LE DOSSIER
Astigmatisme

Maîtrise de l'astigmatisme en chirurgie de la cataracte

RÉSUMÉ : L'astigmatisme se retrouve fréquemment et de façon variable chez nos patients. Il est supérieur à 1D dans 25 % des cas et à 2D dans 8 % des cas.
Les techniques chirurgicales en chirurgie de la cataracte sont essentiellement basées sur les incisions relaxantes pour les astigmatismes faibles et les implants toriques, préférables pour les astigmatismes modérés et forts. Elles nécessitent une évaluation préopératoire spécifique du cylindre cornéen pour déterminer avec exactitude la puissance et l'axe de l'astigmatisme à corriger.
Les méthodes d'analyse de l'axe du cylindre évoluent vers des solutions objectives bien plus précises. Ainsi, ces techniques permettent de corriger la plupart des patients astigmates, en réduisant ainsi leur dépendance en verres correcteurs.

→ **J.-L. FEBBRARO**
Institut Laser Vision
A. de Rothschild, PARIS.

L'astigmatisme est une amétropie fréquente qui peut pénaliser les performances visuelles de nos patients opérés de cataracte. Sa correction imparfaite peut être source de *glare*, de distorsions d'images ou de diplopie monoculaire. Sa prise en charge a considérablement évolué ces dernières années. En effet, la diffusion des micro-incisions et des implants toriques a permis d'élargir les indications chirurgicales et d'optimiser le résultat visuel. La composante cylindrique de la réfraction de nos patients fait désormais l'objet d'une attention toute particulière, tant sur le plan diagnostique que thérapeutique.

Prévalence et distribution de l'astigmatisme

Ferrer-Blasco *et al.* ont retrouvé, dans leur étude portant sur 2 415 patients, un astigmatisme cornéen nul dans 13 % des cas, compris entre 0.25 et 0.50D dans 45 % et entre 0.75 et 1D dans 12 % des cas. Il était supérieur à 1D dans 25 % des cas et à 2D dans 8 % des cas (***fig. 1***) [1, 2].

Une étude personnelle rétrospective portant sur 500 yeux, suivis pendant 8 ans en moyenne, a retrouvé un astigmatisme moyen de 0.88D. Il était > 0.50D dans plus de 60 % des cas. Un astigmatisme ≥ 0.75D était présent dans 35 % des cas, compris entre 1.25 et 2D dans 21 % des cas et > 2D dans 8 % des cas. L'astigmatisme était variable dans les différents groupes d'âge. L'astigmatisme total moyen était supérieur à partir de 70 ans, alors que le cylindre cornéen diminuait après 60 ans. L'astigmatisme était majoritairement de type direct chez les patients de moins de 50 ans et plutôt inverse après 60 ans.

Évolution de l'astigmatisme

Gudmundsdottir *et al.* ont noté une évolution vers l'astigmatisme inverse, surtout après 50 ans (0.09D à 50 ans, 0.13D à 60 ans et 0.21D à 70 ans). Elle concerne non seulement l'astigmatisme

LE DOSSIER
Astigmatisme

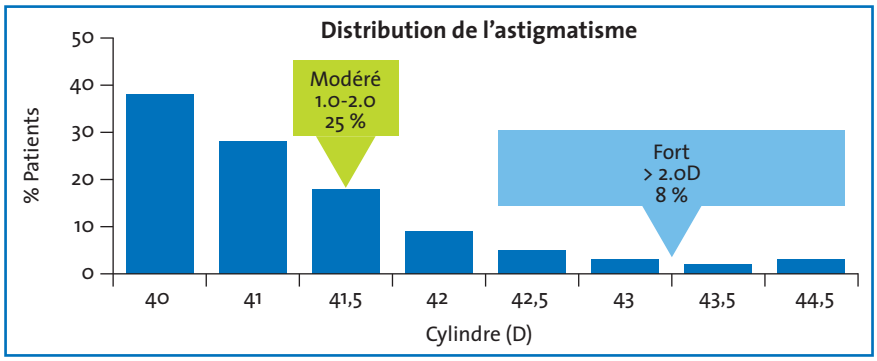

FIG. 1.

total mais aussi le cylindre cornéen. En effet, l'inversion est retrouvée, bien qu'en moindre mesure, également au niveau des valeurs kératométriques (0.03D à 50 ans, 0.08D à 60 ans et 0.17D à 70 ans). Ces changements pourraient donc être liés à la fois à des modifications cristalliniennes et cornéennes [3].

