

Utilidad de la tomografía de coherencia óptica en la evaluación postoperatoria inmediata de la queratoplastia endotelial de la membrana de Descemet

Utility of optical coherence tomography in early postoperative evaluation of Descemet membrane endothelial keratoplasty

V. Viñals, T. Salvador, I. Sassot, M. Barbany, E. Pedemonte

Servicio de Oftalmología, Hospital Universitari Mútua Terrassa, Terrassa, Barcelona.

Correspondencia:

Victoria Viñals

E-mail: vvinals@mutuaterrassa.cat

Resumen

Objetivo: Determinar la correlación entre la exploración biomicroscópica y las imágenes de tomografía de coherencia óptica de segmento anterior (OCT-SA) en la evaluación postoperatoria temprana de la queratoplastia endotelial de la membrana de Descemet (*Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty*, DMEK).

Material y métodos: Estudio descriptivo retrospectivo de las 20 primeras cirugías de DMEK (en 17 pacientes) realizadas por un mismo cirujano y en el mismo centro. Se comparan sistemáticamente fotografías de polo anterior con imágenes de OCT-SA en un mismo momento del seguimiento postoperatorio temprano. Los hallazgos se clasifican biomicroscópicamente en cuatro categorías según la transparencia corneal: edema difuso, edema localizado, edema periférico anular o transparente. Según la OCT-SA se dividen en función del tipo de desprendimiento (D) que se detecta: total (DT), >1/3, <1/3, periférico extremo (DPE) y ausente (adherencia completa).

Resultados: El primer día postquirúrgico (8 casos), el 63% de los ojos presentaron edema corneal. Cuatro presentaron injertos adheridos, la mitad de ellos asociados a edema corneal difuso. De las tres córneas que estaban transparentes, en dos se observó injerto adherido y una presentaba D < 1/3. A partir del segundo día postquirúrgico, se realizaron un total de 30 exploraciones sistemáticas de OCT-SA. De las que presentaron una córnea transparente (6 casos, 20%), 3 presentaron un injerto adherido, 1 un D <1/3 y 2 presentaron DPE. De las que presentaron un edema difuso (9 casos, 30%), 2 presentaron DT. En el 33% (10 casos) se encontró edema localizado que se asoció mayoritariamente a D < 1/3 (7 casos). El edema periférico anular se presentó en el 17% (5 casos), que se asoció mayoritariamente a D < 1/3 y DPE. Pliegues, descentramientos y superposiciones periféricas del injerto fueron otros hallazgos en la OCT-SA.

Conclusiones: El edema corneal no es un buen indicador de la adherencia del injerto en el primer día postquirúrgico, y tampoco es predictor de su futura adherencia. La OCT-SA en el seguimiento postoperatorio de la DMEK permite confirmar o desmentir las sospechas de déficit de adherencia que aporta la exploración biomicroscópica y permite determinar la causa del edema corneal postquirúrgico.

Resum

Objectiu: Determinar la correlació entre l'exploració biomicroscòpica i les imatges de tomografia de coherència òptica de segment anterior (OCT-SA) en l'avaluació postoperatoria precoç de la queratoplastia endotelial de la membrana de Descemet (*Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty*, DMEK).

Material i mètodes: Estudi descriptiu retrospectiu de les 20 primeres cirurgies de DMEK (en 17 pacients) realitzades per un mateix cirurgià i en el mateix centre. Es comparen sistemàticament fotografies de pol anterior amb imatges de OCT-SA en un mateix moment del seguiment postoperatori precoç. Les troballes es classifiquen biomicroscòpicament en quatre categories segons la transparència corneal: edema difús, edema localitzat, edema perifèric anular o transparent. Segons la OCT-SA es divideixen en funció del tipus de desprendiment (D) que es troba: total (DT), > 1/3, < 1/3, perifèric extrem (DPE) i absent (adherència completa).

