

# Queratoplastia lamelar anterior profunda en el queratocono

## *Deep Anterior Lamellar Keratoplasty (DALK) in keratoconus*

A. Sabala Llopart, A. Arango Rodríguez

### Resumen

La queratoplastia lamelar anterior profunda es, en la actualidad, la cirugía de elección para aquellos casos con queratocono avanzado en los que no es posible otra opción terapéutica.

### Resum

La queratoplastia lamelar anterior profunda es en la actualitat, la cirurgia de elecció per aquells casos de queratocon avançat, en els que no es possible altres opcions terapèutiques.

### Abstract

Deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) is, nowadays, the surgical procedure of choice for those clinical cases of keratoconus where other therapeutical options are not possible.

## 6. Queratoplastia lamelar anterior profunda en el queratocono

### *Deep Anterior Lamellar Keratoplasty (DALK) in keratoconus*

**A. Sabala<sup>1</sup>, A. Arango Rodríguez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jefe de Servicio de Oftalmología. Hospital Universitari Germans Trias i Pujol. Profesor Asociado de Oftalmología. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona. <sup>2</sup>Médico Adjunto del Servicio de Oftalmología. Hospital Universitario Germans Trias i Pujol. Badalona. Barcelona

#### Correspondencia:

Antoni Sabala Llopart

E-mail: [asabala.germanstrias@gencat.cat](mailto:asabala.germanstrias@gencat.cat)

#### Indicaciones

La definición de queratocono avanzado sigue siendo un punto de controversia en oftalmología, no obstante, generalmente se acepta como criterio cuando el uso de gafas es insuficiente para proporcionar una agudeza visual aceptable, sumado a una intolerancia al uso de lentes de contacto semirrígidas.

Hasta hace poco, la única opción terapéutica para este tipo de pacientes era la queratoplastia penetrante (QP). Desde hace unos años, existe otro tipo de cirugías menos invasivas, como son los anillos intraestromales, nuevas modalidades de radiación ultravioleta *A-cross-linking* (UVA-CXL) y, más recientemente, el trasplante de membrana de Bowman. Estos procedimientos son tratados en otros capítulos de esta monografía.

De manera tradicional, la QP se ha dejado como el último recurso quirúrgico, por su índice de complicaciones y la dificultad en su manejo.

Las técnicas lamelares anteriores para preservar el endotelio dieron un paso importante, primero, con Melles<sup>1</sup> y, más tarde, con Anwar<sup>2</sup>. En la actualidad, la queratoplastia lamelar anterior profunda (*Deep Anterior Lamellar Keratoplasty*, DALK) ha sustituido

a la QP como primera opción quirúrgica en estos queratoconos muy avanzados<sup>3</sup>.

#### Ventajas de la DALK frente a la QP

- Menor incidencia de rechazo.
- Mejor resistencia a un traumatismo<sup>4</sup>.
- Menor pérdida endotelial, menor incidencia de fracaso tardío, mayor supervivencia del injerto. Normalmente, en la DALK, hay una pérdida inicial, seguida de una recuperación y vuelta a la normalidad y pérdida fisiológica a partir de los dos meses<sup>5</sup>. Bordeliere *et al.* calcularon que la supervivencia de un injerto de DALK para queratocono podía llegar a 49 años, frente a 17,9 años en una QP<sup>6</sup>.
- Menor incidencia de glaucoma secundario: menor alteración anatómica e inflamación del ángulo camerular, menor riesgo de sinequias anteriores, menor uso de corticoides<sup>7</sup>. Zhang *et al.* describieron una incidencia de hipertensión ocular del 1,3% en pacientes operados de DALK, frente a un 42% en QP<sup>8</sup>.
- Poca manipulación intraocular: menor riesgo de hemorragia expulsiva y endoftalmitis.

- Menor incidencia de catarata postoperatoria (un 1% frente al 19,2% en QP tras diez años)<sup>8</sup>.

### Desventajas de la DALK frente a la QP

- Es una técnica quirúrgica más compleja, curva de aprendizaje más lenta.
- Hay una ligera tendencia a la miopía residual.
- Complicaciones específicas de DALK: doble cámara anterior, pliegues en interfase.

### Similitudes con la QP

- Diferencias no significativas en la agudeza visual con corrección (AVCC) o astigmatismo refractivo<sup>9</sup>.
- Existen los mismos posibles problemas en ambos procedimientos:
  - Complicaciones relacionadas con las suturas y la cicatrización.
  - Persistencia de astigmatismo irregular.
  - Posibilidad de progresión de la enfermedad.

### Consideraciones en la elección del candidato

Antes de valorar una cirugía lamelar anterior, siempre hay que asegurarse de que no existe una patología endotelial coexistente en el receptor, como una distrofia de Fuchs o una distrofia polimorfa posterior. La prevalencia de estas patologías en el queratocono seguramente está subestimada, por su dificultad diagnóstica (por la irregularidad y el adelgazamiento del estroma)<sup>10</sup>.

