

**Tesis Doctoral**

# **Prevención y corrección de los defectos de refracción en el trasplante laminar anterior profundo**

Doctoranda  
**Belén Alfonso Bartolozzi**



Universidad de Oviedo

**Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud  
Línea de Investigación en Oftalmología y Ciencias de la Visión**

Oviedo, Principado de Asturias, España

Julio 2023





**Tesis Doctoral**

# **Prevención y corrección de los defectos de refracción en el trasplante laminar anterior profundo**

Doctoranda

**Belén Alfonso Bartolozzi**

Directores

**Profesor Luis Fernández-Vega Sanz**

**Doctora María Begoña Baamonde Arbaiza**

Tutor

**Profesor Jesús Merayo Lloves**



Universidad de Oviedo

**Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud  
Línea de Investigación en Oftalmología y Ciencias de la Visión**

Oviedo, Principado de Asturias, España

Julio 2023

ISBN 978-84-09-51311-6





## RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL

1.- Título de la Tesis	
Español: Prevención y corrección de los defectos de refracción en el trasplante laminar anterior profundo	Inglés: Prevention and correction of the refractive errors in deep anterior lamellar keratoplasty
2.- Autor	
Nombre: Belén Alfonso Bartolozzi	DNI/Pasaporte/NIE:
Programa de Doctorado: Ciencias de la salud	
Órgano responsable: Centro Internacional de Postgrado	

### RESUMEN (en español)

**Introducción:** La corrección refractiva de las queratoplastias, penetrantes o laminares, es uno de los retos de la denominada cirugía refractiva terapéutica. La transparencia de las córneas trasplantadas debe asociarse a una refracción residual tolerable. Existe mucha bibliografía al respecto para los trasplantes de espesor total, pero es más escasa en los trasplantes lamelares anteriores profundos. En todos los casos, los errores de refracción residuales pueden ser abordados mediante diferentes y novedosas técnicas quirúrgicas, tanto en la córnea (técnicas de fotoablación o de moldeado corneal), como en el cristalino (implante de lentes intraoculares fâquicas o pseudofâquicas). Todas ellas nos permiten mejorar el resultado funcional del trasplante.

**Objetivo:** Analizar las diferentes técnicas quirúrgicas refractivas, con finalidad terapéutica, que se pueden emplear en el trasplante lamelar anterior profundo, y establecer un nomograma de tratamiento teniendo en cuenta la causa del trasplante, la técnica quirúrgica empleada, y el tipo de refracción residual que presente el paciente.

**Pacientes, material y método:** Se analizaron 254 ojos de 235 pacientes. Ochenta y cuatro ojos no fueron sometidos a cirugías refractivas postoperatorias. Del resto de la muestra (170 ojos) 10 ojos fueron intervenidos de Láser de Excímero, 40 mediante implante de anillos intracorneales, 20 mediante el implante de lentes intraoculares tipo ICL, y 75 mediante facoemulsificación del cristalino, ya sea con una cirugía simultánea o diferida. Además, 10 ojos fueron incluidos en el estudio clínico desarrollado para evaluar el anillo Neoring; y los 15 ojos restantes fueron intervenidos mediante otras técnicas de ablación o moldeado corneal. La valoración de los resultados se basó en la comparación de las agudezas visuales preoperatorias y postoperatorias, y en la



comparación del objetivo refractivo programado con el logrado, entre otras. Además, se evaluó la estabilidad de los procedimientos en las visitas de seguimiento de los pacientes.

**Resultados:** La corrección del astigmatismo mediante FemtoLASIK es un procedimiento eficaz y seguro cuando el astigmatismo es regular e inferior a 4 dioptrías (D). El cilindro refractivo mejoró de  $-3,88 \pm 1,00$ D antes de la operación a  $-0,93 \pm 0,39$ D a los seis meses. Si el astigmatismo es alto e irregular, el empleo de segmentos intracorneales ha demostrado su eficacia y seguridad. Con esta técnica, el cilindro refractivo disminuyó de  $-6,86 \pm 2,62$ D a  $-2,33 \pm 1,09$  D a los seis meses de la cirugía, y se mantuvo estable durante el período de seguimiento. Por otro lado, el empleo de lentes fáquicas es una técnica segura y predecible. A los 6 meses de la cirugía, el equivalente esférico estaba dentro de  $\pm 1,50$ D. Cuando existe una catarata significativa asociada a una patología de córnea avanzada, o una alta ametropía, se puede optar por la cirugía combinada simultánea de DALK+Faco+LIO. En estos casos, todos los ojos ganaron líneas de visión; y la predictibilidad de la esfera fue buena (70% entre  $\pm 2,00$  D). Además, el empleo de un anillo de PMMA a nivel predescemético en pacientes con queratocono, se ha visto que aporta buenos resultados morfológicos y funcionales, obteniéndose un cilindro refractivo de  $-2,86 \pm 1,65$  D a los dos años de la cirugía, sin cilindros refractivos postoperatorios  $\geq 5,00$  D en ningún caso.

**Conclusiones:** Es posible definir una estrategia quirúrgica para la corrección y prevención de los defectos de refracción asociados a la DALK, combinando técnicas refractivas modernas. Para ello, se debe tener en cuenta la patología previa al trasplante, la técnica quirúrgica, y el defecto de refracción que presente el paciente. En primer lugar, se debe planificar la corrección del astigmatismo y, en un segundo tiempo, solucionar la esfera residual. En pacientes que tengan un cristalino sano, la opción de combinar lentes aditivas al cristalino, que puedan corregir ambas ametropías a la vez, será el método preferido.



## RESUMEN (en inglés)

**Introduction:** The refractive correction of keratoplasties, penetrating or lamellar, is one of the challenges of the so-called therapeutic refractive surgery. Transparency of transplanted corneas must be associated with a tolerable residual refraction. There is a lot of literature on this for full-thickness keratoplasties, but not so much for deep anterior lamellar keratoplasties. In all cases, residual refractive errors can be addressed using different and novel surgical techniques, both in the cornea (photoablation or corneal molding techniques) and in the crystalline lens (implantation of phakic or pseudophakic intraocular lenses). All of them allow us to improve the functional outcome of corneal transplantation.

**Purpose:** To analyze the different refractive surgical techniques, for therapeutic purposes, that can be used in deep anterior lamellar keratoplasty, and to establish a treatment nomogram taking into account the cause of the keratoplasty, the surgical technique used, and the type of residual refraction of the patient.

**Patients, material and method:** 254 eyes of 235 patients were analyzed. Eighty-four eyes did not undergo postoperative refractive surgery. Of the rest of the sample (170 eyes), 10 eyes underwent excimer laser surgery, 40 through intracorneal ring implantation, 20 through phakic intraocular lens (ICL) implantation, and 75 through phacoemulsification, either with simultaneous or delayed surgery. In addition, 10 eyes were included in the clinical study developed to evaluate the Neoring; and the remaining 15 eyes were operated on using other ablation or corneal molding techniques. The evaluation of the results was based on the comparison of the preoperative and postoperative visual acuities, and on the comparison of the programmed refractive objective with the one achieved, among others. In addition, the stability of the procedures was evaluated at the follow-up visits.

**Results:** FemtoLASIK astigmatism correction is an effective and safe procedure when astigmatism is regular and less than 4 diopters (D). The refractive cylinder improved from  $-3.88 \pm 1.00D$  before the surgery to  $-0.93 \pm 0.39D$  at six months. If the astigmatism is high and irregular, the use of intracorneal ring segments has demonstrated its efficacy and safety. With this technique, the refractive cylinder decreased from  $-6.86 \pm 2.62D$  to  $-2.33 \pm 1.09 D$  six months after surgery, and remained stable during the follow-up period. On the other hand, the use of phakic lenses is a safe and predictable technique. At 6



months after surgery, the spherical equivalent was within  $\pm 1.50D$ . When there is a significant cataract associated with advanced corneal pathology, or high ametropia, simultaneous combined DALK+Phaco+IOL surgery can be chosen. In these cases, all eyes gained lines of vision; and the predictability of the sphere was good (70% between  $\pm 2.00 D$ ). In addition, the use of a PMMA ring at the predescemetic pocket in patients with keratoconus has been seen to provide good morphological and functional results, obtaining a refractive cylinder of  $-2.86 \pm 1.65 D$  two years after surgery, with no postoperative refractive cylinders  $\geq 5.00 D$  in any case.

**Conclusions:** It is possible to define a surgical strategy for the correction and prevention of refractive errors associated with DALK, combining modern refractive techniques. For this, the previous pathology that has motivated the keratoplasty, the surgical technique used, and the refractive error that the patient presents must be taken into account. In the first place, one must begin by considering the correction of the astigmatism and, in a second time, solve the residual sphere. In patients who have a healthy lens, the option of combining additive lenses, which can correct both ametropias at the same time, will be the preferred method.

**SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA DE DOCTORADO**

*A mi padre, Pepe*





*A mi madre, Maite  
y a mi hermano, Javier*



*A mi marido, Pelayo*



*A mis hijos, Pelayo e Inés*



# Agradecimientos

A mis directores de tesis, el Profesor Luis Fernández-Vega Sanz y la Doctora María Begoña Baamonde Arbaiza, por permitirme desarrollar esta tesis en beneficio de nuestros pacientes a lo largo de estos 4 años. Por sus ideas, sus consejos y su amistad.

A mi tutor, el Profesor Jesús Merayo Lloves, por su ayuda en el diseño del trabajo y por sus correcciones. Gracias por su planificación, supervisión y coherencia en el desarrollo de la tesis.

