



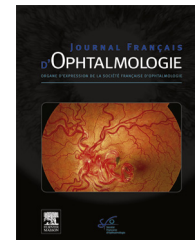
ELSEVIER

Disponible en ligne sur

ScienceDirect  
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte  
www.em-consulte.com



REVUE GÉNÉRALE

# Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty. Indication, technique chirurgicale, gestion postopératoire et revue de la littérature<sup>☆</sup>



*Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty. Indication, surgical technic, postoperative management and review of literature*

V. Kocaba<sup>a,b,c,d,\*</sup>, O. Damour<sup>c</sup>, C. Auxenfans<sup>c</sup>,  
C. Burillon<sup>a,b,c</sup>

<sup>a</sup> Service d'ophtalmologie, Pavillon C, hôpital Édouard-Herriot, 5, place d'Arsonval, 69003 Lyon, France

<sup>b</sup> Université Claude Bernard Lyon 1, 69100 Villeurbanne, France

<sup>c</sup> Banque de Cornée de Lyon, Pavillon I, hôpital Édouard-Herriot, 5, place d'Arsonval, 69003 Lyon, France

<sup>d</sup> Tissue Engineering and Stem Cell Group, Singapore Eye Research Institute, 169856, Singapore

Reçu le 24 novembre 2017 ; accepté le 20 décembre 2017

Disponible sur Internet le 17 avril 2018

## MOTS CLÉS

Cornée ;  
Chirurgie cornéenne ;  
Greffe endothéliale ;  
Kératoplastie ;  
Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK) ;  
Descemet's Stripping Endothelial Keratoplasty (DSEK)

**Résumé** La greffe endothéliale est devenue la technique de référence des traitements des dysfonctions et dystrophies endothéliales. La Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK) décrite en 2006 par Gerrit Melles permet de remplacer sélectivement l'endothélium pathologique par un homologue sain. Elle permet une récupération visuelle plus rapide, de meilleurs résultats réfractifs en limitant le risque de rejet de greffe comparés à la Descemet's Stripping Automated Endothelial Keratoplasty (DSAEK), technique de greffe endothéliostromale. Le débat reste encore ouvert entre DMEK et DSAEK. Cet article, basé sur une revue de la littérature a pour but d'éclairer le lecteur sur la technique de DMEK, ses résultats et complications.

© 2018 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

<sup>☆</sup> Retrouvez prochainement cet article, plus complet, illustré et détaillé, avec des enrichissements électroniques, dans EMC — Ophtalmologie : Kocaba V, Damour O, Auxenfans C, Burillon C. Kératoplasties endothéliales. EMC - Ophtalmologie 2018; [Article 21-206-A-15].

\* Auteur correspondant. 40, rue Pierre Dupont, 69450 Saint Cyr au Mont d'Or, France.

Adresses e-mail : viridiana.kocaba@chu-lyon.fr, viridiana.k@yahoo.fr (V. Kocaba).

**KEYWORDS**

Cornea;  
 Corneal surgery;  
 Corneal endothelial keratoplasty;  
 Keratoplasty;  
 Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK);  
 Descemet's stripping endothelial keratoplasty (DSEK)

**Summary** Endothelial keratoplasty is currently the preferred method for the treatment of endothelial dysfunctions and dystrophies. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK), described by Gerrit Melles in 2006, is performed by selectively replacing the damaged endothelium with a healthy counterpart. It leads to a faster visual recovery and better refractive outcomes with a limited risk of rejection compared to Descemet's Stripping Automated Endothelial Keratoplasty (DSAEK), which includes a thin stromal layer. Open debate still exists between DMEK and DSAEK. This article aims to provide a literature review and enlighten the reader on the DMEK technique, its results and complications.

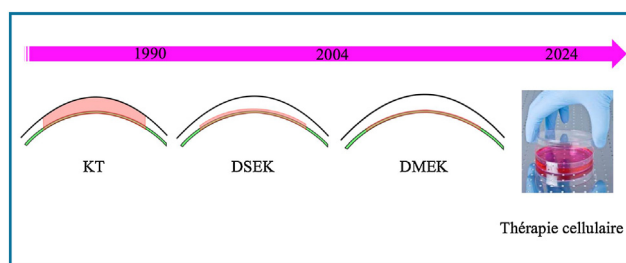
© 2018 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

**Abréviations**

DLEK	Deep Lamellar Endothelial Keratoplasty
DMEK	Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty
DSAEK	Descemet's Stripping Automated Endothelial Keratoplasty
DSEK	Descemet's Stripping Endothelial Keratoplasty
ED	endothélio-Descemet
MAVC	meilleure acuité visuelle corrigée
PK	perforating keratoplasty
KT	kératoplastie transfixiante

**Introduction**

La greffe endothéliale, permettant de remplacer uniquement l'endothélio-Descemet (ED) pathologique, a totalement révolutionné le monde de la greffe de cornée. Depuis une vingtaine d'années, les techniques de greffes endothéliales ont évolué pour devenir de plus en plus sélectives, le greffon devenant de plus en plus fin. Dans les années 1960, José Barraquer a le premier décrit une méthode de greffe endothéliale utilisant une approche antérieure grâce au Laser-Assisted In Situ Keratomileusis (LASIK). Secondairement, en 1998, Gerrit Melles développa la Deep Lamellar Endothelial Keratoplasty (DLEK) dont la technique consistait en une résection de l'endothélio-descemet et du stroma postérieur remplacés par un greffon endothélio-stromal via une approche antérieure par une incision limbique de 9,0mm [1]. Il modifia peu à peu cette technique pour développer par la suite la Descemet's Stripping Endothelial Keratoplasty (DSEK) : l'approche est désormais postérieure, l'ablation endothélio-stromale est alors remplacée par un stripping postérieur de l'endothélio-descemet pathologique. Le stroma sain est préservé et la taille de l'incision réduite à 5,0mm [2-4]. La Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK), fruit de ces nombreuses années d'élaboration, a été introduite en 2006. Elle autorise le remplacement de l'endothélio-descemet pathologique par un homologue sain (Fig. 1) [5,6]. Cet article, basé sur une revue de la littérature a pour but d'éclairer le lecteur sur la technique de DMEK, ses résultats et complications.



**Figure 1.** De la greffe perforante à la DMEK. Évolution des techniques de greffes pour le traitement des pathologies endothéliales. La thérapie cellulaire, avenir certain du traitement des dysfonctions endothéliales, est fixée arbitrairement à 2024. KT : kératoplastie transfixiante ; DSEK : Descemet Stripping Endothelial Keratoplasty ; DMEK : Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty.

**Sélection préopératoire****Indications**

L'indication de DMEK s'applique à l'ensemble des dysfonctions et dystrophies endothéliales (Tableau 1). Comme pour toute chirurgie, la décision opératoire doit se baser sur la gêne visuelle du patient. Même si l'acuité visuelle est relativement conservée, les patients le plus souvent photophobes sont handicapés par la présence de halos diminuant la qualité visuelle et la sensibilité aux contrastes [7]. Compte-tenu des avantages de la DMEK, notamment en termes de récupération visuelle rapide, la sélection des patients se fait de plus en plus tôt, les patients étant demandeurs de la chirurgie avant que leur pathologie ne soit profondément handicapante [8]. Une épaisseur cornéenne de 650 µm est néanmoins couramment utilisé par la plupart des chirurgiens afin de poser l'indication de DMEK.

**Contre-indications**

L'évolution d'un œdème intrastromal chronique aboutit dans un premier temps à une fibrose épithéliale et sous-épithéliale aisément traitables par l'ablation de ces couches lors de la procédure chirurgicale. Ceci n'est en revanche pas possible lorsque la fibrose devient stromale. Lorsque

**Tableau 1** Les greffes endothéliales. Indications, contre-indications et précautions particulières.

*Indications des greffes endothéliales*

Dystrophie endothéliale  
Fuchs  
Postérieure polymorphe  
Kératopathie bulleuse  
Pseudophakie  
Aphakie  
Décompensation endothéliale  
Post-traumatique  
Post-chirurgicale  
Post-HTIO (GAFA, tubes, stent)  
Syndrome irido cornéen endothélial (ICE syndrome)  
Échec de greffe transfixiante

*Contre-indications des greffes endothéliales*

Opacité ou cicatrice stromale limitant la récupération visuelle

Ectasie cornéenne et kératocône  
Hypotonie et/ou œil pré-phtisique

*Précautions particulières*

Œil vitrectomisé  
Aphakie  
Implant de chambre antérieure  
Synéchies iridocornéennes  
Présence de stent/tube  
Anomalies iriennes

cette dernière est présente, il sera nécessaire d'informer le patient sur les possibilités de récupération visuelle et préférer une kératoplastie transfixiante (KT).

De la même façon, la présence de pathologies stromales associées (ex : kératocône ou ectasie cornéenne concomitantes) à la pathologie endothéliale devra également faire préférer une KT à une DMEK. Enfin, les yeux hypotoniques ou physiques sont également une contre-indication à cette technique dont les résultats reposent sur l'efficacité de la tamponnade du greffon au mur postérieur stromal. Cette dernière ne pouvant être obtenue que si la pression intraoculaire est normale à l'état de base.

## Précautions particulières

### Âge

« Il n'y a pas d'âge pour bien voir ». Il n'y a pas d'âge limite à cette procédure. Cependant, il est nécessaire de prendre en compte la capacité à maintenir la position de décubitus dorsal postopératoire. Si les possibilités physiques du patient limitent ses capacités à maintenir la position, ceci compromettra l'efficacité de la tamponnade et augmentera les risques de détachement postérieur du greffon. Dans cette situation, il sera préférable d'envisager une KT.