Los leucomas corneales posteriores en queratoconos avanzados son generalmente causados por hidrops previos. Sorprendentemente, las córneas con hidrops no parecen tener más pérdida endotelial que el resto de queratoconos<sup>11</sup>.

La queratoplastia penetrante en pacientes con hidrops tiene más riesgo de rechazo por varios motivos: el injerto tiene que cubrir el área afectada a menudo cerca del limbo, y estos pacientes tienden a tener atopia u otras enfermedades de la superficie ocular<sup>12</sup>. Por esta razón, en dichos casos, vale la pena intentar la DALK. Aquí es preferible usar una técnica de disección manual, y evitar el uso de la técnica de Anwar, por el alto riesgo de perforación durante la pneumodisección.

### Consideraciones anatómicas de la cirugía

Existen dos tipos de técnicas quirúrgicas de DALK, la predescemética y la descemética.

Las técnicas predesceméticas emplean la disección manual para disecar el estroma.

Las técnicas desceméticas pretenden conseguir un plano de clivaje entre el estroma y la membrana de Descemet (MD). Para ello se puede usar aire, viscoelástico o suero, aunque lo más popular es mediante el empleo de aire, "la gran burbuja" (*big bubble*, BB).

Esta técnica se basa en que el estroma anterior es más compacto que el posterior, y el aire busca la zona de mínima resistencia, entre el estroma y la MD<sup>13</sup>.

La disección puede ocurrir en dos planos distintos. Por lo general, ocurre entre el estroma posterior y una capa estromal compacta llamada membrana predescemética (MPD) o capa de Dua (en referencia a quien la describió, el profesor Harminder Dua<sup>14</sup>). Cuando ocurre este tipo de clivaje, la burbuja obtenida es de tipo 1 (Figura 1).

Con mucha menor frecuencia, el plano de clivaje es algo más profundo, y ocurre entre la membrana de Descemet y la MPD. La burbuja obtenida en estos casos es de tipo 2 (Figura 2).

En raras ocasiones, sucede que una burbuja de tipo 1 no se acaba de extender y ocasiona un pequeño poro en la MPD, formando

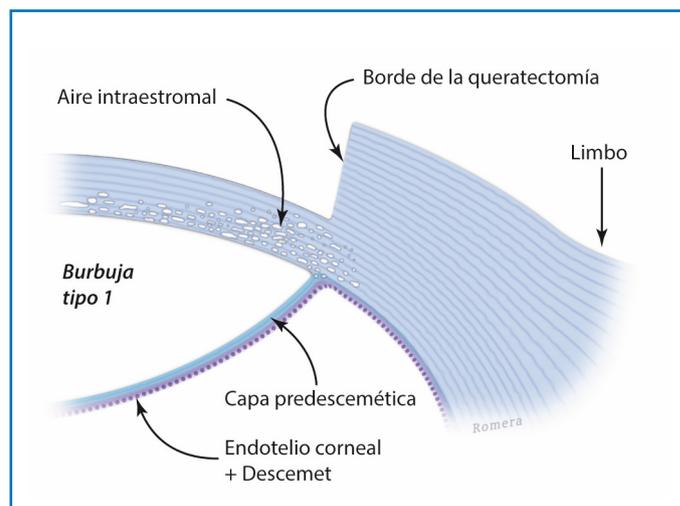


Figura 1. Esquema de una gran burbuja (BB) de tipo 1.

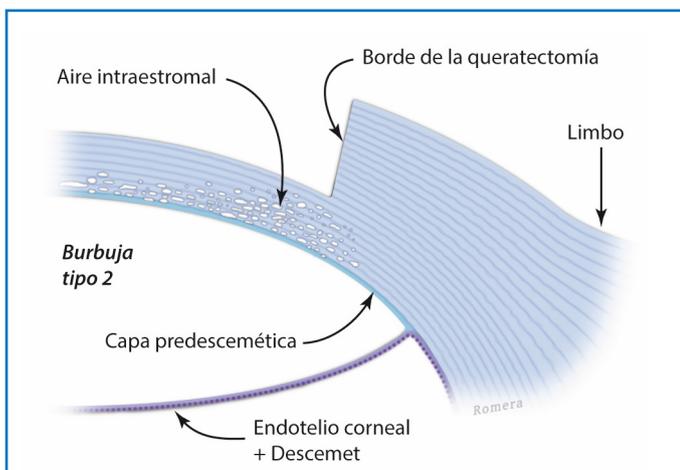


Figura 2. Esquema de una gran burbuja (BB) de tipo 2.

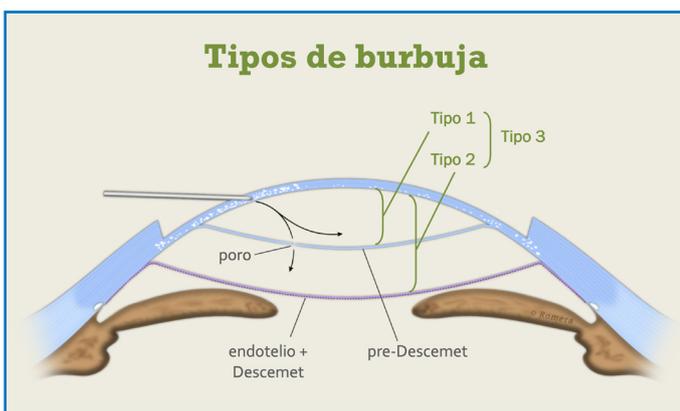


Figura 3. Esquema de una gran burbuja (BB) de tipo 3 o mixta.

una segunda burbuja más profunda, de tipo 2. Este tipo de burbujas dobles se les llama burbujas mixtas o de tipo 3 (Figura 3).