A mi padre, el Dr. J. Alfonso, por ser mi Maestro, tanto en mi vida personal como profesional. Porque era imposible no enamorarse de esta especialidad teniéndole a él en casa. Gracias por demostrarme que se puede ser padre y médico, sin desatender ninguna de las dos facetas. Gracias por enseñarme la parte más bonita de la investigación clínica; y por contagiarme tus ganas de aprender y estudiar en beneficio de nuestros pacientes. Gracias por enseñarme con el ejemplo que lo más importante para ser médico es ser generoso. Gracias por todas las horas que hemos compartido estos últimos años; es un recuerdo que guardaré para siempre. Gracias, y mil veces gracias por ser como eres, por tu paciencia infinita, tus ganas de enseñar, tu cariño y tu comprensión a cualquier hora, cualquier día y en cualquier momento. Esta tesis no habría sido posible sin ti.

A mi madre, Maite, y a mi hermano, Javier. Por estar siempre ahí, en la sombra, pero presentes y dispuestos a ayudar en cualquier momento sin preguntar dónde y porqué. Sin vuestro respaldo no habría podido tener la tranquilidad de que mi familia no estaría desatendida en ningún momento.

A Pelayo, el hombre de mi vida y la mejor persona con la que podría compartirla. Por su apoyo incondicional, por sumar y nunca restar. Por comprender y respetar mi pasión por la oftalmología. Por ayudarme a ver que cualquier sueño puede ser una meta, y por estar conmigo luchando juntos para llegar a ella. Por darme lo mejor que he tenido nunca, a Pelayo e Inés. Y, por supuesto, por ayudarme a enseñarles que, juntos, no hay nada que se nos resista. Formamos un gran equipo, un equipo lleno de amor, y estoy muy orgullosa de ello; estoy muy orgullosa de ti.

A mi hijo mayor, Pelayo. Tu sensibilidad, sentido y razón me dan la fuerza necesaria para ser mejor persona cada día. A mi hija pequeña, Inés, la ilusión y alegría personificada que me recuerda lo feliz que soy hasta en los momentos más difíciles. Sois mi razón para seguir adelante. Todos mis logros personales son vuestros, y tienen como único fin enseñaros que vosotros también podréis conseguir todo lo que os propongáis. No dejéis que nada ni nadie os haga pensar lo contrario. Siempre estaré para vosotros.

A Arancha Poo y David Madrid-Costa, por transmitirme sus conocimientos en la investigación y enseñarme el método científico. Siempre con refuerzos positivos, animándome a seguir adelante, y enseñándome que ningún trabajo esta hecho en vano: todo nos ayuda en nuestra formación. Gracias por estar ahí siempre, por hacerme las cosas más fáciles y enseñarme tanto. Sin ellos, esta tesis no habría salido adelante.

A Beatriz Valcárcel, Ana Palacios, Marta Casalvázquez, Alberto Barros y Nacho Serrano, por su inestimable ayuda, su disponibilidad y buena disposición.

A Michel Álvarez y Jesús Álvarez, por todas sus horas dedicadas, su paciencia y buen humor. Gracias por vuestra enorme colaboración y por acompañarme durante todos estos meses.

A Silvia Canga y Ramón Mayor por todas sus atenciones y predisposición. Gracias por vuestra gestión y dedicación.

A todos los médicos, enfermeras, optometristas y auxiliares del Departamento de Oftalmología de la Clínica Universidad de Navarra, en especial al Dr. Jesús Barrio y al Profesor Javier Moreno. Gracias por enseñarme la importancia de combinar asistencia, docencia, e investigación desde mis primeros pasos en oftalmología durante la carrera de Medicina. Es mi primera lección aprendida; no lo olvidaré nunca y lo defenderé siempre. Os estoy y estaré siempre eternamente agradecida.

A todos los pacientes trasplantados del Instituto Oftalmológico Fernández-Vega. Ellos son la razón principal de nuestro trabajo. Os prometemos que esto no se va a quedar aquí, hemos comenzado una línea de investigación sobre la cual seguiremos trabajando y formándonos para poder ofrecer la mejor alternativa terapéutica posible; porque tratamos pacientes, no ojos; y antes que oftalmólogos, somos médicos. Vosotros sois y seréis siempre el centro de todo.

A todo el personal del Instituto Oftalmológico Fernández-Vega, y de la Fundación de Investigación Oftalmológica. Todos los departamentos colaboraron de una manera u otra en la elaboración de esta tesis. En especial, mi agradecimiento a todo el equipo de pruebas, siempre dispuestos a ayudar con una sonrisa; al equipo de enfermería, mi gran apoyo; gracias por confiar en mí; y a Laura Rodrigo, Marta Aguado, Lucía González y Cristina López, gracias por entender estos «genes», cuidarnos y ayudarnos siempre que lo hemos necesitado. Hacéis que todo sea más fácil.



*«Ponerle fecha a un sueño lo convierte en una meta.  
Una meta dividida en pasos se convierte en un plan.  
Y un plan apoyado por acciones se vuelve realidad.»*

Anónimo



# Índice

<b>Resumen</b> .....	19
<b>Abstract</b> .....	21
<b>1. Pregunta de Investigación</b> .....	23
<b>2. Motivación</b> .....	25
<b>3. Estructura de la Tesis</b> .....	27
<b>4. Introducción</b> .....	29
<b>4.1. Queratoplastia laminar anterior profunda</b> .....	31
4.1.1. Definición .....	31
4.1.2. Antecedentes históricos.....	31
4.1.3. Indicaciones .....	34
<b>4.2. Técnica quirúrgica en la queratoplastia laminar anterior profunda</b> .....	40
4.2.1. Evolución de la técnica en los diferentes países .....	40
4.2.2. Revisión de las opciones quirúrgicas.....	41
4.2.2.1. Técnicas pre-desceméticas.....	42
4.2.2.2. Técnicas desceméticas .....	47
4.2.3. Preparación de la córnea donante .....	53
4.2.4. Variaciones de la técnica en queratocono .....	53
4.2.5. Variaciones de la técnica en patologías diferentes al queratocono .....	55
4.2.6. Biomecánica .....	57
4.2.7. Repercusión de la técnica laminar anterior en el Banco de ojos .....	62
4.2.8. Nuevos desarrollos.....	62
<b>4.3. Comparativa entre queratoplastia laminar anterior profunda y penetrante</b> .....	64
4.3.1. Ventajas iniciales de la queratoplastia laminar anterior profunda .....	64
4.3.2. Fracaso del injerto.....	65
4.3.3. Pérdida de células endoteliales.....	66
4.3.4. Supervivencia del injerto .....	66
4.3.5. Incidencia de rechazo.....	66
4.3.6. Ventajas adicionales de la queratoplastia laminar anterior profunda .....	68
<b>4.4. Complicaciones de la queratoplastia laminar anterior profunda</b> .....	68
4.4.1. Perforación de la membrana de Descemet.....	69
4.4.2. Pliegues en la membrana de Descemet .....	71
4.4.3. Recidivas de la patología corneal previa .....	73
4.4.4. Complicaciones de superficie.....	75

<b>4.5. Refracción residual en la queratoplastia laminar anterior profunda</b> .....	76
4.5.1. Importancia del problema.....	76
4.5.2. Causas del astigmatismo después de la queratoplastia laminar anterior profunda..	76
4.5.2.1. Factores preoperatorios.....	77
4.5.2.2. Factores intraoperatorios .....	78
4.5.2.3. Factores postoperatorios .....	82
4.5.3. Aberraciones ópticas después de la queratoplastia laminar anterior profunda ...	83
4.5.4. Comparativa con el astigmatismo después de la queratoplastia penetrante .....	86
4.5.5. Refracción residual después de la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono .....	87
4.5.6. Prevención de la refracción residual en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono .....	89
4.5.7. Prevención de la refracción residual en la queratoplastia laminar anterior profunda por otras patologías .....	92
<b>4.6. Corrección refractiva de la queratoplastia laminar anterior profunda</b> .....	93
4.6.1. Cirugía refractiva-terapéutica .....	93
4.6.2. Técnicas de fotoablación corneal .....	94
4.6.2.1. Fotoqueratectomía refractiva .....	94
4.6.2.2. Queratomileusis in situ asistida por Láser de Excímero.....	95
4.6.2.3. Asociación de Láser de Femtosegundo: FemtoLASIK.....	97
4.6.2.4. Tallado intra-estromal con Láser de Femtosegundo .....	98
4.6.3. Técnicas de moldeado corneal .....	98
4.6.3.1. Incisiones corneales: queratotomía astigmática.....	99
4.6.3.2. Resecciones en cuña .....	102
4.6.3.3. Segmentos de anillo intracorneales.....	103
4.6.4. Lentes intraoculares fáquicas.....	105
4.6.4.1. Lentes fáquicas de fijación iridiana .....	105
4.6.4.2. Lentes fáquicas de apoyo en cuerpo ciliar .....	108
4.6.5. Lensexectomía con implante de lente intraocular.....	111
4.6.5.1. Opciones quirúrgicas .....	111
4.6.5.2. Selección de la lente intraocular.....	113
4.6.6. Cirugía de la pseudofaquia: intercambio de lente o implante adicional .....	114
<b>5. Justificación</b> .....	117
<b>6. Hipótesis</b> .....	119
<b>7. Objetivos</b> .....	121
<b>8. Pacientes, material y método</b> .....	123
<b>8.1. Pacientes</b> .....	123
<b>8.2. Material</b> .....	124
8.2.1. Exploración clínica y pruebas diagnósticas preoperatorias.....	124
8.2.2. Técnica quirúrgica .....	124
8.2.3. Tratamiento y pruebas diagnósticas postoperatorias .....	125
<b>8.3. Método</b> .....	125
<b>9. Capítulo 1. FemtoLASIK después del trasplante laminar anterior profundo para corregir el astigmatismo residual: 3 años de seguimiento</b> .....	127