Dans notre étude, nous avons également retrouvé une augmentation de l'astigmatisme total significative entre les deux visites. En termes d'axe, une évolution significative vers l'astigmatisme inverse de 0.26D a été retrouvée sur 8 ans. Elle concerne tous les sous-groupes d'âge et augmente avec l'âge.

Impact visuel

De récentes études ont montré que l'acuité visuelle sans correction diminue à partir de 0.50D d'astigmatisme non corrigé [4]. Le trouble visuel engendré est plus important sur l'axe de l'astigmatisme (les détails horizontaux sont plus flous avec un astigmatisme direct), mais l'impact visuel dépend de plusieurs facteurs. En effet, l'état d'accommodation, l'équivalent sphérique, le diamètre pupillaire et le degré d'aberrations oculaires peuvent influer de manière significative. En termes de netteté, 0.28D d'astigmatisme induit suffirait pour obtenir une réduction de 0.1 logMAR de ligne d'acuité [5]. Ces troubles visuelles d'origine cylindrique peuvent évoluer favorablement dans le temps grâce à une neuroadaptation [6].

Chez les patients pseudophaques, l'acuité visuelle sans correction de loin est pénalisée à partir de 1D d'astigmatisme myopique non corrigé, sans bénéfice pour celle de près. La réduction du diamètre pupillaire améliore les scores de vision sans correction, aussi bien de loin que de près. Un astigmatisme de type hypermétropique est plus pénalisant, aussi bien pour la vision non corrigée de loin que de près [7].

Correction chirurgicale

La prise en charge chirurgicale de la composante cylindrique de la réfraction est une évidence chez les patients opérés de chirurgie réfractive, alors qu'elle n'est toujours pas systématique en chirurgie de la cataracte. Les résultats variables en termes de prédictibilité et de stabilité de la chirurgie incisionnelle manuelle expliquent en partie ce décalage. Cependant, les bons résultats obtenus avec les implants toriques ont crée une dynamique pour optimiser la correction chirurgicale de l'astigmatisme.

Bilan préopératoire

L'évaluation préopératoire de la puissance et de l'axe de l'astigmatisme nécessite un bilan spécifique et l'utilisation systématique de plusieurs instruments diagnostiques.

1. Examen à la lampe à fente

L'examen à la lampe à fente reste prioritaire, car il permet d'objectiver une altération de la surface oculaire (syndrome sec) qui peut diminuer la fiabilité des mesures du cylindre. Il permet également de détecter une laxité du plan zonulo-capsulaire (phacodonésis ou subluxation cristallinienne), qui pourrait compromettre à moyen et long terme le résultat réfractif d'une implantation torique. Par ailleurs, la présence des vaisseaux limbiques peut, dans certains cas, guider le chirurgien et servir d'axe de référence pour le placement de l'implant torique.

2. Autoréfractomètre

L'autoréfractomètre permet non seulement de mesurer l'astigmatisme oculaire total mais surtout la composante cornéenne, utile pour l'indication de l'implantation torique (***fig. 2***). La prise

<R>	S	C	A	
	+1.00	−2.00	85	8
	+1.00	−2.00	80	8
	+1.00	−2.00	85	8
	<+1.00	−2.00	85>	
	mm	D	deg	
R1	7.85	43.00	95	
R2	7.56	44.75	5	
AVE	7.71	43.75		
CYL		**−1.75**	**95**	

FIG. 2.

de mesure correspond à la kératométrie moyenne de 4 points distants de 3 mm environ. Les valeurs retrouvées sont certes fiables et reproductibles en termes de puissance et d'axe, mais elle ne représentent qu'une portion limitée de la cornée centrale, et ne peuvent pas mettre en évidence des astigmatismes asymétriques ou irréguliers.