En el caso de conseguir la BB, la más frecuente es de tipo 1 (Figura 4). Esta burbuja tiene unas características específicas. Se inicia generalmente por el centro o paracentral, avanza inicialmente con dificultad, pero luego va con más rapidez, de forma centrífuga, a modo de una "onda explosiva" y finaliza a los 8-8,5 mm de diámetro, que suele coincidir con el margen de la trepanación parcial. En todo su margen, deja un halo o anillo blanco de estroma enfisematoso, de 1-2 mm, muy característico, que equivale al acúmulo de microburbujas que no progresan. Esta burbuja no sobrepasa el diámetro de 8-8,5 mm, porque es donde la MPD finaliza. Si se fuerza a expandir más la burbuja, se puede romper o producir una segunda burbuja de tipo 2.



Figura 4. Fotograma quirúrgico de una gran burbuja (BB) de tipo 1.

La BB de tipo 1 es la más frecuente, y es la ideal para conseguir finalizar la DALK con éxito. Una vez disecado el estroma posterior, bajo el microscopio, la MPD, en seco, tiene un aspecto muy ligeramente rugoso. Cuando se moja, recupera la apariencia lisa y uniforme. A diferencia de ella, la MD que queda expuesta tras una BB de tipo 2 (si se llega a completar su disección con éxito) tiene un aspecto mucho más brillante y liso, incluso en seco. Debido a la fragilidad y elasticidad de la MD, aquí la manipulación debe realizarse con máximo cuidado.

La BB de tipo 2 (Figura 5) o de margen claro (*clear margin BB*) es menos frecuente, ocurre en un 6% de los casos<sup>15</sup>. Suele ser excéntrica, a veces periférica, avanza con rapidez y, característicamente, su margen o línea de avance es transparente (no se forma un enfisema estromal porque el aire no diseca el estroma).

La BB de tipo 2 sobrepasa los 9-10 mm y llega a la córnea periférica con facilidad (sobrepasa el límite de la trepanación parcial). A menudo cuesta apreciarla, porque es muy rápida y no produce enfisema, por eso tiene el margen lineal, brillante y transparente. Puede simular una burbuja que ha pasado a cámara anterior (CA), pero a diferencia de esta, no se desplaza al mover el ojo, y si se coloca algo de aire en CA, se formarían pequeñas burbujas en forma de "rosario" a su alrededor.

Como se ha descrito anteriormente, en la BB de tipo 2, el plano de disección es entre la MPD y la MD.



**Figura 5.** Fotografía quirúrgica de una gran burbuja (BB) de tipo 2.

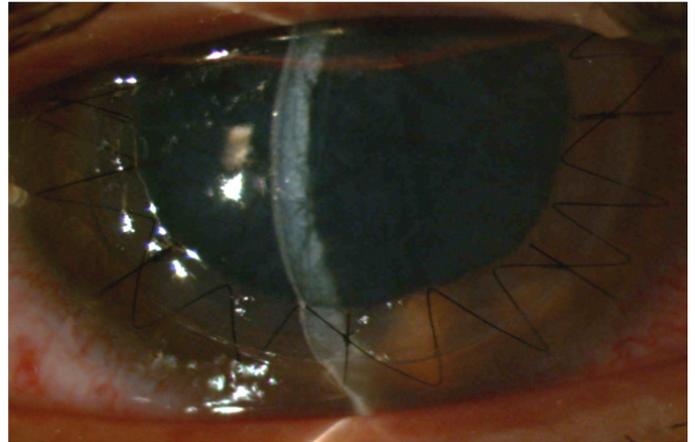
En la práctica clínica, esto se traduce en que conseguir este tipo de burbuja implica mayor riesgo de perforación, porque su pared posterior es muy fina y friable a cualquier tensión. También incrementa el riesgo de doble CA, al igual que ocurre en la cirugía de queratoplastia endotelial de la membrana de Descemet (DMEK, *Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty*) (Figuras 6 y 7).

La BB de tipo 3 ocurre cuando se obtiene un tipo 1 que, al expandirse, provoca un pequeño poro en la MPD y origina una nueva BB de tipo 2.