<b>10. Capítulo 2. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento .....</b>	<b>151</b>
<b>11. Capítulo 3. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento .....</b>	<b>175</b>
<b>12. Capítulo 4. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.....</b>	<b>203</b>
<b>13. Capítulo 5. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento .....</b>	<b>225</b>
<b>14. Discusión .....</b>	<b>255</b>
<b>14.1. Refracción residual en la queratoplastia laminar anterior profunda.....</b>	<b>255</b>
14.1.1. Problemática refractiva de la DALK en el queratocono.....	258
14.1.2. Problemática refractiva de la DALK en la ectasia post-LASIK .....	262
14.1.3. Problemática refractiva de la DALK en la queratotomía radial.....	263
14.1.4. Problemática refractiva de la DALK en leucomas o en distrofias .....	265
<b>14.2. Corrección refractiva de la queratoplastia laminar anterior profunda.....</b>	<b>266</b>
14.2.1. Láser de Excímero .....	270
14.2.2. Segmentos intracorneales.....	271
14.2.3. Cirugía incisional .....	271
14.2.4. Lente fáquica de apoyo en cuerpo ciliar .....	273
14.2.5. Lensectomía con implante de lente intraocular.....	275
14.2.6. Combinación de técnicas .....	275
14.2.7. Limitaciones de la tesis .....	278
<b>15. Futuros proyectos de investigación.....</b>	<b>281</b>
<b>16. Conclusiones .....</b>	<b>285</b>
<b>17. Bibliografía.....</b>	<b>287</b>
<b>18. Glosario.....</b>	<b>319</b>
<b>19. Índice de abreviaturas y acrónimos .....</b>	<b>323</b>
<b>20. Índice de figuras.....</b>	<b>327</b>
<b>21. Índice de tablas.....</b>	<b>333</b>
<b>22. Índice de cuadros.....</b>	<b>335</b>
<b>23. Divulgación científica.....</b>	<b>337</b>
<b>23.1. Divulgación científica directamente relacionada con la investigación de la tesis .....</b>	<b>337</b>
23.1.1. Revistas indexadas en JCR ( <i>Journal Citation Reports</i> ) .....	337
23.1.2. Capítulos de libro .....	338
23.1.3. Comunicaciones a congresos .....	339
<b>23.2. Divulgación científica no relacionada directamente con la investigación de la tesis ..</b>	<b>342</b>
23.2.1. Revistas indexadas en JCR ( <i>Journal Citation Reports</i> ) .....	342
23.2.2. Capítulos de libro .....	344
<b>24. Financiación de la Tesis.....</b>	<b>347</b>

<b>25. Premios y reconocimientos .....</b>	<b>349</b>
<b>26. Anexo 1. Tablas y producciones científicas anuales.....</b>	<b>357</b>
<b>27. Anexo 2. Revistas científicas indexadas .....</b>	<b>363</b>
<b>28. Anexo 3. Capítulos de libro.....</b>	<b>377</b>

## Resumen

**Introducción:** La corrección refractiva de las queratoplastias, penetrantes o laminares, es uno de los retos de la denominada cirugía refractiva terapéutica. La transparencia de las córneas trasplantadas debe asociarse a una refracción residual tolerable. Existe mucha bibliografía al respecto para los trasplantes de espesor total, pero es más escasa en los trasplantes lamelares anteriores profundos. En todos los casos, los errores de refracción residuales pueden ser abordados mediante diferentes y novedosas técnicas quirúrgicas, tanto en la córnea (técnicas de fotoablación o de moldeado corneal), como en el cristalino (implante de lentes intraoculares fáticas o pseudofáticas). Todas ellas nos permiten mejorar el resultado funcional del trasplante.

**Objetivo:** Analizar las diferentes técnicas quirúrgicas refractivas, con finalidad terapéutica, que se pueden emplear en el trasplante lamelar anterior profundo, y establecer un nomograma de tratamiento teniendo en cuenta la causa del trasplante, la técnica quirúrgica empleada, y el tipo de refracción residual que presente el paciente.

**Pacientes, material y método:** Se analizaron 254 ojos de 235 pacientes. Ochenta y cuatro ojos no fueron sometidos a cirugías refractivas postoperatorias. Del resto de la muestra (170 ojos) 10 ojos fueron intervenidos de Láser de Excímero, 40 mediante implante de anillos intracorneales, 20 mediante el implante de lentes intraoculares tipo ICL, y 75 mediante facoemulsificación del cristalino, ya sea con una cirugía simultánea o diferida. Además, 10 ojos fueron incluidos en el estudio clínico desarrollado para evaluar el anillo Neoring; y los 15 ojos restantes fueron intervenidos mediante otras técnicas de ablación o moldeado corneal. La valoración de los resultados se basó en la comparación de las agudezas visuales preoperatorias y postoperatorias, y en la comparación del objetivo refractivo programado con el logrado, entre otras. Además, se evaluó la estabilidad de los procedimientos en las visitas de seguimiento de los pacientes.

Resultados: La corrección del astigmatismo mediante FemtoLASIK es un procedimiento eficaz y seguro cuando el astigmatismo es regular e inferior a 4 dioptrías (D). El cilindro refractivo mejoró de  $-3,88 \pm 1,00D$  antes de la operación a  $-0,93 \pm 0,39D$  a los seis meses. Si el astigmatismo es alto e irregular, el empleo de segmentos intracorneales ha demostrado su eficacia y seguridad. Con esta técnica, el cilindro refractivo disminuyó de  $-6,86 \pm 2,62D$  a  $-2,33 \pm 1,09 D$  a los seis meses de la cirugía, y se mantuvo estable durante el período de seguimiento. Por otro lado, el empleo de lentes fáquicas es una técnica segura y predecible. A los 6 meses de la cirugía, el equivalente esférico estaba dentro de  $\pm 1,50D$ . Cuando existe una catarata significativa asociada a una patología de córnea avanzada, o una alta ametropía, se puede optar por la cirugía combinada simultánea de DALK+Facó+LIO. En estos casos, todos los ojos ganaron líneas de visión; y la predictibilidad de la esfera fue buena (70% entre  $\pm 2,00 D$ ). Además, el empleo de un anillo de PMMA a nivel predecemético en pacientes con queratocono, se ha visto que aporta buenos resultados morfológicos y funcionales, obteniéndose un cilindro refractivo de  $-2,86 \pm 1,65 D$  a los dos años de la cirugía, sin cilindros refractivos postoperatorios  $\geq 5,00 D$  en ningún caso.

Conclusiones: Es posible definir una estrategia quirúrgica para la corrección y prevención de los defectos de refracción asociados a la DALK, combinando técnicas refractivas modernas. Para ello, se debe tener en cuenta la patología previa al trasplante, la técnica quirúrgica, y el defecto de refracción que presente el paciente. En primer lugar, se debe planificar la corrección del astigmatismo y, en un segundo tiempo, solucionar la esfera residual. En pacientes que tengan un cristalino sano, la opción de combinar lentes aditivas al cristalino, que puedan corregir ambas ametropías a la vez, será el método preferido.



# Abstract

**Introduction:** The refractive correction of keratoplasties, penetrating or lamellar, is one of the challenges of the so-called therapeutic refractive surgery. Transparency of transplanted corneas must be associated with a tolerable residual refraction. There is a lot of literature on this for full-thickness keratoplasties, but not so much for deep anterior lamellar keratoplasties. In all cases, residual refractive errors can be addressed using different and novel surgical techniques, both in the cornea (photoablation or corneal molding techniques) and in the crystalline lens (implantation of phakic or pseudophakic intraocular lenses). All of them allow us to improve the functional outcome of corneal transplantation.

**Purpose:** To analyze the different refractive surgical techniques, for therapeutic purposes, that can be used in deep anterior lamellar keratoplasty, and to establish a treatment nomogram taking into account the cause of the keratoplasty, the surgical technique used, and the type of residual refraction of the patient.

**Patients, material and method:** 254 eyes of 235 patients were analyzed. Eighty-four eyes did not undergo postoperative refractive surgery. Of the rest of the sample (170 eyes), 10 eyes underwent excimer laser surgery, 40 through intracorneal ring implantation, 20 through phakic intraocular lens (ICL) implantation, and 75 through phacoemulsification, either with simultaneous or delayed surgery. In addition, 10 eyes were included in the clinical study developed to evaluate the Neoring; and the remaining 15 eyes were operated on using other ablation or corneal molding techniques. The evaluation of the results was based on the comparison of the preoperative and postoperative visual acuities, and on the comparison of the programmed refractive objective with the one achieved, among others. In addition, the stability of the procedures was evaluated at the follow-up visits.

Results: FemtoLASIK astigmatism correction is an effective and safe procedure when astigmatism is regular and less than 4 diopters (D). The refractive cylinder improved from  $-3.88 \pm 1.00$ D before the surgery to  $-0.93 \pm 0.39$ D at six months. If the astigmatism is high and irregular, the use of intracorneal ring segments has demonstrated its efficacy and safety. With this technique, the refractive cylinder decreased from  $-6.86 \pm 2.62$ D to  $-2.33 \pm 1.09$  D six months after surgery, and remained stable during the follow-up period. On the other hand, the use of phakic lenses is a safe and predictable technique. At 6 months after surgery, the spherical equivalent was within  $\pm 1.50$ D. When there is a significant cataract associated with advanced corneal pathology, or high ametropia, simultaneous combined DALK+Phaco+IOL surgery can be chosen. In these cases, all eyes gained lines of vision; and the predictability of the sphere was good (70% between  $\pm 2.00$  D). In addition, the use of a PMMA ring at the predescemetic pocket in patients with keratoconus has been seen to provide good morphological and functional results, obtaining a refractive cylinder of  $-2.86 \pm 1.65$  D two years after surgery, with no postoperative refractive cylinders  $\geq 5.00$  D in any case.