Resultats: El primer dia post quirúrgic (8 casos), el 63% dels ulls presentaven edema corneal. Quatre presentaven empelts adherits, la meitat dels quals associats a edema corneal difús. De les tres còrnies que estaven transparents, en dos es va observar empelt adherit i una presentava un D < 1/3. A partir

Artículo premiado a la mejor Comunicación Póster en el 47 Congrés de la Societat Catalana d'Oftalmologia.

del segon dia post quirúrgic, es van realitzar un total de 30 exploracions sistemàtiques de OCT-SA. De les que van presentar una còrnia transparent (6 casos, 20%), 3 van presentar empelt adherit, 1 un D < 1/3 i 2 presentaven DPE. De les que presentaven edema difús (9 casos, 30%), 2 presentaven DT. En el 33% (10 casos) es va trobar edema localitzat que es va associar majoritàriament a D < 1/3 (7 casos). L'edema perifèric anular es va presentar en el 17% (5 casos), que es va associar majoritàriament a D < 1/3 i DPE. Plecs, descentraments i superposicions perifèriques de l'empelt van ser altres troballes en la OCT-SA.

Conclusions: L'edema corneal no és un bon indicador de l'adherència de l'empelt en el primer dia post quirúrgic, i tampoc és predictor de la seva futura adherència. La OCT-SA en el seguiment postoperatori de la DMEK permet confirmar o desmentir les sospites de déficit d'adherència que aporta l'exploració biomicroscòpica i permet determinar la causa de l'edema corneal post quirúrgic.

Abstract

Purpose: To correlate biomicroscopic exploration with anterior segment Optical Coherence Tomography (AS-OCT) findings in the early postoperative follow-up of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK).

Methods: Retrospective study of the first 20 DMEK surgeries (17 patients) performed by the same surgeon at one hospital. Anterior segment photographs are compared systematically with AS-OCT images at the same moment of the early postoperative follow-up. In function of biomicroscopy, four categories of corneal transparency are defined: diffuse edema, localized edema, peripheral ring edema and transparency. In function of AS-OCT, five categories of detachment (D) are defined: total (TD), > 1/3, < 1/3, extreme peripheral (EPD) and absent (completely attached).

Results: At the first postoperative day (8 cases), 63% had corneal edema. Four were attached, and half of them had diffuse corneal edema. With the transparent ones, two had attached grafts and one had <1/3 D. After the first postoperative day, 30 systematic AS-OCT explorations were done. Six eyes (20%) had transparent corneas, 3 of them had attached grafts, one < 1/3 D and two had EPD. Nine eyes (30%) had diffuse edema, two of them had TD. Ten eyes (33%) had localized edema that was associated to < 1/3 D mainly (7 cases). The peripheral ring edema was present on 5 cases (17%), it was associated to < 1/3 D and EPD mainly. Folds, decentered grafts and overlapping were also found.

Conclusions: Corneal edema is not a good indicator of graft attachment at the first postoperative day, neither a predictor of its future attachment. AS-OCT is a useful tool to confirm or refute the detachments suspected by biomicroscopy. It allows determining the main cause of postsurgical corneal edema.

Introducción

La descripción de la técnica de la queratoplastia endotelial de la membrana de Descemet (*Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty*, DMEK) en el año 2006 por GRJ. Melles¹ ha revolucionado el tratamiento quirúrgico del edema corneal irreversible secundario a patología endotelial. Algunos de los mayores retos de esta técnica son la curva de aprendizaje, la correcta adhesión del injerto y la decisión de cuándo reinyectar aire en el postoperatorio temprano. La tomografía de coherencia óptica (*Optical Coherence Tomography*, OCT) ha demostrado ser una herramienta de gran utilidad en el seguimiento postoperatorio y en la toma de decisiones²⁻⁴.

Material y métodos

El estudio siguió los principios de la Declaración de Helsinki, fue aprobado por el comité ético del Hospital Universitari Mútua Terrassa (Terrassa, Barcelona, España) y se registró en clinicaltrials.gov (NCT02470793).

Es un estudio retrospectivo de las 20 primeras cirugías consecutivas de DMEK realizadas en 17 pacientes, por un mismo cirujano

(TS) y en el mismo centro hospitalario durante el periodo de septiembre de 2014 a abril de 2015.

Los injertos para DMEK se prepararon mediante la técnica descrita por M. Muraine⁵. Ésta aporta tres novedades respecto a la técnica descrita originalmente por GRJ. Melles: a) la hidrodisección con trepanación parcial y curvatura corneal invertida del tejido donante gracias a una cámara anterior artificial; b) el injerto se pliega con el endotelio en su cara interna, posibilitando una mayor protección de las células endoteliales; c) la tendencia natural del injerto a desplegarse en la cámara anterior del receptor, gracias al plegado con el endotelio en la cara interna del rollo.

