

## LE DOSSIER Kératocône

# Les anneaux cornéens pour kératocônes



→ J. COLIN, L. PINSARD,  
D. TOUBOUL, F. MALET,  
D. PRAUD, C. GARRA,  
S. COURGET



Centre National de Référence du  
Kératocône (CRNK), CHU Pellegrin,  
BORDEAUX.

**P**endant de nombreuses années, en cas d'échec des lentilles de contact par intolérance primaire, intolérance secondaire ou impossibilité de port en raison de conditions d'environnement spécifiques, la greffe de cornée, le plus souvent transfixiante, constituait la seule possibilité thérapeutique alternative chez les patients porteurs de kératocônes.

Au cours des dix dernières années plusieurs innovations thérapeutiques majeures sont venues bouleverser la prise en charge des patients porteurs d'ectasies cornéennes :

- les anneaux cornéens ;
- le cross-linking du collagène de la cornée ;
- les greffes lamellaires ;
- les implants toriques.

### Le mode d'action des anneaux pour kératocônes

Les anneaux cornéens ont été utilisés au départ dans le traitement des faibles myopies. En augmentant l'épaisseur cornéenne périphérique, ils raccourcissent la longueur d'arc de la surface cornéenne antérieure et ainsi aplatissent la cornée centrale. Leur effet biomécanique est potentiellement plus marqué dans les cornées amincies.

L'objectif majeur des anneaux pour kératocône est d'améliorer la qualité de vision des patients en remodelant l'architecture cornéenne, en diminuant l'astigmatisme asymétrique, sans enlever de tissu cornéen et sans toucher le centre de la cornée. Les anneaux peuvent être enlevés si nécessaire.

Différents types d'anneaux sont actuellement sur le marché :

- les Intacs, distribués par la société Additive Technology (Fremont, Californie). Le modèle conventionnel a une zone optique de 7 mm et une section hexagonale. Un nouveau modèle dit SK (pour *Severe Keratoconus*) a une zone optique de 6 mm et une section ovale. Différentes épaisseurs d'anneaux sont disponibles de 0,25 à 0,45 millimètres. Ils sont distribués par la société Dhinatos ;
- les anneaux de Ferrara ou Keraring, développés par la société Mediphacos au Brésil ; les zones optiques disponibles sont actuellement de 5 et 6 mm et la section triangulaire. Différentes longueurs d'arc sont aussi disponibles.

Les segments d'anneaux constitués de PMMA ont une longueur et une épais-

seur variables permettant d'essayer de customiser leur effet. Selon la loi de Blavatskaya, l'effet est d'autant plus important que l'anneau est épais et que la zone optique est petite. Cependant, les effets secondaires visuels augmentent en cas de petite zone optique.

### La sélection des patients

Les candidats pour les anneaux sont des patients porteurs de kératocônes, avec une cornée centrale transparente et une intolérance aux lentilles de contact. Si la cornée centrale présente des opacités, il n'est pas possible d'espérer une récupération visuelle utile. Cependant, si les opacités sont apicales et superficielles, une ablation au laser Excimer en mode phototherapeutique peut être réalisée avant l'implantation des anneaux.

### L'intervention

#### 1. Le bilan préopératoire

Il comprend :

- un examen ophtalmologique complet avec mesure de l'acuité visuelle sans correction, avec correction, et à l'aide du trou sténopéique ;
- l'examen biomicroscopique évalue la transparence de la cornée ou la présence d'opacités et de plis cornéens ;
- la topographie précise le siège du cône et les rayons de courbure cornéens ;
- la mesure de l'épaisseur cornéenne est au mieux précisée par OCT avec carte pachymétrique ;
- l'évaluation subjective de la tolérance des lentilles de contact.

# LE DOSSIER

## Kératocône

	Diamètre interne	Diamètre externe
Intacs classiques	6,8 mm	7,8 mm
Intacs SK	6,0 mm	7,0 mm

**TABLEAU I :** Paramètres recommandés pour la dissection des tunnels.

### 2. La technique opératoire

La technique opératoire a évolué considérablement récemment grâce à l'utilisation du laser femtoseconde. Classiquement, l'implantation se faisait de façon manuelle :  
 – pour les Intacs, une incision cornéenne de 1,2 mm de longueur est réalisée à l'aide d'un couteau diamant en avant du limbe à une profondeur de 66 % de l'épaisseur cornéenne mesurée à ce niveau. Deux tunnels intrastromaux sont réalisés à l'aide d'un dissecteur guidé par une anneau de succion permettant d'obtenir une zone optique de 7 mm ;  
 – pour les anneaux de Ferrara, deux incisions radiaires sont réalisées et la dissection des tunnels se fait à l'aide d'un dissecteur non guidé ;  
 – cette dissection des tunnels intrastromaux peut se faire actuellement aisément par le laser femtoseconde avec une profondeur, une largeur et un site des incisions radiaires prédéterminés par le logiciel du laser.