Conclusions: It is possible to define a surgical strategy for the correction and prevention of refractive errors associated with DALK, combining modern refractive techniques. For this, the previous pathology that has motivated the keratoplasty, the surgical technique used, and the refractive error that the patient presents must be taken into account. In the first place, one must begin by considering the correction of the astigmatism and, in a second time, solve the residual sphere. In patients who have a healthy lens, the option of combining additive lenses, which can correct both ametropias at the same time, will be the preferred method.

# 1. Pregunta de Investigación

¿Cuál es la mejor estrategia para la prevención y corrección de los defectos de refracción en el trasplante laminar anterior profundo?



## 2. Motivación

El trasplante laminar anterior profundo es una técnica que se emplea actualmente para el tratamiento de las patologías asociadas a las capas más externas de la córnea, y que tiene como objetivo principal la no perforación del globo ocular para preservar así la integridad del mismo. De esta manera, disminuimos las complicaciones ampliamente conocidas y descritas que están relacionadas con el trasplante de espesor total o penetrante.

Aún así, como cualquier otro trasplante de córnea, es frecuente encontrar refracciones residuales altas, incompatibles con el ojo contralateral (anisometropías) y difícilmente corregibles con métodos conservadores como son las gafas o lentes de contacto. Por lo tanto, después del esfuerzo que supone realizar un trasplante de córnea, y lograr la máxima agudeza visual corregida para nuestros pacientes, muchas veces no podemos obtener una buena visión funcional, por estar comprometida la visión binocular.

Por esta razón, es conveniente conocer cuáles son las alternativas quirúrgicas para la corrección de las refracciones residuales después de los trasplantes laminares anteriores profundos. El objetivo es lograr la máxima rehabilitación visual posible, es decir, obtener una refracción compatible con el ojo contralateral. A este procedimiento le podemos denominar cirugía refractiva terapéutica.

Con este proyecto, basado en la experiencia recogida en los últimos 10 años en el Departamento de Córnea y Cristalino del Instituto Universitario Fernández-Vega (IUFV), se podría crear un algoritmo terapéutico que sirviera de orientación para manejar quirúrgicamente los resultados refractivos de los pacientes intervenidos de trasplante laminar anterior profundo, así como determinar un método de prevención en el astigmatismo inducido cuando realizamos un trasplante de estas características.



### 3. Estructura de la Tesis

Se trata de un estudio analítico, observacional y transversal realizado en el Departamento de Córnea y Cristalino del Instituto Universitario Fernández-Vega (IUFV) de Oviedo. Principalmente es de carácter retrospectivo, a excepción de los datos analizados en el capítulo 5; que se trata de un ensayo clínico prospectivo.

Se analizaron los resultados obtenidos con diferentes técnicas refractivas en el manejo de las refracciones residuales de los pacientes operados de DALK en términos de eficacia, seguridad y predictibilidad.

La Tesis Doctoral se ha estructurado alrededor de 5 capítulos, que intentan resolver la pregunta de investigación, incluyendo un metanálisis del estado actual del tema (introducción). Además, se estudian métodos preventivos para disminuir y/o regularizar el astigmatismo postoperatorio después de este tipo de trasplantes, y cada una de las opciones terapéuticas posibles para el manejo refractivo de estos pacientes.

**Capítulo 1.** FemtoLASIK después del trasplante laminar anterior profundo para corregir el astigmatismo residual: 3 años de seguimiento.

**Capítulo 2.** Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

**Capítulo 3.** Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

**Capítulo 4.** Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

**Capítulo 5.** Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

### 3. Estructura de la Tesis

En todos los casos, las cirugías se llevaron a cabo en el IUFV entre febrero de 2009 y diciembre de 2019 por el mismo cirujano experto, incluyéndose en el estudio todas aquellas que tuviesen el tiempo mínimo de seguimiento estipulado para cada capítulo.

El consentimiento informado fue obtenido en todos los pacientes tras la explicación del proceso, cumpliendo los preceptos éticos establecidos en función de los conocimientos médicos en cada momento.

Las conclusiones finales son un reflejo de los objetivos que se propusieron.



# 4. Introducción

## Índice

### **4.1. Queratoplastia laminar anterior profunda**

- 4.1.1. Definición
- 4.1.2. Antecedentes históricos
- 4.1.3. Indicaciones

### **4.2. Técnica quirúrgica en la queratoplastia laminar anterior profunda**

- 4.2.1. Evolución de la técnica en los diferentes países
- 4.2.2. Revisión de las opciones quirúrgicas
  - 4.2.2.1. Técnicas pre-desceméticas
  - 4.2.2.2. Técnicas desceméticas
- 4.2.3. Preparación de la córnea donante
- 4.2.4. Variaciones de la técnica en queratocono
- 4.2.5. Variaciones de la técnica en patologías diferentes al queratocono
- 4.2.6. Biomecánica
- 4.2.7. Repercusión de la técnica laminar anterior en el Banco de Ojos
- 4.2.8. Nuevos desarrollos

### **4.3. Comparativa entre queratoplastia laminar anterior profunda y penetrante**

- 4.3.1. Ventajas iniciales de la queratoplastia laminar anterior profunda
- 4.3.2. Fracaso del injerto
- 4.3.3. Pérdida de células endoteliales
- 4.3.4. Supervivencia del injerto
- 4.3.5. Incidencia de rechazo
- 4.3.6. Ventajas adicionales de la queratoplastia laminar anterior profunda

### **4.4. Complicaciones de la queratoplastia laminar anterior profunda**

- 4.4.1. Perforación de la membrana de Descemet
- 4.4.2. Pliegues en la membrana de Descemet

4.4.3. Recidivas de la patología corneal previa

4.4.4. Complicaciones de superficie

#### **4.5. Refracción residual en la queratoplastia laminar anterior profunda**

4.5.1. Importancia del problema

4.5.2. Causas del astigmatismo después de la queratoplastia laminar anterior profunda

4.5.2.1. Factores preoperatorios

4.5.2.2. Factores intraoperatorios

4.5.2.3. Factores postoperatorios

4.5.3. Aberraciones ópticas después de la queratoplastia laminar anterior profunda

4.5.4. Comparativa con el astigmatismo después de la queratoplastia penetrante

4.5.5. Refracción residual después de la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono

4.5.6. Prevención de la refracción residual en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono

4.5.7. Prevención de la refracción residual en la queratoplastia laminar anterior profunda por otras patologías

#### **4.6. Corrección refractiva de la queratoplastia laminar anterior profunda**

4.6.1. Cirugía refractiva-terapéutica

4.6.2. Técnicas de fotoablación corneal

4.6.2.1. Queratectomía fotorrefractiva

4.6.2.2. Queratomileusis in situ asistida por Láser de Excímero

4.6.2.3. Asociación de Láser de Femtosegundo y LASIK

4.6.2.4. Tallado intraestromal con Láser de Femtosegundo

4.6.3. Técnicas de moldeado corneal

4.6.3.1. Incisiones corneales: queratotomía astigmática

4.6.3.2. Resecciones en cuña

4.6.3.3. Segmentos de anillo intracorneales

4.6.4. Lentes intraoculares fáquicas

4.6.4.1. Lentes fáquicas de fijación iridiana

4.6.4.2. Lentes fáquicas de apoyo en cuerpo ciliar

4.6.5. Lensexectomía con implante de lente intraocular

4.6.5.1. Opciones quirúrgicas

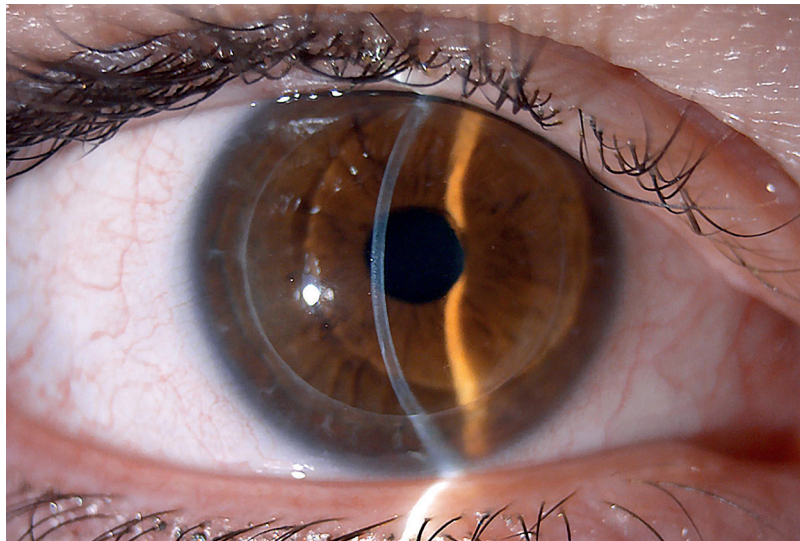
4.6.5.2. Selección de la lente intraocular

4.6.6. Cirugía de la pseudofaquia: intercambio de lente o implante adicional

## 4.1. Queratoplastia laminar anterior profunda

### 4.1.1. Definición

El trasplante laminar anterior profundo o queratoplastia laminar anterior profunda (DALK, acrónimo en inglés de *Deep Anterior Lamellar Keratoplasty*), consiste en el reemplazo del epitelio y del estroma corneal hasta sus capas más profundas (nivel pre-descemético o nivel descemético), por un tejido donante (fig. 1). Con ello, se evita la perforación del globo ocular y se mantiene el endotelio del receptor. La dificultad de la técnica reside en lograr el mínimo espesor residual posible: cuanto menor lecho residual obtengamos, más rápida será la recuperación visual del paciente<sup>1</sup>.



