Implant à profondeur de champ : concept et faisabilité

Gilles Lesieur



Centre Ophtalmologique IRIDIS 32, place Jean Jaurès 81000 ALBI g.lesieur@centre-iridis.fr www.centre-iridis.fr

Dès 1966 l'industrie s'est intéressée à l'asphéricité par le développement par LEICA NOCTILUX® de la première optique asphérique pour un appareil photographique. Le but était de diminuer le poids de l'objectif et de limiter les distorsions de l'image photographique.

Ce n'est que bien plus tard, en 1991 pour la conceptualisation (1) et en 1993 pour les premiers essais in vivo (2) que l'ophtalmologie s'y est intéressée.

Les premiers essais ont d'ailleurs été décevants car le meilleur implant ne doit pas être un implant parfait sans aucune aberration, mais plutôt un implant présentant des aberrations opposées aux aberrations cornéennes (3).

Ces notions ont ouvert une nouvelle ère dans le design optique des implants.

L'âge dégrade la qualité optique de l'œil humain. Les aberrations cornéennes (Fig. 1) semblent être stables avec le vieillissement (4), mais le cristallin présente une évolution de son aberration sphérique (AS) d'une valeur négative vers une valeur plus positive (5).

Surface	Asphéricité	Aberrations Sphériques*
Parfaitement Sphérique	0	+0.20μm
Cornée	-0.27	+0.15µm
Parfaitement Asphérique	-0,50	0μm

Figure 1. Notions de base

^{*} Aberration sphérique totale de l'œil jeune pour un diamètre pupillaire de 6mm

En 2011 l'intérêt des implants asphériques est incontesté pour améliorer la qualité de vision en particulier en vision mésopique.

Ainsi l'asphéricité augmente la vision des contrastes en mésopique, pour une pupille supérieure à 4mm, et diminue les aberrations sphériques Z4-0 (6).

De plus par une diminution de l'épaisseur de l'optique (9% pour l'AcrySof IQ Alcon© et 2.25% pour le Micro AY PhysIOL©) ces implants présentent un grand intérêt en MICS et pour les lentilles de forte puissance.

L'amélioration de la profondeur de champ par une modification de l'asphéricité est encore largement débattue et la diminution des aberrations sphériques peut conduire en une baisse de la profondeur de champ in vivo (7-8). Tout dépend de l'aberration sphérique résiduelle qui ne semble pas être égale à zéro pour obtenir un meilleur résultat sur la profondeur de champ.

Pour certains auteurs une aberration sphérique positive résiduelle est souhaitable pour améliorer la profondeur de champ $(+0.10\mu m)$ (9).

En revanche il a été démontré in vitro qu'une aberration sphérique résiduelle de 0.60µm en négatif ou en positif, pouvait permettre 2 D de profondeur de champ (10-Fig. 2).

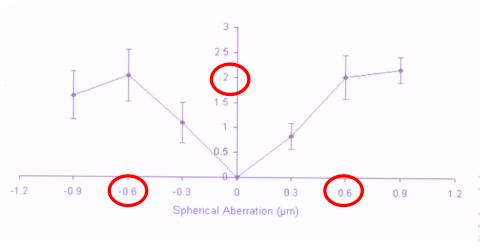


Figure 2. Amélioration de la profondeur de champ par rapport à l'AS

Par ailleurs de multiples facteurs peuvent interférer dans les résultats comme une multifocalité cornéenne (11), le diamètre pupillaire (12-Fig. 3), l'astigmatisme cornéen (13), la profondeur de chambre antérieure et la taille d'incision qui doit faire privilégier la MICS pour limiter les aberrations optiques (14).

L'œil n'étant pas un système optique figé il faudrait aussi tenir compte du centrage de l'implant dans le sac qui n'est pas toujours centré sur l'axe optique (angle K de 4° décentré en nasal) et de sa contraction qui d'une part diminue la sensibilité aux contrastes (15) et d'autre part peut le décentrer (une décentration supérieure à 7° annule le bénéfice de la correction d'aberration sphérique (16)).

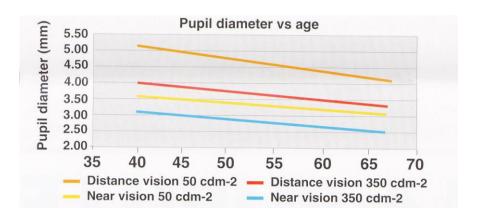


Figure 3. Variation de la pupille selon l'âge

Les études (17) et l'expérience du Presbylasik nous permettent de retrouver une excellente profondeur de champ chez les patients présentant en post-opératoire un facteur Q proche de moins 1 et en corollaire une Z4-0 réduite ou négative (Fig. 4).