Les paramètres recommandés pour la dissection des tunnels par laser femtoseconde sont présentés dans le **tableau I**. Les anneaux sont ensuite implantés dans ce tunnel et leur extrémité est maintenue à distance de l'incision pour en améliorer la tolérance. Une suture peut être utilisée pour fermer l'incision afin d'éviter l'apparition de kystes épithéliaux à ce niveau. L'incision est réalisée le plus souvent en temporal.

### 3. Le choix des anneaux

Le choix de l'épaisseur et de la localisation des anneaux est basé sur :  
 – l'équivalent sphérique préopératoire (< ou > 3 D de myopie) ;  
 – le siège du kératocône ;

K <sub>1</sub> max (D) < 53	ES (D) > -3	INTACS (I) 0,40
	ES (D) ≤ -3	INTACS (I) 0,45
K <sub>max</sub> (D) ≥ 53		INTACS SK (ISK) 0,45

**TABLEAU II :** Nomogramme du CRNK de Bordeaux.

– l'astigmatisme asymétrique induit par le kératocône.

Les nomogrammes, difficiles à préciser en raison du grand nombre de variables, sont actuellement proposés par les laboratoires qui commercialisent les anneaux. Des anneaux de même épaisseur ou d'épaisseur variable peuvent être utilisés en fonction de la topographie de la déformation conique, avec pour but de diminuer l'astigmatisme asymétrique induit par le kératocône. Notre nomogramme actuel, basé sur la topographie cornéenne, le K<sub>max</sub> et l'équivalent sphérique, est résumé dans le **tableau II**.

### 4. Le traitement postopératoire

Il comprend l'application d'une pommade antibiotique-corticoïde à la fin de l'intervention, l'utilisation d'un collyre antibiotique et corticoïde et d'un collyre mouillant pendant deux semaines. La suture est retirée au 10-15<sup>e</sup> jour. Il est recommandé aux patients de ne pas se frotter les yeux.

### 5. Complications

#### >>> Complications peropératoires

Nous n'avons pas eu de complications à type de perforation cornéenne antérieure ou postérieure pendant la chirurgie. Dans quelques cas, l'asymétrie de la forme de la cornée peut induire une dissection ovalaire des deux tunnels stromaux.

#### >>> Sous-corrrection

Si après implantation des deux anneaux, l'effet réfractif est insuffisant ou si l'asymétrie cornéenne est encore importante, un ajustement peut être réalisé par des

anneaux d'épaisseur supérieure s'ils sont disponibles. L'erreur réfractive résiduelle est corrigée par des lunettes ou des lentilles de contact. Si la myopie résiduelle est importante et que le patient ne tolère pas une lentille, un implant phaqué réfractif peut être implanté ; la chambre antérieure a dans ces cas une profondeur > 3 mm.

#### >>> Surcorrection

Si le patient est surcorrigé, avec induction d'une hypermétropie, les anneaux doivent être retirés et échangés pour une épaisseur inférieure. Si l'hémi-cornée supérieure est très plate après l'implantation, l'anneau supérieur est enlevé afin d'obtenir une courbure cornéenne plus homogène.

#### >>> Néovascularisation cornéenne vers l'incision

Cela peut survenir en cas d'incision à midi, en particulier chez les patients avec un long passé de port de lentilles et qui ont souvent des néovaisseaux limbiques avant la chirurgie. En cas d'incision temporale, les néovaisseaux sont rares et l'incision est située plus loin du limbe, en raison de l'anatomie cornéenne.

#### >>> Migration d'un segment vers l'incision

Cette complication peut survenir quand, en fin d'intervention, l'extrémité d'un ou des deux anneaux est trop proche de l'incision : la tendance naturelle de l'anneau en PMMA est alors de migrer vers l'incision avec un risque de nécrose cornéenne à ce niveau.

#### >>> Extrusion

Un amincissement progressif de la cornée avec nécrose peut survenir quand les anneaux sont implantés trop superficiellement, en particulier si l'incision est faite à midi. L'extrémité des anneaux peut alors exercer une traction trop forte au niveau d'une zone cornéenne amincie par le kératocône.