**Figura 1.** Trasplante laminar anterior profundo.

### 4.1.2. Antecedentes históricos

Como está recogido en la ponencia de la Sociedad Española de Oftalmología de 2016, elaborada por Rafael Barraquer y Juan Álvarez de Toledo<sup>2</sup>, la queratoplastia lamelar o laminar (como los autores proponen) fue descrita en la primera mitad del siglo XIX por Von Walter, pero el primero en llevarla a cabo con éxito fue Von Hippel, en 1866<sup>3</sup>. En 1905, Eduard Konrad Zirm<sup>4</sup>, desarrolló por primera vez el trasplante de espesor total o queratoplastia penetrante (PKP, acrónimo en inglés de *Penetrating Keratoplas-*

#### 4. Introducción

ty), a pesar de que la mayoría de los trasplantes de córnea se hicieron laminares hasta más allá del primer tercio del siglo XX. Gracias a los buenos resultados obtenidos por Zirm, al desarrollo de los bancos de ojos, a la aparición del microscopio quirúrgico y de las suturas de monofilamento, y a los nuevos fármacos orientados a prevenir los rechazos, otros cirujanos asiduos a las técnicas laminares como eran Anton Elshning y Vladimir Filatov, decidieron pasarse a la técnica penetrante. Todos ellos llevaron a cabo más de 3000 trasplantes, y definieron los principios quirúrgicos de la técnica penetrante que conocemos hoy en día<sup>5</sup>.

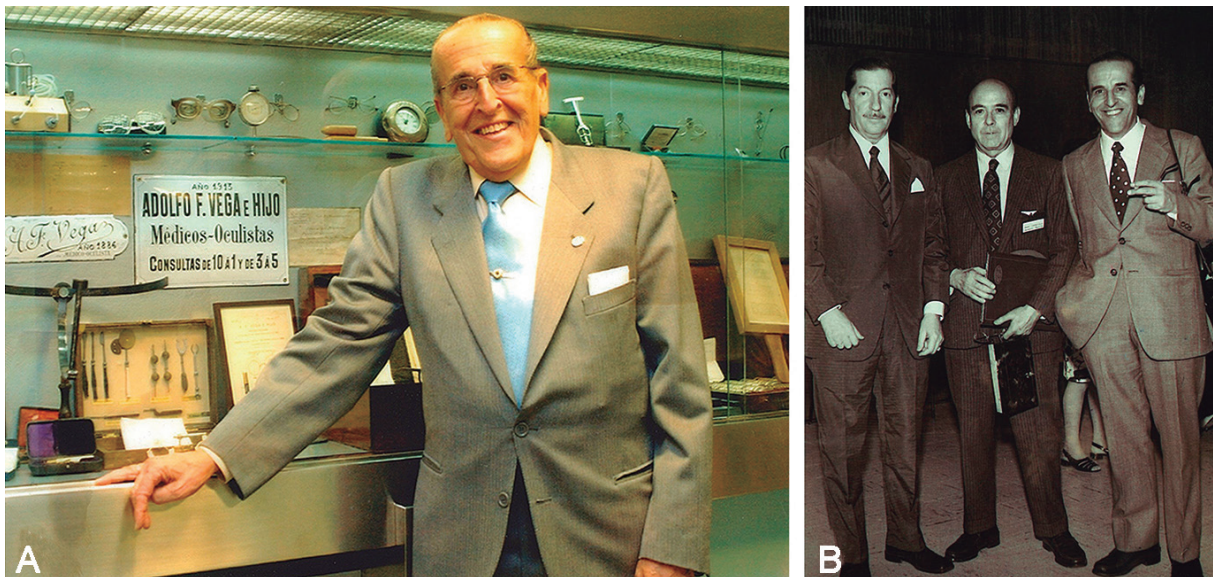
En España, la oftalmología se consolida como especialidad médica en la última parte del siglo XIX. En este marco histórico, surge la figura de Ramón Castroviejo Briones (1904-1987) (fig. 2). El doctor Castroviejo viajó a Estados Unidos en 1928, donde compatibilizó tareas investigadoras, clínicas y docentes; y en los primeros años de la década de 1930, se especializó en el trasplante de córnea<sup>6</sup>. Fue en 1935 cuando tomó la decisión de establecerse definitivamente en Estados Unidos. Desde allí, creó un programa de becas internacional con el objetivo de promover la formación y el crecimiento profesional. Unas de las primeras becas otor-



**Figura 2.** Ramón Castroviejo Briones.

#### 4. Introducción

gadas fueron para Gustavo Leoz (1918-2011) y Rafael Bartolozzi (1915-1976). En los primeros años de la década de 1970 regresó a España, donde promovió la creación del Instituto de Investigaciones Oftalmológicas Ramón Castroviejo. En este Instituto, también participaron diferentes oftalmólogos de reconocido prestigio en su época como fue Luis Fernández-Vega Diego (1923-2010), con quien mantuvo una estrecha relación profesional y de amistad a lo largo de toda su vida (fig. 3). Su creación tuvo como objetivos impulsar el desarrollo de la Oftalmología española y colaborar en el desarrollo de la cirugía de los trasplantes. Sus primeras actividades primordiales fueron la creación del Banco de Ojos Español cuyo coordinador, por deseo explícito de Ramón Castroviejo, fue Luis Fernández-Vega Diego, hombre de su completa confianza. Publicó su primera obra sobre los trasplantes de córnea penetrantes en 1946<sup>7</sup>, y pocos años después, publicó los resultados obtenidos con el trasplante laminar anterior y su comparativa con los trasplantes de espesor total<sup>8,9</sup>.



**Figura 3.** A: Luis Fernández-Vega Diego. B: De izqda. a dcha. Rafael Bartolozzi, Ramon Castroviejo y Luis Fernandez-Vega Diego.

De manera paralela en esa misma época, Jose Ignacio Barraquer y Joaquín Barraquer hicieron publicos sus primeros resultados sobre los trasplantes penetrantes<sup>10,11</sup>, y un poco más tarde, sobre los trasplantes laminares<sup>12</sup>. Fue Joaquín Barraquer, el primero en publicar una obra completa sobre los trasplantes de córnea; una experiencia basada en 25 años de profesión<sup>13</sup>.



#### 4. Introducción

La primera década del siglo XXI ha sido testigo del regreso de la queratoplastia laminar selectiva, tanto anterior como posterior. La mejoría técnica y tecnológica experimentada, y las complicaciones secundarias a los trasplantes penetrantes que se han ido describiendo a lo largo de los años, principalmente rechazos y fracasos tardíos del injerto, son factores que han hecho que los cirujanos se planteen de nuevo el empleo de la técnica laminar frente a la técnica penetrante clásica.

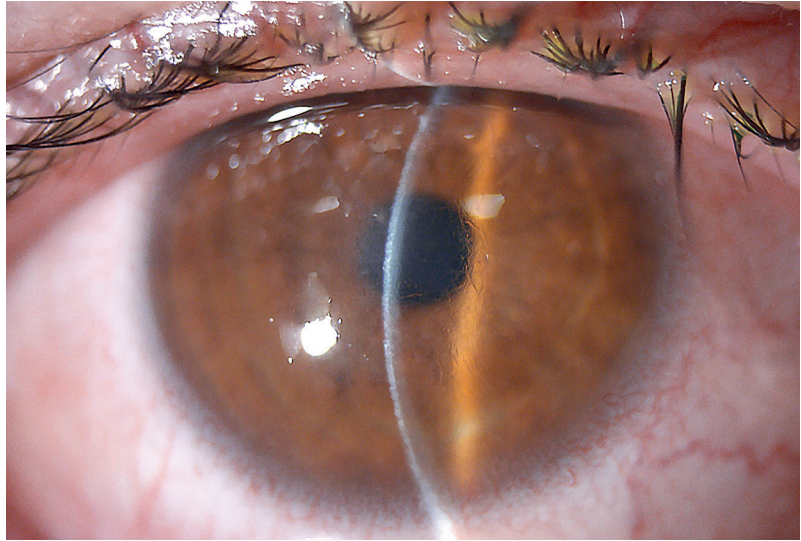
Debido a que la DALK evita la perforación ocular, se disminuye en gran medida la posibilidad de glaucoma, la formación de cataratas, el desprendimiento de retina, edema macular cistoide y/o la hemorragia coroidea expulsiva, entre otras. Además, al no ser necesario reemplazar el endotelio receptor, se puede disminuir la incidencia de rechazo del injerto, y obtener resultados visuales comparables a las técnicas penetrantes<sup>14-16</sup>.

La DALK se trata de una cirugía compleja debido a su dificultad técnica y al tiempo de ocupación del quirófano<sup>17</sup>. Con la aparición de las nuevas tecnologías y las nuevas técnicas, se ha ido perfeccionado el procedimiento, y se están obteniendo unos resultados postoperatorios cada vez mejores.

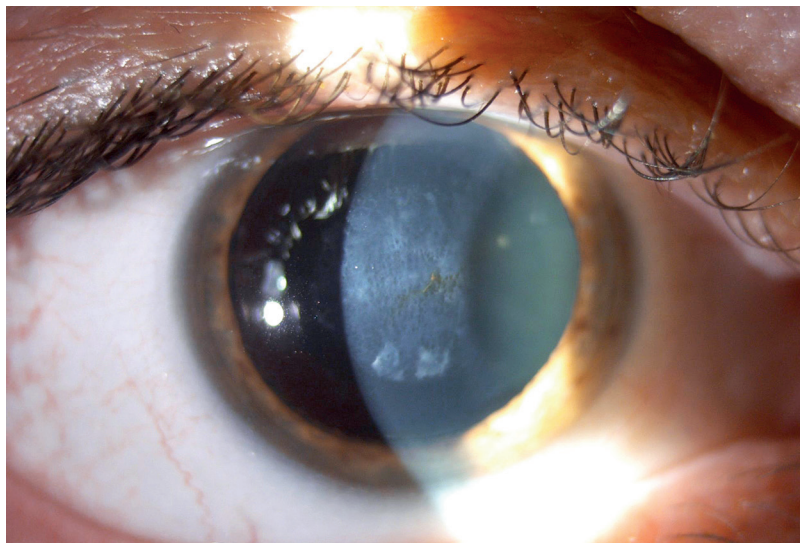
##### 4.1.3. Indicaciones

La DALK es un procedimiento cada vez más utilizado como alternativa a la queratoplastia penetrante en aquellos casos donde la membrana de Descemet (DM, acrónimo en inglés de *Descemet Membrane*) y el endotelio se encuentran sanos. Aunque no está tan extendida como el trasplante endotelial de la DM (DMEK, acrónimo en inglés de *Decemet Membrane Endothelial Keratoplasty*) en estos momentos, los avances en las técnicas descritas por Melles et al.<sup>18</sup>, están ayudando a su difusión y desarrollo.