La preparación del injerto se realizó en quirófano e inmediatamente antes de su implantación en todos los casos. Se utilizaron botones córneo-esclerales donantes frescos (50%) y cultivados (50%). Las indicaciones de la cirugía fueron la distrofia endotelial de Fuchs (90%) y la queratopatía bullosa (10%). Todas las cirugías fueron DMEK no asociadas a cirugía de catarata. Como gas tamponador se utilizó aire en el 90% de los casos, y gas SF₆ al 20% en el resto.

Se realizaron fotografías de polo anterior (Cámara Canon EOS 300D Digital, Canon, Tokio, Japón) y se tomaron imágenes de OCT de

segmento anterior (OCT-SA) (Zeiss Cirrus™ HD-OCT, Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Alemania) en un mismo momento del seguimiento postoperatorio. Se realizaron sistemáticamente 9 tomas de imagen de OCT en todos los pacientes, que correspondieron a un cubo central y cortes radiales separados 45°. Los resultados se clasificaron según la exploración biomicroscópica y las imágenes de OCT-SA. Biomicroscópicamente se distinguen en 4 categorías según la transparencia corneal: edema difuso, edema localizado, edema periférico anular (ya sean edemas estromals o epiteliales microquísticos) y transparente. Según la OCT-SA se dividen en función del tipo de desprendimiento (D) que se detectó: total (DT), $>1/3$, $<1/3$, periférico extremo (DPE) y ausente (adherencia completa). Las exploraciones mediante OCT-SA se realizaron en los días 1, 5 y/u 8 del postoperatorio, así como en días adicionales según las necesidades individuales. Se realizó seguimiento únicamente biomicroscópico en algunas visitas intermedias (no registradas en este estudio).

También se recogieron la agudeza visual (optotipos de Snellen, escala decimal) prequirúrgica y durante el seguimiento postoperatorio; y el conteo endotelial (*Specular Microscope SP-2000P*, Topcon, Tokio, Japón) al mes de la intervención. La reinyección de aire en cámara anterior en los casos que lo requirieron se realizó en la consulta bajo anestesia tópica y mediante una técnica aséptica (excepto en el caso 2, en el cual se intentó la recolocación del injerto en quirófano). Se inyectó aire con una cánula de 27G a través de la apertura de una de las incisiones corneales.

Los resultados se agruparon en exploraciones realizadas en el primer día postquirúrgico o a partir del segundo día.

Resultados

Los resultados se muestran en la Tabla 1. Las categorías en las que se clasifican la exploración biomicroscópica y la OCT-SA se ejemplifican en las Figuras 1-7.

El primer día postquirúrgico se realizó exploración mediante OCT-SA en 8 casos, de los cuales 3 (37%) presentaban córnea transparente y 5 (63%) córnea no transparente (4 casos de edema difuso y 1 caso de edema localizado). De los 8 casos, 4 estaban adheridos por completo el primer día, de los cuales 2 presentaban córnea transparente y 2 edema difuso. De los 3 que estaban transparentes, en 2 se observaba injerto adherido y en 1 injerto con $D < 1/3$. De los cinco que presentaban edema difuso

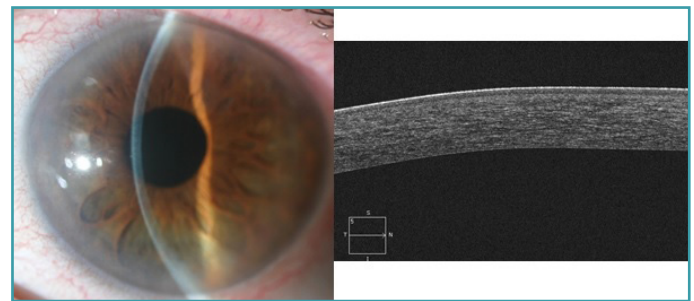


Figura 1. Transparencia corneal con adhesión completa del injerto en la OCT-SA. Apariencia indistinguible a la de una córnea inalterada (caso 14 en el 8º día de seguimiento).