### Durée de l'œdème cornéen

La DMEK autorise une récupération visuelle et de meilleure qualité par rapport à la DSEK ou à la KT [9,10]. La récupération visuelle sera d'autant plus rapide que l'œdème intrastromal aura été court. Cependant, les résultats peuvent être impactés lorsque l'œdème intrastromal est

chronique et présent depuis de nombreux mois voire de nombreuses années. Pour ces patients, la diminution de l'épaisseur cornéenne est atteinte rapidement en postopératoire, cependant, le stroma peut garder un aspect blanchâtre ou granulaire pendant de nombreux mois après la chirurgie. La récupération visuelle peut alors prendre jusqu'à deux ans. En effet, le remodellement stromal par les kératocytes se fait de la périphérie vers le centre, l'aire pupillaire étant la dernière à s'éclaircir. Enfin, il est à noter qu'il existe une corrélation entre la sévérité de la pathologie endothéliale et le taux de détachement postopératoire du greffon [11]. Il sera donc nécessaire d'éclairer le patient sur la procédure et la possibilité d'une récupération visuelle plus lente en cas d'œdème intrastromal chronique.

## Avec ou sans chirurgie de la cataracte ?

Il est généralement préférable d'envisager la chirurgie de la cataracte avant ou pendant la greffe endothéliale.

Les patients présentant des signes précoces de dysfonction endothéliale sans œdème intrastromal associée à une cataracte pourront bénéficier d'une chirurgie de la cataracte seule, permettant de reculer l'échéance de la greffe tout en obtenant bien souvent une récupération visuelle satisfaisante. Le patient devra néanmoins être informé de la possibilité de décompensation endothéliale postopératoire.

Lorsque le patient présente un œdème intrastromal avec une épaisseur cornéenne > 650 µm associée à une cataracte, une double procédure DMEK + cataracte pourra être envisagée.

En revanche, les patients jeunes atteints de dysfonctions endothéliales (ex : décompensation endothéliale sur implant du phake, sur implant peint) sans cataracte associée devront bénéficier d'une DMEK simple après information de la possibilité de développer une cataracte secondaire à la présence de gaz en chambre et à la corticothérapie postopératoire.

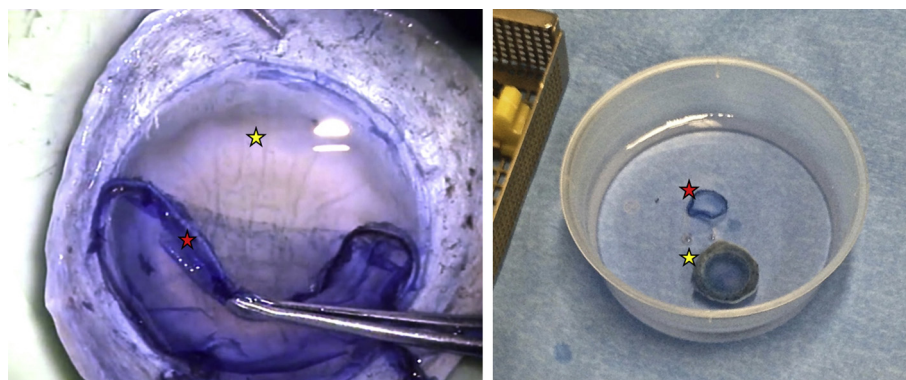
## Procédure chirurgicale

### Dissection du greffon

#### Caractéristiques du greffon

##### Âge du donneur

Heinzelmann et al. [12] ont étudié l'influence des caractéristiques du donneur sur les résultats de la DMEK (n = 31). Dans leur étude, il existait une corrélation significative entre l'âge du donneur ( $p < 0,001$ ) et la densité cellulaire endothéliale (DCE) ( $p < 0,05$ ) avec la largeur du rouleau formé par le greffon. En effet, les donneurs plus âgés avec les plus grandes DCE formaient les plus larges rouleaux. L'âge du donneur influençait directement le temps de déploiement du greffon en chambre antérieure : le temps étant plus long avec des donneurs jeunes. De plus la perte cellulaire endothéliale était d'autant plus importante que le temps de déploiement en chambre antérieure était long. Aux vues de ces résultats les auteurs recommandaient l'utilisation de donneur de plus de 60–65 ans pour les chirurgiens débutant la DMEK. Cet âge pouvant être réduit à 45–50 ans pour les chirurgiens plus expérimentés. Ces résultats ont été confirmés par Maier et al. [13] qui ne retrouvaient pas de différence significative entre les donneurs âgés de



**Figure 2.** Avantage principal de la « no-touch » dissection. Un donneur coméen peut être utilisé pour deux greffes. ★ : Partie stromale pouvant être utilisée pour une kératoplastie lamellaire antérieure ; ★ : Partie endothéliale pouvant être utilisée pour une DMEK.

plus de 49 ans et la difficulté de déploiement du greffon. Cependant, il existait une corrélation significative entre le temps de déploiement du greffon et le taux de détachement postopératoire du greffon. Dans leur étude, Schaub et al. [14] ont comparé les résultats fonctionnels de 1084 DMEK consécutives issues de jeunes donneurs [ $\leq 55$  ans ; sous-groupes : 10–40 et 41–55 ans] à ceux de donneurs plus âgés [ $> 55$  ans ; sous-groupes : 56–65 et  $> 65$  ans]. Les résultats en termes de meilleure acuité visuelle corrigée (MAVC), DCE et d'épaisseur cornéenne étaient comparables entre les groupes. Le taux de réinjection d'air était comparable entre les deux groupes (respectivement 42,6 % versus 53,3 %,  $p = 0,058$ ). Le taux de complications était également comparable entre les deux groupes. Ainsi, basés sur leur propre expérience, les chirurgiens les plus avancés en nombre de procédure peuvent accepter des donneurs plus jeunes.

#### Densité cellulaire endothéliale

Comme pour les KT et les DSEK, il existe une perte cellulaire endothéliale liée au traumatisme chirurgical du greffon. Cette perte varie entre 34,7 et 47 % à 6 mois selon les séries [14–17]. C'est pourquoi la DCE des donneurs doit être élevée ( $> 2500$  cell/mm<sup>2</sup>) afin de compenser cette perte cellulaire endothéliale.

#### Comorbidités associées

Plusieurs études ont montré que les greffons issus de donneurs atteints de diabète étaient plus difficilement dissécables, le taux de déchirure du greffon lors de sa préparation étant significativement plus important [18,19]. Scharwz et al. [20] expliquent que ce phénomène serait lié au fait qu'une hyperglycémie chronique entraînerait des changements phénotypiques de l'interface entre la membrane de Descemet et la face stromale postérieure, la rendant plus adhérente. Il est donc important, notamment pour les chirurgiens préparant leur greffon, de privilégier les greffons de donneurs sans antécédents de diabète.

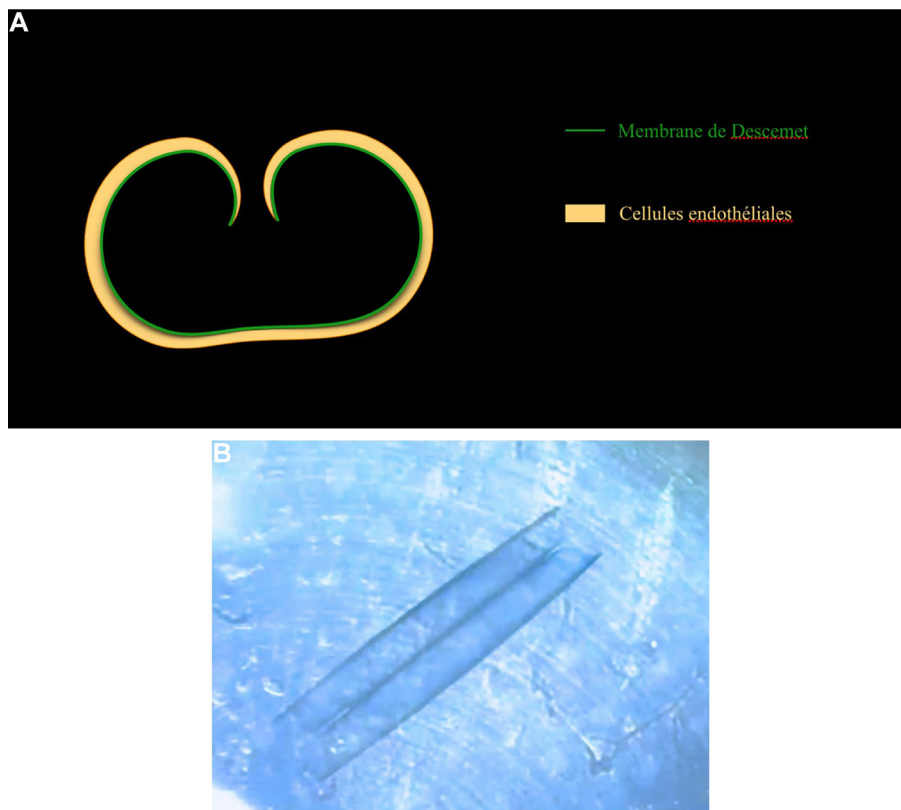
#### Technique de dissection du greffon

Différentes techniques de dissection du greffon pour DMEK existent. Aux États-Unis, la technique « Scuba » est privilégiée par les banques de cornée [21]. En Europe, la « no-touch » dissection développée par l'équipe de Gerrit Melles semble être la plus couramment adoptée [22]. Elle a

l'avantage principal de conserver ad integrum le stroma cornéen sous-jacent permettant ainsi son utilisation pour une éventuelle kératoplastie lamellaire antérieure profonde sur un autre receveur (Fig. 2).

