

NOUVELLES APPROCHES DES GREFFES DE CORNÉE

L. RÉMONT (1), B. DUCHESNE (2), C. LA (3), J-M. RAKIC (4), S. HICK (3)

RÉSUMÉ : Les techniques de greffes de cornée ont évolué rapidement au cours de la dernière décennie. La greffe de cornée transfixiante consiste à remplacer l'entière de l'épaisseur de la cornée malade et permet de soigner la plupart des causes de cécité cornéenne. Néanmoins, depuis quelques années, nous assistons à une évolution de cette technique vers les greffes lamellaires qui proposent de traiter sélectivement les couches cornéennes atteintes. La greffe lamellaire antérieure vise à remplacer les couches stromales malades et la greffe endothéliale remplace l'endothélium malade. Le but de ce travail est de présenter ces différentes techniques et d'exposer brièvement leurs avantages respectifs.

MOTS-CLÉS : *Kératoplastie - Greffe de cornée transfixiante - Greffe lamellaire antérieure profonde - Greffe endothéliale*

INTRODUCTION

La greffe de cornée est une opération qui permet de remplacer une cornée pathologique par la cornée saine d'un donneur. De la première cornée transplantée avec succès en 1906 jusqu'aux techniques actuelles, l'évolution est remarquable. Traditionnellement, les greffes concernent la cornée dans toute son épaisseur (greffe transfixiante). Cette technique chirurgicale permet de traiter la plupart des maladies cécitantes d'origine cornéenne mais présente plusieurs inconvénients. La dernière décennie a vu se développer le principe de remplacer uniquement la couche pathologique de la cornée. On parle alors de greffe lamellaire. Ces dernières peuvent être antérieures ou postérieures, selon la localisation de la pathologie. Les technologies actuelles permettent ainsi de cibler la couche de tissu à remplacer et de proposer au patient un traitement sur mesure.

Nous tenterons en quelques mots d'expliquer ces différentes interventions afin de rapporter les innovations technologiques en ophtalmologie mais aussi, afin de clarifier les termes que tout professionnel de la santé est susceptible de rencontrer dans sa pratique quotidienne.

UPDATES IN CORNEAL TRANSPLANTATION

SUMMARY : Corneal transplantation or keratoplasty has rapidly developed over the last 10 years. Penetrating keratoplasty, a well-known operation consisting of full thickness replacement of the cornea, has remained the dominant procedure for a long time. It allows appropriate therapy of most causes of corneal blindness. However, this technique is currently evolving toward lamellar keratoplasties which selectively treat the specific affected layers : deep anterior lamellar keratoplasty replaces the diseased corneal stromal layers; endothelial keratoplasty replace the affected endothelium. This article will present these techniques, and briefly discuss their advantages.

Keywords : *Corneal transplantation - Penetrating keratoplasty - Deep anterior lamellar keratoplasty - Endothelial keratoplasty*

PRINCIPES DE BASE

Historiquement, le terme kératoplastie est apparu en 1824 dans les travaux de Franz Reisinger et c'est en 1906 qu'Eduard Zirm a réalisé avec succès la première greffe de cornée humaine chez un fermier atteint de brûlures oculaires bilatérales par des agents alcalins (1). Cinquante années ont été nécessaires pour affiner la technique et aboutir aux méthodes plus modernes de transplantation cornéenne.

Une brève contextualisation anatomique, histologique et physiologique s'impose. La cornée est la première lentille de l'œil, elle se situe en avant de l'iris et assure ainsi la protection de la chambre antérieure de l'œil (fig. 1A, 2, 3). Elle mesure environ 11,5 mm verticalement et 12 mm horizontalement. On distingue trois couches dans l'épaisseur de la cornée, d'avant en arrière : l'épithélium, le stroma et l'endothélium (2) (fig. 1B, 1C).

L'épithélium, épais de 50 microns, est une couche pluricellulaire, stratifiée, squameuse et non kératinisée. Il repose sur la membrane de Bowman qui le sépare du stroma. Le stroma représente la majeure partie du tissu cornéen (environ 400-450 microns). Il est composé de fibres collagène, de protéoglycanes et kératocytes (fibroblastes modifiés). Son architecture tridimensionnelle parfaitement régulière lui confère sa transparence. L'endothélium cornéen repose sur une membrane basale modifiée, appelée membrane de Descemet, et est en contact avec l'humeur aqueuse de la chambre antérieure. Cette couche unicellulaire de 5

(1) Assistant, (2) Chef de Clinique, (3) Chef de Clinique Adjoint (4) Professeur, Université de Liège, Chef de Service, Service d'Ophtalmologie, CHU de Liège.