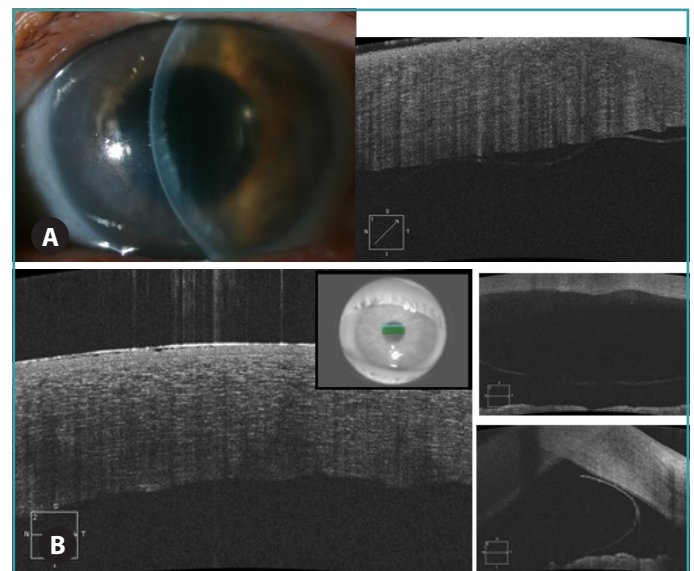


Figura 2. Edema corneal difuso (A), por desprendimiento $> 1/3$ (caso 20 en el 20º día de seguimiento) y (B), por desprendimiento total (caso 2 en el 8º día). Obsérvese el contacto del injerto con el iris.

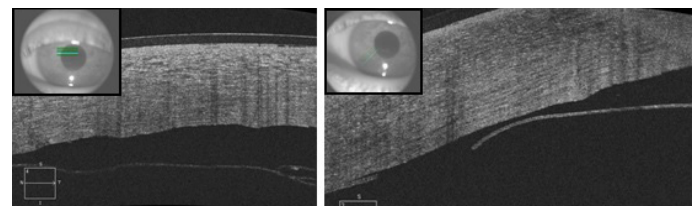


Figura 3. Edema corneal difuso por orientación incorrecta del injerto (caso 1 en el 9º día de seguimiento). Obsérvese la tendencia del injerto de Descemet a enrollarse hacia la cara iridiana en este caso.

o localizado, 2 (40%) estaban adheridos y 3 (60%) presentaban $D < 1/3$. El edema periférico anular no se presentó en ningún caso en la exploración del primer día.

Caso	Día de seguimiento	Transparencia corneal según biomicroscopía	Tamaño del desprendimiento según OCT	Día reinyección de aire
1	9	Edema difuso	Total	-
2	8	Edema difuso	Total	9
3	8	Edema difuso	>1/3	12
4	1 5	Edema difuso Edema difuso	Adherencia completa >1/3	5
5	1 5 10	Transparente. Descentrado Edema localizado. Descentrado Transparente. Descentrado	Adherencia completa <1/3. Pliegue periférico Adherencia. Pliegue periférico	-
6	1	Edema localizado	<1/3 central. Pliegue	5
7	1 5 22	Transparente Edema localizado Edema localizado	<1/3. Pliegue periférico <1/3. Superposición periférica <1/3. Superposición periférica	19
8	1 5 8	Transparente Edema difuso Edema localizado	Adherencia completa <1/3 <1/3	-
9	1 8	Edema difuso Transparente	Adherencia completa Adherencia completa. Pliegues	-
10	8	Edema localizado	Adherencia completa. Descentrado. Pliegues	-
11	8 12	Edema localizado Edema periférico anular	<1/3 <1/3	-
12	8 14	Edema difuso Transparente	<1/3 Periférico extremo	5 12
13	5 22 33	Edema difuso Edema localizado Edema localizado	<1/3. Pliegue >1/3. Enrollamiento <1/3. Pliegue	22
14	5 8	Edema localizado Transparente	Periférico extremo Periférico extremo	-
15	8	Edema periférico anular	Periférico extremo	-
16	8	Edema periférico anular	Periférico extremo	-
17	1 8	Edema difuso. Bullas epiteliales Edema periférico anular	<1/3. Pliegues <1/3. Pliegues	8
18	8	Transparente	<1/3. Enrollamiento	-
19	8 22	Edema localizado Transparente	<1/3. Descentramiento. Pliegue Adherido. Descentramiento. Pliegue	9
20	1 5 15 22	Edema difuso Edema difuso Edema difuso Edema periférico anular	<1/3 <1/3 >1/3 Adherencia completa. Superposiciones periféricas	15

Tabla 1. Correlación entre la transparencia corneal según la exploración biomicroscópica y la adherencia del injerto evaluada mediante OCT-SA en un mismo día de seguimiento postoperatorio. Se relaciona con la realización o no de reinyección de aire en cámara anterior.

