Revues générales

Nouvelle prise en charge chirurgicale du kératocône : implantation d'anneaux cornéens allogéniques (CAIRS)

N. MECHLEB[1], D. GATINEL[2], A. SAAD[2, 3, 4]
[1] Service d'Ophtalmologie, Hôtel-Dieu, PARIS ;
[2] Hôpital Fondation Rothschild, PARIS ;
[3] Centre médical Argentile, PARIS ;
[4] Clinique de l'œil Aus Der Au, FRIBOURG (Suisse).

Dans le kératocône, le module d'élasticité cornéenne et la résistance à la déformation sont réduits. Il en résulte une protrusion cornéenne, un astigmatisme irrégulier et une aberration optique secondaire. Ainsi, la restauration visuelle dans les kératocônes avancés nécessite souvent une intervention chirurgicale. La kératoplastie transfixiante, longtemps considérée comme traitement de référence, est de nos jours remplacée par la kératoplastie lamellaire antérieure profonde (KLAP) [1].

Cependant, ces chirurgies sont associées à une iatrogénie et à un risque de complications per- et postopératoires non négligeable [2]. Pour cela, les alternatives chirurgicales moins invasives ont été introduites, en particulier les segments d'anneaux cornéens intrastromaux (ICRS). Il s'agit de segments synthétiques placés dans le stroma cornéen en moyenne périphérie à environ 2/3 de la profondeur pour remodeler la surface cornéenne antérieure en séparant localement les fibres de collagène stromales et en raccourcissant la longueur de l'arc central. Ainsi, le centre cornéen est aplati et la zone périphérique adjacente à l'insertion de l'anneau est déplacée vers l'avant.

L'effet des ICRS est proportionnel à l'épaisseur de l'implant et inversement proportionnel à son diamètre : plus l'anneau intracornéen est épais et petit, plus le résultat réfractif est élevé. Cependant, les ICRS ont un taux de complications allant jusqu'à 35 % : haze, dépôts intracanalaires, néovascularisation, douleurs chroniques, voire extrusion, migration et kératite infectieuse [3].

Pour pallier les complications liées à la présence de tissus synthétiques, Susan Jacobs a décrit une technique opératoire visant à concevoir des segments d'anneaux intrastromaux cornéens allogéniques dénommés CAIRS (*Corneal Allogenic Intrastromal Rings Segments*) [4, 5].

Technique chirurgicale

L'intervention se déroule dans des conditions stériles, sous anesthésie topique au chlorhydrate d'oxybuprocaïne 1,6 mg/0,4 mL.

1. Préparation du greffon

Le greffon donneur est débridé de son épithélium et de son endothélium à l'aide d'éponges chirurgicales (Weck-Cel, Beaver-Visitec International) et doublement trépané de façon à créer un anneau de 500 à 750 µm d'épaisseur. La face épithéliale est marquée, puis l'anneau est découpé en segment de cercle variable entre 150 et 180 degrés selon l'aspect topographique du cône. Il est ensuite lavé au sérum physiologique (***fig. 1A***).

2. Implantation de CAIRS

Après marquage cornéen du réflexe de Purkinje, un tunnel cornéen circulaire est créé à l'aide du laser femtoseconde WaveLight FS200 (Alcon surgical,

Revues générales

Texas, États-Unis) entre 250 et 350 µm de profondeur avec un diamètre interne de 6,0 mm et un diamètre externe de 7,5 mm. Deux incisions d'entrée, diamétralement opposées, sont réalisées en regard de l'axe le moins cambré. Le CAIRS est ensuite inséré manuellement, à travers l'incision temporale, et poussé à mi-chemin dans le canal à l'aide d'une tige coudée. Un crochet de Sinskey inversé est inséré dans l'incision cornéenne nasale pour tirer le segment en position finale (***fig. 1B***). Une goutte d'antibiotique (sulfate de néomycine) et une de corticoïde (dexaméthasone) sont instillées en fin de chirurgie et une lentille pansement est placée.

Le traitement postopératoire est un antibiotique topique (tobramycine 0,3 %) et un corticostéroïde (dexaméthasone 0,05 %) 4 fois par jour pendant 7 jours, puis 2 fois par jour pendant 2 semaines. Il n'est pas nécessaire de prescrire un traitement immunomodulateur ou immunosuppresseur prolongé [6].

Les patients sont revus le lendemain, à 1 semaine et à 1 mois. Une réfraction, un examen ophtalmologique complet, une topographie cornéenne Scheimpflug (Pentacam, Oculus, États-Unis) et une aberrométrie (OPD-scan III, NIDEK, Japon) sont faits en préopératoire et à toutes les visites postopératoires.