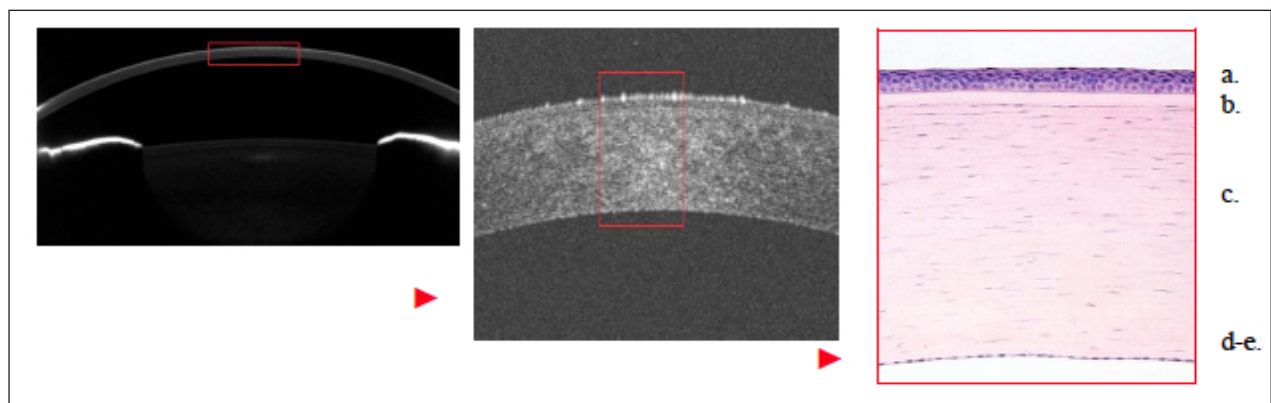


Figure 1. Imageries cornéennes à trois échelles.

A. Pencacam Scheimpflug (caméra permettant une analyse de la cornée en trois dimensions) d'une cornée et d'une chambre antérieure oculaire normale. B. Tomographie par cohérence optique (OCT, caméra utilisant le principe de cohérence de la lumière afin de construire des images de résolution proche de l'histologie) de chambre antérieure d'une cornée normale. On en distingue chaque couche. C. Coupe histologique de cornée. On rencontre successivement de haut en bas vers l'arrière : (a) l'épithélium, (b) la membrane de Bowman, (c) le stroma, (d) la membrane de Descemet et (e) l'endothélium.

microns à peine est responsable de la déturgence active du stroma et le maintient dans un état de déshydratation relative qui est nécessaire à sa transparence. Le nombre de cellules endothéliales est d'environ 3.500 cellules/mm² chez l'adulte jeune (1, 2). Ces cellules ne se divisent pas et leur nombre décroît progressivement au cours de la vie. A une densité inférieure à 500 cellules/mm², l'activité de pompe endothéliale devient insuffisante, un œdème stromal se forme, la transparence cornéenne est compromise et la vision du patient se détériore. L'intégrité anatomique et physiologique de chacun de ces composants est nécessaire à la fonction cornéenne (fig.1).

Les greffes de cornée ne nécessitent pas d'histocompatibilité entre donneur et receveur (3-6). Les raisons pour lesquelles les greffes de cornée échappent en majorité au rejet de greffe sont à la fois anatomiques, physiologiques et immunitaires. Anatomiquement d'abord, il n'y a pas de vaisseau sanguin ni de lymphatique dans la cornée, donc pas d'activation du système immunitaire par ces voies. Physiologiquement ensuite, vu l'existence d'une barrière «sang-œil» : seule la cornée périphérique est dépendante de la circulation sanguine pour sa nutrition et sa respiration. La cornée centrale dépend pour cela de l'humeur aqueuse et du film lacrymal. L'humeur aqueuse est sécrétée de manière active et il n'y a pas d'échange libre entre celle-ci et la circulation sanguine (barrière hémato-aqueuse) (5). Immunologiquement, enfin, plusieurs raisons concordent :