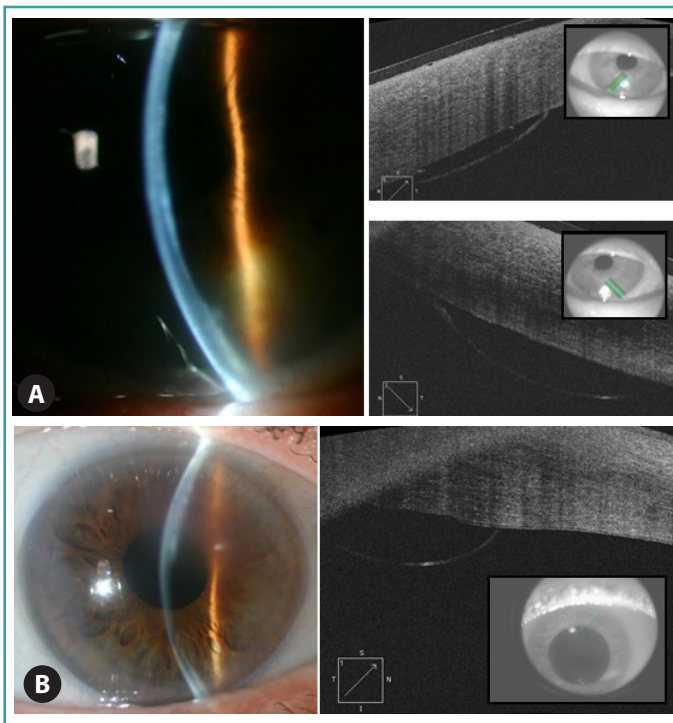


Figura 4. Edema localizado por desprendimiento periférico menor a 1/3: **(A).** inferior (caso 5 en el 5º día de seguimiento) y **(B).** superior (caso 19 en el 8º día).

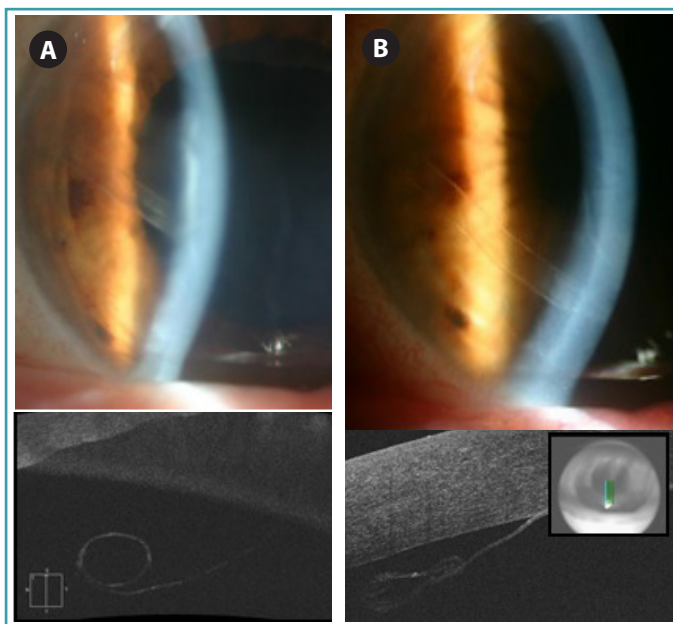


Figura 5. Enrollamiento del injerto con edema corneal localizado. **(A).** Antes de la reinyección de aire (caso 13 en el 22º día). **(B).** Después de la reinyección de aire (33º día).

