualité de l'image perçue. La puissance focale de l'optique multifocale réfractive varie de manière continue entre les zones spécifiquement dédiées à la vision de près et celles dédiées à la vision de loin.

- Le principe diffractif : une optique diffractive est équivalente à la combinaison d'une optique monofocale et d'un réseau diffractif, fait d'anneaux concentriques dont l'espacement est conditionné par le degré d'addition souhaité. Le réseau diffractif dévie une partie de la lumière incidente vers un ou deux foyers additionnels utiles pour qu'une partie de la lumière émise par des sources rapprochées soit focalisée sur la rétine.

Les implants multifocaux réfractifs et diffractifs ont des points communs

Tous les implants multifocaux divisent l'énergie lumineuse incidente en plusieurs foyers

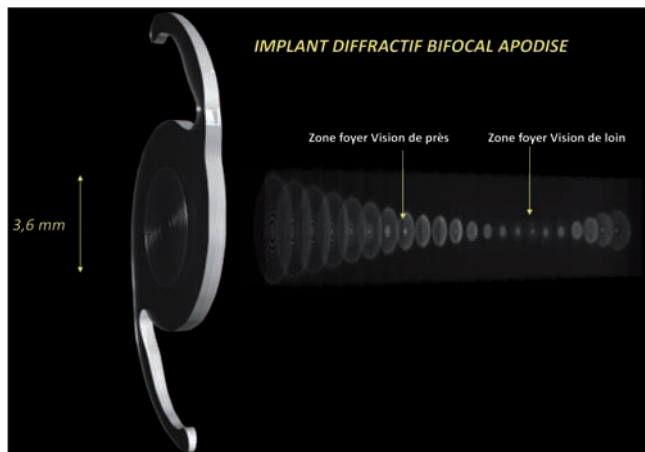
Cette division est assurée par l'existence de zones réfractives spatialement distinctes par les optiques réfractives et par les marches du réseau diffractif pour les optiques diffractives. La répartition de l'énergie entre les foyers est contrôlée par l'étendue de la surface dédiée pour chaque zone réfractive (implants réfractifs) et par la hauteur de marche pour les implants diffractifs.

Le stigmatisme est dégradé

Le stigmatisme est la capacité d'un système optique à former d'une source ponctuelle une image (quasi) ponctuelle. Stigmatisme et multifocalité sont antinomiques : quel que soit le principe mis en jeu pour obtenir une multi-

Fondation Rothschild, CEROC, Paris.

focalité, le stigmatisme est dégradé. En effet, le dispositif multifocal induit nécessairement la projection sur la rétine de rayons issus de cibles situées à des distances différentes (figure 1). Le processus cognitif visuel d'intégration de l'image doit permettre de s'habituer à la perte de netteté, qui est le corollaire inévitable de l'augmentation de la profondeur de champ. Cette intégration est certainement favorisée dans certains cas par la dynamique pupillaire et/ou une répartition énergétique généralement favorable au foyer de loin.



© D. Gatinel

Figure 1. Reconstitution du recueil de l'intensité lumineuse focalisée et diffractée par l'implant diffractif après recueil par une caméra CCD dans différents plans situés après l'implant. Le foyer de près et le foyer de loin ont un stigmatisme dégradé par la lumière défocalisée (celle, convergente, allant au foyer de loin pour le foyer de près, et celle, divergente, venant du foyer de près pour le foyer de loin).

L'information délivrée au patient doit insister sur le risque de halos lumineux nocturnes et la nécessité d'éclairer convenablement l'ouvrage lu. Lors de l'entretien préopératoire, il faut recueillir et bien comprendre les souhaits exprimés par les patients, leur mode de vie (sédentaire ou actif, loisirs, conduite automobile, etc.) et apprécier leur distance de vision (de près, et en intermédiaire) et leur mode de lecture (livres, tablettes tactiles, écrans informatiques, etc.). De ces éléments dépend en partie le choix du type d'implant multifocal.

Les implants multifocaux diffractifs sont tous asphériques afin d'augmenter la qualité du foyer dédié à la vision de loin. Leurs marches diffractives font l'objet d'un traitement particulier pour certains (lissage : implant AcriLisa®, convolution : implant FineVision®, profil diffractif amélioré : implant Tecnis multifocal®). Certains implants réfractifs (Mplus®, MFlex®) et diffractifs (AcriLisa®, Restor®) existent en version torique pour les patients qui présentent un astigmatisme cornéen régulier prononcé.

Les implants multifocaux sont commercialisés à un prix plus élevé que leurs homologues monofocaux

Les implants multifocaux et toriques sont plus chers que les implants monofocaux non toriques. Le « surcoût » lié au choix d'un implant « premium » est généralement à la charge du patient.

Conditions pour une implantation multifocale efficace et bien tolérée

Le partage lumineux est un compromis qui nécessite pour être efficace certaines conditions. Un calcul biométrique précis, la gestion d'un astigmatisme cornéen, une chirurgie non compliquée sont nécessaires pour garantir le succès clinique de ces implants.

Le calcul biométrique devra être accompli avec soin, en utilisant la formule la plus adaptée à l'œil opéré. L'obtention de l'emmétropie est impérative ; il est recommandé d'informer le patient de la possibilité d'un ajustement réfractif postopératoire (ex : lasik ou PKR).

Une toricité cornéenne importante, responsable d'un astigmatisme régulier supérieur à 0,75 D doit être neutralisée par une chirurgie photoablatrice ou incisionnelle conjointe, ou par l'insertion d'un implant multifocal torique.

La qualité optique du dioptré cornéen ne doit pas être dégradée : l'interrogatoire et l'examen doivent systématiquement rechercher une sécheresse oculaire, et le recours systématique à la réalisation d'une topographie cornéenne avec calcul des aberrations cornéennes de haut degré est fortement conseillé en préopératoire.

L'existence d'une pathologie oculaire menaçant l'intégrité de la fonction visuelle (maculopathie, neuropathie optique glaucomateuse ou non, amblyopie, etc.) fournit un contexte clinique peu favorable à la pose d'une optique multifocale. En cas de doute, certains examens pourront compléter le bilan préopératoire : exploration rétinienne (OCT), champ visuel, etc.

La survenue d'une complication peropératoire susceptible de provoquer un décentrement et/ou un tilt de l'implant en postopératoire doit faire reconsidérer le choix d'une optique multifocale et opter pour son remplacement par une optique monofocale.

Différences entre les optiques réfractives et diffractives

Dépendance au jeu pupillaire

Les implants réfractifs présentent des zones concentriques continues de puissance variable (figure 2), alors que les implants diffractifs sont équipés d'un réseau de pas diffractifs destiné à dévier une partie de la lumière réfractée vers le foyer de près.

Les implants réfractifs sont donc par essence « pupille-

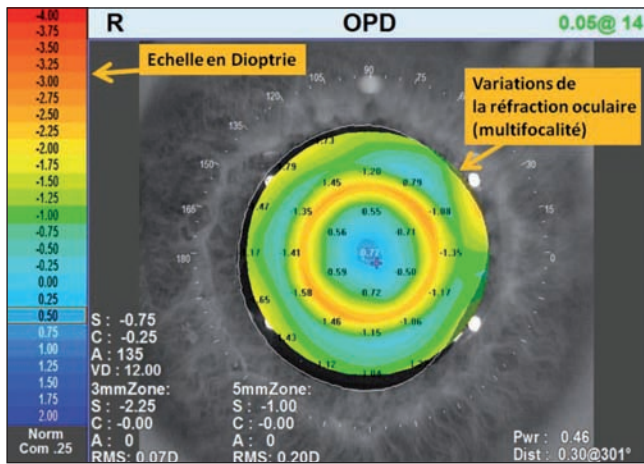


Figure 2. Carte de vergence (topo-aberrromètre OPD SCAN III, Nidek) mesurée chez un patient ayant reçu un implant multifocal réfractif. Noter la zone annulaire (couleurs chaudes) correspondant à l'addition pour la vision de près et la vision intermédiaire. Les variations de réfraction dans l'aire pupillaire sont le corollaire de la multifocalité induite par l'implant.

dépendant » puisque le pourcentage de répartition entre les différents foyers varie en fonction de la surface optique exposée par le jeu pupillaire. La répartition spatiale des zones réfractives (loin/près) peut être à symétrie de révolution (implant Rezoom®, implant iSii®) ou en « secteurs » (implant Mplus®). L'existence d'un raccord « lisse » entre les zones dédiées à la vision de loin et à la vision de près favorise naturellement l'existence d'un foyer dédié à la vision intermédiaire.

Les optiques diffractives non apodisées (AcryLisa®, Tecnis multifocal®) sont non pupille-dépendantes : le pourcentage de répartition de l'intensité lumineuse entre

les foyers est constant quel que soit le pourcentage de surface oculaire exposé (ex : 50 % pour le foyer de loin, 30 % pour le foyer de près, le reste étant diffracté dans des ordres non utiles pour la vision).

Les optiques diffractives apodisées (Restor®, Fine-Vision®) sont en revanche pupille-dépendantes : la réduction progressive vers la périphérie de l'optique des marches diffractives augmente le pourcentage d'énergie alloué à la vision de loin. Au fur et à mesure que la surface optique utilisée augmente (en conditions mésopiques, avec la dilatation pupillaire), la vision de loin est favorisée par l'augmentation progressive de l'énergie lumineuse dédiée à ce foyer.

Vision intermédiaire

Tous les implants multifocaux comportent un foyer dédié à la vision de loin et un foyer à la vision de près. Les implants diffractifs bifocaux (Restor®, AcryLisa®, Tecnis Multifocal®, etc.) se limitent à cette répartition bimodale, alors que les implants réfractifs et les implants diffractifs trifocaux (FineVision®) comportent un foyer « utile » pour la vision intermédiaire. L'utilisation implants diffractifs bifocaux est classiquement déconseillée au profit des implants multifocaux réfractifs et diffractifs trifocaux chez les patients qui utilisent beaucoup la vision intermédiaire.

Exploration aberrométrique *in vivo*

La multifocalité de type réfractif est compatible avec la réalisation d'une exploration aberrométrique fiable. En revanche, l'interprétation des examens aberrométriques des yeux ayant été implantés avec une optique multifocale diffractive est sujette à certaines précautions. Si la présence d'un astigmatisme régulier ou d'aberrations

optiques de haut degré peut être estimée pour la vision « de loin », il n'est pas possible d'estimer de manière exhaustive la qualité optique de l'image rétinienne. Contrairement à la lumière visible, la lumière infrarouge utilisée par les aberromètres pour « sonder » les yeux opérés munis d'implants diffractifs est faiblement diffractée vers le foyer de près, ce qui conduit l'instrument à « surestimer » la qualité optique du foyer de loin.

Matériau et taille d'incision

Comme pour les optiques monofocales, les matériaux utilisés pour la réalisation de ces implants peuvent être hydrophiles ou hydrophobes, munis de filtre de lumière bleue, et être injectés au travers d'incisions comprises entre 1,8 et 2,4 mm.

Avec quels patients choisir la multifocalité ?

L'ensemble des études publiées montre que, lorsque ces implants sont choisis à bon escient, chez des patients dépourvus de contre-indications, bien informés et présentant une attente réaliste, les résultats cliniques sont très satisfaisants, et l'indépendance à la correction optique bien supérieure à ce que l'on observe après implantation monofocale emmétropisante bilatérale. Comme souvent en chirurgie ophtalmologique réfractive, les bons candidats font les bons résultats ; les effets indésirables (halos nocturnes, vision parfois moins contrastée) sont le plus souvent bien tolérés.

Au vu des résultats publiés, et de l'enthousiasme manifesté par certains patients ayant reçu des implants multifocaux et opérés avec succès, il serait certainement regrettable pour un chirurgien de la cataracte d'ignorer la gamme de plus en plus étendue des optiques multifocales. Pour des raisons essentiellement technologiques, les implants multifocaux ont été introduits après les implants monofocaux. Face aux innovations médicales, l'adoption immédiate sans esprit critique ne vaut guère mieux que le rejet absolu dicté par un conservatisme excessif. Il faut ainsi se garder de tout dogmatisme et considérer ces implants comme une solution efficace au souhait de ne pas dépendre d'une correction optique après chirurgie, en l'absence de contre-indication à leur pose.

S'il n'apparaît pas légitime de refuser la pose de ce type d'implant chez un patient demandeur et bon candidat, il n'est naturellement pas recommandé d'en faire un choix systématique ou de première intention. La monovision est une alternative intéressante chez les patients myopes, ou qui ont une expérience positive avec la monovision (correction antérieure en lentilles de contact avec monovision, etc.).

Enfin, l'expérience prolongée avec ces implants multifocaux en pratique chirurgicale esquisse un élément pronostique important : plus la vision est dégradée par la cataracte et/ou une forte amétropie en préopératoire, plus les chances d'acceptation du compromis optique inhérent à la multifocalité sont élevées. De par l'absorption lumineuse (réduction de la transparence) et l'augmentation de la diffusion lumineuse liées à la présence d'opacités, la qualité optique d'un cristallin cataracté est bien moindre que celle d'un implant multifocal : la quantité de lumière transmise et bien focalisée sur la rétine par un cristallin opacifié est rapidement moindre que celle apportée par une optique multifocale. Ainsi, un patient atteint de cataracte nucléaire qui a vu sa vision de près s'améliorer grâce à la survenue d'une myopie d'indice, est un bon candidat à l'implantation multifocale s'il présente un désir de réduire sa dépendance à la correction optique de loin et de près : les effets négatifs de la multifocalité seront largement contrebalancés par le gain induit par la restauration d'une transparence des milieux et la diminution de la diffusion lumineuse « anarchique ». *A contrario*, les patients emmétropes et dont le cristallin n'est pas ou peu opacifié sont certainement plus difficiles à satisfaire car plus sensibles à une éventuelle dégradation de la qualité optique.