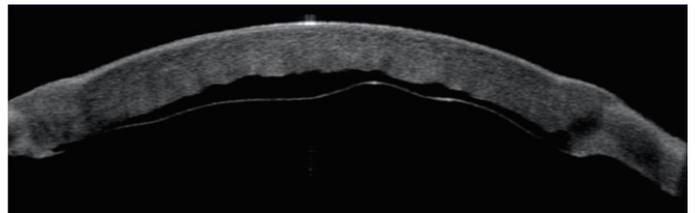
### Pasos de la técnica quirúrgica (técnica de Anwar con aire)

Al empezar la técnica quirúrgica de Anwar con aire (Vídeo 1), se debe elegir el diámetro de trepanación y el injerto que se va a usar. Bajo el microscopio, se mide el diámetro deseado con un compás, asegurándose siempre de dejar, al menos, 2 mm libres de córnea clara en el margen del receptor. Se marca el eje visual y el margen de la trepanación deseada. Alternativamente, se pueden usar marcadores para alinear las suturas.

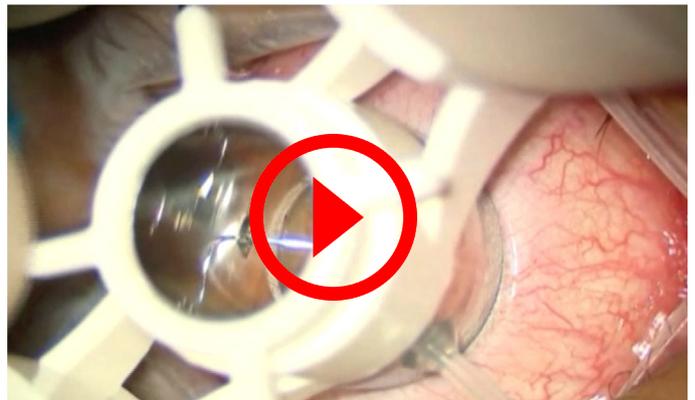
Se corta el injerto con el *punch* (mejor bajo succión, para evitar que el injerto se desplace durante el corte e induzca un margen biselado). No se debe extraer la MD hasta más adelante.



**Figura 6.** Doble cámara, un día después de la queratoplastia lamelar anterior profunda (DALK).



**Figura 7.** Tomografía de coherencia óptica (OCT) de doble cámara anterior (CA) tras una queratoplastia lamelar anterior profunda (DALK).



**Vídeo 1.** DALK: técnica básica.

Se prepara el trépano escogido para el receptor. Existen trépanos comerciales desechables precalibrados o ajustables a la profundidad deseada.

Si se usa un trépano común de Hessburg-Barron con succión, hay que basarse en la paquimetría para valorar el número de vueltas que se han de realizar.

El objetivo es ir profundo, sin perforar. Cada cuarto de vuelta del trépano corresponden aproximadamente 60-70  $\mu\text{m}$ . Habitualmente se realizan 5 o 6¼ de vuelta para conseguir una profundidad adecuada, evitando perforar.

Una vez realizada la trepanación profunda, hay dos opciones: realizar la queratectomía lamelar profunda primero o dejarla para más tarde (después de hacer la pneumodisección mediante la BB).

Realizar la queratotomía primero (modificación descrita por Donald Tan) tiene una ventaja: al hacer la BB, se visualiza mejor lo que ocurre, porque queda una fina capa de estroma que blanquea con enfisema (con córnea entera, en ocasiones, el enfisema es muy marcado y dificulta ver si se ha conseguido la burbuja).

Los detractores de esta variante prefieren hacer la BB antes de la queratectomía, porque describen mayor número de éxitos en conseguir la BB, al usar toda la córnea para forzar el aire hacia abajo (Figura 8).

La queratotomía lamelar profunda es un paso quirúrgico sencillo. Se hace uso de un bisturí tipo *crescent* y se tracciona con la mano no dominante del margen de la córnea, para exponer las fibras posteriores y así poderlas cortar con facilidad, manteniendo el plano horizontal.

Para realizar la BB hay que usar una jeringa de 5 mL con aire, conectada a una aguja de 25 G o a una cánula tipo Jones, con dos o tres agujeros inferiores (Figura 9). Antes de introducir esta cánula, es recomendable usar una espátula fina, roma, cilíndrica, como la espátula de Sarnicola (Figura 10), para abrir el surco por donde se va a introducir la cánula. El estroma posterior es mucho más laxo que el anterior, y resulta muy fácil traspasarlo con esta espátula.

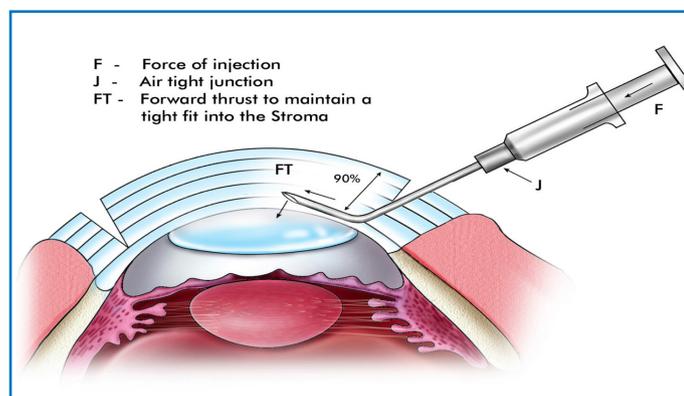


Figura 8. Esquema de la inyección intraestromal en la técnica de Anwar.