- la rareté des cellules présentatrices de l'antigène (CPA) matures dans la cornée normale;

- l'expression constitutive de Fas-ligand (CD95L) par les cellules endothéliales et épithéliales cornéennes (7) : les cellules porteuses de Fas-ligand sont protégées de l'action des lymphocytes cytotoxiques alloréactifs portant Fas. En effet, lors du contact lymphocyte-cellule cible, la liaison Fas-Fas-ligand induit une apoptose lymphocytaire;

- la présence de facteurs immunomodulateurs dans l'humeur aqueuse tels que le TGF- β (8), l'alpha-melanocyte-stimulating-hormone (α -MSH) (9), le vasoactive intestinal peptide (VIP) (10).

- l'Anterior Chamber-Associated Immune Deviation (ACAID) (11) : la présence d'alloantigènes dans la chambre antérieure induirait une réaction de tolérance, avec suppression de la réaction d'hypersensibilité retardée.

De plus, il n'y a pas d'expression de l'allo-immunité et donc pas d'induction de cascades immunitaires (4). Grâce à tous ces éléments, le risque de rejet reste contenu, ce qui facilite la disponibilité en greffons par rapport aux autres greffes de tissus ou d'organes humains. Ce privilège immunologique peut cependant être perdu dès qu'il y a inflammation ou néovascularisation cornéenne. On peut distinguer différents types de rejets : épithélial, stromal ou endothélial. Les deux premiers sont transitoires, réversibles et n'atteignent pas l'intégrité du greffon. Le rejet endothélial peut, quant à lui, conduire à la décompensation de la greffe. Le circuit emprunté par les greffons est précis et jalonné de plusieurs contrôles de qualité. Les techniciens prélèvent les globes oculaires et un échantillon sanguin sur des patients décédés depuis moins de 6 heures. Les antécédents du donneur sont analysés, les

tests sérologiques réalisés (hépatite B et C, HIV et syphilis). Les globes prélevés sont acheminés à la banque des yeux où ils subissent une évaluation au microscope afin de déterminer la qualité de la cornée et la densité des cellules endothéliales. Le greffon est découpé et mis en conservation pendant maximum 15 jours. Ces analyses nécessitent l'expertise d'un personnel formé et des moyens techniques dédiés à une Banque de tissus ophtalmologiques. Nous avons l'opportunité, depuis 1981, de disposer dans notre service du CHU de Liège d'une banque de tissus ophtalmologiques. Le travail d'équipe qui en découle améliore le versant logistique de la chirurgie cornéenne au sein de notre institution. Fin 2010, le CHU de Liège a consenti à une mise aux normes européennes de la banque des yeux. Une toute nouvelle infrastructure répond ainsi aux critères les plus sévères.

GREFFE DE CORNÉE TRANSFIXIANTE

La greffe de cornée transfixiante est l'intervention la plus ancienne, la mieux connue et la plus facile à mettre en œuvre; elle garde donc une large part des indications à travers le monde même si les centres de références en chirurgie cornéenne la pratiquent un peu moins (fig. 5, 6, 12, 13, 14).

Ses indications classiques sont les maladies qui portent atteinte à la transparence ou à la forme de la cornée. A titre d'exemple : le kératocône, la kératopathie bulleuse, les taies (cicatrices infectieuses eg.) et des dystrophies cornéennes. Une bonne partie de ces indications sont reprises par les greffes lamellaires.

La technique réside en trois grandes étapes (1) :

- *Trépanation du donneur* : la cornée don-neuse est découpée dans sa partie centrale sur un diamètre avoisinant 8 mm à l'aide d'un trépan circulaire comparable à un emporte-pièce.

- *Trépanation du receveur* : excision de la zone sur un diamètre égal ou un peu inférieur à celui du greffon à l'aide d'un trépan associé à un système d'aspiration. La zone excisée inclut bien sûr la partie pathologique de la cornée.

- Finalement, *la fixation du greffon* à son hôte se pratique grâce à des points séparés de nylon monofilament 10,0 auxquels on ajoute généralement un surjet continu. Celui-ci permet d'homogénéiser la tension des fils en présence et de limiter l'astigmatisme induit.