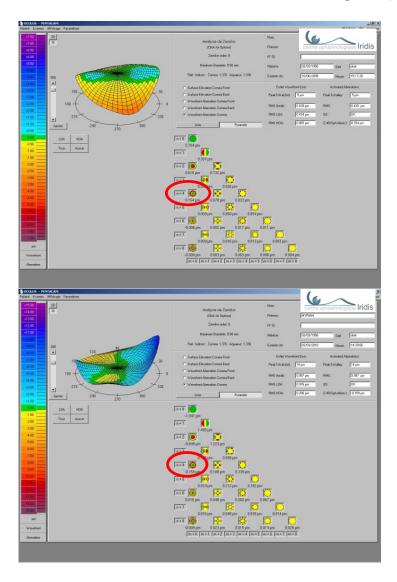


Figure 4. Négativation de la Z 4-0 après Presbylasik (de $+0.154\mu m$ à $-0.159\mu m$ avec une cible de facteur Q de -1)

Est-il alors possible de réduire la presbytie en modifiant l'AS avec une LIO monofocale? La qualité de vision risque-t-elle d'être diminuée?

Matériel et Méthodes

Une étude a été réalisée en incluant des patients présentant une cataracte bilatérale sans aucune autre pathologie ophtalmologique et avec un astigmatisme inférieur à 1D.

Une analyse aberrométrique (Scheimpflug Pentacam©) cornéenne a été pratiquée en préopératoire afin de sélectionner les patients ayant une AS cornéenne totale Z4-0 comprise entre 0 et +0.215µm.

L'œil dominant déterminé par le test du trou sténopéïque a été implanté avec un Akreos MICS (Bausch et Lomb©) présentant une AS de 0µm.

L'œil adelphe, dominé, a été implanté avec un implant CT ASPHINA (Zeiss©) présentant une AS de -0.18µm

Caractéristiques de l'Akreos MICS

- Acrylique Hydrophile 26%
- AS 0
- Zone Optique 6.2 à 5.6mm
- Diamètre total 10.5 à 11mm
- Bords carrés sur 360°
- Angulation postérieure Haptique 10°
- 0 à +30 D avec Medicel 1.8
- Cste IolMaster 118.9

Caractéristiques du CT Asphina

- Acrylique Hydrophile 25% et « surface hydrophobe »
- AS -0.18μm
- Zone Optique 6.0mm
- Diamètre total 11mm
- Bords carrés sur 360°
- Angulation Haptique 0°
- 0 à +32 D avec Medicel 1.8
- Cste IolMaster 117.9

Un groupe de 12 patients a été inclus dans l'étude (communication orale San Diego 2011) et nous présentons les résultats préliminaires de 10 patients (communication orale Presbymania août 2010):

20 IMPLANTS

Puissance moyenne 21.25D (18.5D à 26D) SD 2.47

9 F / 1M

10 OD / 10 OG

Age moyen 71.5 (48 à 76)

AVL pré op moyenne 6.5 (3 à 10) SD 3.53

AVL post op 10

MICS Biaxiale AT ou AST incision finale 1.8-1.9mm

1 complication (OMC à J15) mais AVSC à J1 9/10 P2 en binoculaire (Fig.5)

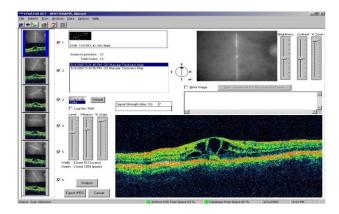


Figure 5. OMC à J15 patient exclus présentant une AV de 9/10P2 sans correction à J1

Un examen a été réalisé à J15 avec mesure de l'acuité visuelle de loin et de près en monoculaire et en binoculaire avec et sans correction ainsi que l'acuité visuelle de près avec correction de loin.

La consultation finale a été réalisée à 3 mois avec analyse des mêmes critères plus la vision en contraste à 12%. Il a été associé un comptage cellulaire endothélial et une nouvelle analyse topographique cornéenne Scheimpflug.

Une courbe de défocus monoculaire a complété le bilan postopératoire.

Les données du diamètre pupillaire photopique et scotopique pré et post op ainsi que la profondeur de chambre antérieure ont été recueillies.

Résultats

L'analyse à J15 retrouve une bonne vision intermédiaire avec une acuité visuelle de près avec correction de loin égale ou supérieure à P5 dans 89% des cas et à P3 dans 62,5% des cas (Fig.6).