Figura 9. Cánula de Jones.

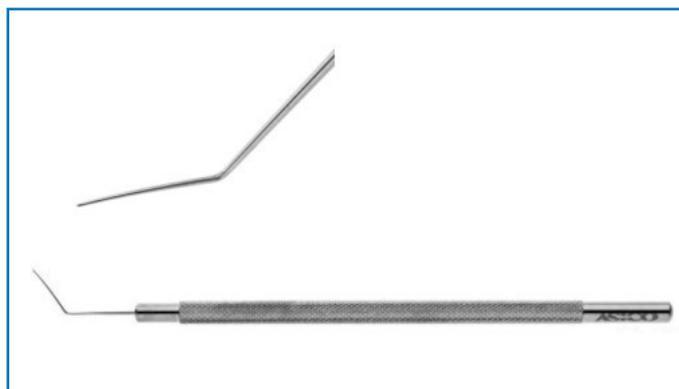
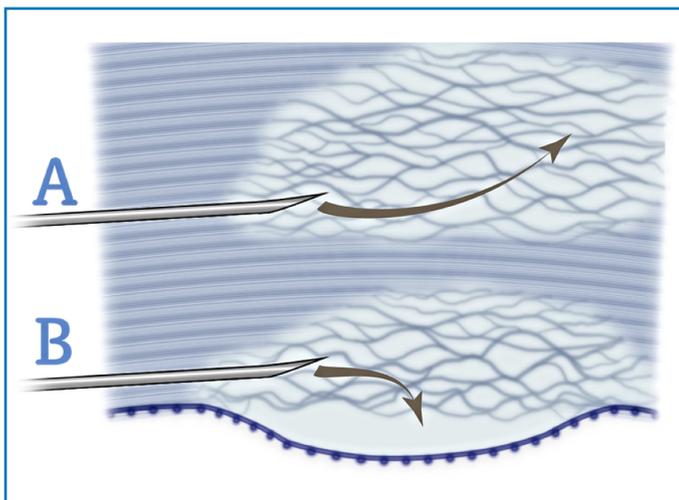


Figura 10. Espátula de Sarnicola.

Cuanto más profunda sea la inyección, más posibilidades habrá de obtener una burbuja (Figura 11).

Se usará un trayecto paracentral de al menos 3 mm, para que la cánula encaje bien y el aire no tienda a escaparse. A continuación, se apretará con fuerza el émbolo. La sensación inicial es de mucha resistencia, porque el aire rellena los espacios interfibrilares del estroma. De repente, se notará que la presión cede y, con menor fuerza, se expande una onda centrípeta de enfisema denso hasta el margen de la trepanación. El aire habrá conseguido encontrar el plano entre el estroma posterior y la MPD, para crear la burbuja de tipo 1.

Después es necesario hacer una paracentesis muy periférica, y vaciar el humor acuoso (HA) de la cámara anterior, con el fin de bajar la presión ocular (incrementada por la BB que ocupa la CA) y así evitar que, al hacer la perforación anterior de la BB, esta se colapse tan rápidamente que se pueda romper la MPD.



**Figura 11.** Dibujo de dos inyecciones intraestromales en el que se recalca la importancia de conseguir una inyección de aire o viscoelástico lo más profunda posible, sin llegar a perforar. La inyección B tiene muchas más opciones de obtener una gran burbuja (BB).

Antes de puncionar la BB, es recomendable marcar con un marcador el lugar donde se hará la punción. Esta maniobra es útil porque, a menudo, el opérculo es muy pequeño, y la única forma de visualizarlo es observando la separación de las fibras teñidas.

Al puncionar, se puede usar un bisturí de 30° o de 45° y debe ser una maniobra rápida, para evitar que la BB se colapse de forma muy veloz, como se ha descrito.

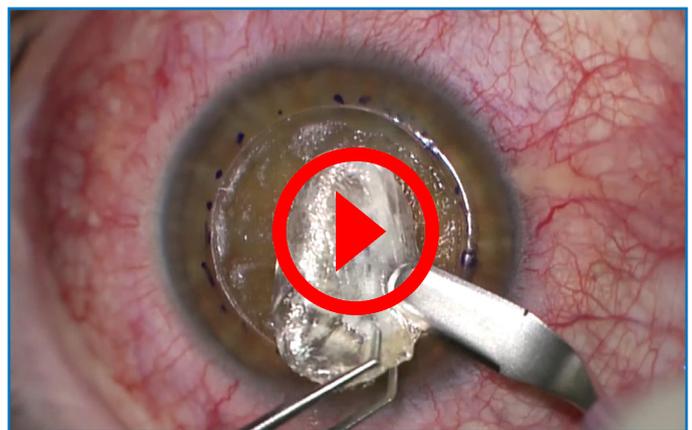
A continuación, es posible usar viscoelástico para introducirlo por el opérculo y así rellenar el espacio virtual creado entre el estroma posterior y la MPD.