3. Biomètre à cohérence optique

Les biomètres optiques calculent, à partir de plusieurs dizaines de points plus ou moins espacés sur un ou plusieurs anneaux de 1,65 à 2,6 mm de diamètre, la kératométrie moyenne et les axes principaux du cylindre (***fig. 3***). Ces instruments ont prouvé leur fiabilité pour le calcul de l'implant. Cependant, tout comme l'autoréfractomètre, ils demeurent insuffisants pour détecter d'éventuelles irrégularités du cylindre cornéen.

Fig. 3.

4. Topographie cornéenne

La topographie cornéenne est un outil indispensable pour poser l'indication d'implant torique. Elle complète l'arsenal diagnostique, et objective notamment les formes asymétriques et irrégulières (***fig. 4***). Cette technologie, de type Placido et/ou Scheimpflug, analyse plusieurs milliers de points de la quasi-totalité de la surface cornéenne, et nous renseigne beaucoup plus précisément sur le cylindre à traiter. En cas de discordance avec les instruments précédents, il convient de répéter les

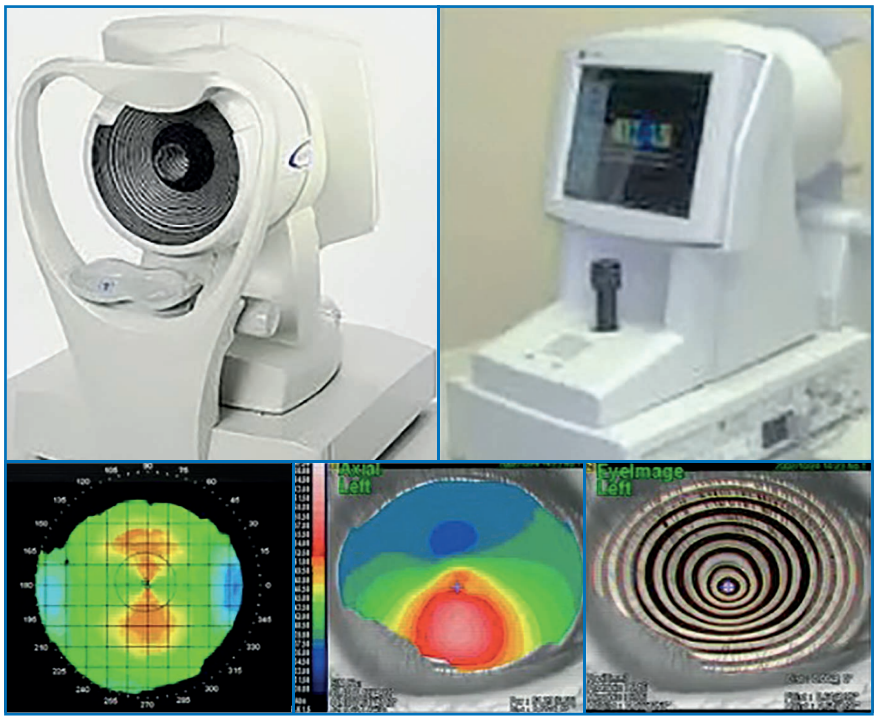

Fig. 4.

prises de mesures en s'assurant de la qualité de la surface oculaire. La topographie cornéenne peut trancher pour mieux définir l'axe du cylindre, en traçant une ligne au centre du méridien le plus cambré (***fig. 5***).

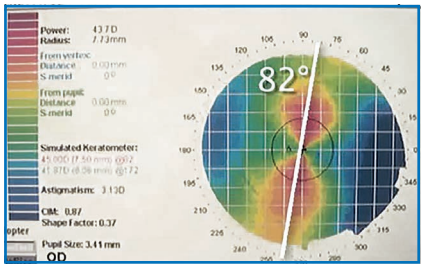

Fig. 5.

5. Astigmatisme postérieur

Plusieurs études récentes ont démontré la présence variable d'astigmatisme postérieur chez nos patients. Cet astigmatisme, plutôt situé à la face postérieure de la cornée, peut être individualisé avec certains topographes de type Scheimpflug. Il doit être distingué du cylindre d'origine cristallinienne ou de la face antérieure de la cornée. Il atteint en moyenne 0.30D, mais avec des extrêmes allant jusqu'à 1.10D.