#### Technique « no-touch »

Le bouton cornéen est positionné face endothéliale vers le haut (vidéo 1). À l'aide d'un *Hockey Stick Blade*, l'ensemble des résidus uveaux est enlevé sur les 360° périphériques, par un mouvement externe, perpendiculaire à la cornée. La coloration au bleu Trypan 0,1 % pendant une durée de 4 minutes environ permet d'assurer la visibilité de la membrane de Descemet pendant la dissection ainsi que les éventuelles déchirures de cette dernière. Le plan de dissection séparant la membrane de Descemet du stroma est ensuite progressivement ouvert sur 2 mm par un mouvement interne, perpendiculaire au plan cornéen. Ce temps de dissection est le plus important car il permet de lever l'ensemble des adhérences présentes entre le stroma cornéen et la membrane de Descemet. Si des adhérences persistent lors du dernier temps de dissection, à savoir la séparation de la membrane de Descemet du stroma, elles entraîneront indéniablement une déchirure du greffon. Le dernier temps de dissection permet le « peeling » du greffon. La préhension du greffon se fait en périphérie extrême de la membrane de Descemet (zone qui ne sera pas injectée) par un DMEK forceps (associant bords mousses évitant la déchirure du greffon lors du « peeling » et larges évitant l'échappement du greffon lors du « peeling »). Le mouvement est parallèle au plan cornéen, partant de la partie inférieure de la cornée et remontant jusqu'en supérieure par un geste continu. Un des points majeurs de ce temps est d'associer une contre-pression inverse grâce à la préhension controlatérale au niveau de la sclère (pour un droitier : DMEK forceps en main droite et pince de Bonn en main gauche. Le DMEK forceps ayant un mouvement ascendant et la pince de Bonn assurant le maintien du bouton cornéen sous-jacent ayant un mouvement descendant). Une fois le greffon totalement détaché du stroma, la trépanation est effectuée. Le débat sur le diamètre de trépanation reste ouvert. En effet, l'équipe de Gerrit Melles recommande un diamètre de 9,00 mm. Cependant, un grand nombre de chirurgiens préfère un diamètre compris entre 8,00 et 8,5 mm.



**Figure 3.** Endothélio-Descemet avant injection, en double. A. Schéma du greffon endothélial après dissection et trépanation. Les cellules endothéliales se situent à l'extérieur du rouleau faisant toute la difficulté de la DMEK puisque tout contact direct est prohibé. B. Après dissection et trépanation le greffon endothélial s'enroule sur lui-même en simple ou double-rouleau (ici en double-rouleau).

L'argument principal étant qu'en cas de dystrophies endothéliales, notamment de dystrophies de Fuchs, les cellules endothéliales périphériques sont saines et n'ont pas besoin d'être remplacées. Une fois trépané, le greffon est précautionneusement transféré dans du BSS et coloré au bleu Trypan par deux colorations de 4 minutes. De par ses propriétés élastiques, le greffon s'enroule sur lui-même, face endothéliale tournée vers l'extérieur (Fig. 3A). Cette particularité fait toute la difficulté de la chirurgie puisque aucun contact direct avec l'endothélium n'est autorisé sous peine de traumatisme et de mort cellulaire endothéliale. Une des clés pour que le déploiement du greffon en chambre antérieure soit le moins traumatisant pour l'endothélium est d'asperger délicatement le greffon au BSS afin d'ouvrir le rouleau jusqu'à ce qu'il prenne une forme en double-rouleau (Fig. 3B). Cette position permet de faciliter le déploiement et le centrage du greffon lors de l'injection en chambre antérieure.

#### Technique « Scuba »

La technique *Submerged Cornea Using the Backgrounds Away* (SCUBA) diffère de la technique « no-touch » principalement par le fait qu'elle implique de toucher le greffon lors de la dissection. Le greffon est placé face endothéliale vers le haut et coloré au bleu Trypan 0,1 %. La dissection est effectuée cette fois à l'intérieur du trabéculum en effectuant une ouverture délicate de l'ED au crochet MicroFinger sur 360°. Une fois l'ouverture effectuée sur 360°, l'ED est

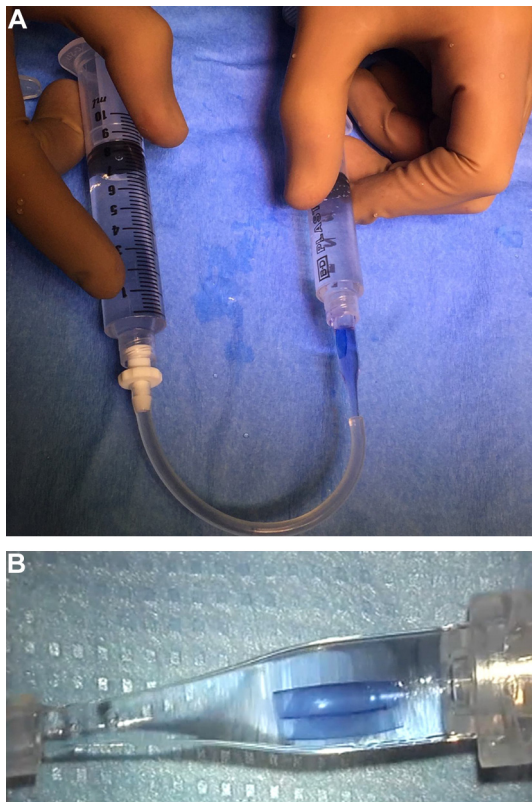
détaché du stroma au DMEK forceps sur la moitié de la surface et repositionné sur le stroma. Une trépanation de l'ED est effectuée au diamètre désiré puis l'ED est complètement détaché du stroma postérieur.

#### Positionnement du greffon endothélial dans la cartouche d'injection

De nombreux injecteurs pour DMEK existent (vidéo 2). Les injecteurs en verre sont désormais privilégiés par rapport au plastique dont le contact peut être traumatisant pour les cellules endothéliales [23,24]. Ils sont, pour la plupart, composés d'un côté large permettant l'aspiration et le positionnement du greffon dans la cartouche ; l'autre extrémité, plus fine, étant réservée à l'injection du greffon en chambre antérieure. L'aspiration permettant de placer le greffon dans la cartouche doit être douce et constante afin de conserver le double-rouleau. Le contrôle de l'orientation du greffon au sein de la cartouche se fait sous microscope avant l'injection en chambre antérieure (Fig. 4). Il est nécessaire de veiller à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air dans la cartouche d'injection, cette dernière gênant fortement le déploiement du greffon en chambre antérieure.

#### Prémédication du patient et type d'anesthésie

La DMEK est couramment effectuée sous anesthésie topique par les chirurgiens expérimentés. Cependant, lors de la



**Figure 4.** Greffon endothélial de DMEK avant injection en chambre antérieure. Afin de préserver les cellules endothéliales présentes à l'extérieur du greffon, un injecteur en verre est utilisé. Le greffon est placé dans l'injecteur grâce à un système d'aspiration (vidéo 1). A. L'injecteur en verre contient le greffon de DMEK, coloré en bleu. Le système d'aspiration (à gauche) permet le positionnement du greffon dans l'injecteur par sa partie la plus large. Le système d'injection à droite permet l'insertion du greffon en chambre antérieure via la partie la plus fine de l'injecteur. B. Vérification de l'orientation et du maintien du double-rouleau sous microscope opératoire.

courbe d'apprentissage chirurgicale, l'anesthésie générale peut être préférée.

Concernant la prémédication, lorsque la DMEK est effectuée sans chirurgie de la cataracte, il est nécessaire d'obtenir un plan irien le plus large possible afin de garantir au tamponnement du greffon un soutien postérieur maximal. Une prémédication par pilocarpine 1,0 % est donc recommandée. Si la chirurgie de la cataracte est réalisée dans le même temps que la DMEK, une injection d'agent myotique (chlorure d'acétylcholine) sera réalisée après le positionnement de l'implant de chambre postérieure.

### Visualisation de la chambre antérieure

Le parfait positionnement et surtout la bonne orientation du greffon en chambre antérieure sont dépendants de la visibilité de la chambre antérieure. En effet, l'œdème intrastromal ainsi que la fibrose sous-épithéliale et épithéliale sont autant de facteurs limitant la visualisation du greffon lors de son injection en chambre antérieure. Il est donc conseillé d'enlever par grattage toute fibrose épithéliale et sous-épithéliale avant l'injection du greffon.

### Descemetorhexis

Le marquage du diamètre du descemetorhexis est réalisé au marqueur chirurgical, le diamètre étant de 0,25–0,50 mm plus large que celui du greffon afin d'éviter la superposition des membranes de Descemet du receveur et du donneur pouvant gêner l'adhésion du greffon [25] (vidéo 3). Quatre incisions au couteau 15° sont effectuées en nasal supérieur et inférieur et en temporal supérieur et inférieur. Elles doivent être limbiques et perpendiculaires au plan cornéen, ce qui permet d'éviter de toucher le greffon lors du passage des canules. Ces incisions permettent de mobiliser le greffon s'il se retrouve enclavé dans l'angle irido-cornéen. Le descemetorhexis s'effectue sous air autorisant ainsi une excellente visualisation de la membrane de Descemet pathologique. Il est à noter que les membranes de Descemet de patients atteints de dystrophies de Fuchs sont, en général, facilement détachables. En revanche, les membranes de Descemet de patients atteints de kératopathies bulleuses ou bien des reprises de greffes endothéliales peuvent être plus adhérentes au stroma postérieur rendant parfois ce temps opératoire plus compliqué, la Descemet ayant tendance à se dilacérer. Il sera donc nécessaire de veiller à ce qu'il ne persiste aucun débris descémétique en chambre antérieure et en face stromale postérieure. Pour se faire, il est possible d'injecter du bleu Trypan en chambre antérieure afin de visualiser au mieux les résidus de membrane de Descemet [25] et de s'assurer de l'ablation complète de cette dernière.