Conclusion

Les implants multifocaux représentent une alternative séduisante à l'implantation monofocale chez les patients désireux de minimiser leur dépendance à la correction optique en postopératoire. La qualité du résultat obtenu dépend du respect des contre-indications, de la qualité de la chirurgie et du choix judicieux de la stratégie multifocale.

Pour en savoir plus

Gatinel D, Pagnouille C, Houbrechts Y, Gobin L. Design and qualification of a diffractive trifocal optical profile for intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(11):2060-7.

Gatinel D. Optical performance of monofocal versus multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(11):1817-8.

Kim MJ, Zheleznyak L, Macrae S *et al.* Objective evaluation of through-focus optical performance of presbyopia-correcting intraocular lenses using an optical bench system. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(7):1305-12.

Madrid-Costa D, Cerviño A, Ferrer-Blasco T *et al.* Visual and optical performance with hybrid multifocal intraocular lenses. *Clin Exp Optom* 2010;93(6):426-40.

Visser N, Nuijts RM, de Vries NE, Bauer NJ. Visual outcomes and patient satisfaction after cataract surgery with toric multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(11):2034-42.

Inlays intracornéens pour la correction de l'hypermétropie

Laurent Laroche

Les inlays intracornéens, ou lentilles intracornéens alloplastiques, ont été proposés dès 1949 par J.I. Barraquer afin de modifier le pouvoir réfractif cornéen dans le but de corriger certaines amétropies (kératophakie synthétique ou alloplastique). Ce dernier avait mis en évidence la relation existant entre l'épaisseur de la cornée et son pouvoir réfractif. Ceci est la base théorique de la chirurgie réfractive lamellaire dont le kératomi-*leusis*, puis la PKR et le lasik sont les développements.

Un concept séduisant mais avec des premières tentatives infructueuses

L'idée de procéder par addition intracornéenne et non par soustraction tissulaire, comme c'est le cas pour la PKR ou le lasik, est incontestablement séduisante. En effet, ce qui a été ajouté peut faire l'objet d'un contrôle de qualité, est reproductible, et, théoriquement, parfaitement réversible.

Toutefois, pendant plusieurs décennies, les tentatives d'implantations intrastromales de matériaux synthétiques ont été des échecs car les matériaux implantés étaient totalement (verre flint, plexiglass) ou partiellement imperméables (la plupart des hydrogels dérivés de la contactologie) à l'eau, aux électrolytes et aux métabolites cornéens. Il en résulta des phénomènes de fibrose stromale, dépôts cornéens, néovascularisation, voire nécrose stromale et expulsion de l'implant. De plus, beaucoup de matériaux hydrophiles avaient la fâcheuse tendance à se déplacer secondairement, en « glissant » sur le stroma cornéen. La pose de ces lentilles hydrophiles se faisait au centre du lit stromal cornéen découpé au microkératome.

Un premier pas avec l'arrivée des segments d'anneaux

Le biomatériau utilisé pour un inlay ne doit pas interrompre les flux postéro-antérieurs hydriques et métaboliques cornéens (essentiellement glucose) ni les flux antéro-postérieurs (l'oxygène). Le pH, l'osmolarité, la pression de gonflement du stroma cornéen (*stromal swelling*)

doivent être respectés et ne doivent pas compromettre la stabilité dimensionnelle du matériau implanté dans la cornée.

Le concept d'inlay intracornéen a connu un engouement certain grâce aux segments d'anneaux en PMMA (intacs, Kerarings, anneaux de Ferrara). Dans ce cas, l'anneau, de faible largeur n'entrave pas gravement le métabolisme cornéen, à condition d'être implanté profondément. En effet, les flux métaboliques postéro-antérieurs peuvent contourner l'anneau en profondeur de part et d'autre de celui-ci et se rejoindre dans le stroma antérieur. Tel n'est pas le cas pour un lentille, car son diamètre est plus large qu'un anneau et, surtout, il doit être implanté suffisamment antérieurement pour déformer efficacement la surface cornéenne. Un lentille implanté profondément indente la cornée dans la chambre antérieure et est dénué de pouvoir optique, à moins d'avoir un indice de réfraction élevé.

C'est pourquoi, après quelques tentatives infructueuses dans les années 60, un bref regain d'intérêt se manifesta pour les lentilles dans les années 80 pour finalement n'aboutir à des études cliniques enrôlant plusieurs centaines de patients seulement ces toutes dernières années.

Le passage aux inlays intracornéens

Un lentille intracornéen (*corneal inlay*) peut modifier la puissance réfractive de la cornée de plusieurs façons :

- par modification de l'indice de réfraction du stroma. L'addition d'un matériau indice de réfraction plus élevé que celui de la cornée ($n = 1,376$) est en théorie optiquement active. L'utilisation de ces matériaux (tels les polysulfones $n = 1,633$) a été abandonnée car en pratique ils sont

CHNO des Quinze-Vingts, Paris

impermeables aux métabolites, et entraînent une nécrose cornéenne antérieure ;

- la modification du rayon de courbure de la face antérieure de la cornée par l'implantation de lentilles en hydrogel est réalisable à la condition que ceux-ci soient perméables aux petites et moyennes molécules ainsi qu'à l'oxygène, et parfaitement biocompatibles dans cette application ;
- un troisième type de lentille a récemment fait son apparition en jouant non pas sur la modification du rayon de courbure cornéen mais sur l'effet de trou sténopéique augmentant la profondeur de champ au niveau de l'œil dominé.

Les fabricants de lentilles se sont détournés de la correction des fortes amétropies sphériques ou cylindriques ne pouvant être corrigés par le laser, pour au moins deux raisons :

- la première est sans doute qu'il s'agit d'un marché beaucoup moins vaste que celui de la presbytie,
- la deuxième est qu'en se concentrant sur le marché de la presbytie, il n'est besoin d'utiliser que des lentilles de très petite taille, c'est-à-dire entravant beaucoup moins les flux métaboliques intracornéens et donc n'ayant pas besoin d'être soumis aux mêmes exigences de biocompatibilité que le seraient des implants de large diamètre.

Les inlays actuels

Actuellement, on trouve trois types d'implants intracornéens réalisant une kératophakie synthétique spécifiquement conçus pour corriger la presbytie. Ils sont implantés en monoculaire dans la cornée de l'œil dominé. Ils se proposent d'être une alternative avantageuse à la monovision, en altérant moins la vision de loin de cet œil dominé.

L'implant Flexivue Microlens®

(Presbia, Los Angeles, California, USA) (figure 1)

Il s'agit d'un implant intracornéen bifocal réalisé dans un polymère hydrophile, mesurant 3 mm de diamètre et 15 à 20 µm d'épaisseur. Il est implanté dans l'œil non dominant à une profondeur d'environ 280 à 300 µm au sein d'une poche intrastromale créée au laser femtoseconde. La zone centrale n'a pas de puissance réfractive alors que la périphérie a une addition positive corrigeant

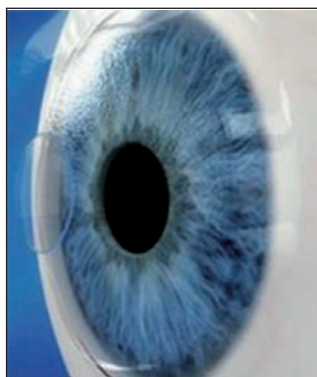


Figure 1. Dessin d'un implant Flexivue Microlens® dans la cornée.

en théorie +2,5 à +3,5 dioptries de presbytie. Sur une série de quinze yeux présentée à l'AAO en 2011, plus de 90 % des patients ont cessé d'utiliser des lunettes pour la lecture.

L'implant Vue+™

(ReVision Optics Inc., Lake Forest, California, USA)

(figure 2)

Anciennement appelé PresbyLens, c'est un lentille en hydrogel de 2 mm de diamètre, implanté sous un capot cornéen d'environ 120 à 130 µm d'épaisseur. Cet inlay génère un bombement cornéen central de 2 à 3 mm qui, grâce au jeu pupillaire, entraînerait une pseudo-accommodation, améliorant la vision de près et la vision intermédiaire. On conçoit que les problèmes de centrage du lentille sont d'autant plus importants que le diamètre est petit. C'est pourquoi ReVision Optics a augmenté le diamètre de son implant de 1,5 à 2 mm. Une étude multicentrique est en cours.

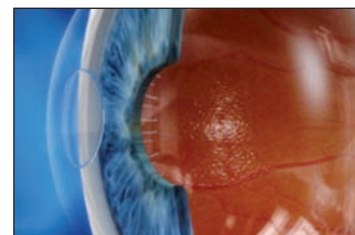


Figure 2. Dessin d'un implant Vue+™

Ce lentille succède à l'inlay PermaVision™ (Anamed Inc., puis ReVision Optics Inc.), en hydrogel à haute teneur hydrique (78 %), d'un diamètre de 5 à 6 mm, d'une épaisseur de 15 à 45 µm, placé sous un capot cornéen de 120 à 180 µm. Plusieurs publications ont rapporté des résultats contrastés, en raison de l'imparfaite biocompatibilité. Bien des implants ont dû être retirés en raison de l'opacification de l'inlay (inflammation et activation kératocytaire), décentrement, astigmatisme, mauvaise qualité visuelle, voire extrusion spontanée.

L'implant Kamra™ (AcuFocus Inc, USA) (figures 3 et 4)

Anciennement appelé AcuFocus Corneal Inlay ACI 7000, cet implant est, dans sa forme actuelle, un implant opaque (de couleur noire) de 5 µm d'épaisseur et 3,8 mm de diamètre, avec une ouverture centrale de 1,6 mm. Il est fait en polyvinylidène fluorure rendu opaque par des nanoparticules de carbone. Il est percé dans sa partie périphérique de 8 400 micro-perforations réalisées au laser afin de permettre le



Figure 3. Implant Kamra™ seul et comparé à une lentille de contact.

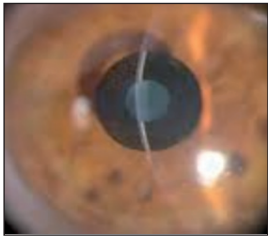


Figure 4. Implant Kamra™ dans la cornée.

passage des flux métaboliques dans le stroma cornéen, et permet la transmission d'environ 5 % de lumière visible à ce niveau. Son mode de fonctionnement est original puisqu'il ne joue pas sur la modification du rayon de courbure cornéen mais sur l'effet de trou sténopéïque, permettant une monovision avec l'équivalent d'une puissance

accommodative d'environ +2,5 dioptries. Sur une série publiée de 32 patients avec un suivi supérieur à deux ans, chez des emmétropes presbytes, il a été constaté un bénéfice visuel chez 30 patients.

Conclusion

Les lentilles intracornéennes synthétiques permettent une modification de la puissance cornéenne grâce à une technique d'addition totalement réversible, en l'absence de complication. Ils représentent une alternative séduisante et prometteuse aux techniques de presbylasik, Intracor, échange de cristallins, etc. L'utilisation du laser femtoseconde pour la découpe intracornéenne permet de penser que les décentrement initiaux ou secondaires des inlays seront moins fréquents que par le passé. L'apparition secondaire et parfois même très retardée de complications liées à l'entrave du métabolisme cornéen,

comme celles observées avec les précédentes générations, ne peut être exclue. C'est dire la nécessité d'une biocompatibilité optimisée pour ces inlays implantés dans la zone centrale de la cornée. Des études prospectives bien menées et prolongées préciseront les possibilités et les limites des lentilles intracornéennes synthétiques.

Pour en savoir plus

Dexl AK, Seyeddain O, Riha W *et al.* Reading performance after implantation of a small-aperture corneal inlay for the surgical correction of presbyopia: Two-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:525-31.

Laroche L. Lentilles intracornéennes synthétiques. *Ophthalmologie* 1992;6:255-61.

Petroll WM, Goldberg D, Lindsey SS *et al.* Confocal assessment of the corneal response to intracorneal lens insertion and laser in situ keratomileusis with flap creation using IntraLase. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1119-28.

Saelens IE, Bleyen I, Hillenaar T *et al.* Long-term follow-up of hydrogel intracorneal lenses in 2 aphakic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:2200-3.

Verity SM, McCulley JP, Bowman RW *et al.* Outcomes of PermaVision intracorneal implants for the correction of hyperopia. *Am J Ophthalmol* 2009 ;147:973-7.

Watsky MA, McCarey BE, Beekhuis WH. Predicting refractive alterations with hydrogel keratophakia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1985;26:240-3.

Yilmaz OF, Alagöz N, Pekel G *et al.* Intracorneal inlay to correct presbyopia: Long-term results. *J Cataract Refract Surg* 2011 Jul;37(7):1275-81.

Les applications du laser femtoseconde

Dan Alexandre Lebuissou

Le laser femtoseconde est un outil de coupe et de découpe des tissus oculaires. Nous éclairons les principales applications actuellement utilisables. Les débats sur le prix de l'appareil étaient, sont et seront un carrefour de préoccupations mais qui manifestement ne freinent pas les dispositifs innovants et/ou aidés.

En 2004, le laser femtoseconde a fait une entrée fracassante en ophtalmologie chirurgicale. L'application première était la création d'un volet cornéen dans des conditions techniques considérablement plus fiables et plus sûres qu'avec les procédés mécaniques. Depuis, les applications se multiplient simultanément à l'augmentation constante du parc de dispositifs. Le laser femtoseconde est le bistouri cornéen idéal, prémisse des futures robotisations.