Poco a poco, se irá eliminando el tejido residual estromal, con el uso de tijeras cortas tipo Vannas curvadas o rectas, con punta roma. También se puede utilizar algún instrumento específico, como la tijera de Fogla.

Una vez disecado todo el estroma posterior, se cubrirá el complejo formado por la capa de Dua, el MD y el endotelio con algunas hemostetas húmedas.

Se acabará de preparar el injerto donante, extrayendo la MD/endotelio, mediante pinzas romas o, incluso, con una hemosteta, si se prefiere.

Luego, se limpiará bien la interfase, se colocará el injerto y se procederá a suturarlo.



**Vídeo 2.** DALK: casos especiales.

No hace falta dejar aire en la CA, a no ser que exista una micro-perforación (Vídeo 2).

### Perforación durante la cirugía

Para evitar la perforación, hay que ser muy cuidadosos con la manipulación del estroma posterior, sobre todo en el tramo final de la disección. Es importante usar siempre instrumentos romos e ir evacuando el HA de la cámara anterior, comprimiendo el labio externo de la paracentesis, y así evitar mayor tensión en la MD/endotelio.

El manejo de una perforación dependerá del momento en que se produzca y de su tamaño.

En el caso de tener una perforación, se deberá continuar la disección en el lado contrario donde se haya producido, y dejar la zona cercana a la perforación para el final.

Si la perforación es grande o dificulta avanzar en la cirugía, será obligado convertirla a QP.

### Consideraciones de la sutura del injerto

Aunque, por lo general, el manejo de las suturas no difiere mucho de una queratoplastia penetrante, hay algunos puntos a considerar.

La sutura del injerto suele ser más cómoda al encontrarse este más estable dentro del receptor, pero no por ello se debe tener menor cuidado.

Bien al contrario, hay que procurar que el injerto quede bien ajustado en los márgenes, evitar los escalones y procurar no ir muy profundos en el receptor, para no perforar. Por lo general, se recomienda ir a un grosor medio en el injerto y buscar la profundidad necesaria en el receptor para conseguir una buena aposición.

El manejo de la sutura postoperatoria no difiere mucho de la QP, aunque si fuera necesario, la sutura puede retirarse antes de tiempo.

Si se hace una sutura mixta, habitualmente se retira la sutura continua al tercer o cuarto mes, y las suturas discontinuas o sueltas, a partir del sexto mes, si el astigmatismo inducido es igual o mayor de 3 dioptrías (D). El objetivo es sacar todas o la mayoría de las suturas entre el primer y segundo año después de la DALK.

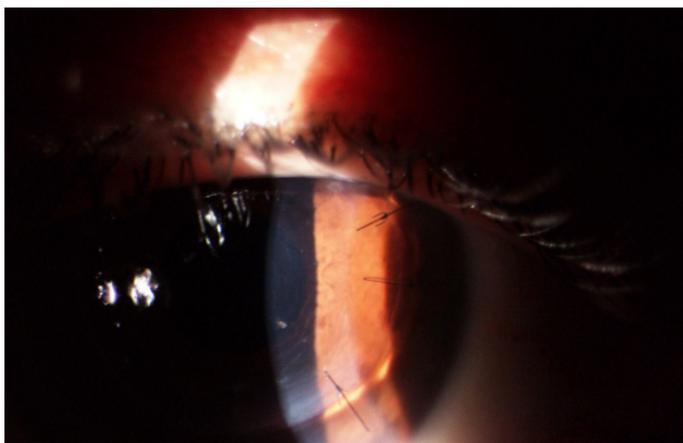
## Complicaciones

### Pliegues en la MD

Cuanto mayor sea la ectasia, mayor grado de discrepancia habrá entre la superficie posterior del donante y el complejo MD/endotelio del receptor.

La MD del receptor tiende a plegarse en estos casos, generalmente en la periferia, sin influir en el resultado, aunque en ocasiones los pliegues pueden ser centrales.

Por lo general, los pliegues tienden a ser periféricos (Figura 12), aunque se han descrito peores resultados tras la DALK en pacientes con radios de curvatura central por encima de 60 D, por la incidencia de estos pliegues en el eje visual.



**Figura 12.** Imagen de pliegue periférico en la membrana de Descemet (MD).

### Doble CA

Cuando el injerto no se ha adherido al receptor, es posible tener una doble CA al día siguiente de la cirugía. Esto es altamente improbable y, si ocurre, hay que pensar que se ha producido una microperforación, ha quedado viscoelástico en la interfase o la BB obtenida ha sido de tipo 2.

En los casos en los que se obtiene una burbuja de tipo 2, la incidencia de una doble CA es mucho más alta, por la poca adherencia que tiene la MD al estroma donante (como ocurre en la cirugía endotelial de DMEK). Si se obtienen este tipo de burbujas, lo mejor es no abrirlas y buscar un plano predescemético. El aire atrapado entre la membrana predescemética y la MD desaparecerá en pocos días<sup>15</sup>.

Si se decide disecar este tipo de burbujas o si existe una microperforación, es recomendable dejar aire en la CA (siempre dilatando al paciente al final de la cirugía y dejando una cantidad de aire moderada, para evitar el bloqueo pupilar).