Résultats

Huit yeux de 8 patients (***tableau I***) atteints de kératocône ont été opérés d'une implantation d'un segment CAIRS. À 1 mois postopératoire, la kératométrie maximale et moyenne a diminué d'une moyenne de 56,27 ± 5,4 D à 53,96 ± 6,86 D et de 47,5 ± 3,89 D à 41,6 ± 4,09 D (***fig. 2***). L'équivalent sphérique a diminué de –6,03 ± 4,7 D en moyenne en préopératoire à 0,04 ± 1,39 en postopératoire. La meilleure acuité visuelle corrigée a augmenté de 0,43 LogMAR (3,6/10 décimal) en préopératoire à 0,09 LogMAR (8/10 décimal) à 1 mois.

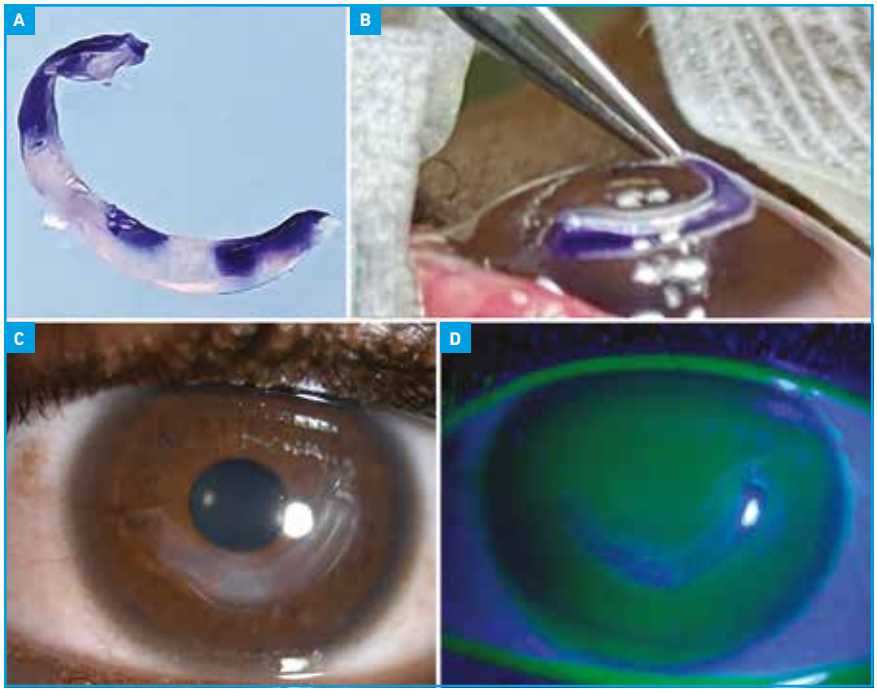

Fig. 1. A: anneau de CAIRS trépané et marqué sur sa face épithéliale ; **B:** CAIRS implanté dans le stroma cornéen ; **C:** CAIRS à 2 mois postopératoire.

	Préopératoire	Postopératoire
Âge (Ans)	32,75 ± 11,27	
Sexe (F/H)	50/50 (4 yeux-4 yeux)	
Réfraction (D) (sphère)	–3,57 ± 5,55	1,75 ± 2,32
Réfraction (D) (cylindre)	–4,93 ± 2,58	–2,69 ± 2,53
Équivalent sphérique (D)	–6,03 ± 4,7	0,04 ± 1,39
MAV	4,5/10 ± 2,6	8,3/10 ± 0,2
Kmax (D)	56,27 ± 5,4	53,97 ± 6,8
Aberrations de haut degré : totales	16,99 ± 4,52	4,96 ± 2,26
Aberrations de haut degré : coma	3,50 ± 1,12	2,04 ± 1,19

Tableau I : Caractéristiques des 8 patients (moyenne ± déviation standard) préopératoires et résultats postopératoires. D : dioptries ; MAV : meilleure acuité visuelle de loin (échelle décimale) ; Kmax : kératométrie maximale sur une topographie Scheimpflug Pentacam.

Les aberrations optiques de haut degré totales cornéennes et la coma ont diminué de 16,99 µm à 4,96 µm, et de 3,50 µm à 2,04 µm respectivement (***tableau I***). Le suivi à court terme n'a pas montré de complications, notamment pas de migration de segment, d'extrusion ou de rejet.