Le traitement postopératoire vise essentiellement à diminuer au maximum les risques de

rejet par instillation de corticostéroïdes topiques pendant environ 1 an. Le recours à un traitement systémique par corticoïdes ou autres immunosuppresseurs est rare. Le retrait des sutures n'est réalisé qu'un an à un an et demi après l'intervention car la cornée, avasculaire, cicatrise difficilement. Si la transparence de la greffe est déjà optimale après quelques semaines, la récupération de l'acuité visuelle, elle, progresse sur plusieurs mois et est souvent limitée par des problèmes d'astigmatisme cornéen (irrégularité de courbure le long d'un méridien ou entre les méridiens cornéens). Ceci impose souvent le port d'une correction optique assez importante en lunettes ou en lentilles de contact rigides. Les principales complications des greffes transfixiantes sont le rejet endothélial (environ 20% à 5 ans (3), dont la plupart sont réversibles par traitement topique), le risque exacerbé de glaucome (hypertonie oculaire) (de 15 à 20 % (3)) et la décroissance progressive du nombre de cellules endothéliales au cours du temps, limitant la durée de vie du greffon (3). Il faut, en outre, mentionner les complications plus rares de cataracte, de problèmes neurotrophiques et de défauts épithéliaux, ainsi que les kératites (atteinte inflammatoire ou infectieuse) (3).

GREFFES DE CORNÉES LAMELLAIRES

L'objectif principal des greffes partielles de cornée est de ne remplacer que la partie malade de la cornée du patient. On distingue les greffes lamellaires antérieures, où seule la partie antérieure de la cornée est remplacée, et les greffes lamellaires postérieures qui concernent la partie postérieure du tissu.

GREFFE LAMELLAIRE ANTÉRIEURE

Lors d'une greffe lamellaire antérieure, une lame de cornée comprenant l'épithélium et tout ou une partie du stroma est prélevée et transplantée sur l'œil receveur. Dans la majeure partie des cas, la totalité du stroma du receveur est disséquée et excisée, sur une zone centrale de 8 mm, pour ne laisser en place que l'endothélium et la membrane de Descemet (1). Le greffon subit une découpe circulaire de même diamètre et son endothélium est retiré. Le greffon ainsi préparé est appliqué par dessus la membrane de Descemet du receveur et suturé de façon circulaire, comme lors d'une greffe transfixiante (fig. 6, 7, 14, 15, 16).

Les indications couvrent les pathologies qui atteignent une partie ou la quasi-totalité de