Le principe d'action du laser femtoseconde

Le mécanisme consiste à faire passer très rapidement par ionisation la matière de l'état basal à l'état plasma

Il s'agit d'un laser à haute densité agissant en infrarouge avec une longueur d'onde variant entre 1 030 nm et 1 060 nm. Une impulsion femtoseconde ou ultrabrève est une oscillation sinusoïdale propagative du champ électromagnétique (de fréquence éventuellement variable dans le temps), modulée en amplitude par une enveloppe dont la durée caractéristique est petite. Ce laser crée une photodisruption par cavitation avec une fréquence de pulse ultracourte (unité femtoseconde : 10^{-15} seconde). Les mini-spots, d'espacement variable, se rejoignent au sein du stroma cornéen et créent une incision linéaire sans effet thermique ni onde de choc. Les lasers femtoseconde présentent donc une combinaison unique d'impulsions très courtes, de spectre large et de puissance crête élevée.

Il n'y a aucune ablation de tissu mais des microdissections intralamellaires par la création et l'expansion de bulles de cavitation mixant l'eau et le dioxyde de carbone qui séparent les lamelles de stroma cornéen. Des ponts tissulaires persistent entre les différentes bulles de cavitation. Il existe donc un certain degré de rugosité dépendant principalement de l'énergie des spots.

Plus celle-ci sera faible, plus la bulle d'expansion et par conséquent les ponts tissulaires résiduels seront petits.

Délivrance d'énergie et taille des spots (figure 1)

La propriété d'expansion des bulles de cavitation permet d'espacer les spots. Plus les spots sont petits, plus la découpe est précise et la surface stromale régulière, mais la contrepartie est la nécessité d'augmenter le nombre de spots pour couvrir une surface équivalente, d'où une augmentation de l'énergie délivrée et du temps de traitement. Plus l'énergie délivrée est faible, moins il y a de bulles de cavitation. La réduction du volume des spots se fait par l'élargissement de l'ouverture numérique des optiques de focalisation à la sortie du laser et la réduction de la distance focale.

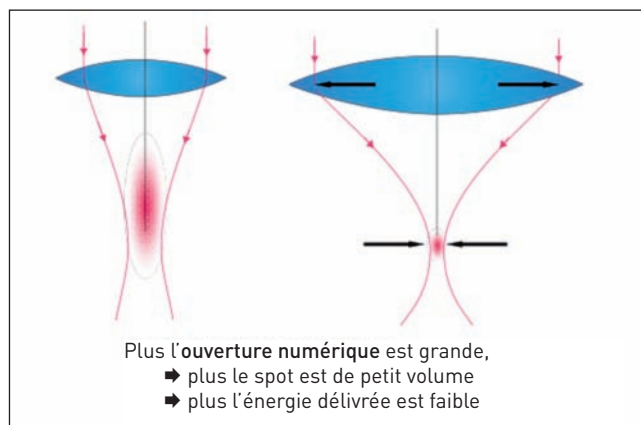


Figure 1. Seuil d'énergie et taille du spot en fonction du diamètre de délivrance.

Le laser femtoseconde, outil de découpe de la cornée

L'application historique est le volet superficiel cornéen du lasik

Le laser femtoseconde découpe la cornée sans aucune action mécanique et permet le concept « tout laser » pour le lasik :

- le centrage est sans erreur, car il s'effectue avant de découper et sous contrôle visuel,
- la découpe est paramétrée et donc fiable,
- la découpe est homogène et congruente,
- la berge avec un laser moderne peut avoir une obliquité ajustable,
- le système est indépendant des dimensions du globe oculaire,
- la précision obtenue est bien plus importante,
- les aléas liés à la lame ou au geste sont éliminés,
- les complications sont extrêmement rares,
- les aberrations induites par la découpe sont plus faibles,
- le risque biologique (infection) est abaissé,
- la coupe est fine et ajustable,
- le risque de déplacement et de plis est considérablement réduit,
- la stabilité du résultat est renforcée,
- la prédictibilité est excellente,
- le taux de retouche est diminué,
- les indications sont élargies,
- même en cas de pseudo-succion, la reprise immédiate est possible et sans danger en conservant le même cône d'aplanation,
- les inconvénients du femtoseconde sont d'une part le coût et, d'autre part, un soulèvement du volet plus délicat qu'avec un microkératome.

À l'heure actuelle, plusieurs dispositifs médicaux sont proposés, mais l'IFS d'Abbott représente 95 % du parc.

Le volet Intralase (AMO-Abbott) (figure 2)

Il est actuellement le plus diffusé avec plus de 1 200 lasers installés dans le monde et plus de 3 millions de procédures réalisées.

Le dernier modèle (cinquième génération) possède une fréquence de 150 kHz, ce qui permet une découpe d'un volet de 9 mm en moins de 12 secondes. Ce gain de temps a surtout l'intérêt de réduire le risque de lâchage de la succion. La réaction inflammatoire est moindre, le plan



Figure 2.
Intralase
(AMO-Abbott).

de découpe est très lisse et le confort patient est, bien entendu, majoré. Il s'agit du pionnier en matière de capot femtoseconde. Il n'y a plus de microscope, tout se fait sur écran de visualisation. Chaque chirurgien affiche les paramètres désirés. Par exemple, il est de plus en plus fréquent de créer un biseau inverse de façon à limiter le risque de déplacement. Le volet peut être ovale, la charnière est déplaçable.

Son fonctionnement repose sur l'utilisation d'un cône d'aplanation (à usage unique) calibré qui permet de créer une surface de contact parfaitement plane (définissant le point zéro) et assurant une parfaite régularité et uniformité de découpe. La pression n'est pas importante (environ 30-40 mmHg). Le laser propose l'option « poche d'évacuation des gaz », mais si elle n'est pas employée, le diamètre peut être plus élevé.

Le laser découpe en partant de midi et en ligne puis fend la berge. La découpe est sous contrôle de la vue et se déroule à une profondeur affichable au micron. Comme le cône s'appuie sur la sclère, il peut exister de petites ecchymoses sous-conjonctivales anodines mais visibles.

Le volet LDV Da Vinci (Zimmer)

C'est un laser proposé comme mobile à son lancement. Effectivement, il n'est pas encombrant. Ce laser n'est pas amplifié et travaille avec une forte ouverture numérique (taille des spots de 1 μ m) et une fréquence de tir de 1 MHz. Son inconvénient principal est l'absence de contrôle de la vue de la découpe. Il autorise des volets de 140 à 90 μ m selon le pack. L'énergie délivrée est peu importante, les spots se superposent en partie, ce qui explique une certaine lenteur.

Le volet Wavelight FS 200 (Alcon) (figure 3)

Son système d'aplanation est proche de celui du laser femtoseconde d'Abbott. Il fonctionne à une fréquence de 200 kHz permettant la réalisation d'un volet en 10 secondes. Le centrage est réglable après application de la succion. Il autorise aussi des coupes proches de celles de l'épilasik.

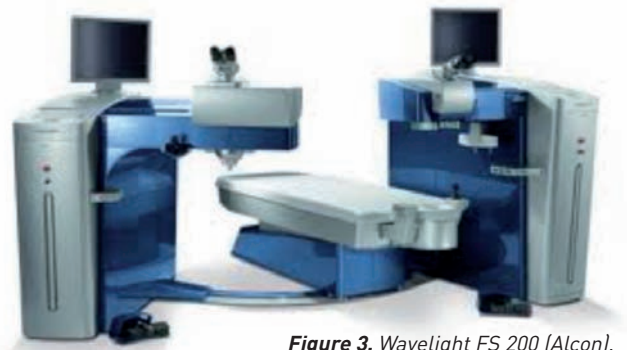


Figure 3. Wavelight FS 200 (Alcon).

Le volet Visumax (Zeiss) (figure 4)

Le Visumax est une très grande machine au beau design. Ce laser se dispense d'anneau. L'interface de contact est sphérique et en verre. La fixation s'effectue sur la cornée et non sur la sclère avec un dispositif disponible en trois tailles afin de s'adapter sur la cornée en exerçant une faible pression par une aplanation minimale. Dès lors, et contrairement à l'IFS, la vue persiste et le patient peut fixer la mire, alors que la succion est contrôlée en peropératoire par le laser. En revanche, la durée de découpe est un peu plus lente et dépend de l'énergie.

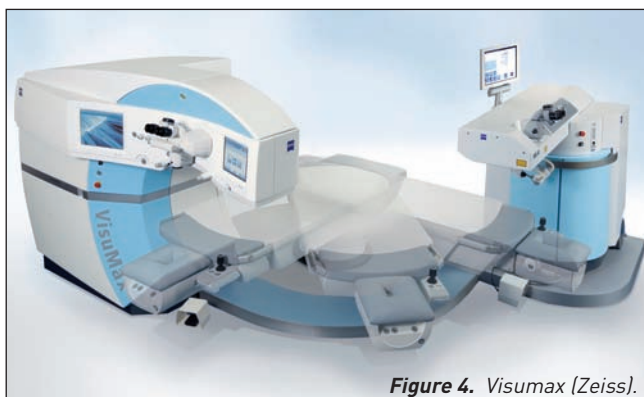


Figure 4. Visumax (Zeiss).

Le volet Technolas (figure 5)

Le FS520 est un laser apparu simultanément au modèle IntraLase, mais il a été freiné par des options moins étendues et une plus grande lenteur. La génération actuelle a gommé ces inconvénients et le futur modèle sera probablement encore plus performant. Sa technologie de découpes en spirale à travers un verre concave conservant la forme sphérique de la cornée, sans compression ni aplanation, est séduisante, mais moins celle à mettre en place que celles des autres lasers. Les spots ont un diamètre de 5 µm. La fréquence étant de 80 kHz, la durée de découpe est plus longue.



Figure 5. Technolas.

Les applications réfractives directes

Myopie

Le Visumax est en tête avec des procédés nommés Relax et Smile, le Flex (*femtosecond lenticular extraction*) pouvant corriger jusqu'à -7 D de myopie et des astigmatismes jusqu'à 4 D. Le traitement comporte alors quatre incisions successives : la découpe de la face postérieure du lenticule réfractif, le bord du lenticule, la face antérieure du lenticule, et enfin la découpe centripète du volet puis de son bord (figure 6). Le volet est ensuite soulevé et le lenticule retiré. Les résultats sont très prometteurs avec 40 % de patients à $\pm 0,5$ D de l'emmétropie et 90 % à ± 1 D.

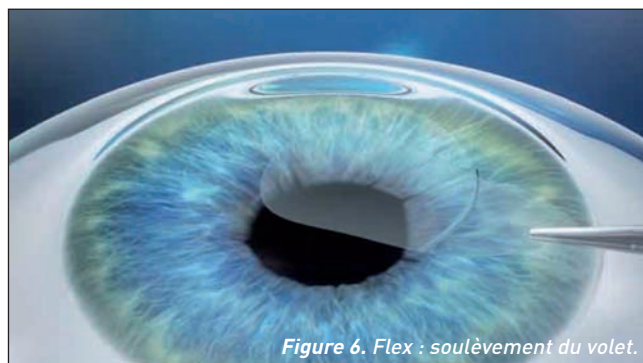


Figure 6. Flex : soulèvement du volet.

Presbytie

Le FS520 dispose d'un module Intracor (*intra corneal stromal correction*) qui est un traitement incisionnel concentrique de cinq anneaux autour d'une petite zone optique centrale (figure 7). Ce traitement ultrarapide compense la presbytie de patients peu hypermétropes. L'analyse *wavefront* témoigne de l'aspect multifocal de la cornée, de la diminution du défocus sur le versant myopique et confirme l'augmentation de la profondeur de champ liée à l'élévation de l'aberration sphérique. Habituellement, le seul œil opéré est le dominé. Le taux de retraitements est d'environ 10-15 %.

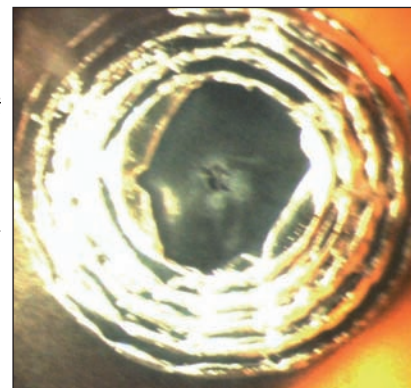


Figure 7. Incisions concentriques de l'Intracor.

Une seconde option purement expérimentale conduit à la réalisation de découpes laser intracristalliniennes dont l'objectif est l'« assouplissement » du cristallin par « phaco-photomodulation » sans effet cataractogène.

D'après D. Touboul, il existe un concept du contrôle de la pseudoaccommodation : induire des aberrations optiques longitudinales (perte de contraste) sans trop induire d'aberrations optiques transverses (halos, étirements).

Les kératotomies cornéennes

L'utilisation d'un laser femtoseconde pour la réalisation d'incisions est une procédure, simple, sûre et efficace.

Ce qui caractérise les lasers femtoseconde à large programme, c'est qu'ils permettent de programmer tous les types d'incisions. Évidemment, les profondeurs cornéennes sont cartographiées préalablement en OCT ou Pentacam. La kératotomie radiaire est un procédé réfractif quasi abandonné, mais son principe d'action est replicable en femtoseconde. En revanche, les incisions transverses ou curvilignes sont largement utilisées pour traiter l'astigmatisme. Habituellement, il s'agit d'une conséquence d'une induction postopératoire (greffe, pseudophaque...). La précision, la rapidité et l'innocuité sont remarquables. L'efficacité est supérieure à celle du bistouri diamant. Il n'existe pas de nomogramme spécifique. Le laser femtoseconde offre la possibilité de faire des incisions arciformes sans ouverture de l'épithélium, ce qui évite alors tout risque d'infection et évite une gêne.