Il est de type inverse et est supérieur à 0.50D dans près de 10 % des patients. Sur le plan clinique, il est important de le considérer chez nos patients opérés de cataracte avec implantation torique.

Il pourrait expliquer une sous-correction d'un astigmatisme inverse, ou une surcorrection d'un astigmatisme direct chez certains de nos patients [8].

6. Connaissance de l'astigmatisme induit par l'incision de cataracte

L'astigmatisme induit par une incision non suturée varie en fonction de sa longueur, de son site et de son architecture. Ce principe permet de corriger un astigmatisme cornéen faible, en plaçant une incision de taille standard

sur le méridien le plus cambré. La correction cylindrique est plus efficace lorsque l'incision cornéenne est placée en supérieur, car plus proche du centre cornéen.

Plusieurs études ont montré qu'une incision cornéenne de 2,8 à 3,5 mm peut, en fonction de son placement et de l'astigmatisme cornéen préopératoire, induire un astigmatisme plus ou moins marqué avec un impact variable sur la vision sans correction [9, 10]. Une incision cornéenne supérieure de 3-3,5 mm peut induire jusqu'à 1.50D d'astigmatisme. Cet effet est bénéfique en cas d'astigmatisme direct mais délétère en cas d'inverse, et difficilement prédictible en cas d'oblique.

La même incision placée en temporal est moins astigmatogène, donc préférable si l'astigmatisme préopératoire est négligeable ou inverse. Une incision de 2,2 mm peut induire en moyenne 0.25 à 0.35D d'astigmatisme [11]. Une incision de 1,8 mm induit un astigmatisme encore plus négligeable. Elle est de ce fait quasiment neutre, qu'elle soit placée en supérieur ou en temporal, ou en biaxial [12].

L'astigmatisme induit limité des incisions proches de 2 mm réduit les variations d'astigmatisme cornéen pré et postopératoires. Une étude personnelle prospective portant sur 190 yeux opérés de phacoémulsification par incision cornéenne supérieure de 3,2, 2,2 et 1,8 mm a montré que l'astigmatisme induit était de 0.76D pour les incisions de 3,2 mm, et de 0.20D pour les incisions de 2,2 mm et de 1,8 mm [13].

La réduction de la taille de l'incision a impliqué une diminution de l'astigmatisme induit par la chirurgie. De ce fait, les micro-incisions de cataracte ne corrigent pas un astigmatisme cornéen préopératoire, mais elles optimisent en revanche la prédictibilité d'une implantation torique.

Gestion peropératoire

1. Marquage de l'axe du cylindre

Le positionnement de l'implant sur l'axe le plus cambré est basé sur des mesures effectuées en position assise ; mais le patient est allongé pendant l'intervention, et ce changement de position peut être source de cyclotorsion importante chez certains patients [14]. Il est admis qu'une rotation de 10 degrés induit plus de 30 % de perte d'efficacité de la correction cylindrique. Il est donc nécessaire de repérer les axes principaux de référence, patient assis, avant de marquer l'axe cambré du patient allongé sous le microscope opératoire.

2. Méthodes subjectives

La plupart des méthodes de repérage de l'axe du cylindre restent manuelles et reposent sur l'utilisation de marqueurs plus ou moins fins. Ces marques peuvent être imprécises et s'estomper sous le microscope (***fig. 6***). De plus, ces techniques, basées sur des marqueurs lestés ou à bulles ne sont pas toujours reproductibles en termes de précision [15]. En effet, les axes horizontaux ou verticaux peuvent être faussés par un tilt de la tête du patient, du marqueur au moment de l'empreinte, ou de l'opérateur (***fig. 7***). Ces marques de référence conditionnent le marquage de l'axe cambré sur lequel est aligné l'implant. Il est donc impératif d'optimiser la précision de ces repères.

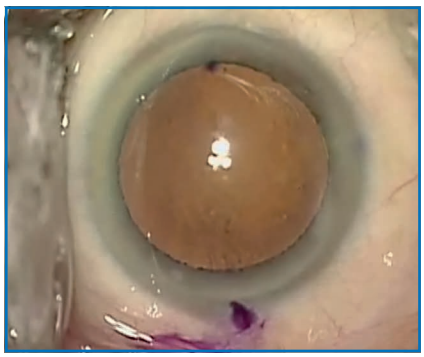

Fig. 6.