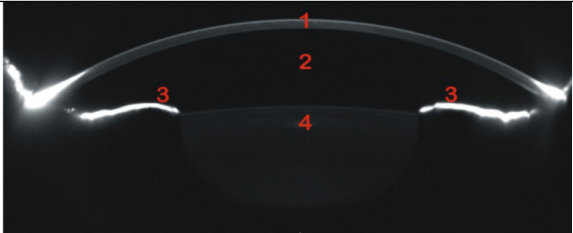
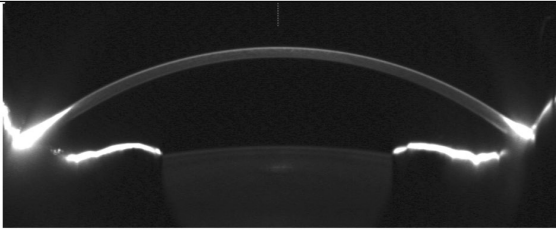
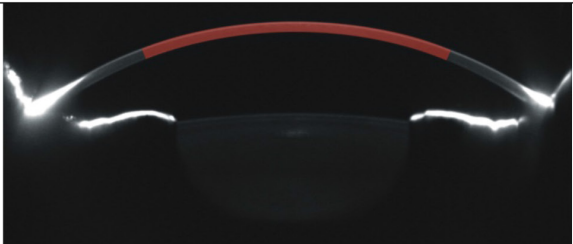
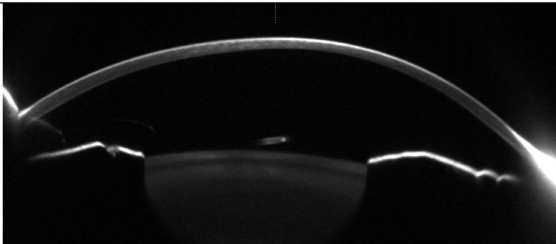
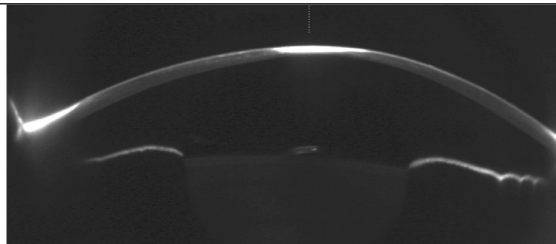
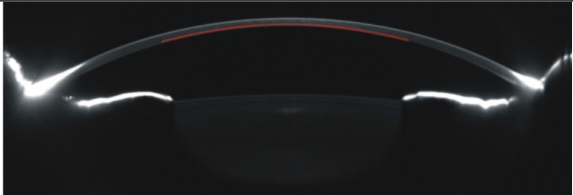
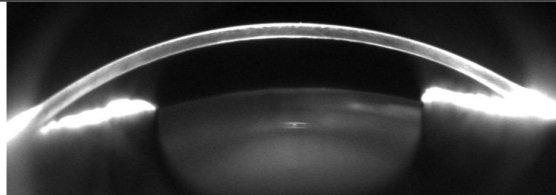
	Schémas	Image préopératoire
Cornée normale	 Fig.2. Pentacam d'une cornée et d'une chambre antérieure normale. (1) Cornée. (2) Chambre antérieure. (3) Iris. (4) Cristallin.	 Fig.3. Cornée normale.
Greffe transfixiante	 Fig.4. La greffe intéresse toutes les couches de la cornée.	 Fig.5. Kératocône : déformation de la cornée avec amincissement au sommet du cône.
Greffe lamellaire antérieure	 Fig.6. Seule la partie antérieure de la cornée fait l'objet d'une greffe.	 Fig.7. Taie antérieure cornéenne : opacification centrale de la cornée par une cicatrice.
Greffe lamellaire postérieure	 Fig.8. Seules les couches postérieures de la cornée sont remplacées par une greffe.	 Fig.9. Dystrophie de Fuchs (touchant l'endothélium) responsable d'un œdème de la cornée avec épaissement central de celle-ci.