Les kératoplasties

Tous les lasers femtoseconde à l'exception du Da Vinci permettent des découpes transfixiantes et lamellaires. Le greffon doit avoir une large collerette et être stabilisé sur une chambre artificielle.

Kératoplasties transfixiantes

Le laser femtoseconde introduit dans la découpe une précision et une répétabilité extraordinaire. La berge peut être modulée et ne plus être uniquement tangentielle. Les configurations « Top Hat » et « Zigzag » semblent les plus stables (*figure 8*). Les sutures peuvent être un peu moins nombreuses et sont otables plus tôt. L'astigmatisme

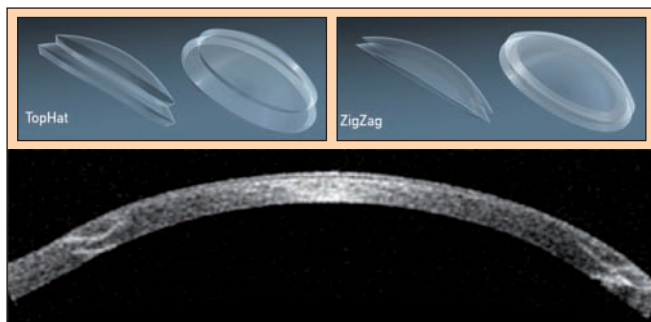


Figure 8. Greffe transfixiante au laser femtoseconde. a. En "Top Hat". b. En zigzag.

induit est moins important. Lors de la préparation du greffon, la précision et la rapidité du laser femtoseconde couplée à l'aplanation permettent de conserver les mêmes paramètres pour le donneur et le receveur. Le temps de préparation du greffon et du lit receveur est raccourci. Enfin, les distorsions peropératoires sont amoindries.

Les greffes cornéennes endothéliales

L'objectif est de greffer l'endothélium défaillant des patients atteints de dystrophie de Fuchs ou de décompensation du pseudophaque, tout en conservant le stroma présumé sain. L'opération est connue sous le nom de DSEAK (*Deep Streeping Endothelial Automated Keratoplasty*). L'emploi du laser femtoseconde montre une bonne prédictibilité de la géométrie des découpes et une qualité d'interface optiquement correcte.

Les greffes cornéennes lamellaires

Le laser femtoseconde permet de réaliser des greffes lamellaires. L'idée est de conserver l'endothélium et de quasiment supprimer le risque de rejet immunologique.

Deux types de procédés existent : la greffe antérieure et la greffe profonde ou, plus exactement, prédécemétique. La découpe au laser est possible avec tous les lasers mais bien plus précise et régulière en l'absence d'aplanation. D'une façon générale, la découpe au sein de la cornée est d'autant plus difficile que l'on s'éloigne de l'épithélium. En effet, un certain degré d'absorption du laser oblige à utiliser des niveaux énergies plus élevés. De surcroît, la précision de la focalisation diminue. Ceci est d'autant plus vrai que la transparence de la cornée diminue, ce qui se passe en cas d'œdème et ou de taie. Le laser permet l'exacte superposition entre donneur et receveur et accélère la préparation. Mais il n'épargne pas le temps manuel de dissection postérieure et ne supprime pas l'écueil principal de la greffe lamellaire profonde qui est la perforation.

Les tunnels stromaux cornéens pour anneaux

Les anneaux intracornéens régularisent la courbure de la cornée en aplatissant les zones les plus cambrées. On peut poser un ou deux anneaux, les formes en arcs sont variées (*figure 9*). Les nomogrammes proposent des modèles d'implantation selon le défaut à redresser ou stopper. L'indication quasi unique est le kératocône ou les états voisins ainsi que certains forts astigmatismes. La cornée centrale est indemne. Les anneaux peuvent s'enlever en cas de complications. De plus en plus, il est proposé de l'associer à un cross-linking. Le laser femtoseconde a été le starter du développement en permettant

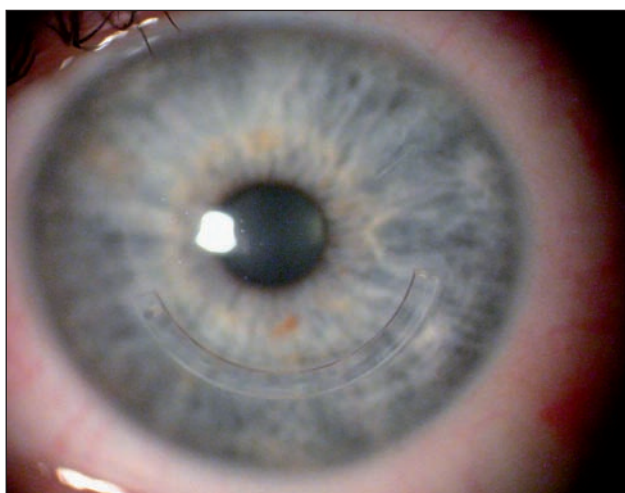


Figure 9. Anneaux intracornéens.

de se libérer des dangereux tunneliers mécaniques. Désormais, le tunnel est fait en 6 à 10 secondes sous simple analgésie topique avec une sécurité absolue pour peu que le centrage soit effectué avant l'aplanation.

Le femtolaser pour l'opération de la cataracte

L'intérêt du laser femtoseconde est toujours de faire mieux que le bistouri ou la lame : le faisceau remplace l'acier. Il existe quatre dispositifs proposés aux chirurgiens et déjà plusieurs centres français en disposent : le LensSc racheté par Alcon, le LensAR, le Catalys et le Victus. Ce dernier, proposé par Technolas, est marqué CE.

Les appareils se ressemblent en dépit de différences dans les détails et méthodes. Ils comportent tous un système OCT ou 3D et un système d'interface et/ou d'aplanation. La rapidité est de règle : 3 à 4 secondes sont nécessaires pour inciser la cornée, faire le capsulorhexis et ébranler la cataracte. Les incisions cornéennes sont faites à la demande et sous toutes formes. Le capsulorhexis est le triomphe le plus patent de la technique : il adopte la forme affichée, est régulier, centré et solide. Les entames dans le noyau cristallinien sont calculées par le dispositif de contrôle pour ne pas atteindre la capsule postérieure. La forme est diverse et les impacts commencent à fragmenter et solubiliser le contenu. Les lasers ne suppriment pas encore la nécessité de l'aspiration de la

cataracte et même de la phacoémulsification. L'injection de l'implant est inchangée.

Le point clef du laser femtocataracte est la parfaite cohérence et précision entre les imageries et les traitements. La qualité de l'OCT est primordiale et il est souhaitable que l'image ne soit pas figée mais permanente et dynamique pendant les tirs. Pour le moment, l'appareil est bien cher pour gagner une minute aussitôt perdue lors de la mobilisation du patient sous le microscope opératoire de la chirurgie conventionnelle. Certes, la sécurité est maximisée mais l'opération est déjà très sûre. C'est donc une double raison qui milite pour ce type de méthode : d'une part un effet marketing – le laser pour la chirurgie de la cataracte – et, d'autre part, un acte de foi dans le développement technologique rapide de ce soin. Les fabricants ne veulent à aucun prix manquer la réédition du passage à la phacoémulsification qui l'emporta avec le temps sur la double canule manuelle.

Conclusion

Le laser femtoseconde est l'outil qui s'imposera dans de nombreux champs chirurgicaux du segment antérieur. Les applications se cherchent encore en dehors des cornéoplasties réfractives mais elles s'imposeront petit à petit.

Références

Cet article procède de connaissances non référées que le lecteur pourra retrouver, entres autres, dans les ouvrages suivants :

- Azar DT, Gatinel D, Hoang-Xuan T. Refractive surgery. Elsevier Mosby, 2007.
- Buratto L, Slade S, Tavolato M. Lasik: the evolution of refractive surgery. Slack, 2011.
- Chang D. Mastering refractive IOLs: the art and science. Slack, 2008.
- Davis AE, Harden RD, Lindstrom, LR. Presbyopia lens surgery: a clinical guide to current technology. Slack, 2007
- Faktorovich EG. Femtodynamics. Slack, 2009.
- Krueger RR, Talamo JH, Lindstrom RL. Laser refractive cataract surgery. Springer, 2012.
- Pinelli R. Lasik and lasik complications. Jaypee Brothers Medical Publishers, 2008.
- Price FW Jr, Price MO. DSEK: what you need to know about endothelial keratoplasty. Slack, 2009.
- Saragoussi JJ, Arne JL. Chirurgies de la réfraction. Masson, 2006.
- Vinciguerra P, Camesasca FI. Refractive surface ablation. Slack, 2007.
- Wang M. Keratoconus and keratoectasia. Slack, 2009.

Ablation réfractive par laser femtoseconde d'un lenticule intracornéen

Cati Albou-Ganem

Il est actuellement possible de réaliser une correction réfractive sans utiliser de laser excimer, grâce au laser femtoseconde. Cette correction est réalisée au laser femtoseconde VisuMax® et a pour dénomination le Relex (Refractive Lenticule Extraction).

Elle consiste à découper au laser femtoseconde un lenticule réfractif d'épaisseur et de design variable selon l'amétropie à corriger. Ce lenticule est ensuite clivé et détaché du plan stromal antérieur et postérieur puis retiré par une incision de taille variable.

Technique chirurgicale

Le traitement est réalisé sous anesthésie locale comme pour le lasik, le patient étant allongé sous le laser.

Le cône d'aplanation est mis en place sous la tête du laser. Il est maintenu par aspiration. Il possède une surface d'aplanation courbe qui épouse la forme de la cornée sans l'aplanir. Le laser prend en compte la kératométrie du patient et calcule le ratio entre le traitement visé, surtout sur le plan du diamètre sur la cornée relaxée, et le traitement supposé une fois la cornée en contact avec le cône d'aplanation.

Ce dernier comporte aussi une succion ce qui permet de s'affranchir de l'anneau de succion. Cette succion est douce et se fait au niveau de la périphérie de la cornée au niveau du limbe, ce qui permet, d'une part, d'éviter les hémorragies sous-conjonctivales et, d'autre part, d'éviter le plus longtemps possible la perte de la vision pendant la découpe, d'autant plus que celle-ci se fait en spirale de la périphérie vers le centre.

Le cône d'aplanation est centré sur l'axe visuel en demandant au patient de fixer un point vert clignotant. La succion est

verrouillée une fois l'aplanation obtenue sur toute la surface du cône.

La découpe de fait en trois temps (figures 1 et 2) consistant :

1. à découper le plan postérieur du lenticule,
2. à découper le plan antérieur du lenticule qui correspond à la découpe du volet,
3. à découper le bord du lenticule en cas de Flex (découpe

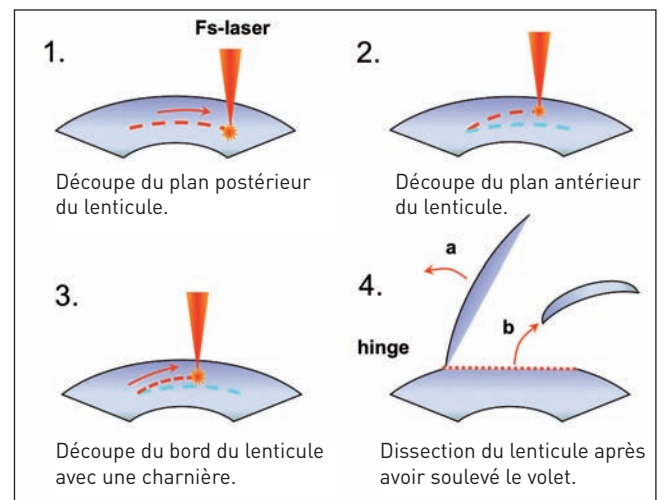


Figure 1. Schéma de la procédure Flex en coupe cornéenne.

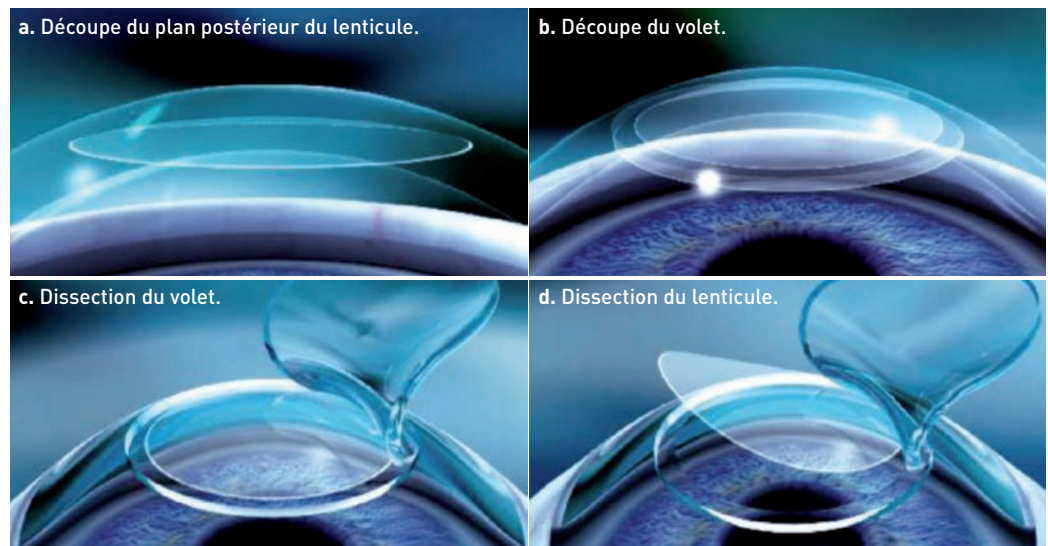


Figure 2. Schéma de la procédure Flex en 3D.