### Injection et positionnement du greffon en chambre antérieure

L'incision principale est effectuée à 10h ou midi (selon la préférence du chirurgien) au couteau 2,2 mm et élargie pour atteindre une taille d'environ 2,5 mm (selon la taille de l'injecteur choisit) (vidéo 4). L'air est complètement retiré et la chambre antérieure vidée. La position du greffon (en double-rouleau, tourné vers le haut, Fig. 4) est vérifiée sous microscope opératoire. L'importance de l'injection du greffon en chambre antérieure est largement sous-estimée par les chirurgiens novices. En effet, la bonne orientation du greffon ainsi que son positionnement en double-rouleau permet, lors de l'injection, de débiter et de contrôler le déploiement et le centrage du greffon en chambre antérieure tout en maintenant la bonne orientation de ce dernier. Afin d'amorcer le déploiement du greffon dès son injection en chambre antérieure (limitant ainsi le temps de contact du greffon avec l'iris), il est possible de créer un flux entre l'incision principale et l'incision secondaire de 2 h. Pour ce faire, il est nécessaire d'ouvrir l'incision secondaire afin de vider le liquide présent en chambre antérieure tout en injectant le greffon lentement et de façon continue via l'incision principale. Une fois le greffon en chambre antérieure plusieurs techniques existent afin de le dérouler :

- la technique « Tap-Tap » consiste à tapoter la face antérieure de la cornée avec deux canules, le contact greffon-iris autorise ainsi le déploiement du greffon ;
- la technique de Dirisamer utilise deux canules en face antérieure de la cornée, la première bloquant la moitié du greffon et la seconde lissant l'autre moitié avec

un mouvement allant du centre vers la périphérie, les bords du greffon sont ainsi dépliés en déplaçant progressivement les 2 canules ;

- la technique « single sliding maneuver » (manœuvre de simple lissage) pour laquelle une seule canule est utilisée en face antérieure de la périphérie vers le centre, le greffon étant positionné au niveau de l'angle irido-cornéen ;
- la manœuvre de Dapena consiste à injecter une bulle d'air entre la face descemetique du greffon et le mur postérieur stromal, la bulle d'air est ensuite mobilisée afin de déployer le greffon ;
- le « casse-tête aérien » pour lequel une bulle d'air de petite taille est injectée entre la face stromale et la face descemetique du greffon, cette dernière est mobilisée et progressivement augmentée en taille afin d'obtenir le complet déploiement du greffon.

En pratique courante, les techniques sont bien souvent combinées en fonction du comportement du greffon en chambre antérieure [26]. En effet, les caractéristiques notamment élastiques sont greffon-dépendantes ce qui rend très variable ce temps opératoire et qui définit la difficulté de la DMEK. De par notre expérience, les techniques utilisant l'injection d'air entre la face stromale et la face descemetique du greffon seront plus efficaces sur les greffons les plus difficilement déroulables (bien souvent issus de patients jeunes). En revanche lors de l'ablation de cette bulle d'air, l'aspiration devra être parfaitement contrôlée au risque d'aspirer dans le même temps le greffon sous-jacent.

Durant la phase de déploiement du greffon, la bonne orientation du greffon peut être parfois difficile à appréhender. L'utilisation de l'OCT en temps réel nous semble la solution la plus sécuritaire car elle permet de vérifier en permanence le positionnement du greffon [27,28]. L'accès à ce type de microscope est cependant, encore peu répandu en chirurgie de segment antérieur. Aux États-Unis, les banques de cornées délivrent des greffons pré-marqués [29] permettant de s'assurer de la bonne orientation du greffon en fin de déploiement. De nouvelles techniques se développent afin d'augmenter la visualisation de l'orientation du greffon en chambre antérieure. Menzel-Severing et al. [30] ont développé un instrument autorisant l'ablation des cellules endothéliales sur 1 mm en périphérie du greffon. La coloration au bleu Trypan révèle ainsi la membrane de Descemet, les bords du greffon sont alors parfaitement visibles pendant la durée de la procédure chirurgicale. Lors de l'utilisation de greffons non marqués et en absence d'OCT en temps réel, le comportement du greffon permet d'appréhender l'orientation de ce dernier. L'injection de liquide en chambre antérieure provoque l'ouverture du greffon. Si ce dernier se replie avec les bords orientés vers le haut, le greffon est dans le bon sens. Si, en revanche, les bords se replient vers le bas (vers l'iris), le greffon est inversé.

## Tamponnade

### Air versus hexafluorure de soufre (SF6) à 20 %

Une fois le greffon déroulé et centré en chambre antérieure, une bulle d'air ou du gaz est injectée en avant de l'iris, permettant le maintien du greffon au mur postérieur stromal (vidéo 4). Cette tamponnade est réalisée soit par injection

d'air ou d'un mélange d'hexafluorure de soufre (SF6) à 20 %. Il est important de noter ici que l'absence de toxicité endothéliale a été démontrée in vitro du SF6 à 20 % [31]. Guell et al. [32] retrouvent dans leur étude rétrospective et comparative que l'utilisation de SF6 permettrait de diminuer le risque de détachement du greffon postopératoire. Cette étude incluant 81 yeux opérés de DMEK, 42 tamponnés par SF6 à 20 % et 39 par 100 % d'air, montre en effet un taux de réinjection significativement plus important dans le groupe air versus SF6 ( $p=0,004$ ) alors que le taux de perte cellulaire endothéliale ainsi que la MAVC à 3 mois sont comparables dans les 2 groupes ( $p=0,65$ ). Bien que limitée, cette étude suggère une efficacité plus prolongée du SF6 à 20 % dans le maintien postopératoire du greffon. Ces résultats ont été confortés tout récemment par Schaub et al. [33]. En effet, dans leur étude rétrospective portant sur 854 DMEK, le taux de détachement ayant nécessité une réinjection était significativement plus bas chez les patients ayant bénéficié d'une tamponnade par SF6 à 20 % (23,5 % dans le groupe SF6 à 20 % versus 53,9 % dans le groupe air,  $p<0,001$ ). Les résultats fonctionnels (MAVC, PIO, DCE et épaisseur cornéenne) ainsi que le taux de complications per et postopératoires étaient en revanche comparables entre les deux groupes. Aux vues de ces données, nous conseillons désormais une tamponnade au SF6 à 20 %.

Concernant la réinjection lors d'un détachement postopératoire du greffon, il n'existe pas d'étude comparant l'air au SF6 à 20 %. Cependant, de par notre expérience, l'utilisation d'air permet dans la grande majorité des cas d'obtenir une ré-application du greffon ne nécessitant pas un tamponnement prolongé.

## Technique d'injection du gaz

Le dernier temps chirurgical consiste à injecter le gaz en chambre antérieure entre la face endothéliale du greffon et l'iris. Pour ce faire, l'étanchéité de l'ensemble des incisions doit être assurée. Les paracentèses sont hydrosuturées. L'incision principale peut soit être hydrosuturée avant l'injection de gaz soit être suturée par un point de nylon 10,0. En cas de préférence pour une suture, le passage du point est réalisé avant l'injection du greffon en chambre antérieure. En effet, si le passage est réalisé alors que le greffon est déjà en chambre antérieure ce dernier risque d'être expulsé lors de la mobilisation de l'incision principale au passage de l'aiguille. Une canule à hydrodissection est placée via une des incisions au niveau de l'axe pupillaire, entre la face endothéliale et le plan irien. Le centrage doit être parfait afin d'éviter tout décentrement ou plis du greffon lors de l'injection du gaz. Différents protocoles existent concernant la taille de la bulle de gaz. L'équipe de Melles remplit 100 % de la chambre antérieure pendant une heure puis retire entre 10 et 20 % de gaz. Cette méthode nécessite néanmoins de mobiliser le patient par deux fois. Il n'existe qu'une seule étude ayant évalué l'impact de la taille de la bulle en chambre antérieure. Elle comparait une tamponnade de 50 % versus 80 % et a montré qu'une tamponnade de plus de 80 % diminuait le risque de détachement postopératoire du greffon (27 % versus 8,1 % de taux de réinjection d'air respectivement) sans augmenter le risque de blocage pupillaire [34]. En pratique courante, nous effectuons une tamponnade de 80–90 %.

En fin de chirurgie une lentille pansement peut être positionnée afin de limiter la douleur postopératoire notamment en cas de désépithélialisation.

## Iridectomie pré ou peropératoire

Une iridectomie périphérique inférieure est préconisée afin de réduire le risque de blocage pupillaire postopératoire [35,36]. Cette dernière peut être réalisée en pré ou peropératoire. Il existe néanmoins un risque lorsque cette dernière est réalisée en peropératoire de formation de fibrine et de libération de pigments iriens compromettant l'adhésion du greffon. C'est pourquoi nous recommandons la réalisation préopératoire de l'iridectomie périphérique inférieure.

## Gestion postopératoire

Il n'existe pas encore de stratégie consensuelle pour le management post-DMEK, bien que celle-ci soit déterminante pour le pronostic de la greffe, notamment sur le taux de réinjection, la perte cellulaire endothéliale et la survie à long terme de la greffe.

### Position postopératoire

Alors que pour la DSEK, le décubitus dorsal est préconisé un jour voire moins [37] il n'y pas encore de recommandation consensuelle sur la position post-DMEK. Néanmoins ce temps est crucial en post-DMEK afin de garantir l'attachement du greffon au mur stromal postérieur. Les protocoles décrits dans la littérature varient selon les auteurs. Alors que Gorovoy et al. [38] décrivent un protocole de maintien du décubitus dorsal pendant les 90 premières minutes, Hamzaoglu et al. [39] recommandent le maintien de la position le plus possible (jour et nuit) en autorisant un lever de 20 minutes pour les repas. Cirkovic et al. [40] préconise quant à eux, le maintien de la position jusqu'à complète résorption de l'air/gaz présent en chambre antérieure. Guell et al. [32] ont deux protocoles distincts entre les patients recevant une injection d'air (pendant les 48 premières heures) ou de gaz (pendant la première semaine), la position devant être maintenue 2 fois 2 heures par jour. Pendant ces périodes, l'inclinaison de la tête est modifiée toutes les 15 minutes, pendant les périodes de décubitus dorsal, comme suit : menton sur la poitrine, face parallèle au sol, extension de la tête. Le but étant d'utiliser le tamponnement sur l'ensemble de la surface du greffon. Il est évident que le management de la position post-DMEK a un impact direct sur le pronostic de l'adhérence du greffon. Par principe de précaution, nous avons opté pour le décubitus dorsal jusqu'à complète disparition de la bulle en chambre antérieure. Des études supplémentaires sont nécessaires afin d'identifier le positionnement postopératoire optimal permettant de réduire le taux de réinjection.