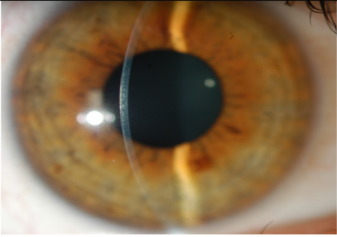
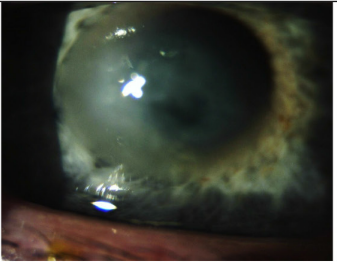
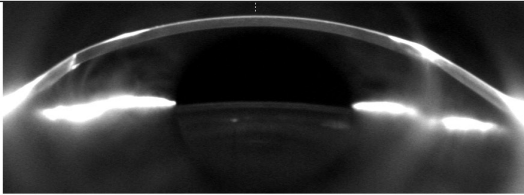
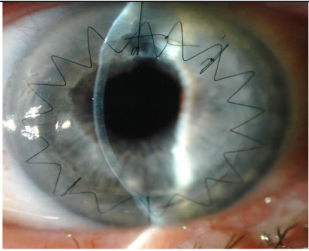
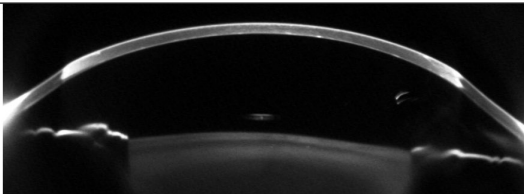
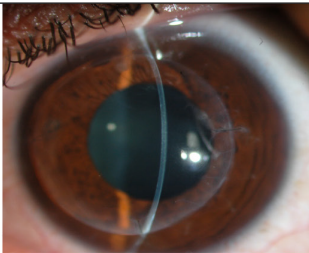
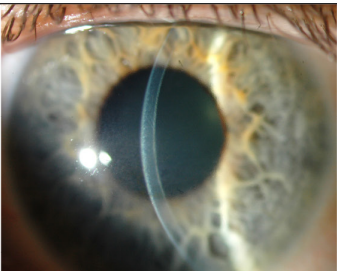
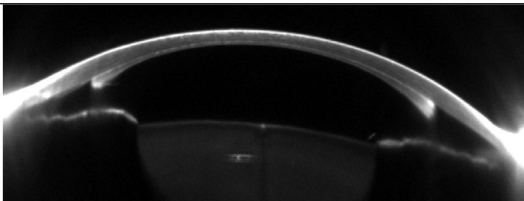
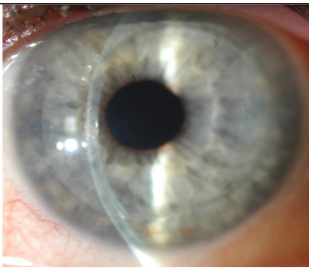
Photo préopératoire	Pentacam postopératoire	Photo postopératoire
 Fig. 10. Cornée normale : épaisseur régulière.		
 Fig. 11. Kératocône aigu avec hydrops cornéen (œdème aigu).	 Fig. 12. Les limites du greffon sont visibles sur toute l'épaisseur de la cornée alors qu'il n'y a plus de déformation de la cornée.	 Fig. 13. Le greffon est maintenu par un surjet continu et par 4 points séparés.
 Fig. 14. Taie paracentrale : la partie antérieure et centrale est finement opacifiée et paraît blanchâtre.	 Fig. 15. Les bords du greffon entreprennent la majeure partie de la cornée (98%) alors que l'endothélium du receveur a été préservé.	 Fig. 16. Aspect semblable à une greffe transfixiante. Surjet retiré, il reste 4 points séparés.
 Fig. 17. Dystrophie de Fuchs décompensée : Oedème de la cornée qui est floue et plus épaisse en inférieur.	 Fig. 18. Le greffon est visible à l'arrière de la cornée, très fin au centre et plus épais en périphérie. La partie antérieure de la cornée est intacte.	 Fig. 19. Au centre, la greffe est à peine visible. En périphérie, se dessinent les bords plus épais du greffon. La cornée a retrouvé sa transparence.

Planche I et II. Figures de 2 à 19. Illustrations de cornées normales et pathologiques, imageries préopératoires et postopératoires d'interventions correspondantes.

l'épaisseur de la cornée mais qui conservent un endothélium intact (cicatrice post-infectieuse, ectasie cornéenne, dystrophie stromale, ...). Les principaux avantages par rapport à la greffe transfixiante sont la nette diminution du risque de rejet : l'endothélium reste celui du patient et le greffon n'est pas en contact avec la chambre antérieure; ensuite la chirurgie à «globe fermé» limite les complications peropératoires et apporte finalement une meilleure résistance aux traumatismes postopératoires. De plus, la technique permet l'utilisation de greffons dont l'endothélium ne répond pas aux critères de qualité exigés pour les greffes transfixiantes, l'endothélium n'étant pas greffé. Cette technique demande cependant un apprentissage plus long que la greffe transfixiante et allonge sensiblement le temps opératoire. Le traitement par corticoïdes topiques est plus court que dans les greffes transfixiantes et les sutures pourront être retirées plus rapidement (6 mois environ) (1). L'acuité visuelle postopératoire reste parfois limitée par les mêmes problèmes d'astigmatisme et, dans certains cas, par l'existence d'un fin voile cicatriciel à l'interface entre le tissu du donneur et du receveur. Les complications diffèrent un peu de celles des kératoplasties transfixiantes : les pertes endothéliales sont beaucoup plus faibles (8 à 15 % (3)), il n'y a pas de risque de rejet endothélial (puisque'il n'est pas greffé), alors que les risques infectieux, inflammatoires et de surface restent les mêmes que dans les greffes transfixiantes (3). Il n'y a pas encore, actuellement, de données suffisantes concernant les risques de glaucome.