CHNO des Quinze-Vingts (service du Pr Sahel), Paris ; Clinique de la vision, Paris

d'un volet avec une charnière comme dans le cas d'un lasik) ou à faire une incision plus ou moins longue en cas de Smile (ablation du lenticule à travers une petite incision).

Le lenticule, dont le diamètre est en moyenne de 6,5 mm et dont l'épaisseur centrale en cas de myopie est de 11 microns par dioptrie, est ensuite disséqué après avoir soulevé le volet comme dans le cas d'un lasik dans la procédure Flex ; le volet est ensuite repositionné classiquement.

Dans le Smile, le volet est disséqué à travers l'incision en commençant par le plan antérieur puis, une fois libéré, le lenticule est retiré à travers l'incision qui mesure de 3 à 5 mm de long (figure 3).

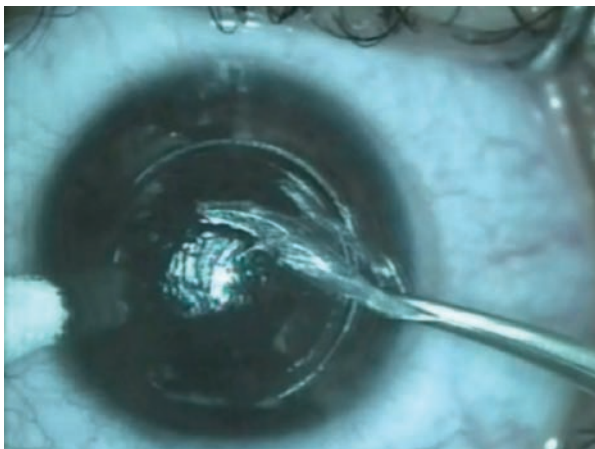


Figure 3. Ablation du lenticule dans le Smile.

Le Relax a pour avantage d'être réalisé avec un seul laser

C'est une technique « toute femtoseconde » et la précision du laser femtoseconde dans les découpes n'est plus à démontrer. C'est une technique rapide puisque le patient n'a pas à être déplacé. Le traitement dure le même temps quelle que soit la puissance réfractive à corriger (environ une quarantaine de secondes).

La procédure se fait en un temps : autocentrage superposé du volet et du lenticule sur l'axe optique, puis découpe du lenticule et ensuite découpe du volet en cas de Flex ou de l'incision en cas de Smile. Les deux découpes étant parfaitement liées et concentriques, on évite ainsi les tirs de photoablation sur la charnière ou en dehors de la zone optique.

Le laser femtoseconde n'utilise pas de gaz consommable et n'est pas soumis aux mêmes conditions environnementales de température et d'hygrométrie que le laser excimer. On évite ainsi les imprécisions potentielles liées aux conditions atmosphériques et d'hydratation du stroma [1,2] ainsi que les possibles variations individuelles [3,4].

La découpe du lenticule ne dépend que de facteurs mécaniques et permet d'éviter les possibles pertes d'énergie en périphérie de la photoablation, source d'aberrations sphériques, même si les lasers excimer de dernière génération compensent ces pertes d'énergie périphériques et sont moins sensibles aux conditions atmosphériques.

Le laser agissant par photodisruption et non pas par évaporation, le lenticule peut-être plus proche de l'épithélium et, en cas de Smile, la biomécanique de la cornée

est respectée. Enfin, certaines manipulations sont évitées et l'asepsie est plus grande.

Concernant les suites opératoires, elles sont généralement plus courtes avec une gêne visuelle et fonctionnelle de seulement deux à trois heures et une douleur atténuée par rapport au lasik.

Indications

Les premiers cas ont été réalisés par Marcus Blum en 2006. Depuis, plus d'un millier de traitements ont été réalisés dans le monde.

Les *myopies* peuvent être programmées jusqu'à -10 dioptries. La technique est d'autant plus facile que la myopie est forte car le lenticule est alors plus épais. La précision est à plus ou moins 0,5 D dans 96 % des cas. Les résultats sont superposables au lasik pour les myopies faibles et moyennes, mais semblent supérieurs pour les myopies fortes au-delà de -7 dioptries. Les résultats sont superposables aux lasik *wafefront*, surtout sur les aberrations sphériques, et la stabilité semble meilleure, mais le recul est bien sûr moindre.

L'*astigmatisme* peut être programmées jusqu'à 5 dioptries.

Les *hypermétropies* peuvent être programmées depuis 2010 et ce jusqu'à 5 dioptries. La technique est plus délicate du fait de la forme du lenticule qui est très fin au centre.

Les retraits doivent bénéficier d'une reprise au laser excimer en soulevant le volet en cas de Flex. Les reprises se font alors de manière identique à celles d'un lasik.

En cas de Smile, les reprises doivent, pour le moment, être réalisées en surface, ce qui peut poser le problème du haze secondaire. Elles seront bientôt possibles en lasik après un programme « *side cut* » au laser femtoseconde pour la réalisation du bord du volet de diamètre supérieur à celui du lenticule, complété par un programme « *circle* » qui permet une découpe en couronne entre le bord du volet et le plan du lenticule.

Premiers résultats

Les premiers résultats d'une série de 268 yeux opérés en Relex ont été rapportés par l'équipe de Marco Blum :

- l'âge moyen était de 35 ans (21 à 62 ans) ;
- l'équivalent sphérique moyen préopératoire était de $-4,71 \pm 1,45$ D (-1,00 à -9,00 D) avec un cylindre moyen de $0,71 \pm 0,80$ D (allant jusqu'à -6,00 D) ;
- efficacité : avec un recul de six mois en postopératoire, 97 % des yeux sont à $\pm 1,00$ D et 77 % à $\pm 0,50$ D de la correction visée, avec un équivalent sphérique moyen postopératoire de $+0,14 \pm 0,40$ D ;
- réfraction : l'acuité visuelle sans correction est supérieure ou égale à 10/10 dans 79 % des cas, 89 % ont une acuité visuelle sans correction supérieure ou égale à 8/10 et 98 % ont une acuité visuelle sans correction supérieure ou égale à 5/10 ;
- stabilité : la réfraction est stable sur six mois ;
- la sécurité est bonne puisque seulement 1 % des yeux ont une baisse de la meilleure acuité visuelle corrigée de 2 lignes, 8 % une baisse de la meilleure acuité visuelle corrigée de 1 ligne et 44 % un gain d'au moins 1 ligne.

Conclusion

La correction réfractive au laser femtoseconde ou Relex est une technique prometteuse par son efficacité, sa sécurité et la précision des résultats. Elle est réalisée au laser Visumax® qui a la particularité d'avoir un cône d'aplatissement courbe se mouvant sur la cornée sans l'aplanir. Cette technique séduit surtout par la réduction de l'impact sur la biomécanique de la cornée.

Elle est plus rapide et économique puisque toute la chirurgie est réalisée avec le même laser et les suites opératoires sont plus courtes.

Bibliographie

1. Dougherty PJ, Wellish KL, Maloney RK. Excimer laser ablation rate and corneal hydration. Am J Ophthalmol 1994;118:169-76.
2. Feltham MH, Stapleton F. The effect of water content on the 193 nm excimer laser ablation. Clin Experiment Ophthalmol 2002;30:99-103.
3. Seiler T, Kriegerowski M, Schnoy N, Bende T. Ablation rate of human corneal epithelium and Bowman's layer with the excimer laser [193 nm]. Refract Corneal Surg 1990;6:99-102.
4. Huebscher HJ, Genth U, Seiler T. Determination of excimer laser ablation rate of the human cornea using in vivo Scheimpflug videography. Invest Ophthalmol Vis Sci 1996;37:42-6.

Ectasie secondaire : diagnostic

David Touboul

L'ectasie secondaire à une chirurgie réfractive cornéenne est une complication redoutée des chirurgiens. Un certain nombre de mesures préventives sont à connaître pour, d'une part, éviter d'opérer des cornées à risque et, d'autre part, éviter de déstabiliser une cornée jugée normale. Le développement précoce de l'ectasie secondaire est lui aussi important à reconnaître dans le suivi postopératoire car des mesures thérapeutiques sont à présent disponibles pour stabiliser l'ectasie et améliorer son pronostic.

Une définition aux contours variables

Le premier cas d'ectasie a été décrit par Théo Seiler en 1998. L'incidence de la complication est à ce jour estimée entre 0,6 et 0,04 % des procédures, mais les cas sous-diagnostiqués ou non rapportés et les cas déclarés non publiés feraient certainement grossir les statistiques. L'ectasie secondaire est principalement décrite dans les suites d'un lasik, mais des cas isolés ont été décrits après kératectomie photoréfractive (PRK) et évoqués après procédure Intracor. Moins de 250 cas sont à ce jour publiés depuis 1988 pour cette pathologie iatrogène dont le délai de diagnostic est d'environ 12 mois pour 50 % des cas, mais il peut s'étendre au-delà d'une dizaine d'années.

D'un point de vue sémiologique, nous aimerions pouvoir distinguer les cas d'ectasie sur yeux non porteurs d'anomalie biomécanique préexistante, déclenchés par la chirurgie, et ceux déclenchés sur des formes suspectes ou frustes de kératocônes (KC), le plus souvent infra-cliniques, tout simplement accélérés par la chirurgie. En pratique, la frontière entre ces deux définitions reste floue car, à ce jour, il n'y a pas de corrélation bien établie entre les anomalies morphologiques, principaux arbitres de nos décisions thérapeutiques, et l'anomalie biomécanique sous-jacente à l'affection, non clairement exploitée en pratique.

Par ailleurs, il est plus probable qu'il n'existe pas de « normalité cornéenne », mais plutôt un continuum de susceptibilités biomécaniques allant d'une cornée suffisamment solide pour tolérer une chirurgie cornéenne à une cornée facilement instable, voire subrepticement évolutive vers une forme infraclinique de KC.

Les hypothèses physiopathologiques sont principalement fondées sur des arguments biomécaniques et histologiques

Le mécanisme d'action de l'ectasie secondaire est mal connu mais certaines hypothèses sont formulées. La découpe mécanique ou par photoablation des lamelles antérieures du collagène entraînerait une perte de la rigidité globale de la cornée davantage liée à un glissement progressif et localisé des lamelles de collagène (type I) entre elles qu'à une distension de celles-ci, réputées très peu déformables au niveau du stress physiologique habituel. Le terme consacré est la « fracture interfibrillaire ». L'amincissement de la cornée, toujours associé à l'ectasie, et les anomalies de la membrane de Bowman sont ainsi les témoins indirects de ce glissement. La perte de rigidité localisée entraîne une redistribution des contraintes de pressions et entretient un cercle vicieux de protusions de la cornée concentré à l'endroit le plus fragilisé. L'ectasie cornéenne doit donc par définition correspondre à un amincissement asymétrique, progressif, irréversible et localisé de la cornée. Il est évident que l'affaiblissement biomécanique est plus important avec le lasik qu'avec la PRK, bien moins sujette aux cas d'ectasies secondaires. Les incisions de la procédure Intracor (Technolas Perfect Vision) ont par essence une action déstabilisante, mais celle-ci est théoriquement contrôlée en se limitant à une petite zone optique et en laissant intacte les 100 microns antérieurs de la surface stromale (figure 1). Il est en revanche fort probable qu'un Intracor réalisé sur un patient déjà traité par lasik aboutisse à une déstabilisation biomécanique beaucoup plus importante.

Les preuves histologiques

Les études histopathologiques réalisées sur des cas d'ectasies post-laser montrent des anomalies en tout

Centre de référence national du kératocône,
CHU de Bordeaux

point similaires à celles retrouvées sur les cornées de KC. Les cassures de la membrane de Bowman, le désordre et le défaut d'ancrage des lamelles antérieures, ainsi que l'amincissement stromal, sont des stigmates indifféremment retrouvés dans les deux populations.

Il est remarquable que l'amincissement ne concerne essentiellement que le mur résiduel postérieur dans les ectasies post-lasik et, en revanche, toute la cornée dans les ectasies post-PKR.

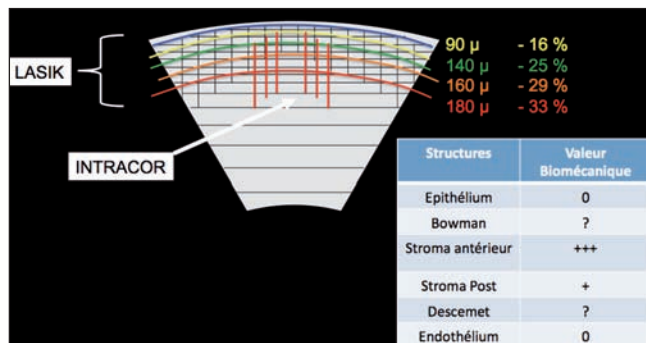


Figure 1. Rapport entre l'affaiblissement biomécanique et la profondeur de coupes des capots de lasik sans photoablation d'après les données de Krueger et al. Un capot de 180 microns diminue d'un tiers la dureté cornéenne (© D. Touboul).