El tratamiento de una doble CA en el postoperatorio inmediato es realizar una inyección de aire en la CA (esta se puede hacer en la misma lámpara de hendidura).

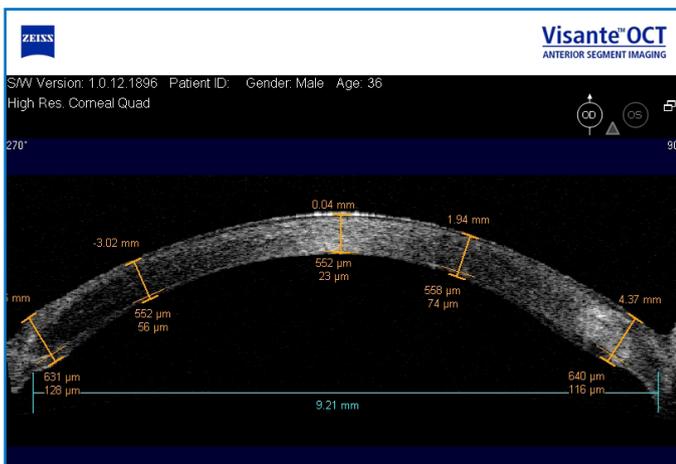
En caso de persistir la doble cámara, conviene repetir la inyección. En casos muy rebeldes, hay que explorar el trasplante en quirófano, levantar el injerto y valorar cuál es el problema.

## Manejo postoperatorio

El manejo postoperatorio no difiere mucho de una QP. En general, el régimen antiinflamatorio es parecido, pero se pueden rebajar antes los corticoides. No obstante, es importante no pararlos completamente, al menos, hasta que todas las suturas estén extraídas o al año de la cirugía. Incluso en pacientes con antecedentes de atopia o intolerancia a lentes de contacto (LC), es bueno seguir usando por unos años algún corticoide de superficie como la fluorometolona.

## Resultados de agudeza visual

La mayoría de series que comparan la DALK y la QP en pacientes con queratocono no encuentran diferencias significativas entre los dos grupos en la AVCC, en la agudeza visual sin corrección (AVSC),



**Figura 13.** Tomografía de coherencia óptica en una pre-dDALK obtenida con técnica manual. Generalmente, aun obteniendo lechos finos, regulares y mostrar una gran transparencia, la interfase ocasiona que, en estos casos, la visión final sea subóptima.

en el astigmatismo refractivo o en el tiempo de recuperación en la agudeza visual.

Cuando la DALK consigue llegar al plano descemético, las agudezas visuales son comparables a la QP. Sin embargo, cuando la disección no llega a este plano (DALK predescemética), las agudezas visuales tienden a ser algo peores. La razón es la irregularidad en la interfase de la fina capa de estroma predescemético que queda en el receptor (Figura 13).

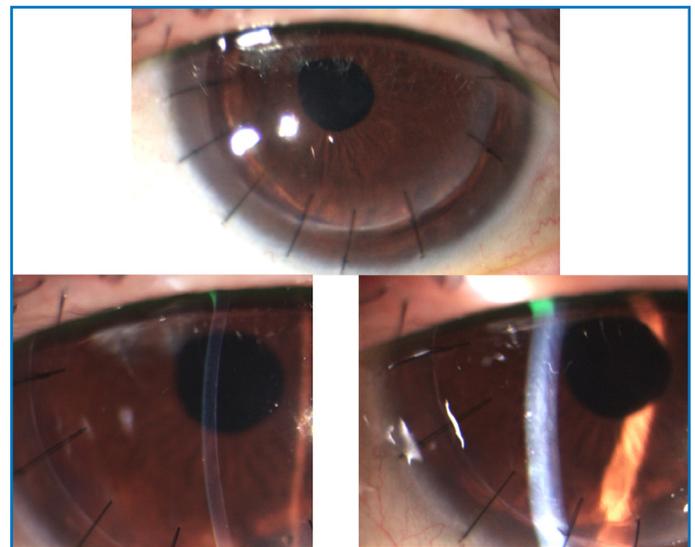
## Refracción y astigmatismo

Sin duda, el mayor problema radica en el manejo del resultado refractivo y el astigmatismo residual. La mayoría de los pacientes con queratocono tienen miopía, sobre todo axial (en menor grado corneal). Por eso, a pesar de la cirugía corneal, muchos seguirán teniendo miopía.

Este grado de miopía residual tiende a ser algo mayor en la DALK que en la QP, porque se suma que la córnea resultante tiende a tener más curvatura (en la QP, el injerto "encaja" más en la trepanación y queda algo más plano).

Kim *et al.* obtuvieron un resultado de esfera para QP y DALK de -2,73 D y -4,22 D respectivamente, a los 12 meses de la cirugía<sup>16</sup>.