Le marquage de l'axe le plus courbe s'effectue sous microscope en début d'intervention. Il comprend le placement d'un marqueur gradué de type Mendez, placé sur les axes de référence horizontaux, et le marquage de l'axe courbe sur lequel l'implant est aligné (***fig. 8***). Une empreinte cornéenne épithéliale, fine, est plus facilement visible en fin d'intervention, qu'une marque conjonctivale.

3. Méthodes objectives

La technologie actuelle évolue vers une automatisation du repérage de l'axe. Elle peut être semi-automatique, c'est-à-dire basée sur le repérage d'un axe de référence tracé au marqueur, (***fig. 9***), ou automatisée avec un repérage irien ou limbique enregistré à la lampe à fente, et un transfert informatisé de ces données au bloc sur écran ou dans l'oculaire du microscope opératoire (***fig. 10***).

Plusieurs logiciels automatisés (Callisto, Verion) permettent désormais de mesurer la puissance et l'axe de l'astigmatisme lors de la biométrie, de transférer ces données, avec une photographie de la surface oculaire, en optimisant ainsi la compensation de la cyclotorsion et le positionnement de la lentille torique sur l'axe cambré (***fig. 11 et 12***) Récemment, ces systèmes de repérage d'axe ont également été proposés sous forme d'applications de smartphone (Toreasy). Le portable est utilisé pour photographier un point remarquable de l'œil du patient, pris comme point de référence, et l'application cal-

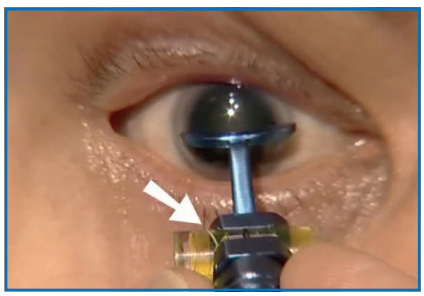

Fig. 7.

LE DOSSIER
Astigmatisme

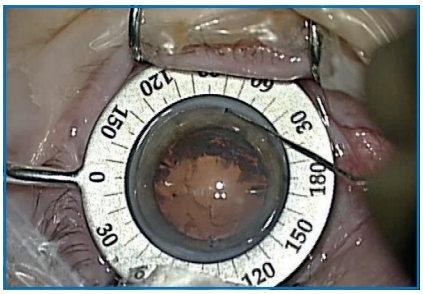

FIG. 8.

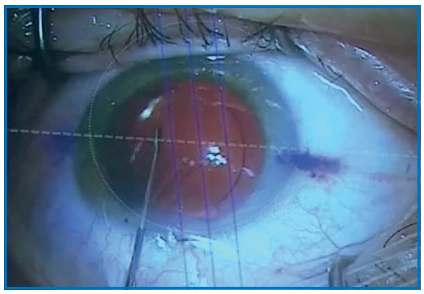

FIG. 9.

FIG. 10.

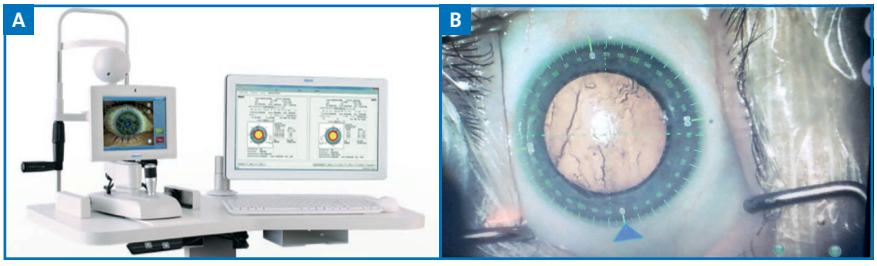

FIG. 11.

