

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 kératomileusis, 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

Dossier

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

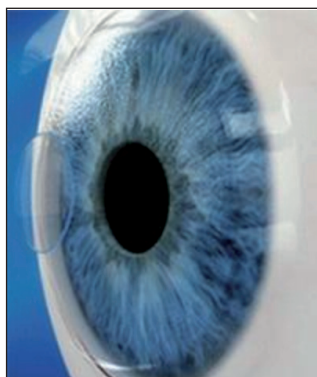


Figure 1. Dessin d'un implant Flexivue Microlens® dans la cornée.

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.

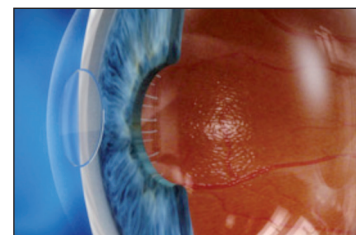


Figure 2. Dessin d'un implant Vue+™

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.

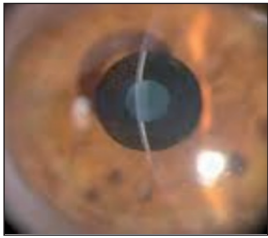


Figure 4. Implant Kamra™ dans la cornée.

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 lenticules intracornéens 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 lenticules intracornéens 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. Lenticules intracornéens 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.