GREFFE LAMELLAIRE POSTÉRIEURE OU ENDOTHÉLIALE

La greffe endothéliale est une technique de greffe lamellaire postérieure qui remplace sélectivement un endothélium déficient. Elle concerne les pathologies qui touchent l'endothélium et la membrane de Descemet, la plus fréquente étant la dystrophie de Fuchs. Les atteintes endothéliales induisent un œdème stromal qui altère la fonction visuelle. Cet œdème est cependant réversible si l'on restaure la fonction endothéliale dans un délai raisonnable.

La préparation du greffon est ici bien plus délicate. La technique la plus répandue consiste à prélever, sur le greffon et à l'aide d'un micro-kératome motorisé, une lamelle de cornée d'une centaine de microns sur laquelle repose l'endothélium. Après avoir retiré manuellement l'endothélium pathologique du patient, ce fin greffon est ensuite enroulé sur lui-même

et inséré dans l'œil par une incision de 4 mm. Par le jeu d'une bulle d'air, il va se déplier dans la chambre antérieure puis sera appliqué contre la cornée du patient. Très vite l'endothélium reprend sa fonction de pompe, assurant le maintien en place de la greffe et devient alors capable de rendre sa transparence à la cornée oedématisée. Cette technique est appelée Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty (DSAEK) (2, 18, 19) (fig. 8, 9, 17, 18, 19). Une variante consiste à prélever manuellement uniquement la couche endothéliale du greffon et sa membrane de Descemet, sans lamelle de stroma, et porte le nom de Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK).

Ces greffes endothéliales constituent une évolution majeure par rapport aux greffes transfixiantes : pas d'astigmatisme induit, pas de sutures à long terme, récupération fonctionnelle plus rapide et stabilité réfractive (1, 17, 19, 20). Une complication propre aux greffes lamellaires postérieures est le décollement du greffon de la face postérieure de la cornée de l'hôte; une bulle d'air doit être injectée dans la chambre antérieure de manière à le réappliquer contre la cornée du receveur. Le risque de rejet des greffes endothéliales est également un peu réduit (pas de rejet épithélial ni stromal et diminution du risque de rejet endothélial). Les problèmes inflammatoires, infectieux et de surface sont nettement moindres (3) alors que le lien avec des complications glaucomateuses n'est pas encore clairement établi (3). Les pertes endothéliales sont importantes au moment de la chirurgie mais elles se stabilisent dans le même ordre de grandeur que les greffes transfixiantes après 12 mois (3). Si les avantages des greffes endothéliales sont maintenant largement documentés, des études sont encore nécessaires pour déterminer la meilleure technique pour prélever l'endothélium avec un minimum de pertes cellulaires, pour le placer chez le receveur avec un minimum de décollements et obtenir les résultats optimaux en termes d'acuité visuelle et de survie du greffon à long terme (planches 1, 2).

ET APRÈS...

Même si les techniques actuelles paraissent déjà très abouties, la chirurgie cornéenne ne cesse d'évoluer. Plusieurs procédures en développement profilent quelques changements dans les greffes de cornée. D'abord l'usage du laser femtosecond pour découper plus précisément la cornée. Ensuite l'utilisation des cornées artificielles ou produites par bioingénierie. Et enfin, la mani-

pulation des cellules endothéliales soit cultivées à partir de cellules souches soit par génie génétique en leur offrant la possibilité, par exemple, de se répliquer. On peut ainsi imaginer d'augmenter la densité des cellules endothéliales par une injection de cellules produites artificiellement.

CONCLUSION

Les évolutions techniques et la miniaturisation technologique profitent à l'ophtalmologie. Cette dernière décennie a vu évoluer un paradigme dans l'approche chirurgicale des maladies cornéennes. Le chirurgien ne dispose plus d'une seule arme (greffe transfixiante) pour traiter une maladie cornéenne mais bien de procédures visant à traiter chaque couche de la cornée de manière plus sélective. Si ces techniques nécessitent un apprentissage spécifique et sont plus difficiles à mettre en œuvre, elles représentent un atout majeur dans la prise en charge de nos patients. Le chemin parcouru depuis la naissance de la greffe de cornée est remarquable mais les avancées technologiques qui se profilent à l'horizon, notamment avec les techniques de découpe au laser femtosecond, nous laissent entrevoir un futur tout aussi prometteur.