Discussion

Le segment d'anneau allogénique cornéen (CAIRS) est une forme de kératoplastie lamellaire antérieure durant laquelle un (des) segment(s) annulaire(s) de cornée donneuse est (sont) implan-

Revues générales

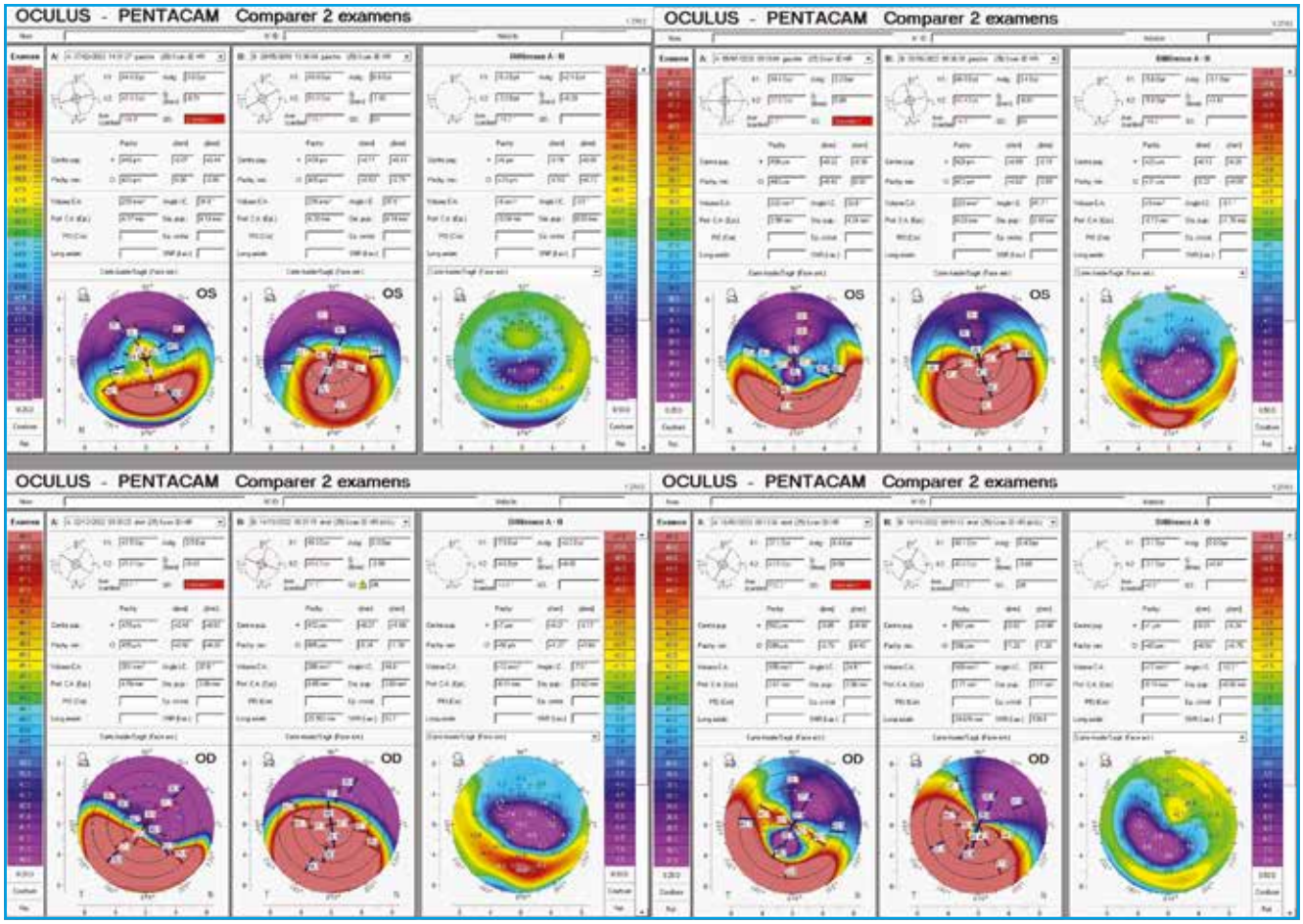

Fig. 2 : Topographie Scheimpflug Pentacam préopératoire, postopératoire et la carte pachymétrique et topographique différentielle de 4 patients atteints de kératocône opérés de CAIRS.

té(s) dans un tunnel intrastromal disséqué en moyenne périphérie à l'aide du laser femtoseconde.

L'avantage majeur par rapport à l'implantation des ICRS est la biocompatibilité du tissu allogénique. En effet, la stabilité à long terme de l'implantation d'anneaux allogéniques peut être extrapolée à partir du suivi prolongé (de 30 ans) de l'implantation stromale des épikératoplasties [7] puisqu'il s'agit du même matériau implanté mais avec une géométrie et un but thérapeutique différents. Ainsi, les risques de complications à court, moyen et long terme, tels que le haze, les dépôts intracanalaires, l'extrusion et la migration, sont en théorie minimes.