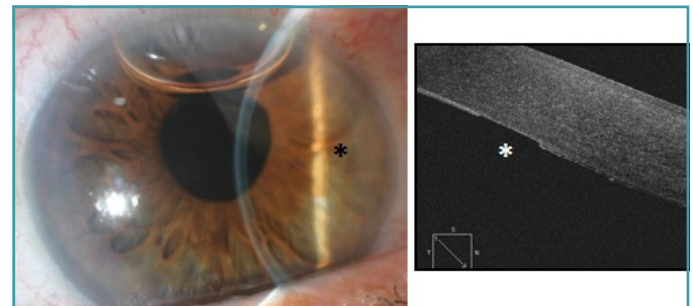


Figura 6. Descentramiento del injerto (caso 19 en el 22º día).

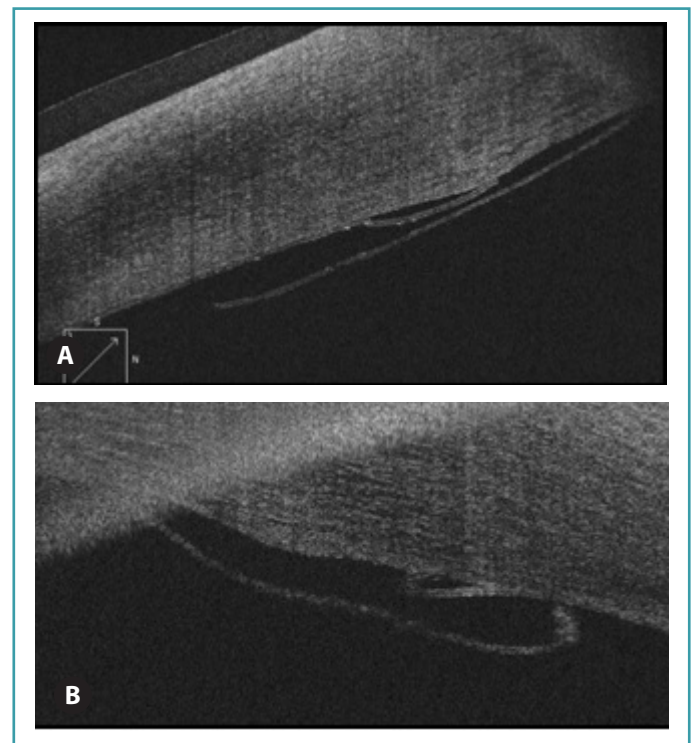


Figura 7. (A). Superposiciones periféricas del injerto sobre la membrana de Descemet de la córnea receptora (caso 20 en el 22º día de seguimiento). **(B).** Tendencia natural del injerto en su correcta orientación a enrollarse hacia la cara estromal.

A partir del quinto día de seguimiento se realizaron un total de 30 exploraciones sistemáticas de OCT-SA. Las que biomicroscópicamente presentaban una córnea transparente (6 casos, 20%), presentaban mayoritariamente un injerto adherido (3 casos), 1 presentaba un $D < 1/3$ y 2 presentaban DPE. En ningún caso se encontraron DT o $D > 1/3$. De las que presentaban un edema difuso (9 casos, 30%), 2 presentaron DT, 3 $D > 1/3$ y 4 $D < 1/3$. En el 33% (10 casos) se encontró edema localizado que se asoció

mayoritariamente a $D < 1/3$ (7 casos), aunque también se asoció a injerto adherido, $D > 1/3$ y DPE en un caso cada uno. El edema periférico anular se presentó en el 17% (5 casos), que se asoció mayoritariamente a $D < 1/3$ y DPE (2 casos cada uno), y sólo 1 a adherencia completa (presentando superposiciones periféricas este caso).

Durante el estudio se encontraron algunos hallazgos no catalogados previamente: pliegues (Figura 5), descentramientos del injerto (Figura 6), superposiciones periféricas y la tendencia natural del injerto a enrollarse en su periferia (Figura 7). Los pliegues en el injerto se observaron en 8 ojos, que representan el 44% de los 18 ojos intervenidos con éxito. Las superposiciones periféricas y los descentramientos fueron detectados en 2 casos (11%) cada uno.