Diagnostic rétrospectif des patients à risque d'ectasie secondaire

Un certain nombre de facteurs de risque pour l'ectasie secondaire sont à présent publiés et sont souvent rediscutés. Aucun de ces critères n'étant individuellement suffisant pour établir un risque réel, plusieurs auteurs ont donc proposé des scores d'évaluation du risque d'ectasie préopératoire reposant sur des observations rétrospectives de cohortes de cas d'ectasies déclarés. Le plus célèbre de ces scores a été établi par Randleman en 2003 (*Ectasia Risk Factor Score System*). Une valeur de ce score de 0 ou 1 correspond à un très faible risque, mais un score supérieur ou égal à 3 correspond à un risque pouvant faire récuser la chirurgie par lasik. D'autres scores de risque d'ectasie ont été publiés comme le *Strike Point System* (SPS) de Groden et Sichelman ou encore le score de Tabbara et Kotb. Enfin, le score KISA de Rabinowitz qui détecte le kératocône est utile pour éviter de recruter une forme infraclinique de KC (normalité si < 60 %).

Pour synthétiser, les principaux facteurs de risque les plus discutés dans la littérature sont, par catégories :

- *terrain favorable* : âge < 30 ans (la dureté de la cornée augmentant avec l'âge), KC familial et atopie (prédispositions génétiques), frottements oculaires (microstress répétés), myopie forte (correction d'un équivalent sphérique > 8 D ; risque de mur stromal résiduel faible) ;

- *topographie atypique* : I-S > 1,4, SRAX > 21°, Kmax > 47,2 D, PSF post > 50 microns, perte énanthiomorphique > 1 D, « D » pattern ;
- *tomographie atypique* : PMC < 500 µm, différence de pachymétrie centrale entre deux yeux > 20 µm (Saad, Gatinel), vitesse d'amincissement du centre à la périphérique trop grande (PTI > 1,15 ou index de déviation Belin-Ambrosio > 1,9 au Pentacam) ;
- *réfraction évocatrice* : astigmatisme évolutif et/ou indirect, coma verticale > 0,2 µm ;
- *biomécanique compatible* : CRF de l'ORA < 9,7 mmHg pour une PMC > 500 µm (Touboul) ;
- calcul d'un mur stromal résiduel prévisible < 250 µm.

Aucun de ces paramètres pris isolément ne suffit à annuler le risque d'ectasie secondaire ; des algorithmes basés sur les réseaux neuronaux et les fonctions dites discriminantes devraient améliorer les performances de prévention. Une illustration typique de cas subtilement à risque est fournie en figure 2.

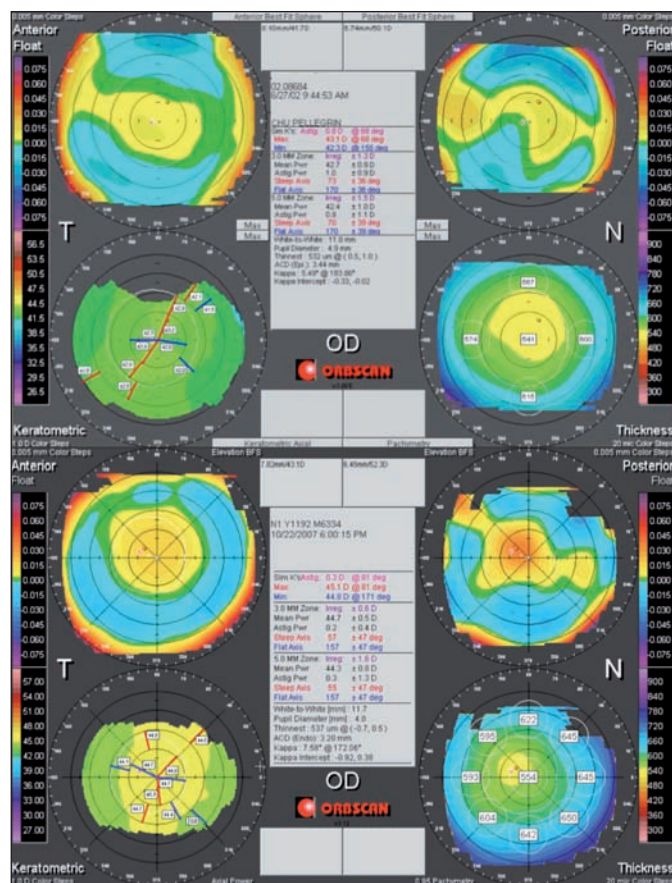


Figure 2. Comparaison entre une topographie de sujet dit « normal », en haut, et de « forme fruste de kératocône » (œil controlatéral évident), en bas. Noter que la pachymétrie au point le plus fin est identique ; l'élévation postérieure fait la nettement la différence.

Terminologie

BSF : Best Fit Sphere
 CRF : Croneal Resistance Factor (ORA)
 D pattern : bombement inférieur dans la classification topographique de Rabinowitz
 I-S : différence de courbure entre la partie supérieure et inférieure au niveau des 3 mm centraux
 ORA : Ocular Response Analyzer
 PMC : pachymétrie cornéenne centrale
 PSF : Point Spread Function
 PTI : Percentage Thickness Increase (Gradient d'amincissement de la cornée du centre à la périphérie - Ambrosio-Belin)
 SRAX : Skewed Radial AXes

Vérification des conditions opératoires

Une fois le patient qualifié apte pour recevoir une photoablation laser de la cornée, le calcul du mur résiduel postérieur est primordial afin de rester dans les limites admises. Les logiciels de photoablation comportent des options d'épargne tissulaires parfois intéressantes (*tissue saving*). Il faut retenir que les profils de photoablation personnalisés et optimisés sont souvent plus consommateurs de tissu que les algorithmes classiques dérivés de la formule de Munnerlyn (relation entre profondeur d'ablation, puissance réfractive et zone optique). Par ailleurs, les paramètres de découpes devraient contribuer au raisonnement concernant la sta-

bilité biomécanique de la cornée traitée car, en effet, les capots épais, de grands diamètres et à bords ménisqués sont théoriquement les plus déstabilisants. Une mesure peropératoire de l'épaisseur effective de la découpe (lit stromal résiduel avant photoablation) est rarement réalisée et ce n'est qu'en postopératoire qu'une erreur de profondeur de découpe est diagnostiquée. Des systèmes automatisés de mesures du lit stromal se développent sur certains lasers. En cas de retouche réfractive, la mesure précise du lit résiduel est fortement recommandée, au mieux réalisée par microscopie optique confocal, ou bien par OCT haute résolution.

Diagnostic de certitude des cas déclarés

Les premiers signes infracliniques d'ectasie secondaire sont similaires à ceux retrouvés pour le KC fruste. D'un point de vue réfractif, ils ne doivent pas être confondus avec une régression, un décentrement ou une sous-correction. La majoration du non-parallélisme entre les deux faces de la cornée, par un bombement accru de la face postérieure, est un indice fortement en faveur de l'ectasie secondaire. Le caractère évolutif et asymétrique des relevés topographiques confirme le diagnostic avant même que l'amincissement soit devenu évident. La fiabilité des mesures en topographie d'élévation est cependant souvent critiquée en cas d'interface lasik. L'ORA est difficile d'interprétation après lasik car il montre des valeurs fortement altérées, proches de celles retrouvées en cas de kératocône (*figure 3*). Les examens de bilans pré- et postopératoires doivent être soigneusement gar-

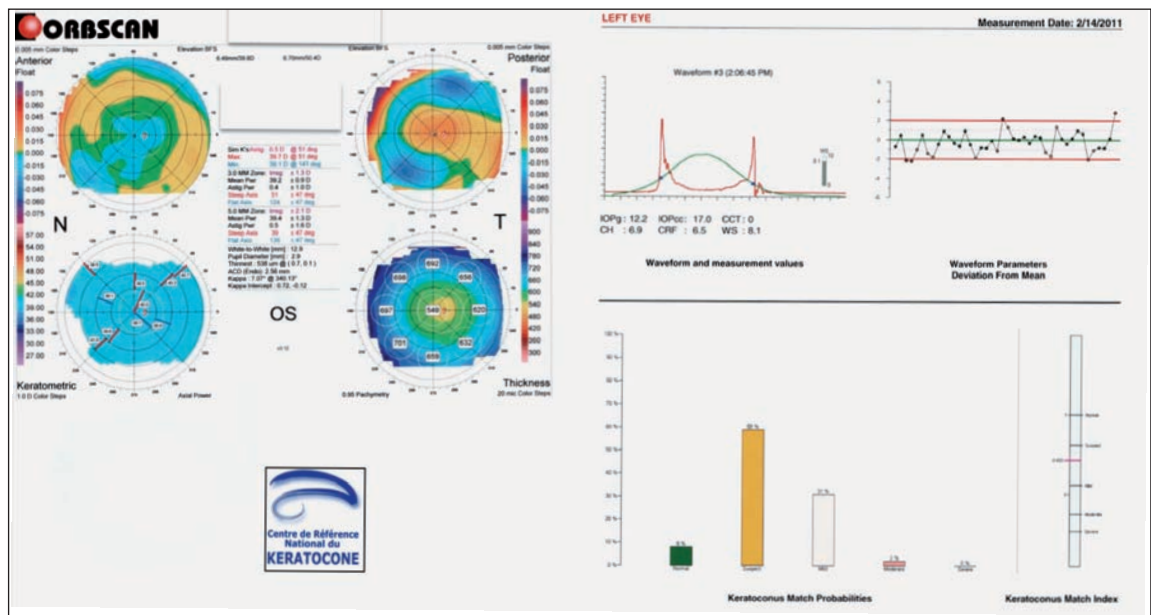


Figure 3. Relevé de l'ORA de l'œil d'un patient après lasik montrant une réponse biomécanique comparable à celle attribuée à la probabilité de présenter un kératocône de sévérité modérée (barre jaune).

dés pendant plusieurs années afin de permettre d'établir le diagnostic de certitude. Si le patient est adressé, il faut faire le maximum pour obtenir le bilan préopératoire. En cas de développement confirmé d'ectasie secondaire, le pronostic dépend beaucoup du stade évolutif. On peut dire dans ce domaine, qu'« un patient averti en vaut deux » car c'est ce dernier qui verra le mieux les premiers changements réfractifs, survenant parfois la nuit exclusivement et plusieurs années après la phase de surveillance accrue post-laser. Il est par ailleurs évident que les patients initialement satisfaits reviennent peu en consultation, malgré les recommandations de leur chirurgien. Au moment de l'annonce du diagnostic d'ectasie secondaire, tout le temps nécessaire doit être pris pour expliquer clairement la situation au patient et éviter ainsi tout retard de prise en charge. Enfin, la publication des cas d'ectasie secondaire est un effort individuel très bénéfique permettant à la communauté chirurgicale de tester les limites de nos indices de sélection (*voir la revue bibliographique de ce dossier p.59*).

Conclusion

Le diagnostic précoce des ectasies secondaires à la photoablation cornéenne est difficile, d'autant plus que sa prévalence reste très faible, proche de celle du KC dans la population générale. Il repose grandement sur l'analyse du bilan préopératoire des patients et sur l'historique post-opératoire. De nombreux indices morphologiques sont à vérifier, incluant les paramètres dépendants de la technique opératoire. Les scores de risque sont imparfaits mais doivent faire partie du raisonnement, au moins dans une perspective médico-légale. Dans l'ave-

nir, l'objectif des logiciels d'aide au diagnostic sera de diminuer la part de subjectivité interindividuelle dans l'interprétation des données préopératoires. La technologie apportera aussi de nouveaux outils prenant plus en compte l'aspect tridimensionnel de la cornée ainsi que sa susceptibilité biomécanique. Enfin, l'information des patients reste primordiale pour dépister et prendre en charge au plus tôt cette complication qui à présent peut bénéficier des nouvelles technologies cornéoplastiques.

Bibliographie

Ambrósio R Jr, Dawson DG, Salomão M *et al.* Corneal ectasia after LASIK despite low preoperative risk: tomographic and biomechanical findings in the unoperated, stable, fellow eye. *J Refract Surg* 2010; 26(11):906-11.

Binder PS, Lindstrom RL, Stulting RD *et al.* Keratoconus and corneal ectasia after LASIK. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:2035-8.

Chan CC, Hodge C, Sutton G. External analysis of the Randleman ectasia risk factor score system: a review of 36 cases of post LASIK ectasia. *Clin Experiment Ophthalmol* 2010;38(4):335-40.

Dawson DG, Randleman JB, Grossniklaus HE *et al.* Corneal ectasia after excimer laser keratorefractive surgery: histopathology, ultrastructure, and pathophysiology. *Ophthalmology* 2008;115(12):2181-91.

Klein SR, Epstein RJ, Randleman JB, Stulting RD. Corneal ectasia after laser in situ keratomileusis in patients without apparent preoperative risk factors. *Cornea* 2006;25:388-403.

Randleman JB, Russell B, Ward MA *et al.* Risk factors and prognosis for corneal ectasia after LASIK. *Ophthalmology* 2003;110:267-75.

Randleman JB, Woodward M, Lynn MJ, Stulting RD. Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery. *Ophthalmology* 2008;115:37-50.

Seiler T, Koufala K, Richter G. Iatrogenic keratectasia after laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg* 1998;14:312-7.

Touboul D, Bénard A, Mahmoud AM *et al.* Early biomechanical keratoconus pattern measured with an ocular response analyzer: curve analysis. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(12):2144-50.

Ectasie secondaire : nouveaux traitements

Pierre Fournié

L'ectasie cornéenne reste une complication rare mais potentiellement redoutable après lasik. Dans un passé récent, les options thérapeutiques étaient limitées : lentilles de contact, anneaux intracornéens et greffes de cornée. De nouveaux traitements permettent d'élargir notre prise en charge. Ceux-ci doivent répondre à trois impératifs : « stabiliser » la cornée, « régulariser » l'irrégularité cornéenne et « corriger » l'erreur réfractive résiduelle.