También hay evidencia clínica de que las córneas con DALK tienen una queratometría de casi 2 D más que en los casos de QP. Esta



**Figura 14.** Imagen en la lámpara de hendidura de una queratoplastia lamelar anterior profunda (DALK). Normalmente, si el plano es descemético (dDALK), cuesta mucho diferenciar de una queratoplastia penetrante (QP). Ocasionalmente, se puede ver algún depósito o fibra en la interfase o algún pliegue de la membrana de Descemet (MD) en la periferia.

disparidad puede ser causada por el relativo colapso de la CA y el "encaje" del injerto que sucede tras la cicatrización en la QP, que no ocurre en la DALK.

Por este motivo, en la DALK, aunque no hay consenso en la disparidad ideal del donante-receptor, se tiende a usar injertos del mismo tamaño (aunque en casos avanzados conlleva el riesgo de ocasionar pliegues residuales de la MD).

Durante el periodo de extracción de las suturas, al igual que en la QP, el astigmatismo tiende a tener unas grandes e impredecibles variaciones. Una vez extraídas todas las suturas (entre 6 y 12 meses), el astigmatismo tiende a permanecer estable, aunque con los años pueden volver a haber variaciones. Álvarez de Toledo *et al.*<sup>17</sup>, escribieron que este periodo de estabilidad acababa diez años después de la extracción de la primera sutura. Después de este periodo, en la mayoría de los casos, describían un desajuste en el margen donante-receptor o una recurrencia del queratocono.

Al igual que en la QP, casi un 20% de estos pacientes requerirán cirugía refractiva de algún tipo (incisiones arcuadas, implante de lentes fáquicas o cirugía de cristalino transparente) (Figura 14).

## Bibliografía

- Melles GR, Lander F, Rietveld FJR, Remeijer L, Beekhuis WH, Binder PS. A new surgical technique for deep, anterior lamellar keratoplasty. *Br J Ophthalmol*. 1999;83:327-33.
- Anwar M, Teichmann KD. Big-bubble technique to bare Descemet's membrane in anterior lamellar keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2002;28:398-403.
- Parker JS, van Dijk K, Melles GR. Treatment options for advanced keratoconus: A review. *Surv Ophthalmol*. 2015;60:459-80.
- Anwar HM, Anwar M. Predescemet dissection for healed hydrops—judicious use of air and fluid. *Cornea*. 2011;30:1502-9.
- Salouti R, Masoumpour M, Nowroozzadeh MH, Zamani M, Ghoreyshi M, Melles GR. Changes in corneal endothelial cell profile measurements after deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus. *Cornea*. 2013;32:751-6.
- Borderie VM, Sandali O, Bullet J, Gaujoux T, Touzeau O, Laroche L. Long-term results of deep anterior lamellar versus penetrating keratoplasty. *Ophthalmology*. 2012;119:249-55.
- Musa FU, Patil S, Rafiq O, Galloway P, Ball J, Morrell A. Long-term risk of intraocular pressure elevation and glaucoma escalation after deep anterior lamellar keratoplasty. *Clin Exp Ophthalmol*. 2012;40:780-5.
- Zhang YM, Wu SQ, Yao YF. Long-term comparison of full-bed deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty in treating keratoconus. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2013;14:438-50.
- Henein C, Nanavaty MA. Systematic review comparing penetrating keratoplasty and deep anterior lamellar keratoplasty for management of keratoconus. *Contact Lens Anterior Eye*. 2017;40:3-14.
- McMonnies CW. Corneal endothelial assessment with special references to keratoconus. *Optom Vis Sci*. 2014;91:e124-34.
- Alsuhaibani AH, Al-Rajhi AA, Al-Motowa SM, Wagoner MD. Corneal endothelial cell density and morphology after acute hydrops in keratoconus. *Cornea*. 2008;27:535-8.
- Basu S, Reddy JC, Vaddavalli PK, Vemuganti GK, Sangwan VS. Long-term outcomes of penetrating keratoplasty for keratoconus with resolved corneal hydrops. *Cornea*. 2012;31:615-20.
- Sabala A, Arango A. Conceptos anatómicos básicos para entender la DALK. [Ponencia Oficial de la Sociedad Española de Oftalmología 2016]. En: Barraquer RI, Álvarez de Toledo J. *Queratoplastias: nuevas técnicas para el siglo XXI*. SEO; 2016.
- Dua HS, Faraj LA, Said DG, Gray T, Lowe J. Human corneal anatomy redefined: a novel pre-Descemet layer (Dua's layer). *Ophthalmology*. 2013;120:1778-85.
- Sabala A, Arango A, Romanic N. Clinical outcomes of big bubble tipe 2 & 3 in deep anterior lamellar keratoplasty. En: *Eucornea 2015*. 6º Congreso. Barcelona. 2015.
- Kim KH, Choi SH, Ahn K, Chung ES, Chung TY. Comparison of refractive changes after deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty for keratoconus. *Jpn J Ophthalmol*. 2011;55:93-7.
- De Toledo JA, de la Paz MF, Barraquer RI, Barraquer J. Long-term progression of astigmatism after penetrating keratoplasty for keratoconus: evidence of late recurrence. *Cornea*. 2003;22:317-23.