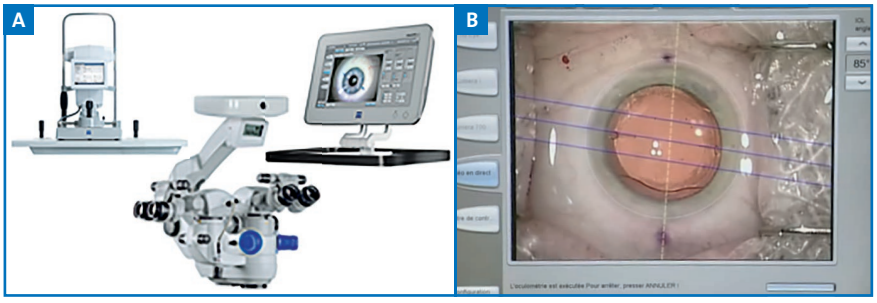

FIG. 12.

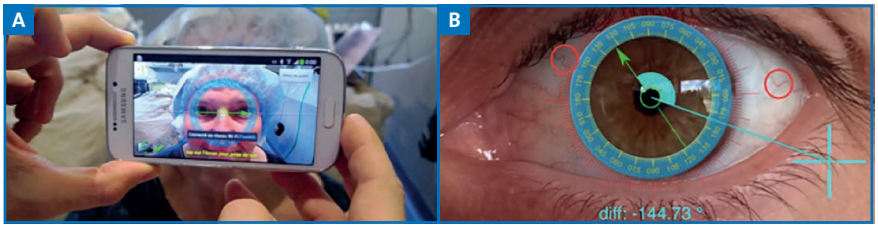

FIG. 13.

cule une valeur d'axe indiquant l'angle qui doit être reporté sur l'œil du patient pour placer la lentille torique. (***fig. 13***).

D'autres technologies encore plus avancées mesurent en peropératoire non seulement la puissance de l'axe de l'astigmatisme, mais également la réfraction et les aberrations oculaires de l'œil aphaque, permettant ainsi d'optimiser en temps réel la précision du calcul de l'implant.

Techniques chirurgicales

1. Chirurgie incisionnelle

Les incisions relaxantes connaissent un regain d'intérêt depuis la commercialisation des plateformes de laser femtoseconde. Elles permettent la correction d'astigmatismes faibles et modérés, inférieurs à 2 dioptries. Elles sont placées sur le méridien le plus cambré et induisent un aplatissement de l'axe traité ainsi qu'un bombement de l'axe situé à 90°. Cet effet de couple permet de ne pas modifier l'équivalent sphérique. Cette option chirurgicale, bien implantée dans les pays anglo-saxons, est moins populaire en Europe. Elle nécessite un set d'instruments spécifique, tels qu'un couteau en diamant, fragile et plutôt onéreux, et un marqueur type Mendez (***fig. 14***).

FIG. 14.

Elles peuvent être réalisées au début ou en fin d'intervention, selon les préférences du chirurgien. Il est préférable de ne pas croiser l'incision principale avec l'incision arciforme pour ne pas compromettre l'intégrité de la cicatrice cornéenne.

Leur efficacité dépend de nombreux facteurs, tels que le diamètre de la zone optique, la longueur, la profondeur, la régularité des incisions et la cicatrisation cornéenne. Plusieurs nomogrammes validés sont disponibles (NAPA, Donnenfeld). Ils préconisent des incisions le plus souvent symétriques, placées 1 mm à l'intérieur du limbe, de degré d'arc variable de 30 à 80° en fonction de l'âge du patient, de l'axe et de la puissance de l'astigmatisme. La profondeur des incisions est soit standardisée à 600 microns, soit idéalement programmée à 90 % de l'épaisseur cornéenne mesurée sur le site de l'incision. De nouveaux nomogrammes adaptés au laser femtoseconde sont en cours de développement, notamment pour des traitements intrastromaux sans effraction épithéliale (***fig. 15***).