Le cross-linking du collagène cornéen a montré son efficacité

Le cross-linking du collagène cornéen a prouvé son efficacité pour arrêter la progression du kératocône dans la majorité des cas. Son efficacité pour stabiliser la cornée dans l'ectasie cornéenne post-lasik semble identique à celle obtenue après kératocône [1,2]. En revanche, le cross-linking n'a que peu d'effet sur l'irrégularité cornéenne. Tout au plus peut-on observer une diminution de la kératométrie de 1 à 2 dioptries comme dans le kératocône [1]. La diminution de la kératométrie pourrait être légèrement moindre qu'après kératocône et sera à confirmer [2]. Le protocole de traitement dans le cadre d'une ectasie post-lasik est identique à celui décrit pour le kératocône en prenant garde, lors de la désépithélialisation, de ne pas déplacer le volet cornéen.

La PKR guidée par la topographie et couplée à un cross-linking est réalisable sous certaines conditions

Si l'effet d'une photokératectomie réfractive (PKR) dans l'induction d'une ectasie cornéenne est incertain sur une cornée suspecte ou un kératocône fruste, une photablation, même de surface, d'un kératocône avéré semblait contre-indiquée : le risque était une aggravation de l'ectasie kératocônique par affaiblissement cornéen. L'essor du cross-linking du collagène cornéen photo-induit a modifié cette approche, permettant de reconsidérer une PKR dans le kératocône et l'ectasie post-lasik sous certaines conditions.

L'ectasie cornéenne kératocônique induit une erreur réfractive sphéro-cylindrique myopique. L'objectif du

traitement est de « régulariser » la surface cornéenne par une PKR guidée par la topographie. Ce traitement personnalisé guidé par la topographie consiste davantage à « normaliser » une surface cornéenne qu'à traiter une réfraction subjective, souvent fluctuante dans le kératocône. La notion de « régularisation », et non de correction comme en chirurgie réfractive, est importante à considérer et à expliquer au patient.

Le protocole de traitement repose plus sur un cumul d'expériences

Un consensus dans la littérature semble se dégager concernant le protocole [3-5]. Il repose sur un cumul d'expériences plus que sur des données scientifiques.

La première étape consiste à réaliser une PTK (photokératectomie thérapeutique) de 50 microns de profondeur. L'irrégularité de l'épaisseur épithéliale dans le kératocône, fin à l'apex, incite à réaliser une PTK plutôt qu'un autre moyen de désépithélialisation. Il a été établi que la topographie de surface est modifiée après désépithélialisation en raison des variations d'épaisseur épithéliale sur une même cornée. L'épithélium se comporterait comme un masque pour essayer de rendre la surface optique la plus régulière possible, s'amincissant sur les zones bombées et, au contraire, s'épaississant sur les zones en creux. Le traitement personnalisé, guidé par la surface, sera ainsi plus précis après PTK.

La PKR guidée par la topographie est réalisée avec une zone optique réduite à 5,5 mm dans une optique d'épargne tissulaire. Le risque d'aberrations induites par réduction de la zone optique par rapport à un traitement réfractif conventionnel PKR est à confronter avec le bénéfice d'une épargne tissulaire qui l'emporte dans cette indication. Le traitement du cylindre et de la sphère est également incomplet, d'environ 70 %, et ne doit pas excéder une photablation de 50 microns. Cette limite arbitraire a pour but de « ne pas trop amincir » une cornée

Centre de référence national du kératocône (CRNK),
Toulouse

déjà fine. Le traitement aplatit l'apex du cône, de façon similaire à un traitement myopique excentré, et combine une photoablation arciforme à l'opposé de l'apex. Cette ablation en croissant, similaire à un traitement hypermétropique, a pour but de faire bomber la cornée adjacente à la photoablation, soit la cornée adjacente à l'apex du cône, de façon à « normaliser » la cornée centrale.

La deuxième étape consiste à réaliser le cross-linking par application de riboflavine 0,1 % et UV-A selon le protocole standard. Une lentille thérapeutique est mise en place en fin de traitement.

Cependant, plusieurs interrogations subsistent

Malgré des résultats encourageants dans la littérature [3-5], plusieurs interrogations subsistent concernant ce protocole de traitement.

- À quel type de kératocône s'adresse-t-il ? La limite de profondeur de traitement fixée à 50 microns ne permet pas une approche de toutes les ectasies. Les cornées très déformées ne sont pas accessibles à ce traitement en raison, d'une part, de la magnitude du traitement, d'autre part, des opacités cornéennes souvent présentes et, enfin, de l'épaisseur cornéenne insuffisante pour la photoablation ou la réalisation du cross-linking qui nécessitent une épaisseur stromale d'au moins 400 microns.
 - Quelle est la modification réfractive induite par le cross-linking et quel sera son effet sur le résultat final ? En plus d'une épargne tissulaire, il semble raisonnable de sous-corriger la photoablation de façon à anticiper un éventuel aplatissement cornéen induit par le cross-linking. Inconstant, celui-ci est imprévisible et de toute façon limité.
 - Quelle est la meilleure chronologie des traitements ? Un consensus semble s'orienter vers un traitement concomitant au détriment d'un traitement séquentiel [3]. Les principales raisons sont :
 - un raccourcissement de la procédure pour le patient qui ne doit subir qu'une intervention au lieu de deux ;
 - un moindre risque de « haze » ou voile fibreux cicatriciel après cross-linking ou PKR en raison d'une seule désépithélialisation ;
 - en cas de cross-linking préalable, la PKR interviendra sur un tissu préalablement traité avec photoablation d'une partie du stroma antérieur « rigidifié » et donc une possible diminution de l'effet du cross-linking ;
 - enfin, la photoablation de la membrane de Bowman dans le même temps opératoire pourrait augmenter la pénétration de la riboflavine et l'efficacité du cross-linking.
- La photoablation de ces cornées soulève également la question de la stabilité sur le long terme. Les rapports concordants de la littérature sont en faveur d'une effica-

cité du cross-linking pour arrêter la progression d'un kératocône évolutif. Son effet sur une cornée concomita-
tamment amincie reste à démontrer.

Implants phakes et ectasie post-lasik

Une implantation phake peut s'envisager dans l'ectasie post-lasik pour corriger une erreur réfractive résiduelle, en association à une autre procédure : implantation d'anneaux intracornéens [6] ou PKR guidée par la topographie [7]. Dans ces cas, le traitement est couplé à un cross-linking du collagène cornéen pour « stabiliser » la cornée. La PKR guidée par la topographie ou l'implantation d'anneaux a pour objectif de « régulariser » la forme de la cornée.

Conclusion

Une nouvelle approche « réfractive » de l'ectasie post-lasik est prometteuse et a été permise par l'essor du cross-linking du collagène cornéen. PKR guidée par la topographie et implantation phake ne doivent cependant pas être présentées au patient comme une solution réfractive à l'ectasie, mais bien comme une réhabilitation visuelle de l'ectasie avec des limitations, risques et résultats encore peu prévisibles et à confirmer.

Bibliographie

1. Vinciguerra P, Camesasca FI, Albè E, Trazza S. Corneal collagen cross-linking for ectasia after excimer laser refractive surgery: 1-year results. *J Refract Surg* 2010;26:486-97.
2. Hersh PS, Greenstein SA, Fry KL. Corneal collagen cross-linking for keratoconus and corneal ectasia: one-year results. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:149-60.
3. Kanellopoulos AJ. Comparison of sequential vs same-day simultaneous collagen cross-linking and topography-guided PRK for treatment of keratoconus. *J Refract Surg* 2009;25:S812-8.
4. Kymionis GD, Kontadakis GA, Kounis GA *et al.* Simultaneous topography-guided PRK followed by corneal collagen cross-linking for keratoconus. *J Refract Surg* 2009;25:S807-11.
5. Kanellopoulos AJ, Binder PS. Management of corneal ectasia after lasik with combined, same-day, topography-guided partial transepithelial PRK and collagen cross-linking: the Athens protocol. *J Refract Surg* 2011;27:323-31.
6. Moshirfar M, Fenzl CR, Meyer JJ *et al.* Simultaneous and sequential implantation of intacs and verisyse phakic intraocular lens for refractive improvement in keratectasia. *Cornea* 2011;30(2):158-63.
7. Kanellopoulos AJ, Skouteris VS. Secondary ectasia due to forceps injury at childbirth: management with combined topography-guided partial PRK and collagen cross-linking (Athens Protocol) and subsequent phakic IOL implantation. *J Refract Surg* 2011;27(9):635-6.

Ectasie post-chirurgie réfractive de surface : aspects bibliographiques

Mihnea Moldovan

Des nombreuses publications sont apparues suite au premier cas d'ectasie mis en évidence par Theo Seiler en 1998 [33]. Treize ans après, quelques conclusions ont pu être tirées, mais aucune avancée fondamentale n'a pu être faite. En effet, il n'y a pas de « golden standard », les différentes séries sont souvent disparates, rétrospectives, le suivi très variable, les mesures du lit postérieur souvent théoriques et non pas réelles, etc.

La plupart des ectasies se déclarent entre 14 et 16 mois après le lasik et presque toujours avant le 45^e mois [8]

Cependant, il y a un cas six ans après [10] (un œil opéré en lasik ayant développé une ectasie, l'autre opéré en PKR sans signes d'ectasie). Une survenue si tardive a pu soulever l'hypothèse qu'il ne s'agissait que de l'incidence normale du kératocône dans la population générale et non pas d'un effet secondaire de la chirurgie.

L'incidence de l'ectasie post-lasik n'est pas bien connue

Elle est variable en fonction des études : 0,12 % [29], 0,66 % [22] et 0,2 % [26], mais aussi 0,03 % dans une série de 10 000 cas non publiée (Condon PI et col.). Binder [2] a publié en 2007 une étude rétrospective sur 9 700 yeux opérés par la technique du lasik : trois yeux ont développé une ectasie (0,06 %) et les trois auraient été détectés comme ayant une topographie anormale par les techniques actuelles. Extrapolant toutes ces incidences, on devrait avoir, d'après Condon, entre 20 400 et 112 000 ectasies post-lasik dans le monde, dont 9 600 à 52 000 uniquement aux États-Unis [8]. Il y a donc, une contradiction majeure entre cette estimation extrapolée et la réalité appréciée à partir des cas publiés (extrapolée elle aussi).

L'ectasie peut apparaître quelle que soit la technique utilisée

Elle peut apparaître après lasik, PKR [6,11,20,23,27], KR, thermokératoplastie et même après une découpe incomplète [19] (blocage du microkératome) sans ablation laser. La découpe au femtolaser n'élimine pas le risque d'ectasie, plusieurs cas ayant été décrits [10].

Saint-Jean-de-Luz

Deux mécanismes présumés sont évoqués

Il s'agit soit de la présence d'un kératocône, soit d'un lit stromal postérieur insuffisant. Toutefois, des cas d'ectasie ont été décrits alors que la topographie était normale et le lit postérieur supérieur à 300 microns [2,15,18], suggérant par là même que d'autres facteurs, inconnus, étaient en cause.

Les principaux facteurs de risque découlent des mécanismes précités

Il s'agit d'une topographie anormale et d'un lit postérieur insuffisant. Ils ont été répertoriés, ainsi que d'autres, par Randleman [28] et Binder [2].

Les facteurs de risque de Randleman

- *Les anomalies topographiques.* C'est le facteur de risque le plus important (toutefois, dans cette étude, 32 % des ectasies sont survenues alors que les topographies préopératoires étaient normales) : kératocône avéré, dégénérescence marginale pellucide, kératocône fruste (valeurs I-S > 1,4 D telle que définie par Rabinowitz [25]), sablier asymétrique, perte d'énantiomorphisme, perte d'alignement entre les deux axes du sablier. Par contre, la kératométrie centrale élevée (> 47,2 D), considérée isolément, n'est pas retrouvée dans cette étude comme facteur de risque, ni dans une autre étude (suivi de trois ans de 32 patients avec des kératométries moyennes supérieures ou égales à 47,5 D, sans apparition d'ectasie. On remarque ici, comme pour beaucoup d'autres études, le nombre limité de cas) [21].

- *Lit résiduel faible :* risque qui intervient d'une manière linéaire. Le fait que les propriétés biomécaniques du stroma soient différentes dans le tiers antérieur et les deux tiers postérieurs peut l'expliquer (densité plus importante des kératocytes dans les 10 % antérieurs, et plus faible dans les 40 % postérieurs [24] ; plus de rigidité dans le stroma antérieur que postérieur).

Le lasik peut être délétère suivant une double action : diminution de la rigidité par la création du capot et diminution de la densité des kératocytes, là où celle-ci est déjà la plus faible. La valeur de 250 microns n'est pas une valeur absolue (certains ont avancé 300, d'autres 329 [30]) : mais être en dessous n'est pas synonyme d'ectasie et, *a contrario*, des cas d'ectasie ont été publiés avec des lits supérieurs à 300 microns [2] (post-lasik) et 350 microns [20] (post-PKR). Il est difficile de conclure, car la plupart des lits postérieurs ont été « calculés » (avec la variabilité connue de l'épaisseur des capots) et non pas mesurés en peropérateur.