Les CAIRS présentent l'avantage de pouvoir être implantés plus superficiellement (1/2 de l'épaisseur cornéenne) par rapport aux ICRS synthétiques (2/3 de l'épaisseur cornéenne) et ne sont pas contre-indiqués en dessous de 400 µm de pachymétrie contrairement aux ICRS. Cependant, la technique chirurgicale des CAIRS est plus chronophage et nécessite une courbe d'apprentissage plus longue par rapport à l'implantation des ICRS synthétiques. En effet, contrairement aux anneaux synthétiques en polyméthacrylate, les segments de CAIRS ne sont pas rigides, ce qui complique leur insertion dans le tunnel intrastromal.

Tout comme pour les ICRS, le succès du CAIRS est fortement lié au positionnement approprié. Pour cela, le marquage de la surface antérieure de l'anneau (membrane de Bowman) peut être utile, en particulier dans les cornées présentant des opacités importantes ou au début de la courbe d'apprentissage chirurgicale [8]. Nous supposons que l'implantation orientée du greffon (face épithéliale en antérieur) aura potentiellement un effet majoré étant donné que les fibres de collagène du stroma antérieur ont des propriétés plus résistantes par rapport à celles du stroma postérieur [9].

Si la technique chirurgicale varie significativement d'une équipe à une autre, et si elle a beaucoup progressé et s'est perfectionnée [10], les résultats postopératoires

sont quant à eux globalement similaires. L'efficacité et la sécurité per- et postopératoire ont été notées dans toutes les cohortes [4-6, 8, 11, 12]. Les résultats de nos patients sont similaires à ceux de l'équipe de Jacob *et al.* [6] qui ont suivi pendant 1 an 24 patients atteints de kératocône et ayant subi une implantation de CAIRS. Les auteurs ont noté une amélioration significative de l'acuité visuelle corrigée, de l'équivalent sphérique, de l'astigmatisme topographique et de la kératométrie maximale similaire aux résultats de nos patients.

Conclusion

À notre connaissance, nous décrivons la première série française d'implantation de CAIRS pour le traitement du kératocône. Cette technique permet de différer ou d'éviter des chirurgies plus invasives telles que la kératoplastie lamellaire antérieure transfixiante ou profonde. Une étude à plus grande échelle est nécessaire afin d'évaluer les résultats à moyen et long terme des CAIRS et d'affiner les nomogrammes d'implantation.

BIBLIOGRAPHIE

1. Fogla R. Deep anterior lamellar keratoplasty in the management of keratoconus. *Indian J Ophthalmol*, 2013; 61:465-468.
2. Heinen C, Nanavaty MA. Systematic review comparing penetrating keratoplasty and deep anterior lamellar keratoplasty for management of keratoconus. *Cont Lens Anterior Eye*, 2017;40:3-14.
3. Bautista-Llamas MJ, Sánchez-González MC, López-Izquierdo I *et al.* Complications and Explantation Reasons in Intracorneal Ring Segments (ICRS) Implantation: A Systematic Review. *J Refract Surg*, 2019;35:740-747.
4. Dapena I, Parker JS, Melles GRJ. Potential benefits of modified corneal tissue grafts for keratoconus: Bowman layer "inlay" and "onlay" transplantation, and allogenic tissue ring segments. *Curr Opin Ophthalmol*, 2020;31:276-283.
5. Kozhaya K, Mehanna CJ, Jacob S *et al.* Management of Anterior Stromal Necrosis After Polymethylmethacrylate ICRS: Explantation Versus Exchange With Corneal Allogenic Intrastromal Ring Segments. *J Refract Surg Thorofare*, 2022;38:256-263.
6. Jacob S, Patel SR, Agarwal A *et al.* Corneal Allogenic Intrastromal Ring Segments (CAIRS) Combined With Corneal Cross-linking for Keratoconus. *J Refract Surg Thorofare*, 2018;34: 296-303.
7. Carpel EF, Santilli C, Maltry A. Long-term viability of allogenic donor stroma. *Indian J Ophthalmol*, 2020;68: 3057-3059.
8. Parker JS, Dockery PW, Parker JS. Trypan blue-assisted corneal allogenic intrastromal ring segment implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2021;47:127.
9. DelMonte DW, Kim T. Anatomy and physiology of the cornea. *J Cataract Refract Surg*, 2011;37:588-598.
10. Parker JS, Dockery PW, Parker JS. Flattening the curve: manual method for corneal allogenic intrastromal ring segment implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2021;47:e31-e33.
11. Parker JS, Dockery PW, Jacob S *et al.* Preimplantation dehydration for corneal allogenic intrastromal ring segment implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2021;47:e37-e39.
12. Colin J, Cochener B, Savary G *et al.* INTACS inserts for treating keratoconus: one-year results. *Ophthalmology*, 2001;108:1409-1414.

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.