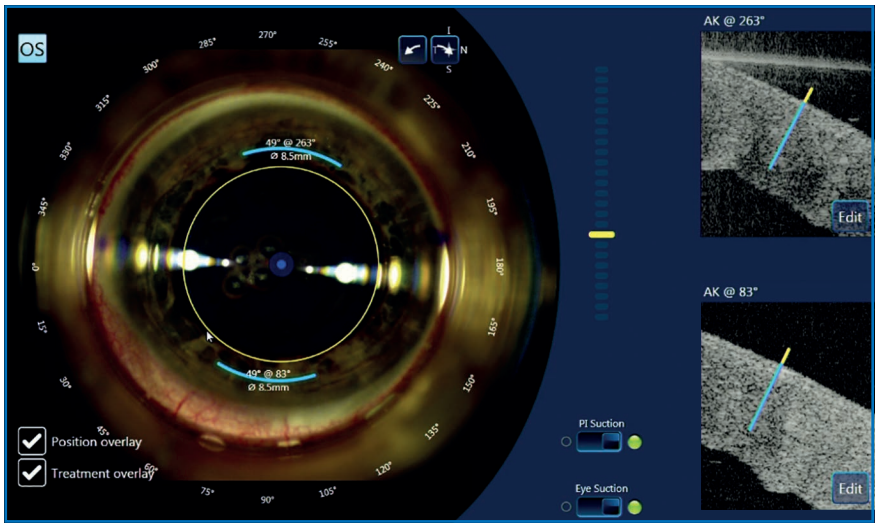

Fig. 15.

AcrySof Toric IOL Model	Cylinder Power @ IOL Plane	Cylinder Power @ Corneal Plane*
T3	1.50	1.03
T4	2.25	1.55
T5	3.00	2.06
T6	3.75	2.57
T7	4.50	3.08
T8	5.25	3.60
T9	6.00	4.11

Tableau I.

Modèle de lentille	ZCT100	ZCT150	ZCT225	ZCT300	ZCT400
Cylinder Power					
IOL Plane	1.00D	1.50D	2.25D	3.00D	4.00D
Corneal Plane	0.69D	1.03D	1.54D	2.06D	2.47D
Gamme de correction de l'astigmatisme cornéen	0.50 – 0.75D	0.75 – 1.50D	1.50 – 2.00D	2.00 – 2.75D	> 2.75D

Tableau II.

2. Implants toriques

L'apparition d'implants toriques a élargi les indications de la correction chirurgicale de l'astigmatisme chez les patients opérés de cataracte. Ces implants permettent la correction de la plupart des astigmatismes cornéens, jusqu'à 4 dioptries, voire plus si besoin (***tableaux I et II***).

Ils ont rapidement fait l'unanimité grâce à leur efficacité, prédictibilité et facilité d'utilisation. En effet, la technique chirurgicale d'une implantation torique ne diffère pas fondamentalement de celle d'une phacoémulsification standard. Certaines étapes nécessitent néanmoins une attention particulière pour optimiser le résultat réfractif.

3. Anesthésie

L'anesthésie de choix est la topique, car elle respecte la conjonctive, et évite ainsi chémosis ou hémorragie conjonctivale. L'anesthésie péribulbaire n'est pas contre-indiquée, mais elle peut pénaliser les mouvements du globe et la fixation oculaire. De ce fait, elle doit être réalisée après le marquage des axes de référence.

LE DOSSIER
Astigmatisme

4. Capsulorhexis

Le capsulorhexis doit être centré, régulier et de diamètre légèrement inférieur à l'optique de l'implant. Il peut être réalisé à l'aiguille ou la pince en fonction des préférences du chirurgien. Certaines pinces ont des graduations millimétrées qui permettent d'ajuster le diamètre plus aisément. Un diamètre de 5 mm permet un recouvrement homogène de l'optique, et assure ainsi la stabilité de l'implant à long terme.

Positionnement de l'implant

L'implant est aligné sur le méridien le plus cambré. La visualisation de la topographie ou du compte rendu du calculateur en ligne, au moment de l'injection, est une sécurité supplémentaire pour garantir l'alignement. Il convient de placer l'implant à proximité de l'axe cambré avant d'aspirer le visqueux derrière l'optique, et de compléter de quelques degrés la rotation pour superposer les marques de l'implant avec les repères cornéens. Certains implants (de type navette) sont moins facilement mobilisables dans le sac en peropératoire. Dans ces cas, l'alignement direct et l'évacuation du visqueux avec l'implant en position mixte sont peut-être préférables, et moins traumatisants, pour le plan zonulo-capsulaire. Enfin, une étanchéité parfaite du globe oculaire et un tonus oculaire correct sont également des facteurs favorisant la stabilité intrasacculaire de l'implant en postopératoire immédiat.