Séries	N yeux	Intacs/Ferrara	Suivi	Modifications de l'acuité visuelle	Modifications réfractives
Ibrahim	186	Intacs	5 ans	85,23 % et 87,9 % de gain de lignes d'AVSC et d'AVAC	K: -de 52.53D à 48.05D
Colin	57	Intacs	6 mois	78 % de gain de lignes AVSC 62 % + 2 à 8 lignes d'AVAC	ESM: 3.1 ± 2.5 D K: 4.3 ± 2.8 D
Siganos	33	Intacs	11,3 mois	25 de 33 yeux: gain de 1 à 6 lignes d'AVAC	K: 1.94 ± 3.51 D ESM: 1.82 ± 3.03 D
Alio	13	Intacs	48 mois	AVAC de 20/50 à 20/30	ESM: de -5.40 D à -3.95 D
Alio	25	Intacs	6 mois	80 % gain de 3 lignes d'AVAC	Kmax < 55 D: AVAC + 3 lignes, Kmax > 55 D: AVAC -1 ligne.
Colin	100	Intacs	2 ans	80,5 % et 68,3 % gagnent AVSC et AVAC	ESM: de -6.93 D à -4.01 D
Ertan	118	Intacs	1 an	81,3 % et 73,7 % gagnent AVSC et AVAC	Diminution de ESM > 2 D dans 70,3 % des yeux
Kwitko	51	Ferrara	13 mois	86,4 % gagnent AVSC et AVC	ESM: de -6.08 D à -4.55 D
Siganos	26	Ferrara	6 mois	Gain de la MAVC de 0,37 à 0,6	ESM: de -6.91 D à -1.11 D
Colin	10	Intacs	1 an	Gain de 2 lignes de la AVAC	Réduction du cylindre: de -4 D à -1.3 D
Kanellopoulos	20	Intacs	12 mois	AVSC de 20/154 à 20/28; AVAC de 20/37 à 29/22	Réduction de la sphère: de -3.38 D à -1.15 D
Hellstedt	50	Intacs	6,3 mois	AVAC de 20/78 à 20/43	Réduction du cylindre de 2.9 D
Boxer-Wachler	74	Intacs	9 mois	Gain de 4 lignes de l'AVSC	ESM: de -3.89 D à -1.46 D

AVSC: acuité visuelle sans correction; AVAC: acuité visuelle avec correction; ESM: équivalent sphérique moyen; K: kératométrie

TABLEAU III: Principales études réalisées.

## 6. En postopératoire

L'adaptation de lentilles de contact souples ou rigides peut être réalisée après l'intervention pour corriger l'amétropie résiduelle sphérique ou cylindrique, plus facilement après Intacs dont la zone optique est plus large. Si, chez un patient, les résultats visuels obtenus ne sont pas acceptables en raison d'une vision trop basse ou de parasites visuels liés au bord de l'anneau ou à la progression du cône avec l'apparition d'opacités cornéennes, une greffe de cornée peut être réalisée.

### Conclusion

Les anneaux apparaissent donc comme une méthode thérapeutique intéressante chez les patients kératoconiques, sans opacité cornéenne centrale et qui sont intolérants aux lentilles de contact, et chez ceux qui développent une ectasie

La cornée centrale est opaque	Greffe lamellaire prédescémétique
<b>La cornée centrale est transparente</b>	
<b>&gt;&gt;&gt; Le kératocône évolue... 1 D ou plus en 12 mois</b>	
- le patient tolère les lentilles de contact	CXL
- le patient ne tolère pas les lentilles	Anneaux + CXL
<b>&gt;&gt;&gt; Le kératocône est stable</b>	
- le patient tolère les lentilles de contact	Continuer les lentilles
- le patient ne tolère pas les lentilles	- Anneaux si amétropie faible - Implant torique si amétropie forte - Implant torique si cristallin opacifié

TABLEAU IV: Arbre décisionnel.

cornéenne après chirurgie photoablatrice. Plusieurs études montrent que la cornéoplastie par cross-linking du collagène stromal (CXL) entraîne un frein notable de la progression du kératocône (**tableau III**).

Les indications principales sont les kératocônes évolutifs avec accentuation des valeurs de la kératométrie, c'est-à-dire essentiellement chez des adultes jeunes, voire chez des enfants. Le CXL doit être

proposé aux patients de moins de 35 ans porteurs de kératocônes, en cas de progression de l'ectasie cornéenne avec une pachymétrie supérieure à 400 µ. Les traitements combinés des kératocônes par CXL et anneaux ou et CXL et PKR semblent obtenir des résultats additifs. Différentes études sont en cours pour évaluer ces associations thérapeutiques. Un arbre décisionnel est présenté dans le **tableau IV**.