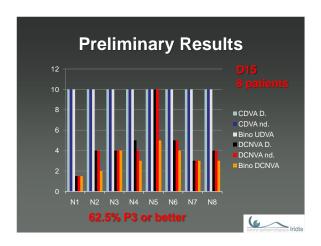


Figure 6. Résultats à J15

L'analyse à J90 de 4 patients montre une acuité visuelle de prés avec correction de loin de P4 ou mieux dans 75% des cas (Fig.7).

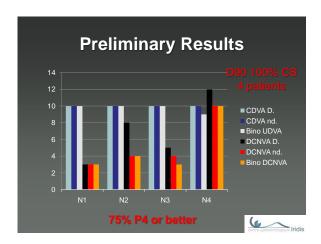


Figure 7. Résultats à J90

Les résultats obtenus en contraste à 12% sont conformes à ceux espérés après implantation d'une lentille monofocale (Fig.8).

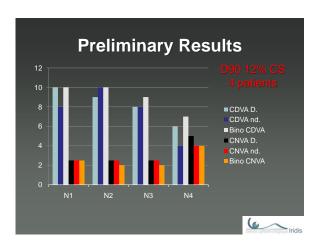


Figure 8. Résultats à J90 acuité visuelle à 12% de contraste

Les courbes de défocus concernant l'œil dominé implanté avec le CT Asphina retrouvent pour les 3 meilleurs résultats une bonne vision intermédiaire. Les résultats concernant l'œil dominé implanté en Akreos MICS sont légèrement moins bons en vision intermédiaire.

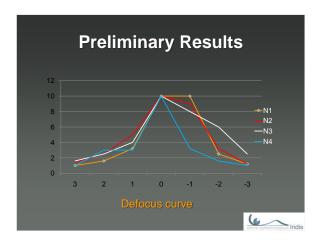


Figure 9. Courbe de défocus de l'œil dominé implanté avec un CT Asphina

Les différents facteurs analysés à 3 mois ne montrent pas de disparité, en particulier la bonne vision intermédiaire n'est pas explicable par une petite pupille (diamètre pupillaire photopique moyen 2,94 mm SD 0,03).

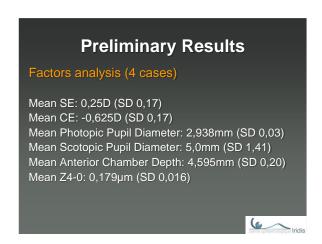


Figure 10. Autres facteurs analysés à J90

Discussion

Ces résultats préliminaires à partir d'un petit échantillon de patients seront à analyser statistiquement lorsque tous les patients inclus seront revus à 3 mois.

Il n'existe pas de différence significative entre l'acuité visuelle de loin à contraste élevé et à faible contraste.

Ainsi la qualité de vision n'est pas affectée par l'augmentation des aberrations sphériques négatives Z4-0.

En outre dans cette petite cohorte, il semble exister une différence dans l'acuité visuelle de près Parinaud 4,3 ± 1.5 avec CT Asphina versus Parinaud 6,0±2,6 avec Akreos MICS.

La vision intermédiaire est nettement améliorée comme le montrent les courbes de défocus mais il est difficile d'expliquer certains mauvais résultats du fait très certainement des facteurs multiples interférents dans la pseudoaccommodation.

Ainsi le mauvais résultat (P10 odg) à J15 peut s'expliquer par une importante profondeur de chambre antérieure de 4140µm en post op (2700µm en préop Fig. 11).

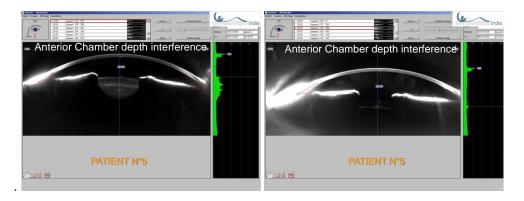


Figure 11. Augmentation de la profondeur de chambre antérieure après implantation

Par ailleurs le résultat insuffisant en vision intermédiaire à J90 (Patient N°4 DCNVA P12/P10) concerne le patient à la plus haute Z4-0 pré-opératoire avec $0.193\mu m$ pour l'œil dominant et $0.215\mu m$ pour l'œil dominé.

La prochaine étape sera de réaliser un implant à AS négative élevée (à définir in vitro sur banc optique) pour améliorer la vision intermédiaire et répondre aux différentes AS cornéennes.