Conclusion

La chirurgie de la cataracte s'apparente de plus en plus à la chirurgie réfractive. L'optimisation de l'acuité visuelle sans correction est une demande récurrente chez les patients et une priorité pour le chirurgien. La maîtrise de l'astigmatisme est en parfaite adéquation avec ces exigences. Sa correction chirurgicale, basée sur des techniques incisionnelles ou une implantation torique est, chez certains patients, une nécessité pour optimiser le résultat réfractif.

Ces dernières années, l'implantation torique a connu un engouement croissant grâce à sa reproductibilité et de son efficacité. Elle est d'autant plus séduisante qu'elle ne modifie pas fondamentalement la technique d'une phacoémulsification standard. Cependant, elle implique une analyse rigoureuse du cylindre cornéen lors du bilan préopératoire, un repérage soigneux des axes de référence et un placement précis de l'implant sur l'axe le plus cambré. La diffusion de méthodes objectives automatisées du repérage de l'axe et une analyse plus fine de l'astigmatisme cornéen devraient permettre une meilleure prédictibilité des résultats réfractifs.

Bibliographie

1. FERRER-BLASCO T, GONZALEZ-MEIJOME JM, MONTÉS-MICO R. Age-related changes in the human visual system and prevalence of refractive conditions in patients attending an eye clinic. *J Cataract Refract Surg*, 2008;34:424-432.
2. FERRER-BLASCO T, MONTÉS-MICO R, PEXOTO-DE MATOS S *et al*. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2009;35:70-75.
3. GUDMUNDSDOTTIR E, JONASSON F, JONSSON V *et al*. With the rule astigmatism is not the rule in the elderly. Reykjavic eye study: a population based study of réfraction and visual acuity in citizens of Reykjavic 50 years and older; the Iceland-Japan co-working study groups. *Acta Ophthalmol Scan*, 2000;78:642-646.
4. VILLEGAS EA, ALCON E, ARTAL P. Minimal amount of astigmatism that should be corrected. *J Cataract Refract Surg*, 2014; 40:13-19.
5. GUO H, ATCHISON DA. Subjective blur limits for cylinder. *Optom Vis Sci*, 2010;87: E549-E559.
6. OHLENDORF A, TABERNERO J, SCHAEFFEL F. Neuronal adaptation to stimulated and optically-induced astigmatic defocus. *Vision Res*, 2011;51:529-534.
7. SINGH A, PESALA V, GARG P *et al*. Relation between uncorrected astigmatism and visual acuity in pseudophakia. *Optom Vis Sci*, 2013;90:378-384.
8. KOCH DD, JENKINS RJ, WEIKERT MP *et al*. Correcting astigmatism with toric intraocular lenses: Effect of posterior corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg*, 2013;39:1803-1809.
9. KOHNEN T, KOCH D. Methods to control astigmatism in cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*, 1996;7:75-80.
10. TEJEDOR J, PEREZ-RODRIGUEZ J. Astigmatic change induced by 2.8-mm corneal incisions for cataract surgery. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2009;50:989-994.
11. MASKET, S, WANG L, BELANI S. Induced astigmatism with 2.2- and 3.0-mm coaxial phacoemulsification incisions. *J Cataract Refract Surg*, 2009;25:21-24.
12. WILCZYNSKI M, SUPADY E, PIOTR L *et al*. Comparison of surgically induced astigmatism after coaxial phacoemulsification through 1.8 mm microincision and bimanual phacoemulsification through 1.7 mm microincision. *J Cataract Refract Surg*, 2009;35:1563-1569.
13. FEBBRARO JL, WANG L, BORASIO E *et al*. Astigmatic equivalence of 2.2-mm and 1.8-mm superior clear corneal cataract incision. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2015;253:261-265.
14. FEBBRARO JL, KOCH D, KHAN H *et al*. Detection of static cyclorotation and compensation of dynamic cyclotorsion in LASIK. *J Cataract Refract Surg*, 2010;36:1718-1723.
15. POPP N, HIRNSCHALL N, MAEDEL S *et al*. Evaluation of 4 corneal astigmatic marking methods. *J Cataract Refract Surg*, 2012;38: 2094-2099.

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