### Corticothérapie postopératoire

La corticothérapie locale est couramment utilisée en postopératoire des greffes endothéliales afin de diminuer le risque de rejet endothélial [41]. Parmi toutes les techniques de greffes endothéliales, la DMEK a comme avantage

majeur de présenter le plus faible risque de rejet [42]. Price et al. [43], ont décrit un taux de rejet de 0 % à un an chez les patients recevant 4 gouttes par jour d'acétate de prednisolone 1 % pendant le premier mois suivi par soit de l'acétate prednisolone 1 % soit d'étabonate de lotéprednol 0,5 % gel, 4 fois par jour pendant 2 mois, 3 fois par jour un mois, 2 fois par jour un mois puis 1 fois par jour pendant 7 mois. Le taux de rejet était de 1,4 % ( $p=0,17$ ) chez les patients ayant reçu des doses moindres de stéroïdes (acétate prednisolone 1 %, 4 fois par jour le premier mois, suivi de fluorométholone 0,1 %, 4 fois par jour pendant 2 mois, 3 fois par jour pendant 1 mois, 2 fois par jour un mois et une fois par jour pendant 7 mois). Cependant, dans leur étude comparant l'efficacité et les effets secondaires de l'acétate de prednisolone 1 % versus fluorométholone 0,1 % [44], le taux d'hypertonie intraoculaire était significativement plus important dans le groupe prednisolone (22 % vs. 6 %,  $p=0,0005$ ) ainsi que le taux d'introduction d'hypotonisants (17 % vs. 5 %,  $p=0,0003$ ). Il est à noter que ni le taux de rejet ni le taux d'hypertonie n'ont abouti à une différence de densité cellulaire endothéliale à 1 an entre les 2 groupes (30 vs. 31 %,  $p=0,50$ ). Dans une autre de leur étude prospective [43], ils ont comparé l'élévation de la PIO (définie par une PIO > 24 mmHg ou une élévation > 10 mmHg par rapport à la PIO de base) et le taux de rejet chez des patients traités soit par acétate de prednisolone 1 % soit par étabonate de lotéprednol 0,5 % gel après DMEK. Le taux de rejet était de 0 % dans les 2 groupes néanmoins le taux d'hypertonie était deux fois plus élevé dans le groupe prednisolone (risque relatif = 2,3, IC 95 % 1,2–4,5,  $p=0,016$ ) ; la proportion d'hypertonie étant de 25 % dans le groupe prednisolone versus 11 % dans le groupe lotéprednol ( $p=0,013$ ).

L'arrêt de la corticothérapie locale après un an a également fait l'objet d'une étude [45] révélant un taux de rejet de 6 % une fois les stéroïdes arrêtés. Cette étude prospective incluait 400 yeux de 259 patients opérés de DMEK. Les patients devaient choisir après un an s'ils continuaient la corticothérapie locale (acétate de prednisolone 1 %, fluorométholone 0,1 % ou étabonate de lotéprednol 0,5 % gel) une fois par jour pendant une année supplémentaire ou s'ils préféraient arrêter totalement le traitement. Le taux de rejet dans le groupe poursuivant l'immunosuppression locale était de 0 % versus 6 % chez les patients ayant arrêté le traitement ( $p=0,013$ ). Dans le groupe de patients ayant arrêté le traitement après un an, le taux de rejet passait de 6 % la première année à 2 % la seconde année suivant l'arrêt des stéroïdes. Ce risque, plus élevé la première année suivant la DMEK, est comparable aux données retrouvées pour les DSAEK montrant que chez les patients arrêtant la corticothérapie à un an le taux maximal de rejet se trouvait entre 12 et 18 mois puis baissait progressivement sur les 5 années suivantes [46]. La DCE se révélait inférieure chez les patients ayant eu un épisode de rejet ce qui est également comparable aux résultats des DSAEK [46]. De plus, la DCE était plus haute à 2 ans post-DMEK dans le groupe ayant arrêté la corticothérapie à un an post-DMEK comparée aux patients ayant reçu 2 ans de corticothérapie ( $p=0,022$ ), cependant, un an plus tard (3 ans après DMEK ; une ou deux années de corticothérapie) ce chiffre était comparable dans les deux groupes ( $p=0,67$ ). La PIO était similaire dans les deux groupes.



Compte-tenu des taux de rejet et de DCE comparables entre l'acétate de prednisolone 1 % et des stéroïdes moins puissants tels que le lotéprednol et la fluorométholone ainsi que le fait que le taux de rejet augmente en cas d'arrêt de la corticothérapie à un an, on peut recommander un protocole anti-rejet débutant par de la prednisolone puis se poursuivant par un stéroïde moins puissant à une goutte par jour pendant au moins 2 ans.

### Surveillance postopératoire

Guell et al. [32] examinent leurs patients immédiatement après la chirurgie puis à 1 heure, 2 h, 24 h, une semaine, trois semaines, 1 mois et 6 mois après la chirurgie puis tous les ans. Studeny et al. [47] évaluent quant à eux leurs patients à 1 h, un jour, une semaine, 1, 3, 6, 12 et 18 mois après la chirurgie, la DCE étant mesurée à 6, 12 et 24 mois post-DMEK.

Quelques études suggèrent qu'il est nécessaire de suivre fréquemment les patients post-DMEK afin de détecter au plus tôt les épisodes de rejet endothélial. Price et al. [45] recommandent d'évaluer les patients ayant arrêté la corticothérapie à 1, 3, 6 et 12 mois lors de la deuxième année post-DMEK. Dans cette étude, la plupart des épisodes de rejet étaient asymptomatiques et dépistés lors du suivi de routine. Monnereau et al. [48], quant à eux, suggèrent que les épisodes de rejet sont, non pas des épisodes de rejet aigus, mais des phénomènes immunitaires progressifs et lents. Leurs patients étaient vus à 1 jour, une semaine, 1, 3, 6, 9 et 12 mois après la DMEK puis 2 fois par an avec la réalisation d'une microscopie spéculaire à partir de 1 mois postopératoire. L'analyse rétrospective révélait qu'il existait des changements morphologiques endothéliaux chez les patients qui ont présenté plus tard un rejet endothélial. En effet l'endothélium de ces patients montrait, plusieurs mois avant le diagnostic de rejet endothélial, une désorganisation cellulaire, une irrégularité de la taille et de la morphologie des cellules, une hyper réflectivité/activité nucléaire. Ces résultats suggèrent donc que la microscopie spéculaire est utile dans la prévention du rejet endothélial.

Le suivi des imageries postopératoires permet également la détection des détachements du greffon. Moutsouris et al. [49] ont démontré l'utilité de l'*Anterior Segment Optical Coherence Tomography* (AS-OCT) notamment en cas de détachement plats des greffons de DMEK (définis comme un détachement uniquement postérieur au stroma, non détecté à la lampe à fente en raison de l'œdème intrastromal en regard). Yeh et al. [50] ont également montré l'intérêt de l'AS-OCT dans la prédiction de l'adhérence du greffon au mur postérieur. En effet, l'OCT réalisée 1 heure après la chirurgie se révèle être la meilleure valeur prédictive de l'adhérence du greffon à 6 mois. Un détachement > 1/3 1 heure après la chirurgie n'aura que 25 % de chance d'adhérer à 6 mois (67,5 % de détachement permanent > 1/3 et 12,5 % de détachement complet).

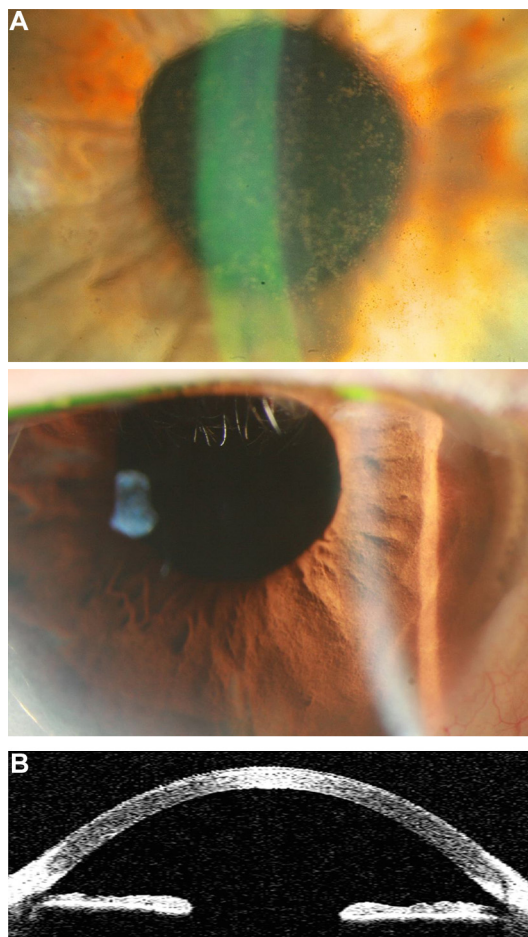
Bien qu'aucun protocole consensuel n'existe, les examens paracliniques (notamment l'AS-OCT et la microscopie spéculaire) ont une place majeure dans le suivi des patients opérés de DMEK afin de diagnostiquer un éventuel rejet endothélial mais également pour le pronostic de l'adhérence du greffon.

## Résultats

### Résultats fonctionnels après DMEK

#### Acuité visuelle

L'actuelle revue de la littérature fait état de 7 études de niveau III (études descriptives, non-expérimentales, basées sur le niveau de preuve et bien menées) ayant inclus plus de 100 DMEK [15,17,22,51–54] (Fig. 5). Cependant, l'ensemble de ces études ont inclus des yeux à bon potentiel de récupération et ont exclu les yeux réopérés. Ainsi, la moyenne de MAVC est au moins de 20/25 (8/10) dans 50–80 % des cas à 6 mois. Une seule étude a été conduite par Heinzelmann et al. [9], comparant DMEK, DSAEK et KT incluant des patients atteints de dystrophie de Fuchs et de kératopathie bulleuse sans distinction de potentiel de récupération visuelle et en incluant les courbes d'apprentissage des différentes procédures. Elle a permis de mettre en évidence que la récupération visuelle était plus rapide et surtout plus importante dans le groupe des patients opérés par DMEK ( $n=450$ ) comparé à la DSAEK ( $n=89$ ) et à la KT ( $n=329$ ).