BIBLIOGRAPHIE

1. Krachmer JH, Mannis M, Holland EJ.— Cornea, surgery of the Cornea and conjunctiva, Vol. 2, Third Edition, Part IX, Chapter 112-119, 129-138.
2. Jack J, Kanski, Brad Bowling.— Clinical Ophthalmology : a systematic approach, Kindel Edition, 240-244.
3. Tan DT, Dart JK, Holland EJ, et al.— Corneal transplantation. *Lancet*, 2012, **379**, 1749-1761.
4. Niederkorn JY.— Corneal transplantation and immune privilege. *Int Rev Immunol*, 2013, **32**, 57-67.
5. Guilbert E, Laroche L, Borderie V.— Rejection of corneal allografts. *J Fr Ophthalmol*, 2011, **34**, 331-348.
6. Coster DJ, Williams KA.— Management of high-risk corneal grafts. *Eye*, 2003, **17**, 996-1002.
7. Hegde S, Beauregard C, Mayhew E, et al.— CD4(+) T-cell-mediated mechanisms of corneal allograft rejection : role of Fas-induced apoptosis. *Trans*, 2005, **79**, 23-31.
8. D'Orazio TJ, Niederkorn JY.— A novel role for TGF-beta and IL-10 in the induction of immune privilege. *J Immunol*, 1998, **160**, 2089-2098.
9. Taylor AW, Streilein JW, Cousins SW.— Alpha-melanocyte-stimulating hormone suppresses antigen-stimulated T cell production of gamma-interferon. *Neuroimmunomodul*, 1994, **1**, 188-194.
10. Taylor AW, Streilein JW, Cousins SW.— Immunoreactive vasoactive intestinal peptide contributes to the immunosuppressive activity of normal aqueous humor. *J Immunol*, 1994, **153**, 1080-1086.
11. Niederkorn JY, Mellon J.— Anterior chamber-associated immune deviation promotes corneal allograft survival. *Sci Invest Vis Ophthalmol*, 1996, **37**, 2700-2707.
12. Dirisamer M, Parker J, Naveiras M, et al.— Identifying causes for poor visual outcome after DSEK/DSAEK following secondary DMEK in the same eye. *Acta Ophthalmol*, 2013, **91**, 131-139.
13. Rudolph M, Laaser K, Bachmann BO, et al.— Corneal higher-order aberrations after Descemet's membrane endothelial keratoplasty. *Ophthalmol*, 2012, **119**, 528-535.
14. Guerra FP, Anshu A, Price MO, et al.— Endothelial keratoplasty: fellow eyes comparison of Descemet stripping automated endothelial keratoplasty and Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Cornea*, 2011, **30**, 1382-1386.
15. Ham L, Dapena I, Moutsouris K, et al.— Refractive change and stability after Descemet membrane endothelial keratoplasty. Effect of corneal dehydration-induced hyperopic shift on intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg*, 2011, **37**, 1455-1464.
16. Cursiefen C, Kruse FE.— DMEK : Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Ophthalmol*, 2010, **107**, 370-376.
17. Price MO, Giebel AW, Fairchild KM, et al.— Descemet's membrane endothelial keratoplasty: prospective multicenter study of visual and refractive outcomes and endothelial survival. *Ophthalmol*, 2009, **116**, 2361-2368.
18. McCauley MB, Price FW Jr, Price MO.— Descemet membrane automated endothelial keratoplasty : hybrid technique combining DSAEK stability with DMEK visual results. *J Cataract Refract Surg*, 2009, **35**, 1659-1664.
19. Dapena I, Ham L, Melles GR.— Endothelial keratoplasty: DSEK/DSAEK or DMEK--the thinner the better? *Curr Opin Ophthalmol*, 2009, **20**, 299-307.
20. Tourtas T, Laaser K, Bachmann BO, et al.— Descemet membrane endothelial keratoplasty versus descemet stripping automated endothelial keratoplasty. *Am J Ophthalmol*, 2012, **153**, 1082-1090.
21. Guerra FP, Anshu A, Price MO, Price FW.— Endothelial keratoplasty : fellow eyes comparison of Descemet stripping automated endothelial keratoplasty and Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Cornea*, 2011, **30**, 1382-1386.

Les demandes de tirés à part sont à adresser au Pr J-M. Rakic, Service d'Ophtalmologie, CHU de Liège, Belgique.
Email : jmrakic@chu.ulg.ac.be