Como describió Rafael Barraquer en 2016<sup>19</sup>, las indicaciones para realizar un trasplante de este tipo pueden atender a 2 necesidades: en primer lugar, la de recuperar la transparencia óptica de la córnea, como sucede en aquellos casos de cicatrices o leucomas corneales secundarias a distrofias y degeneraciones corneales anteriores (distrofia de la membrana de Bowman y el estroma anterior) (fig. 4), de opacidades secundarias a cirugías refractivas superficiales (*haze* o colgajos perforados o irregulares) (fig. 5), o de



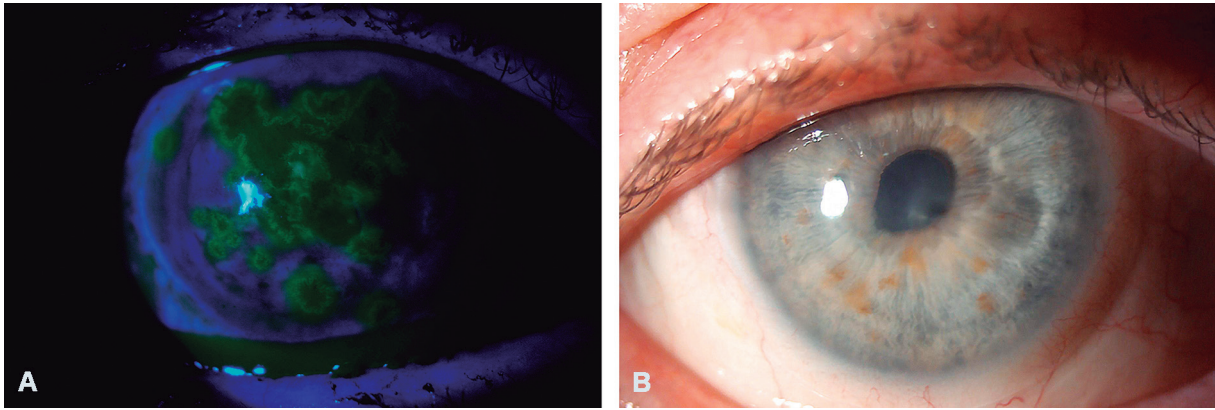
**Figura 4.** Distrofia corneal anterior.



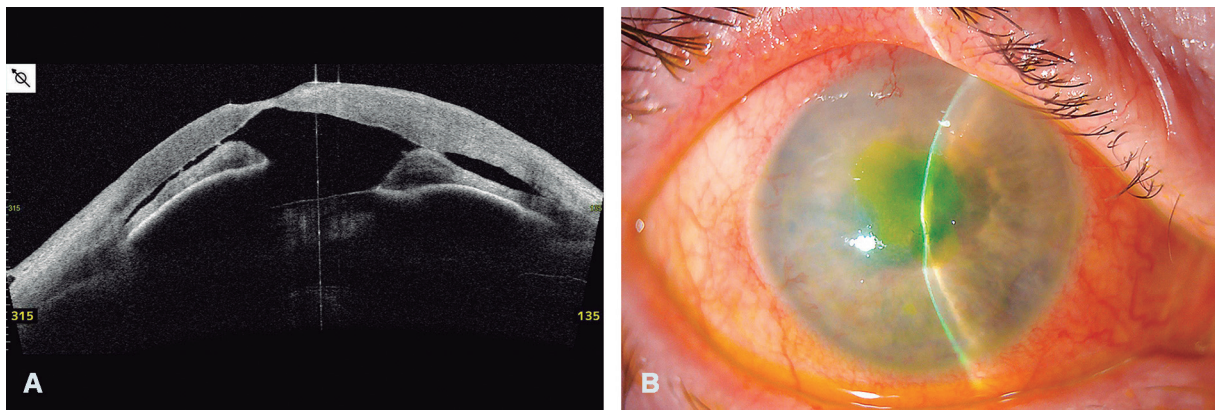
**Figura 5.** Opacidades secundarias a cirugía refractiva de superficie (*haze*).

patologías infecciosas de cualquier origen, fundamentalmente leucomas post-herpéticos (fig. 6); y, en segundo lugar, la de reconstruir la estructura la córnea (finalidad tectónica o reconstructiva), como sucede en aquellos casos de pérdida de sustancia tras infecciones (fig. 7), traumatismos quirúrgicos (cirugía de pterigium, tumores superficiales u otras queratectomías que afecten al eje visual), o tras múltiples ablaciones ya sean refractivas o terapéuticas, que hayan producido una pérdida de tejido con o sin irregularidades y/o opacidades persistentes asociadas; y también en aquellos casos de ectasias, ya sean primarias (queratocono) o secundarias a cirugías refractivas previas (figs. 8 y 9).

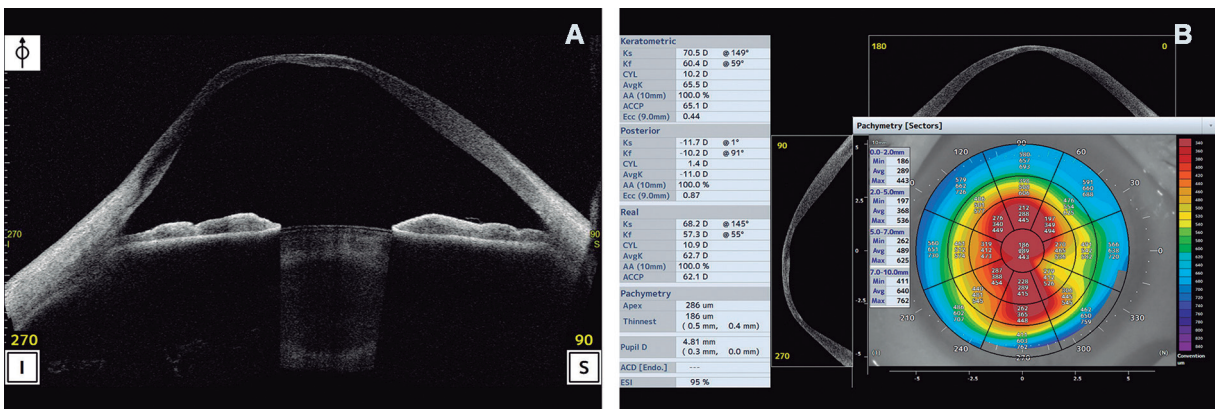
#### 4. Introducción



**Figura 6.** A. Tinción con Fluoresceína de las dendritas herpéticas. B. Leucoma corneal inactivo secundario a patología herpética.



**Figura 7.** Imagen de pérdida de sustancia tras infección herpética con OCT de segmento anterior (A), y con lámpara de hendidura (B).

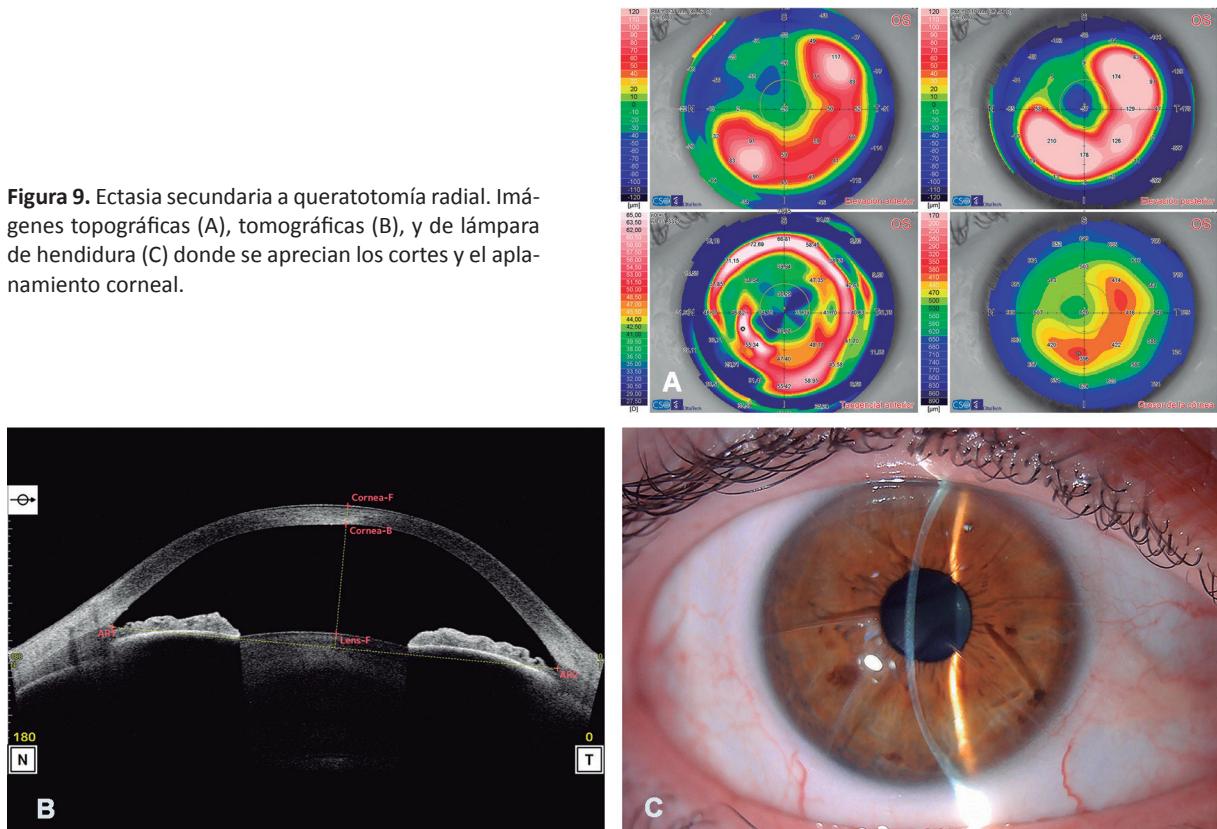


**Figura 8.** Adelgazamiento corneal en paciente con queratocono avanzado. Diferentes cortes tomográficos (A y B).



#### 4. Introducción

**Figura 9.** Ectasia secundaria a queratotomía radial. Imágenes topográficas (A), tomográficas (B), y de lámpara de hendidura (C) donde se aprecian los cortes y el aplastamiento corneal.