**Figure 5.** Aspect pré et postopératoire d'un patient atteint de dystrophie endothéliale de Fuchs opéré de DMEK. A. Aspect préopératoire d'un patient atteint de dystrophie endothéliale de Fuchs. Acuité visuelle avec correction : 5/10, pachymétrie 694  $\mu\text{m}$ , comptage cellulaire endothélial non réalisable. B. Aspect post-DMEK à 1 mois. Acuité visuelle avec correction : 9/10, pachymétrie 556  $\mu\text{m}$ , comptage cellulaire endothélial.

En effet 50 % des patients atteignaient 20/25 (8/10) ou plus 4 mois après une DMEK, 18 mois après une DSAEK et plus de 24 mois après une KT. Il est à noter que la réhabilitation visuelle était significativement plus longue pour les patients atteints de kératopathie bulleuse comparés aux patients atteints de dystrophie de Fuchs. De manière générale les résultats globaux (DCE, épaisseur cornéenne, taux de complications) étaient meilleurs dans le groupe de patients atteints de dystrophie de Fuchs. Le pourcentage de patients atteignant à 24 mois une MAVC  $\geq$  20/25 (8/10) était de 53 % après une DMEK, 15 % après une DSAEK et 10 % après une KT. La moyenne globale de MAVC après DMEK était significativement plus haute comparée au groupe de DSAEK et de KT. Les patients ayant 7,5 fois plus de chance d'atteindre une MAVC  $\geq$  20/40 (5/10) après une DMEK et 2,5 fois après une DSAEK comparé à une KT. La chirurgie de cataracte combinée à la greffe endothéliale était également un facteur influençant positivement les résultats de MAVC.

### Densité cellulaire endothéliale

Le taux de perte cellulaire endothéliale à 6 mois varie selon les études entre 34,7 et 47 % à 6 mois [15,17,22,51–54]. Heinzlmann et al. [9] notaient que durant la période postopératoire précoce il n'existait pas de différence significative entre les taux de perte cellulaire endothéliale entre KT, DSAEK et DMEK. La vélocité était, par contre, supérieure pour les DSAEK et DMEK par rapport à la KT. Ceci pouvant être expliqué par le traumatisme chirurgical et les manipulations du greffon lors de l'injection en chambre antérieure. Pour les 3 groupes, les patients présentant une kératopathie bulleuse avaient également une perte cellulaire endothéliale initiale plus rapide par rapport aux patients atteints de dystrophie de Fuchs. Cependant, après 24 mois, la DCE se stabilisait pour les groupes DSAEK et DMEK. En revanche la DCE du groupe KT continuait de décroître sur toute la période du suivi.

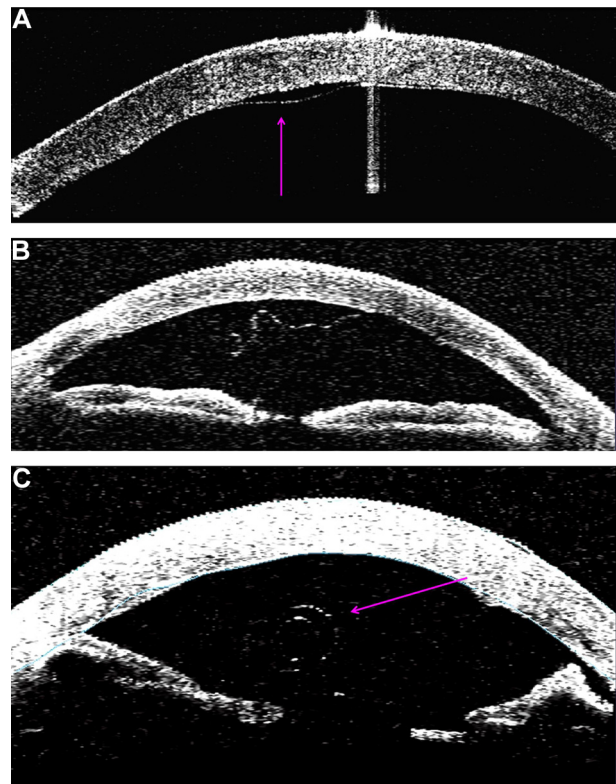
### Changements réfractifs

La majorité des séries reporte une moyenne de shift hypermétropique post-DMEK  $< +0,50$  D après 3–12 mois [55–58]. Cependant, et notamment pour les patients atteints de dystrophie de Fuchs induisant des changements principalement au niveau du centre cornéen, il est préconisé de prévoir une cible réfractive de  $-0,75$  à  $-1,00$  D en cas de chirurgie de la cataracte associée [57,58].

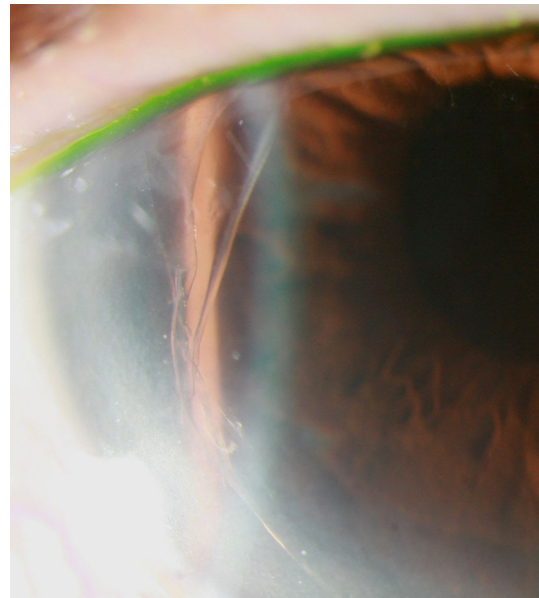
### Complications postopératoires

#### Détachement postopératoire du greffon

Les détachements partiels postopératoires du greffon représentent la complication la plus fréquente des DMEK [59] (Fig. 6 et 7). Les taux de réinjection pour cette indication sont extrêmement variables, pouvant atteindre 74 % [21,22,60]. Ils se manifestent typiquement par un détachement périphérique du greffon. Yeh et al. [50] ont montré que les détachements du greffon  $< 1/3$  (Fig. 6A) visibles sur l'AS-OCT une heure après la chirurgie se plaquaient spontanément dans 73 % des cas après une semaine, 82 % après un mois, 86 % après 3 mois et 90 % après 6 mois, soulignant ainsi que les réinjections n'étaient pas nécessaires



**Figure 6.** Détachement du greffon postopératoire. A. Détachement  $< 1/3$ . B. Détachement  $> 1/3$ . C. Détachement complet du greffon qui est enroulé en chambre antérieure.



**Figure 7.** Détachement périphérique du greffon, fibrosé à 6 mois postopératoires.

en cas de détachements  $< 1/3$ . En revanche, les détachements  $> 1/3$  (Fig. 6B) visibles sur l'AS-OCT une heure après la chirurgie ne se réappliquaient que dans 25 % des cas à 6 mois ; 67,5 % restaient détachés sur plus d'un tiers de la surface à 6 mois et 12,5 % étaient complètement détachés (Fig. 6C).

Ces résultats sont néanmoins à contrebalancer avec des données récentes montrant qu'une adhérence totale du greffon augmentait la survie à long-terme de ce dernier notamment en termes de DCE [61]. En effet, l'absence d'adhésion évoluera vers une fibrose de la berge du greffon n'étant pas accolée (Fig. 7). Cette fibrose est susceptible d'entraîner une mort des cellules adjacentes impactant directement la DCE. Ces données couplées à celles de Price [62] démontrant l'innocuité d'une réinjection unique soulignent tout de même qu'il est préconisé de réinjecter en cas de détachement afin de garantir le meilleur taux de DCE et donc d'augmenter la survie du greffon à long-terme.

### Hypertonie intraoculaire

L'hypertonie intraoculaire postopératoire se place en seconde position des complications post-DMEK (Fig. 8). Sa fréquence varie entre 0,5 % à 12,5 % [17,63,64]. Dans leur étude rétrospective portant sur 306 yeux, Röck et al. [35] retrouvaient 9,8 % de blocages pupillaires en postopératoire immédiat. Au total, 190 patients avaient bénéficié d'une iridectomie supérieure et 116 d'une iridectomie inférieure. La fréquence était plus élevée chez les patients phakes (40 %) et les patients ayant bénéficié d'une troisième DMEK (13,9 %). L'ensemble des patients ayant présenté un blocage pupillaire n'avait aucun antécédent d'hypertonie intraoculaire. Pour 80 % d'entre eux, l'hypertonie était due à un blocage antérieur de la bulle d'air et pour 20 % le blocage était secondaire à un passage de la bulle d'air en chambre postérieure (Fig. 8). La présence d'une iridectomie inférieure ainsi que le remplissage incomplet (aux environs

de 80 %) de la chambre antérieure [34,36] sont désormais préconisés afin de limiter les risques de blocage pupillaire post-DMEK.

### Échec de la DMEK

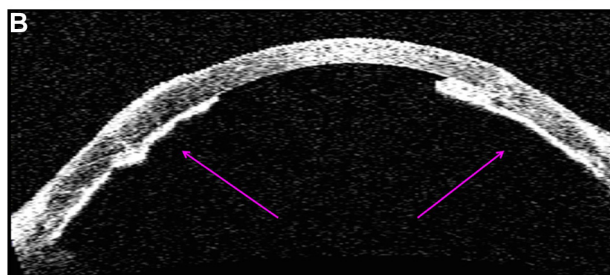
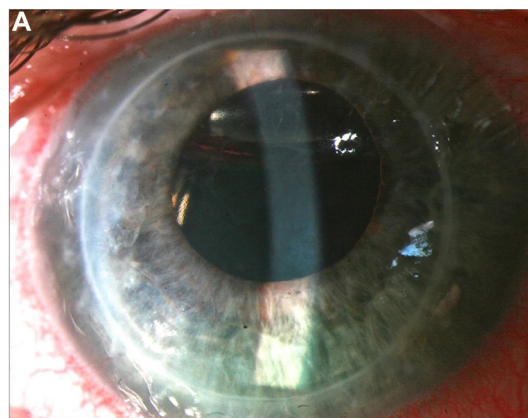
Le taux d'échec de la DMEK, défini par un œdème persistant malgré un greffon en place, varie entre 0 % et 8,2 % [9,15–17,65] selon les séries. Le temps optimal pour le remplacement de la greffe n'est cependant pas fixé. La plupart des centres pratiquant la DMEK adoptent néanmoins une attitude conservatrice, attendant bien souvent plusieurs mois avant de regreffer [40,66]. Baydoun et al. [66] reportent une moyenne de 18 mois entre la première et la seconde DMEK [4–33 mois], 40 % des patients récupérant une MAVC  $\geq 20/25$  (8/10).