- *Jeune âge.*
- *Faible pachymétrie préopératoire*, et ceci pour deux raisons : la première est qu'un des signes du kératocône est la faible pachymétrie ; la deuxième est que le lit résiduel sera, à ablation égale, moins important. Toutefois, d'autres études ont infirmé ce facteur pris isolément. Ainsi, une pachymétrie inférieure à 500 ne serait pas un facteur de risque indépendant d'après l'étude de Caster [4] : 109 yeux entre +3 et -7,75 D, sans autres risques d'ectasie, avec un suivi de 1 à 3 ans ; aucun œil n'a développé d'ectasie. Une autre étude avec un suivi de 10 ans ne montre pas d'ectasie post-PKR dans un groupe de patients ayant des pachymétries entre 438 et 499 microns et des corrections entre -2 et -14 D [9]. Une troisième étude va dans ce sens, post-PKR et post-lasik [17].
- *Forte myopie* : c'est le facteur le moins important dans cette étude. Des ectasies apparues après des traitements de faibles myopies et pis, après des traitements hypermétropiques, rendent ce facteur moins important s'il est pris isolément. Une autre publication infirme ce facteur de risque : Condon [8] a publié une série de 107 yeux opérés de myopie forte (-15 D ± 5 D), avec un suivi de 5 ans (73 % des cas), 7 ans (63 % des cas) et entre 9 et 11 ans (14 % des cas). Le lit résiduel a été mesuré en peropérateur et l'ablation corrigée (sous-corrrection ou diminution de la zone optique) afin de ménager le lit résiduel. Un seul cas d'ectasie a été détecté, en raison probablement d'une ablation excessive (myopie de 28 D). Dans cette étude, la forte myopie n'est pas ressortie comme un facteur de risque.

Enfin, Randleman souligne d'autres facteurs de risque qui sont à prendre en considération : antécédents familiaux de kératocône, meilleure acuité visuelle inférieure à 10/10^e, frottement chronique.

Les critères de Randleman ont été critiqués par plusieurs auteurs : *a posteriori*, des yeux ayant eu un score de Randleman bas ont développé une ectasie [5], montrant par la même l'existence de « faux négatifs ». Les « faux positifs » sont démontrés par Binder [3] (avec un suivi limité à un an), dans une étude rétrospective, avec

un suivi d'un an, portant sur 1 702 yeux à topographie normale ayant bénéficié d'un lasik et ayant au moins un des facteurs de risque de Randleman (sauf les anomalies topographiques) : il n'y a eu aucune ectasie (suivant le score de risque, 5,4 % des patients auraient été récusés et 6,8 % auraient été à risque « modéré »). Un score de risque élevé ne veut pas dire automatiquement que l'ectasie surviendra : ainsi, sur une étude de 208 yeux avec des scores de risque importants, 0,96 % seulement ont développé une ectasie, avec un suivi de 21 mois [37].

Les rapports entre la PKR et l'ectasie sont contradictoires

Certains faits cliniques rapportés suggèrent que la PKR pourrait avoir un effet stabilisateur. Ainsi Khochali *et al.* ont rapporté le cas d'un patient ayant eu une PKR unilatérale et ayant développé un kératocône sur l'œil controlatéral 10 ans après [14]. Des études animales suggèrent une stabilisation du kératocône après PKR, par synthèse de collagène [13,35,36]. Cependant, des ectasies post-PKR ont été publiées [6,11,20,23,27], leur nombre étant nettement inférieur à celui des ectasies post-lasik, sans que l'on puisse identifier la cause. Il se peut que la technique soit plus sûre, mais aussi qu'un biais statistique soit induit par le fait que la PKR est moins pratiquée que le lasik. Plusieurs articles portant sur des cas cliniques concernant des patients ayant eu un lasik sur un œil et une PKR sur l'autre œil, ont mis en évidence l'apparition d'une ectasie du côté du lasik [12,18]. Des kératocônes stables ont été traités par PKR topolink, sans apparition d'une ectasie postopératoire [16], parfois avec un suivi de 5 ou de 10 ans [1].

Il y a quelques publications concernant des ectasies unilatérales

Il s'agit soit d'un patient ayant bénéficié d'un lasik bilatéral [7], soit d'un autre ayant développé une ectasie sur l'œil opéré par la technique du lasik mais non sur celui opéré par la technique de la PKR [12] ; une autre publication fait état d'une ectasie bilatérale après une procédure unilatérale (lasik) [34].

En pratique, l'état des lieux reste confus

Il faut s'attacher à :

1. détecter les « kératocônes frustes »

a. La *topographie Placido*, avec les critères précités, garde toute son importance.

b. Un *nouveau logiciel disponible sur le Pentacam* (Belin-Ambrosio) permettrait d'améliorer la détection des kératocônes frustes. Ce logiciel part du principe que lors de la définition de la « *best fit sphere* » sur un œil souffrant de kératocône, celle-ci est artificiellement plus cambrée,

masquant ainsi la visualisation d'un cône débutant. Afin de pallier ce problème, Belin et Ambrosio ont proposé d'exclure un cercle de 3,5 mm de cornée autour du point le plus fin pour déterminer une nouvelle *best fit sphere*. Cette exclusion permettrait de « révéler » une ectasie débutante. De la même manière, ces mêmes auteurs proposent d'utiliser une série d'indices « moyennés » en un score afin d'évaluer le risque de kératocônes frustes (*encadré*).

Ainsi, un seul paramètre suspect ne ferait pas classer la cornée comme suspecte alors que plusieurs paramètres suspects pourraient la faire classer comme anormale. Ces critères, même s'ils n'ont pas fait la preuve d'une sensibilité et spécificité supérieures aux critères classiques, ont le mérite d'une appréciation globale de la forme cornéenne.

c. *L'utilité de l'ORA reste à prouver.* À pachymétrie égale, Saad et col. [31] ne trouvent plus de différence statistiquement significative entre la CH (*corneal hysteresis*) et le CRF (*corneal resistance factor*) des kératocônes suspects et des sujets normaux (peut-être à cause d'un échantillon statistique insuffisant), même si l'aspect des courbes est différent. Schweitzer *et al.* [32], trouvent des différences significatives entre le CRF des yeux adelphe d'un kératocône avéré et des yeux ayant bénéficié d'un

Indices proposés par Belin et Ambrosio pour évaluer le risque de kératocônes frustes

Df : élévation antérieure ; Db : élévation postérieure ; Dp : indice de progression de la pachymétrie basé sur le principe qu'un kératocône n'est pas une cornée fine mais une cornée qui s'affine au sommet du cône. Une cornée fine de manière homogène ne serait donc pas un signe de cône ; Dt : le point le plus fin ; Dy : le déplacement par rapport à l'apex du point le plus fin. Tous ces critères sont eux-mêmes moyennés dans un critère final : D.

lasik et n'ayant pas développé d'ectasie 24 mois après (mesures ORA prises en préopératoire) ; la CH montre une différence significative uniquement pour des pachymétries inférieures à 539 microns.

2. respecter un mur stromal postérieur « suffisant »

Sa valeur varie suivant les publications : au moins 250 microns, voire 300 (ou plus pour certains).

3. *considérer le cas selon un faisceau d'arguments* : topographie, mur postérieur, âge, pachymétrie, évolutivité, antécédents familiaux, terrain atopique, frottement chronique.

Bibliographie

1. Alpíns N, Stamatelatos G. Customized photoastigmatic refractive keratectomy using combined topographic and refractive data for myopia and astigmatism in eyes with forme fruste and mild keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2007;4(4);33:591-602.
2. Binder PS. Analysis of ectasia after laser in situ keratomileusis: risk factors. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(9):1503-8.
3. Binder PS, Trattler WB. Evaluation of a risk factor scoring system for corneal ectasia after lasik in eyes with normal topography. *J Refract Surg* 2010 Apr;26(4):241-50.
4. Caster AI, Friess DW, Potvin RJ. Absence of keratectasia after lasik in eyes with preoperative central corneal thickness of 450 to 500 microns. *J Refract Surg* 2007;23(8):782-8.
5. Chan CC, Hodge C, Sutton G. External analysis of the Randleman Ectasia Risk Factor Score System: a review of 36 cases of post lasik ectasia. *Clin Experiment Ophthalmol* 2010;38(4):335-40.
6. Chiou AG, Bovet J, de Courten C. Management of corneal ectasia and cataract following photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(4):679-80.
7. Condon PI. Will keratectasia be a major complication for lasik in the long term? 2005 ESCRS Ridley Medal Lecture. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(12):2124-32.
8. Condon PI, O'Keefe M, Binder PS. Long-term results of laser in situ keratomileusis for high myopia: risk for ectasia. *J Cataract Refract Surg* 2007 Apr;33(4):583-90.
9. de Benito-Llopis L, Alió JL, Ortiz D, Teus MA, Artola A. Ten-year follow-up of excimer laser surface ablation for myopia in thin corneas. *Am J Ophthalmol* 2009;147(5):768-73.
10. Hodge C, Lawless M, Sutton G. Keratectasia following lasik in a patient with uncomplicated PRK in the fellow eye. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(3):603-7.
11. Hyojin K, Choi JS, Joo CK. Corneal ectasia after PRK: clinicopathologic case report. *Cornea* 2006;25:845-8.
12. Javadi MA, Mohammadpour M, Rabei MH. Keratectasia after lasik but not after PRK in one patient. *J Refract Surg* 2006;22(8):817-20.
13. Kanellopoulos AJ, Binder PS. Collagen cross-linking (CCL) with sequential topography-guided PRK; a temporizing alternative for keratoconus to penetrating keratoplasty. *Cornea* 2007;26(7):891-5.
14. Khochali S, Colin J, Touboul D, Binder PS. Does photorefractive keratectomy affect keratoconus progression? *J Refract Surg* 2010;26(12):925-6.
15. Klein SR, Epstein RJ, Randleman JB, Stulting RD. Corneal ectasia after laser in situ keratomileusis in patients without apparent preoperative risk factors. *Cornea* 2006;25(4):388-403.
16. Koller T, Iseli HP, Donitzky C *et al.* Topography-guided surface ablation for forme fruste keratoconus. *Ophthalmology* 2006;113(12):2198-202.
17. Kymionis GD, Bouzoukis D, Diakonis V *et al.* Long-term results of thin corneas after refractive laser surgery. *Am J Ophthalmol* 2007;144(2):181-5.
18. Kymionis GD, Tsiklis N, Karp CL *et al.* Unilateral corneal ectasia after laser in situ keratomileusis in a patient with uncomplicated photorefractive keratectomy in the fellow eye. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(5):859-61.
19. Lyle WA, Jin GJ. Inferior corneal steepening after a partial flap without laser ablation mimicking corneal ectasia. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(8):1626-9.
20. Malecaze F, Coulet J, Calvas P *et al.* Corneal ectasia after photorefractive keratectomy for low myopia. *Ophthalmology* 2006;113(5):742-6.
21. Ortega-Usobiaga J, Martín-Reyes C, Llovet-Osuna F, Beltrán-Sanz J, Caro M, Baviera-Sabater. Myopic lasik and lasek in patients with preoperative mean central keratometry ≥ 47.50 D. *J Refract Surg* 2011;27(8):591-6.
22. Pallikaris IG, Kymionis GD, Astyrakakis NI. Corneal ectasia induced by laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refractive Surg* 2001;27(11):1796-802.
23. Parmar D, Claoué C. Keratectasia following excimer laser photorefractive keratectomy. [letter] *Acta Ophthalmol Scand* 2004;82(1):102-5.
24. Patel S, McLaren J, Hodge D, Bourne W. Normal human keratocyte density and corneal thickness measurement by using confocal microscopy in vivo. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001;42(2):333-9.
25. Rabinowitz YS. Videokeratographic indices to aid in screening for keratoconus. *J Refract Surg* 1995;11(5):371-9.
26. Rad AS, Jabbarvand M, Saifi N. Progressive keratectasia after laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg* 2004;20(5 Suppl):S718-22.
27. Randleman JB, Caster AI, Banning CS, Stulting RD. Corneal ectasia after photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(8):1395-8.
28. Randleman JB, Russell B, Ward MA *et al.* Risk factors and prognosis for corneal ectasia after lasik. *Ophthalmology* 2003;110(2):267-75.
29. Reinstein DZ *et al.* IOVS 1999;40:ARVO abstract 3942.
30. Reinstein DZ, Srivannaboon S, Archer TJ *et al.* Probability model of the inaccuracy of residual stromal thickness prediction to reduce the risk of ectasia after lasik. Part II. Quantifying population risk. *J Refract Surg* 2006;22(9):861-70.
31. Saad A, Lteif Y, Azan E, Gatinel D. Biomechanical properties of keratoconus suspect eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51(6):2912-6.
32. Schweitzer C, Roberts CJ, Mahmoud AM *et al.* Screening of forme fruste keratoconus with the ocular response analyzer. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51(5):2403-10.
33. Seiler T, Quirke AW. Iatrogenic keratectasia after lasik in a case of forme fruste keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 1998;24(7):1007-9.
34. Wang JC, Hufnagel TJ, Buxton DF. Bilateral keratectasia after unilateral laser in situ keratomileusis: a retrospective diagnosis of ectatic corneal disorder. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(10):2015-8.
35. Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Riboflavin/ultraviolet-A-induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2003;135(5):620-7.
36. Wollensak G, Wilsch M, Spoerl E, Seiler T. Collagen fiber diameter in the rabbit cornea after collagen crosslinking by riboflavin/UVA. *Cornea* 2004;23(5):503-7.
37. Wu HK, MD. Safety and efficacy of lasik in patients with forme fruste keratoconus and other high-risk criteria. Communication à l'International Society of Refractive Surgery and the American Academy of Ophthalmology, Las Vegas, Nevada, USA, novembre 2006.