De los 8 casos evaluados el primer día postquirúrgico (todos se presentaban adheridos o con $D < 1/3$ el primer día), 3 evolucionaron a un grado de desprendimiento mayor, de los cuales 2 requirieron reinyección de aire. De todos los que requirieron reinyección de aire, sólo 1 se presentaba transparente en la exploración biomicroscópica del primer día.

Adicionalmente, se puede resumir que la cirugía fracasó en 2 casos (10%), correspondientes a las dos primeras cirugías, debido a orientación incorrecta del injerto en el caso 1 (Figura 2B) y al déficit de adherencia completo en el caso 2 (Figura 3). Ambas complicaciones se detectaron mediante OCT-SA de forma temprana a pesar del edema corneal difuso que impedía la correcta evaluación del injerto. En ambos casos se practicó una queratoplastia endotelial automatizada con pelado de la membrana de Descemet (*Descemet's Stripping Automated Endothelial Keratoplasty*, DSAEK) en un segundo tiempo. Se realizó reinyección de aire en cámara anterior en el 50% (10) de los casos, a los 9 días postcirugía de mediana. En el 78% (14) de los casos en los cuáles la cirugía no fracasó, la agudeza visual al cabo de 1 mes mejoró, en el 5% (1) quedó igual y en el 17% (3) había empeorado. El conteo endotelial al cabo de 1 mes de la cirugía fue de 1553 (1255,5-1953) células.

Discusión

La transparencia corneal depende del correcto funcionamiento del endotelio corneal (ya sea propio o trasplantado). En la DMEK se trasplanta la membrana de Descemet con su endotelio^{1,5}. El

funcionamiento del injerto de DMEK depende de su funcionalidad y su adherencia a la córnea receptora⁶. La funcionalidad del injerto puede mejorar en los días posteriores a la cirugía.

La correlación entre la transparencia corneal evaluada mediante biomicroscopía y la adherencia del injerto evaluada mediante OCT-SA es diferente según si se trata del primer día postquirúrgico o de los días posteriores. El valor predictivo de la OCT aislada en la adherencia del injerto a los 6 meses también es diferente según el momento de la exploración⁷.

En el primer día postquirúrgico, la córnea puede estar transparente, aunque lo más frecuente es que no lo esté. En la mitad de los casos los injertos se encontraron totalmente adheridos. En el primer día, aunque el injerto esté adherido, la córnea puede mostrar edema difuso (en el 50% de los casos en esta serie) y puede evolucionar a un cierto grado de desprendimiento en los días siguientes (después de la desaparición del gas tamponador en cámara anterior). Por tanto, el edema corneal no es un buen indicador de la adherencia del injerto en este momento del seguimiento, y tampoco parece predictor de su futura adherencia.

De todas las exploraciones que se realizaron más allá del primer día, lo más frecuente fue encontrar un edema corneal localizado, que se asoció mayoritariamente a desprendimientos $< 1/3$. El edema difuso es el siguiente en frecuencia y se asocia a todo tipo de desprendimientos, pequeños y grandes. A destacar los dos casos de desprendimiento total, coincidiendo con las dos primeras cirugías (inicio de la curva de aprendizaje). Esta distribución es debida parcialmente a que los casos con mayores problemas de adherencia recibieron mayor número de exploraciones.

La transparencia corneal se asocia a injertos adheridos, aunque también puede asociarse con frecuencia a desprendimientos periféricos extremos. El edema periférico anular a su vez es también frecuente y se asocia a desprendimientos pequeños y sobretodo periféricos extremos.

Los pliegues del injerto, las superposiciones periféricas y los descentramientos son hallazgos frecuentes. La relevancia de los pliegues depende de su extensión, situación y asociación o no a desprendimiento; los periféricos pueden representar un desprendimiento persistente que se ha visto inalterado durante los 12 primeros meses postoperatorios⁸. Las superposiciones periféricas del injerto sobre la Descemet de la córnea receptora son frecuentes y tienen poca expresión clínica. Los despren-

dimientos periféricos (laminares) pequeños pueden adherirse espontáneamente incluso meses después de la cirugía⁸. Ambos pueden expresarse como un edema periférico anular. Los descen-tramientos pueden expresarse como un edema localizado que se autolimita con el tiempo.