Cirkovic et al. [40] dans leur série avaient, quant à eux, adopté une attitude plus agressive, regreffant après seulement 3 mois (moyenne 103 jours, 7–497 jours). La médiane de MAVC n'était que de 20/40 (5/10) à un an. Les résultats d'acuité visuelle étaient certes comparables à ceux des secondes DSAEK après échec de DMEK [67,68] mais étaient moins satisfaisants par rapport au groupe de patients n'ayant bénéficié que d'une seule DMEK. Il existait néanmoins une augmentation significative de l'acuité visuelle après la seconde DMEK par rapport à la procédure initiale, sans pour autant que la satisfaction des patients ne soit augmentée après la seconde procédure. Il n'existait pas d'augmentation du risque de détachement du greffon lors de la seconde DMEK par rapport à la première procédure. Basés sur leurs données, les auteurs suggéraient de regreffer en cas d'œdème persistant plus de 3 mois. Yoeruek et al. [65] ont regreffé 6 de leur 122 DMEK (10 échecs, 8,2 %) à 3 mois [1–5mois]. La MAVC à 3 mois était en moyenne de 7/10 ( $p < 0,001$ ).

Le taux d'échec de DMEK étant relativement rare il est encore difficile de connaître le délai adéquat pour regreffer, néanmoins nous respectons un délai de 6 mois avant de regreffer afin de limiter les phénomènes inflammatoires secondaires à la première procédure.

### Courbe d'apprentissage

Comme toute nouvelle technique chirurgicale, la DMEK nécessite un apprentissage dont la courbe est beaucoup plus longue que celle de la DSEK. La première difficulté résidant dans la préparation du greffon puisque dans certains pays les greffons ne sont pas préparés en banque. En France, la banque de cornée de Lyon est la première à avoir obtenu l'autorisation de l'ANSM pour la préparation des greffons de DMEK par « no-touch dissection » [69]. La seconde difficulté se situe dans l'injection, le déploiement et la bonne orientation du greffon en évitant tout contact avec ce dernier au risque de léser les cellules endothéliales présentes à l'extérieur du tissu. Dans leur étude prospective, Debellemanière et al. [70] ont estimé à 50 le nombre de chirurgies nécessaires pour l'apprentissage de la DMEK afin d'atteindre un temps de préparation du greffon et de chirurgie chacun inférieur à 30 minutes. Monnerau, C. et al. [17] ont, dans leur étude multicentrique, évalué les résultats fonctionnels ainsi que le taux de complications per et postopératoires des 25 premières DMEK de 18 chirurgiens novices. 431 patients



**Figure 8.** Blocage pupillaire par passage de la bulle d'air en chambre postérieure. A. Aspect biomicroscopique d'un blocage pupillaire par passage de bulle d'air en chambre postérieure. B. Aspect OCT d'un blocage pupillaire par passage de bulle d'air en chambre postérieure. Les flèches montrent la bascule antérieure de l'iris totalement plaqué contre la face endothéliale.

**Tableau 2** Résultats comparés de différentes courbes d'apprentissage. Comparaison de 2 études évaluant les résultats de 25 premières DMEK de 18 chirurgiens différents versus les 250 premières versus les 250 suivantes.

	25 premiers cas	1–250	250–500
Nombre de patients	431	500	500
Nombre de chirurgiens	18	2	2
MAVC (%)			
20/40 ( $\geq 0,5$ )	78,9	86	90
20/25 ( $\geq 0,8$ )	42,5	67	66
20/20 ( $\geq 1,0$ )	22,2	38	34
Perte cellulaire endothéliale à 6 mois (% $\pm$ $\acute{E}T$ )	47 ( $\pm 20$ )	35 ( $\pm 18$ )	38 ( $\pm 18$ )
Complications peropératoires	NC	16,0	16,4
Difficulté de déploiement du greffon	1,2	1,6	4,8
Pression vitréenne	NC	6,8	5,8
Hémorragie irienne	0,5	1,2	0,0
Débris descémétiques du receveur	NC	6,4	6,0
Complications postopératoires	23,7	23,2	10,4
Seconde intervention	42	6,8	3,6
Réinjection	23,7	3,2	2,8
Seconde DMEK	10,7	0,8	2,8
Seconde DSEK	3,5	2,8	0,0
Seconde KT	3,5	0,0	0,4
Échec primitif de greffe	2,3	0,4	0,0
Échec secondaire de greffe	6,3	0,0	0,4
Rejet de greffe	3,7	0,4	0,0
Chirurgie de la cataracte après DMEK	0,2	0,8	0,0
Décollement du greffon (%)	34,6	21,6	10
Décollement $\leq 1/3$	18,6	12,8	5,2
Décollement $\geq 1/3$	7,2	8,8	4,8

MAVC : meilleure acuité visuelle corrigée ;  $\acute{E}T$  : écart type ; DMEK : Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty ; DSEK : Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty ; KT : keratoplasty transfixiante ; NC : non communiqué.

ont été inclus. La perte cellulaire endothéliale à 6 mois était en moyenne de 47 %. Ce chiffre, supérieur aux 35–38 % retrouvé dans la plus large série de DMEK décrite incluant respectivement les 250 premières DMEK puis les 250 suivantes de deux chirurgiens, [15] est cependant, à modérer puisque la moitié des chirurgiens novices devaient préparer le greffon au bloc opératoire. L'acuité visuelle à 6 mois était supérieure à 20/40 ( $\geq 0,5$ ) pour 78,9 % d'entre eux, 42,5 % atteignaient 20/25 ( $\geq 0,8$ ) et 22,2 % 20/20 ( $\geq 1,0$ ). Bien qu'inférieurs aux chiffres de l'équipe de Gerrit Melles [66 %  $\geq 20/25$  (8/10), 36 %  $\geq 20/20$  (10/10)], ces résultats fonctionnels restent néanmoins satisfaisants en postopératoires de DMEK. Sur les 18 chirurgiens novices en DMEK mais expérimentés en greffes transfixiante et en DSEK, un seul préféra reprendre la DSEK. Ces résultats suggèrent que même lors de la courbe d'apprentissage, les résultats fonctionnels de la DMEK sont bons avec des taux de complications per et postopératoires relativement proches de ceux obtenus par des chirurgiens expérimentés (Tableau 2).

## Conclusion

La DMEK se place en première place des greffes endothéliales, de par ses résultats réfractifs, sa récupération

visuelle extrêmement rapide et son risque de rejet minime. Elle continue de gagner en popularité. Cependant, de nombreux chirurgiens restent réticents à cette technique. Elle impose effectivement une courbe d'apprentissage longue et souvent laborieuse mais n'impactant que très modérément les résultats fonctionnels pour les patients. Le bénéfice pour ces derniers est pourtant bien réel.

« Faster, better and easier » (plus rapide, plus facile et avec de meilleurs résultats) sont les mots d'ordre afin de rendre cette magnifique technique accessible à l'ensemble des chirurgiens. Le nombre croissant de banques de cornée proposant des greffons préparés (et bientôt pré chargés) est le signe que la demande de la part des chirurgiens est forte et qu'elle nécessite une réponse. De plus, de nombreux centres spécialisés en DMEK, offrent des *wetlab* permettant l'apprentissage sécurisé de la technique. Les chirurgiens et les banques de cornées sont les principaux acteurs de la simplification et de la sécurisation de cette technique [71].

## Annexe A. Matériel complémentaire

Les matériels complémentaires (vidéos 1–4) accompagnant la version en ligne de cet article est

disponible sur <http://www.sciencedirect.com> et <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2017.12.005>.

## Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

## Références

- [1] Melles GR, et al. A surgical technique for posterior lamellar keratoplasty. *Cornea* 1998;17:618–26.
- [2] Melles GR, Lander F, Nieuwendaal C. Sutureless, posterior lamellar keratoplasty: a case report of a modified technique. *Cornea* 2002;21:325–7.
- [3] Melles GR, Lander F, Rietveld FJ. Transplantation of Descemet's membrane carrying viable endothelium through a small scleral incision. *Cornea* 2002;21:415–8.
- [4] Melles GR, Kamminga N. Techniques for posterior lamellar keratoplasty through a scleral incision. *Ophthalmologie* 2003;100:689–95.
- [5] Melles GR. Posterior lamellar keratoplasty: DLEK to DSEK to DMEK. *Cornea* 2006;25:879–81.
- [6] Melles GR, et al. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK). *Cornea* 2006;25:987–90.
- [7] Oie Y, Watanabe S, Nishida K. Evaluation of visual quality in patients with fuchs endothelial corneal dystrophy. *Cornea* 2016;35:555–8.
- [8] Keane MC, Galettis RA, Mills RA, Coster DJ, Williams KA. A comparison of endothelial and penetrating keratoplasty outcomes following failed penetrating keratoplasty: a registry study. *Br J Ophthalmol* 2016;100:1569–75, <http://dx.doi.org/10.1136/bjophthalmol-2015-307792> [Contributors to the Australian Corneal Graft Registry. *Epub* 2016 Feb 18.].
- [9] Heinzelmann S, et al. Outcomes of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty, Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty and penetrating keratoplasty from a single centre study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2016;254:515–22.
- [10] Drouzas K, et al. Visual outcomes after Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty versus Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty-comparison of specific matched pairs. *Cornea* 2016;35:765–71.
- [11] Rock T, et al. Causes that influence the detachment rate after Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2015;253:2217–22.
- [12] Heinzelmann S, et al. Influence of donor characteristics on descemet membrane endothelial keratoplasty. *Cornea* 2014;33:644–8.
- [13] Maier AK, et al. Influence of the difficulty of graft unfolding and attachment on the outcome in Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2015;253:895–900.
- [14] Schaub F, et al. Impact of donor age on Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty outcome: evaluation of donors aged 17–55 years. *Am J Ophthalmol* 2016;170:119–27.
- [15] Rodriguez-Calvo-de-Mora M, et al. Clinical outcome of 500 consecutive cases undergoing Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty. *Ophthalmology* 2015;122:464–70.
- [16] Schlogl A, et al. Long-term clinical outcome after Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *AM J Ophthalmol* 2016;169:218–26.
- [17] Monnereau C, et al. Multicenter study of descemet membrane endothelial keratoplasty: first case series of 18 surgeons. *JAMA Ophthalmol* 2014;132:1192–8.
- [18] Greiner MA, et al. Diabetes mellitus increases risk of unsuccessful graft preparation in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty: a multicenter study. *Cornea* 2014;33:1129–33.
- [19] Vianna LM, et al. Risk factors for eye bank preparation failure of Descemet membrane endothelial keratoplasty tissue. *Am J Ophthalmol* 2015;159:829–34 [e2].
- [20] Schwarz C, et al. Descemet membrane adhesion strength is greater in diabetics with advanced disease compared to healthy donor corneas. *Exp Eye Res* 2016;153:152–8.
- [21] Price MO, et al. Descemet's membrane endothelial keratoplasty: prospective multicenter study of visual and refractive outcomes and endothelial survival. *Ophthalmology* 2009;116:2361–8.
- [22] Dapena I, et al. Learning Curve in Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty: first series of 135 consecutive cases. *Ophthalmology* 2011;118:2147–54.
- [23] Yoeuek E, Bartz-Schmidt KU, Hofmann J. Impact of the radius of the injector system on the cell viability in descemet membrane endothelial keratoplasty: an ex vivo experimental study. *Acta Ophthalmol* 2016;94:e1–5.
- [24] Arnalich-Montiel F, Munoz-Negrete FJ, De Miguel MP. Double port injector device to reduce endothelial damage in DMEK. *Eye (Lond)* 2014;28:748–51.
- [25] Muller TM, et al. Histopathologic features of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty graft remnants folds and detachments. *Ophthalmology* 2016;123:2489–97.
- [26] Liarakos VS, et al. Intraocular graft unfolding techniques in descemet membrane endothelial keratoplasty. *JAMA Ophthalmol* 2013;131:29–35.
- [27] Saad A, et al. Intraoperative OCT-Assisted DMEK: 14 consecutive cases. *Cornea* 2015;34:802–7.
- [28] Cost B, et al. Intraoperative optical coherence tomography-assisted descemet membrane endothelial keratoplasty in the DISCOVER study. *Am J Ophthalmol* 2015;160:430–7.
- [29] Veldman PB, et al. The S-stamp in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty safely eliminates upside-down graft implantation. *Ophthalmology* 2016;123:161–4.
- [30] Menzel-Severing J, et al. Instrument to enhance visualization of Descemet Membrane during graft preparation for DMEK surgery. *Cornea* 2016;35:904–7.
- [31] Schaub F, et al. Influence of 20 % sulfur hexafluoride (SF6) on human corneal endothelial cells: an in vitro study. *Ophthalmology* 2016;113:52–7.
- [32] Guell JL, et al. Comparison of sulfur hexafluoride 20 % versus air tamponade in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Ophthalmology* 2015;122:1757–64.
- [33] Schaub F, Enders P, Snijders K, Schrittenlocher S, Siebelmann S, Heindl LM, et al. One-year outcome after Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK) comparing sulfur hexafluoride (SF6) 20 % versus 100 % air for anterior chamber tamponade. *Br J Ophthalmol* 2017;101:902–8, <http://dx.doi.org/10.1136/bjophthalmol-2016-309653> [Epub 2016 Nov 11].
- [34] Cirkovic A, et al. Anterior chamber air bubble to achieve graft attachment after DMEK: is bigger always better? *Cornea* 2016;35:482–5.
- [35] Rock D, et al. Air Bubble-Induced High Intraocular Pressure After Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea* 2016;35:1035–9.
- [36] Gonzalez A, et al. Prevention and Management of Pupil Block After Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea* 2016;35:1391–5.
- [37] Saethre M, Drolsum L. The role of postoperative positioning after DSAEK in preventing graft dislocation. *Acta Ophthalmol* 2014;92:77–81.
- [38] Gorovoy IR, Gorovoy MS. Descemet membrane endothelial keratoplasty postoperative year 1 endothelial cell counts. *Am J Ophthalmol* 2015;159:597–600 [e2].

- [39] Hamzaoglu EC, et al. The First 100 Eyes of standardized Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty versus Standardized Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Ophthalmology* 2015;122:2193–9.
- [40] Cirkovic A, et al. Clinical and ultrastructural characteristics of graft failure in DMEK: 1-year results after repeat DMEK. *Cornea* 2015;34:11–7.
- [41] Price Jr FW, et al. Survey of steroid usage patterns during and after low-risk penetrating keratoplasty. *Cornea* 2009;28:865–70.
- [42] Tourtas T, et al. Descemet membrane endothelial keratoplasty versus descemet stripping automated endothelial keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 2012;153:1082–90 [e2].
- [43] Price MO, et al. Loteprednol etabonate 0.5 % gel vs. prednisolone acetate 1 % solution after Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty: prospective randomized trial. *Cornea* 2015;34:853–8.
- [44] Price MO, et al. Randomized comparison of topical prednisolone acetate 1 % versus fluorometholone 0.1 % in the first year after Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea* 2014;33:880–6.
- [45] Price MO, et al. Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty: risk of immunologic rejection episodes after discontinuing topical corticosteroids. *Ophthalmology* 2016;123:1232–6.
- [46] Li JY, et al. Graft rejection after Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty: graft survival and endothelial cell loss. *Ophthalmology* 2012;119:90–4.
- [47] Studeny P, et al. Hybrid Technique of Lamellar Keratoplasty (DMEK-S). *J Ophthalmol* 2013;2013:254383.
- [48] Monnereau C, et al. Endothelial cell changes as an indicator for upcoming allograft rejection following descemet membrane endothelial keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 2014;158:485–95.
- [49] Moutsouris K, et al. Optical coherence tomography, Scheimpflug imaging, and slit-lamp biomicroscopy in the early detection of graft detachment after Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea* 2011;30:1369–75.
- [50] Yeh RY, et al. Predictive value of optical coherence tomography in graft attachment after Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty. *Ophthalmology* 2013;120:240–5.
- [51] Chaurasia S, et al. Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty: clinical results of single versus triple procedures (combined with cataract surgery). *Ophthalmology* 2014;121:454–8.
- [52] Heindl LM, et al. Split cornea transplantation: relationship between storage time of split donor tissue and outcome. *Ophthalmology* 2013;120:899–907.
- [53] Guerra FP, et al. Descemet's membrane endothelial keratoplasty: prospective study of 1-year visual outcomes, graft survival, and endothelial cell loss. *Ophthalmology* 2011;118:2368–73.
- [54] Ciechanowski PP, et al. Standardized Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK): technique and latest results. *Ophthalmologie* 2014;111:1041–9.
- [55] van Dijk K, Rodriguez-Calvo-de-Mora M, van Esch H, Frank L, Dapena I, Baydoun L, et al. Two-year refractive outcomes after Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea* 2016;35:1548–55, <http://dx.doi.org/10.1097/ICO.0000000000001022>.
- [56] Ham L, 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;37:1455–64.
- [57] Schoenberg ED, et al. Refractive outcomes of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty triple procedures (combined with cataract surgery). *J Cataract Refract Surg* 2015;41:1182–9.
- [58] Alnawaiseh M, et al. Changes in corneal refractive power for patients With Fuchs endothelial dystrophy after DMEK. *Cornea* 2016;35:1073–7.
- [59] Dirisamer M, et al. Prevention and management of graft detachment in descemet membrane endothelial keratoplasty. *Arch Ophthalmol* 2012;130:280–91.
- [60] Ang M, et al. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Br J Ophthalmol* 2016;100:15–21.
- [61] Baydoun L, et al. Endothelial survival after Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty: effect of surgical indication and graft adherence status. *JAMA Ophthalmol* 2015;133:1277–85.
- [62] Feng MT, et al. Air reinjection and endothelial cell density in Descemet membrane endothelial keratoplasty: five-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2014;40:1116–21.
- [63] Schmeckenbacher N, Frings A, Kruse FE, Tourtas T. Role of initial intraocular pressure in graft adhesion after Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea* 2017;36:7–10.
- [64] Stanzel TP, et al. Immediate postoperative intraocular pressure changes after anterior chamber air fill in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea* 2016;35:14–9.
- [65] Yoeuruek E, Bartz-Schmidt KU. Secondary descemet membrane endothelial keratoplasty after failed primary descemet membrane endothelial keratoplasty: clinical results. *Cornea* 2013;32:1414–7.
- [66] Baydoun L, et al. Repeat Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty after complicated primary Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Ophthalmology* 2015;122:8–16.
- [67] Dapena I, et al. Back-up procedure for graft failure in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK). *Br J Ophthalmol* 2010;94:241–4.
- [68] Arnalich-Montiel F, et al. Comparison of corneal haze and visual outcome in primary DSAEK versus DSAEK following failed DMEK. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2013;251:2575–84.
- [69] Marty AS, et al. Validation of an endothelial roll preparation for Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty by a cornea bank using "no touch" dissection technique. *Cell Tissue Bank* 2016;17:225–32.
- [70] Debellemaniere G, Guilbert E, Courtin R, Panthier C, Sabatier P, Gatinel D, et al. Impact of surgical learning curve in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty on visual acuity gain. *Cornea* 2017;36:1–6.