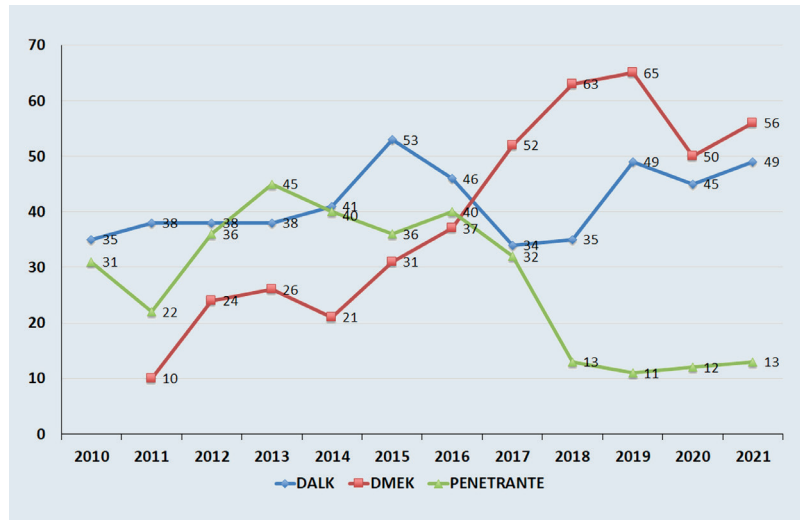


La DALK en la actualidad se realiza cada vez más como un procedimiento primario, especialmente en Europa, Medio y Lejano Oriente y América Latina<sup>20</sup>. El motivo principal sigue siendo el queratocono, estando descrita una mayor incidencia en los hombres (H) (y a una edad más temprana) en comparación con las mujeres (M), en una proporción de 1:9 (hombres/mujeres)<sup>21</sup>.

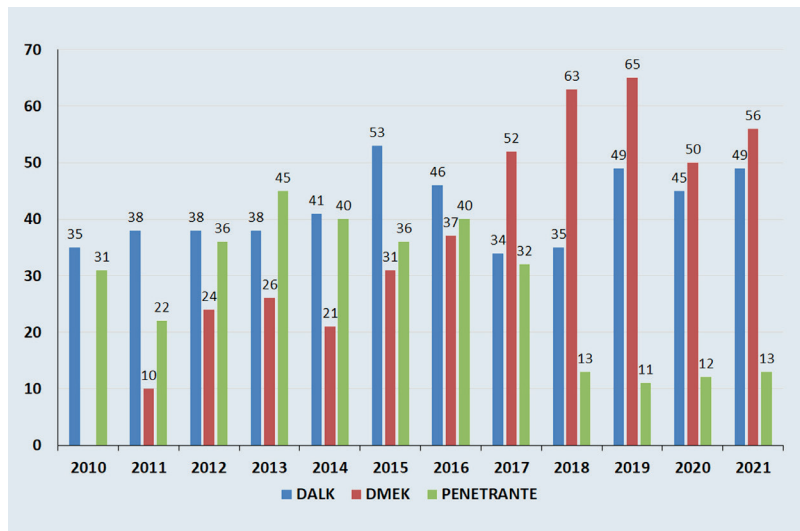
La técnica DALK se realiza en el IUFV (Instituto Universitario Fernández-Vega) desde sus inicios, teniendo unos porcentajes de cirugías de trasplantes constantes entre 2010 y 2021<sup>22</sup> (figs. 10 y 11). En ese periodo de tiempo, las indicaciones quirúrgicas más frecuentes para el trasplante de córnea en el IUFV, han sido la distrofia endotelial de Fuchs, la insuficiencia endotelial tras cirugía de catarata, el fracaso de un trasplante previo y el queratocono (fig. 12).

Comparando estas indicaciones con las de otros estudios, se puede comprobar que varían según el país, la época en la que se hace el estudio, los factores ambientales y locales, los cam-

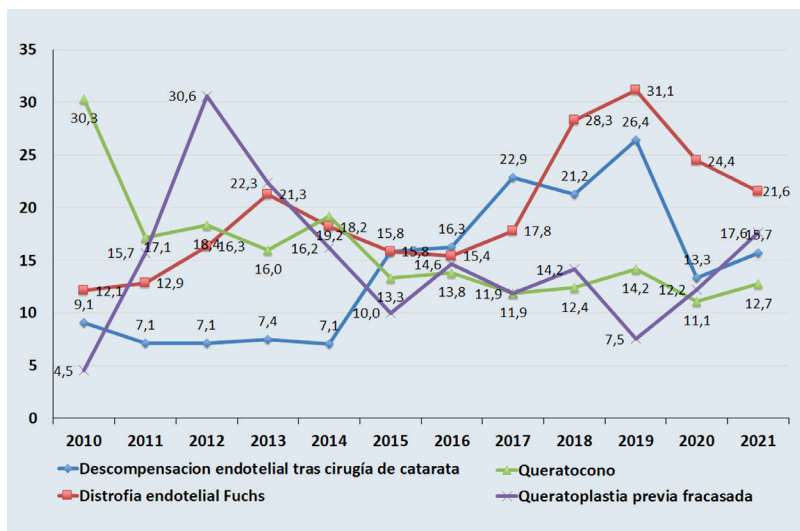
#### 4. Introducción



**Figura 10.** Evolución en las técnicas quirúrgicas a lo largo de los años en el IUFV.



**Figura 11.** Número de trasplantes de córnea realizados en el IUFV entre 2010 y 2021. Observamos la creciente subida de las queratoplastias laminares en los últimos años frente a las PKP.



**Figura 12.** Variaciones en las indicaciones más frecuentes del trasplante de córnea a lo largo de los años en el IUFV.

bios tecnológicos y las preferencias del centro quirúrgico y del cirujano.

En los últimos años ha existido un cambio significativo en la indicación de la DALK. En nuestro centro, el queratocono representó el 21,9% de los injertos realizados entre 2010 y 2012, y el 13,9% de los injertos realizados entre 2013 y 2021 siendo, durante todos estos años y de manera consecutiva, la indicación más frecuente para este tipo de trasplante. Röck et al.<sup>23</sup>, determinaron que el queratocono era la indicación más común (41,7%) para el trasplante de córnea en 2005, pasando a un tercer puesto en el año 2016 (6,5%).

En el IUFV, el queratocono se mantiene estable en porcentajes de indicación para la DALK desde hace 3 años (12,0%  $\pm$  0,66). En Francia, esta patología era la cuarta indicación de trasplante de córnea en 2015 (12,8%). Sin embargo, otros estudios europeos y estadounidenses publicados entre 2012 y 2015 sitúan a esta enfermedad corneal como la primera indicación para el trasplante de córnea (25,5%-41,3%)<sup>24-35</sup>.

Por el contrario, en el IUFV la queratoplastia penetrante está cada vez más en desuso, estando reservada para casos excepcionales donde ninguna capa de la córnea es viable (como en las infecciones, por ejemplo). Como se muestra en la figura 10, este procedimiento se realiza en contadas ocasiones desde hace ya más de 4 años.

Actualmente en Europa, el gran desarrollo de nuevas técnicas quirúrgicas como son el implante de segmentos de anillo intracorneales<sup>36</sup> (ICRS, acrónimo en inglés de *IntraCorneal Rings Segments*) el refuerzo del colágeno corneal mediante riboflavina y luz ultravioleta<sup>37</sup> (CXL, acrónimo en inglés de *Cross-linking*), o las nuevas técnicas de remodelación corneal<sup>38</sup> (CR, acrónimo en inglés de *Corneal Remodeling*) han reducido de manera significativa el número de trasplantes debidos al queratocono. Esta alternativa ha quedado reservada para estadíos avanzados de la enfermedad (grado IV de la clasificación de Amsler-Krumeich).

Como se describe anteriormente, la no perforación del globo ocular aporta numerosas ventajas a esta técnica. En un análisis propio realizado entre 2010 y 2018, se observa que la técnica quirúrgica más utilizada en el IUFV para tratar un injerto fallido en pacientes con DALK previo, fue un re-DALK en el 59,4% de los casos, seguido de la PKP (36,2%) y de la queratoplastia laminar anterior

superficial (2,9%) (SALK, acrónimo en inglés de *Superficial Anterior Lamellar Keratoplasty*).

## 4.2. Técnica quirúrgica en la queratoplastia laminar anterior profunda

### 4.2.1. Evolución de la técnica en los diferentes países

En relación a lo publicado en la bibliografía<sup>39</sup>, en estos últimos años hemos observado una disminución de las técnicas penetrantes clásicas y un incremento de las técnicas laminares. En el IUFV, el trasplante de córnea penetrante disminuyó su indicación del 46,9% en 2010, al 11,7% en 2018, manteniéndose actualmente en porcentajes similares (11,01% en 2021); mientras que los trasplantes laminares se incrementaron en porcentajes inversos: del 53,1% en 2010, al 88,4% en 2018<sup>22</sup> y al 89% en 2021, de los cuales el 41,5% son DALK y el resto, DMEK.