La OCT-SA también tiene utilidad de forma intraoperatoria. Ha demostrado ser útil en la visualización del desplegado y la orientación del injerto durante la cirugía, incluso en córneas con transparencia reducida. Esta herramienta da soporte al cirujano en todos los pasos de la DMEK y mejora la seguridad del procedimiento⁹⁻¹¹.

Las principales limitaciones de este estudio son que el análisis de los datos se basa en parámetros cualitativos; el número de casos es reducido (sobre todo en el subgrupo de exploraciones del primer día); se ha realizado durante la curva de aprendizaje de la técnica, durante la cual se puede ver reducido el número de injertos funcionales⁶; y el hecho que la transparencia corneal post DMEK no depende únicamente de la adherencia del injerto, sino también del tiempo transcurrido desde la cirugía (en el subgrupo de exploraciones realizadas más allá del primer día, se agrupan momentos diferentes del postoperatorio).

En conclusión, la OCT-SA en el seguimiento postoperatorio de la DMEK permite confirmar o desmentir las sospechas de déficit de adherencia que aporta la exploración biomicroscópica y permite determinar la causa del edema corneal postquirúrgico². Por tanto, ayuda a decidir sobre la necesidad de una reinyección de aire en cámara anterior.

Agradecimientos

Agradecemos a la Societat Catalana d'Oftalmologia por haber otorgado a este estudio el Premio a la mejor Comunicación Póster en su 47º Congreso.

Así mismo, agradecemos al equipo de optometría del Hospital Universitari Mútua Terrassa por su colaboración en la recogida de datos.

Bibliografía

1. Melles GRJ, Ong TS, Ververs B, Van Der Wees J. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK). *Cornea*. 2006;25(8):987-90.
2. Moutsouris K, Dapena I, Ham L, Balachandran C, Oellerich S, Melles GR. Optical coherence tomography, Scheimpflug imaging, and slit-lamp biomicroscopy in the early detection of graft detachment after Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Cornea*. 2011;30(12):1369-75.
3. Satue M, Idoipe M, Sanchez-Perez A, Liarakos VS, Mateo A, Garcia-Martin E, Polo V, Gavin A, Brito C. Evaluation of Early Graft Detachment After Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Using New Swept-Source Optical Coherence Tomography. *Cornea*. 2016;35:1279-84.
4. Siebelmann S, Gehlsen U, Le Blanc C, Stanzel TP, Cursiefen C, Steven P. Detection of graft detachments immediately following Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK) comparing time domain and spectral domain OCT. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2016;254(12):2431-7.
5. Muraine M, Gueudry J, He Z, Piselli S, Lefevre S, Toubreau D. Novel technique for the preparation of corneal grafts for descemet membrane endothelial keratoplasty. *Am J Ophthalmol*. 2013;156(5):851-9.
6. Dapena I, Ham L, Droutsas K, van Dijk K, Moutsouris K, Melles GR. Learning Curve in Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty: First Series of 135 Consecutive Cases. *Ophthalmology*. 2011;118(11):2147-54.
7. Yeh RY, Quilendrino R, Musa FU, Liarakos VS, Dapena I, Melles GR. Predictive value of optical coherence tomography in graft attachment after Descemet's membrane endothelial keratoplasty. *Ophthalmology*. 2013;120(2):240-5.
8. Bucher F, Hos D, Müller-Schwefe S, Steven P, Cursiefen C, Heindl LM. Spontaneous long-term course of persistent peripheral graft detachments after Descemet's membrane endothelial keratoplasty. *Br J Ophthalmol*. 2015;99(6):768-72.
9. Steven P, Le Blanc C, Velten K, Lankenau E, Krug M, Oelckers S, Heindl LM, Gehlsen U, Hüttmann G, Cursiefen C. Optimizing descemet membrane endothelial keratoplasty using intraoperative optical coherence tomography. *JAMA Ophthalmol*. 2013;131(9):1135-42.
10. Cost B, Goshe JM, Srivastava S, Ehlers JP. Intraoperative optical coherence tomography-assisted descemet membrane endothelial keratoplasty in the DISCOVER study. *Am J Ophthalmol*. 2015;160(3):430-7.
11. Saad A, Guilbert E, Grise-Dulac A, Sabatier P, Gatineau D. Intraoperative OCT-Assisted DMEK: 14 Consecutive Cases. *Cornea*. 2015;34(7):802-7.