# LE DOSSIER

## Kératocône

### Bibliographie

1. WOLLENSAK G, SPOERL E, SEILER T *et al.* Riboflavin/ultraviolet-a-induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol*, 2003; 135: 620-627.
2. ERTAN A, COLIN J *et al.* Intracorneal rings for keratoconus and keratectasia. *J Cataract Refract Surg*, 2007; 33: 1303-1314.
3. COLIN J *et al.* Correcting keratoconus with intracorneal rings. *J Cataract Refract Surg*, 2000; 26: 1117-1122.
4. COLIN J *et al.* INTACS inserts for treating keratoconus: one-year results. *Ophthalmology*, 2001; 108: 1409-1414.
5. ERTAN A, KAMBURUGLU G *et al.* Intacs implantation using a femtosecond laser for management of keratoconus: Comparison of 306 cases in different stages. *J Cataract Refract Surg*, 2008; 34: 1521-1526.
6. PINERO DP *et al.* Corneal aberrometric and refractive performance of 2 intrastromal corneal ring segment models in early and moderate ectatic disease. *J Cataract Refract Surg*, 2010; 36: 102-109.
7. KUBALOGLU A *et al.* Comparison of 2 intrastromal corneal ring segment models in the management of keratoconus. *J Cataract Refract Surg*, 2010; 36: 978-985.
8. SANSANAYUDH W *et al.* Intrastromal corneal ring segment SK implantation for moderate to severe keratoconus. *J Cataract Refract Surg*, 2010; 36: 110-113.
9. LAI MM *et al.* Optical coherence tomography to assess intrastromal corneal ring segment depth in keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2006; 32: 1860-1865.
10. SILVESTRINI T, LOOMAS B, BURRIS T. A geometric model to predict the change in corneal curvature from the intrastromal corneal ring (ICR). *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1994; 35: 2023.
11. BOXER WACHLER BS *et al.* Intacs for keratoconus. *Ophthalmology*, 2003; 110: 1031-1040.
12. SHARMA M, BOXER WACHLER BS. Comparison of single-segment and double-segment Intacs for keratoconus and post-LASIK ectasia. *Am J Ophthalmol*, 2006; 141: 891-895.
13. ALIO JL *et al.* Analysis of results related to good and bad outcomes of Intacs implantation for keratoconus correction. *J Cataract Refract Surg*, 2006; 32: 756-761.
14. ZARE MA, HASHEMI H, SALARI MR. Intracorneal ring segment implantation for the management of keratoconus: safety and efficacy. *J Cataract Refract Surg*, 2007; 33: 1886-1891.
15. FERRARA AC. Técnica cirúrgica para correção de miopia; anel corneano intra-estromal. *Rev Bras Oftalmol*, 1995; 54: 577-588.
16. KYMIONIS GD *et al.* Long-term follow-up of Intacs in keratoconus. *Am J Ophthalmol*, 2007; 143: 236-244.
17. RABINOWITZ YS *et al.* INTACS inserts using the femtosecond laser compared to the mechanical spreader in the treatment of keratoconus. *J Refract Surg*, 2006; 22: 764-71.
18. CARRASQUILLO KG, RAND J, TALAMO JH *et al.* Intacs for keratoconus and post-LASIK ectasia: mechanical versus femtosecond laser-assisted channel creation. *Cornea*, 2007; 26: 956-962.
19. HOLLADAY JT, MORAN JR, KEZIRIAN GM *et al.* Analysis of aggregate surgically induced refractive change, prediction error, and intraocular astigmatism. *J Cataract Refract Surg*, 2001; 27: 61-79.
20. PINERO DP *et al.* Modification and refinement of astigmatism in keratoconic eyes with intrastromal corneal ring segments. *J Cataract Refract Surg*, 2010; 36: 1562-1572.
21. DAXER A *et al.* Collagen orientation in the human corneal stroma and its implication in keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1997; 38: 121-129.
22. MEEK KM *et al.* Changes in collagen orientation and distribution in keratoconus corneas. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2005; 46: 1948-1956.
23. TANTER M *et al.* High-resolution quantitative imaging of cornea elasticity using supersonic shear imaging. *IEEE Trans Med Imaging*, 2009; 28: 1881-1893.
24. SHABAYEK MH, ALIO JL *et al.* Intrastromal corneal ring segment implantation by femtosecond laser for keratoconus correction. *Ophthalmology*, 2007; 114: 1643-1652.
25. KWITKO S, SEVERO NS *et al.* Ferrara intracorneal ring segments for keratoconus. *J Cataract Refract Surg*, 2004; 30: 812-820.
26. MIRANDA D *et al.* Ferrara intrastromal corneal ring segments for severe keratoconus. *J Refract Surg*, 2003; 19: 645-653.
27. COSKUNSEVEN E *et al.* Complications of intrastromal corneal ring segment implantation using a femtosecond laser for channel creation: a survey of 850 eyes with keratoconus. *Acta Ophthalmol*, 2011; 89: 54-57.
28. COSKUNSEVEN E *et al.* One-year results of intrastromal corneal ring segment implantation (KeraRing) using femtosecond laser in patients with keratoconus. *Am J Ophthalmol*, 2008; 145: 775-779.

L'auteur a déclaré être consultant chez Addition Technology.