Ceci permettra sans doute de développer l'idée d'une véritable personnalisation de l'implant par rapport à l'AS cornéenne totale comme l'ont suggéré certains auteurs (18-19) avec une fabrication sur mesure pour obtenir les meilleurs résultats visuels.

Une autre voie est celle de l'implant ajustable par la lumière (LAL Calhoun Vision©) avec modification de l'AS en post opératoire(20).

En conclusion

Une étude plus approfondie est nécessaire pour déterminer dans quelle mesure la réduction de l'asphéricité présentée comme un argument marketing est pertinente pour la correction intraoculaire, et quel équilibre est optimal entre l'amélioration de la profondeur de champ et la qualité de vision.

De plus il est essentiel que cette amélioration optique soit perçue par le patient et en particulier il faudra s'attacher à réaliser une véritable chirurgie de la cataracte réfractive par MICS en obtenant un défocus résiduel proche de zéro.

En effet les patients ne percevront pas de différence dans le cas de défocus supérieur à 0.25D(21) car l'amélioration de l'image sera faible. Ceci ne pourra être obtenu que par une amélioration des appareils et des formules de calcul des implants.

Bibliographie

- 1. Atchinson DA. Design of aspheric intraocular lenses. Ophthalmic Physiol Opt. 1991; 11:137-146
- 2. Navarro R, Ferro M Artal P, Miranda I. Modulation transfer functions of eyes implanted with intraocular lenses. Appl Opt. 1993;32:6359-6367
- 3. Artal P. History of IOLs that correct spherical aberration. J Cataract Refract Surg. 2009; 35:962
- 4. Guirao A, Redondo M, Artal P. Optical aberrations of the human cornea as a function of age. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis. 2000;7:1697-1702
- 5. Glasser A, Campbell MCW. Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age. Vision Res. 1998;38:209-229
- 6. Barbero S. et all. Optical aberrations of intraocular lenses measured in vivo and in vitro. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis. 2003;20(10):1841-1851
- 7. Nanavaty MA, Spalton DJ, Boyce J.,Saha S, marshall J. Wavefront aberrations, depth of focus, and contrast sensitivity with aspheric and spherical intraocular lenses: fellow eye study. J Cataract Refract Surg. 2009;35:663-671
- 8. Rocha KM, Soriano ES, Chamon W, Chalita MR, Nosé W. Spherical aberration and depth of focus in eyes implanted with aspheric and spherical intraocular lenses: a prospective randomized study. Ophthalmology. 2007;114(11):2050-4
- 9. Tanzer et Schallhorn ASCRS symposium, May 1-5 2004, San Diego
- Rocha KM Expanding depth of focus by modifying higher-order aberrations induced by an adaptative optics visual simulator. J Cataract Refract Surg. 2009; 35:1885-1892
- 11. Fukuyama M, Oshika T, Amano S, Yoshitomi F. Relationship between apparent accommodation and corneal multifocality in Pseudophakic eyes. Ophthalmology. 1999:106:1178-81
- 12. Elder MJ, Murphy C, Sanderson GF. Apparent accommodation and depth of field in pseudophakia. J Cataract Refract Surg. 1996;22:615-9
- 13. Dailies MB, Gancayco T. Low myopia with low astigmatic correction gives cataract surgery patients good depth of focus. Ophthalmology. 1990;97922-6
- 14. Alio JL, Elkady B, Ortiz D. Middle East Afr J Ophtalmol. 2010 janv;17(1):94-9
- 15. Hayashi K. et all. Effect of anterior capsule contraction on visual function after cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2007;33:393-400
- 16. Holladay JT, Piers PA, Koranyi G, van der Mooren M, Norrby NES. A new intraocular lens design to reduce spherical aberration of Pseudophakic eyes. J Refract Surg. 2002;683-691
- 17. Cantu R, Rosales MA, Tepichin E, et al. Objective quality of vision in presbyopic and non –presbyopic patients after pseudoaccommodative advanced surface ablation. J Refract Surg. 2005;21(suppl):S603-5
- 18. Findl O. Benefits of aspheric IOLs limited in some patients. Cataract and refractive Surgery Today August 2008;3:14-16
- Beiko GH. Personalized correction of spherical aberration in cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2007;33:1455-1460

- 20. Sandstedt CA, Chang SH, Grubbs RH, Schwartz DM. Light-adjustable lens: customizing correction for multifocality and higher order aberrations. Trans Am Ophthalmol Soc. 2006;104:29-39
- 21. Pande M.V. Do Aspheric IOLs Offer Significant benefit to ours patients? Cataract and refractive Surgery Today October 2007