En otros países como el Reino Unido, la DALK aumentó desde un 8,8% de todos los trasplantes realizados en pacientes con queratocono en 1999-2000, a un 40,1% en 2008-2009<sup>40</sup>. Una tendencia similar se observa en Ontario (Canadá), donde entre 2011 y 2012, también se produjo un aumento en el empleo de esta técnica, llegando a representar aproximadamente el 30% de todos los trasplantes realizados por queratocono<sup>41</sup>. Sin embargo, en British Columbia (Canadá), la DALK solo representó el 0,6% de todos los trasplantes de córnea, y el 3,2% de todas las queratoplastias realizadas por queratocono en 2011<sup>25</sup>. Si consideramos Estados Unidos, ha habido un aumento constante pero lento en el número de DALK estos últimos años; en 2005, se realizaron 869 trasplantes, con un aumento a 1072 en 2008, sin cambios significativos en años posteriores<sup>42</sup>. Según el último informe estadístico de 2019 de la Eye Bank Association of America<sup>43</sup>, la popularidad general de la DALK en queratocono ha permanecido limitada: solo el 11% de los trasplantes han sido tipo DALK frente al 89% realizados con PKP.

Estos datos reflejan que se trata de una técnica compleja como para incluirla en nuestra práctica clínica diaria<sup>44</sup>. La curva de aprendizaje necesaria, teniendo en cuenta su dificultad y el tiempo quirúrgico más largo que se necesita para realizarla, podrían ser las causas de que su desarrollo haya sido limitado en algunos países.

#### 4.2.2. Revisión de las opciones quirúrgicas

Como publicaron Al-Kharashi SA et al.<sup>45</sup> en una revisión realizada en el año 2009, el primer cirujano que intentó diseccionar el estroma cercano a la DM fue Hallermann en 1959, aunque la disección profunda hasta obtener un plano de división natural entre el estroma y la DM fue descrita por primera vez por Anwar en 1974. Anwar utilizó el estroma corneal donante de espesor total, pero como exponen los autores, a diferencia de Hallermann, eliminó tanto el endotelio como la DM. Así se evitaría causar una reacción inflamatoria en la interfase entre donante y receptor, lo que retrasaría la cicatrización de la herida, como se demostró unos años más tarde<sup>46</sup>.

Como reconocieron Al-Kharashi et al.<sup>45</sup> el término de «queratoplastia laminar profunda» fue introducido por primera vez por Archila en 1985<sup>47</sup>. Parece ser que Archila también fue el primero en utilizar la inyección de aire intraestromal para separar el estroma de la DM, aunque Price<sup>48</sup>, publicó una técnica muy parecida unos años después. En 1997, Sugita et al.<sup>14</sup>, publicaron el primer estudio comparativo entre los pacientes intervenidos mediante trasplantes laminares profundos, y aquellos con trasplantes penetrantes, siendo los primeros en utilizar la hidrodelaaminación como disección del estroma receptor.

Dos años más tarde, Melles et al.<sup>18</sup>, describieron la técnica pre-descemética que actualmente lleva su nombre y que consiste en una disección manual con la entrada en el limbo esclero-corneal. En el año 2000, estos mismos autores<sup>49</sup> publican la técnica de inyección de viscoelástico para la disección de la DM utilizando una aguja de calibre 30g.

Actualmente, se busca reducir el tiempo quirúrgico de la DALK y, a la vez, obtener un plano descemético. Por esta razón, la técnica que se ha convertido en la más popular, es la denominada «gran burbuja» (acrónimo en inglés, *big-bubble*); descrita por Anwar y Teichmann<sup>50</sup> en el año 2002.

Desde sus inicios, se han estudiado y realizado diversas técnicas quirúrgicas con el fin de llegar al plano de la DM, aunque actualmente sabemos que obtener este plano no implica mejores resultados visuales en comparación con las técnicas pre-desceméticas, donde se mantienen las capas estromales más profundas<sup>14</sup>. La diferencia principal entre ambas técnicas, desceméticas y pre-desceméticas, sería, en teoría, un tiempo de recuperación visual menor en las

desceméticas<sup>51</sup>. Ardjomand et al.<sup>1</sup>, demostraron que cuando se obtiene un espesor del lecho residual menor de 20  $\mu\text{m}$ , los pacientes presentan una agudeza visual similar a aquellos intervenidos mediante PKP, mientras que, si el lecho del receptor es mayor de 80  $\mu\text{m}$ , la agudeza visual se reduce significativamente sobre todo en el postoperatorio inmediato.

En esta misma línea, Genc et al.<sup>52</sup>, afirmaron recientemente que la presencia de estroma corneal posterior residual se correlaciona con una menor agudeza visual post-operatoria, aunque reconocen que los resultados visuales y refractivos fueron evaluados demasiado pronto, en el primer año después del procedimiento, y tan sólo un mes después de la retirada completa de las suturas. Por este motivo, el tiempo de seguimiento en los pacientes intervenidos de DALK es fundamental para poder evaluar los resultados refractivos finales.

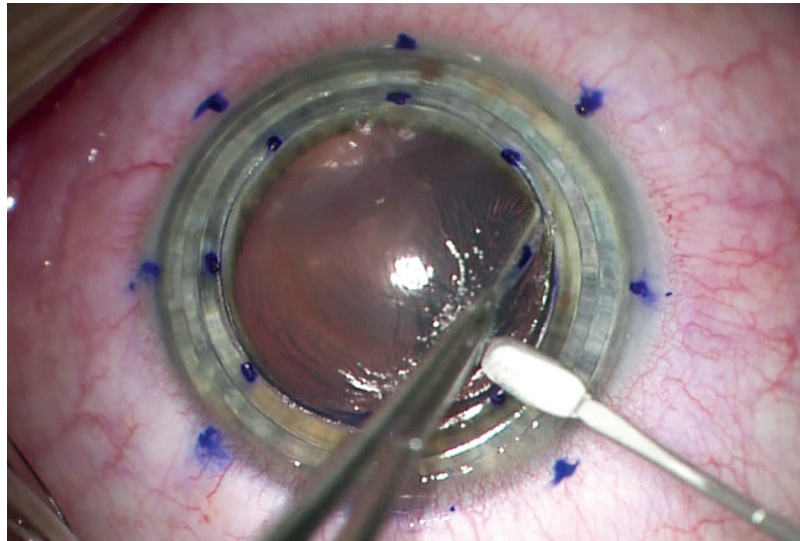
Para acceder a cualquiera de estos dos planos (descemético o pre-descemético), están descritas diferentes técnicas quirúrgicas que repasaremos a continuación, siguiendo la clasificación publicada previamente en el año 2009 por Al-Kharashi et al.<sup>45</sup> y la más popularizada hasta el año 2020. La elección de una u otra puede depender de la patología del paciente o de las preferencias del cirujano. Es importante conocer cada una de ellas para escoger la más adecuada y segura en cada caso y, además, para saber cuales son las repercusiones postoperatorias en cuanto al astigmatismo inducido y el tiempo de recuperación visual, datos importantes a la hora de comparar los resultados refractivos postoperatorios.

### **4.2.2.1. Técnicas pre-desceméticas**

#### ***Disección abierta directa***

Este método fue descrito por Anwar<sup>53</sup> en 1974. Consiste en iniciar la disección de las lamelas corneales de manera manual a partir del propio corte de la trepanación, realizado a un 80% del espesor total de la córnea; estirando y levantando las capas más superficiales (fig. 13). A medida que nos acercamos a la DM, se pierde la referencia de las fibras estromales profundas, siendo complicado determinar la profundidad a la que se está trabajando. Por esta ra-





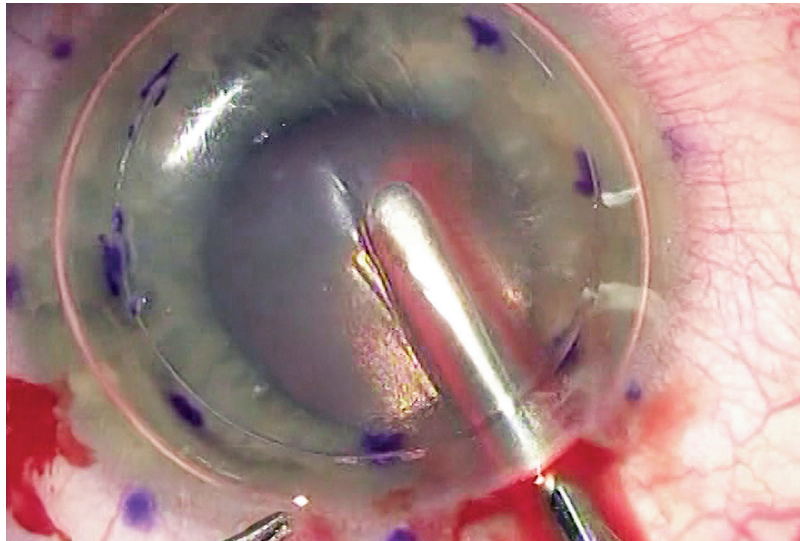
**Figura 13.** Técnica de Anwar. La disección manual del estroma profundo se inicia en el borde de la trepanación.

zón, en esta técnica en particular y en todas las técnicas de disección manual en general, es recomendable el uso de un paquímetro intraoperatorio o, si es posible, una tomografía de coherencia óptica (OCT, acrónimo en inglés de *optical coherence tomography*) intraoperatoria. Por lo tanto, con la técnica de Anwar, no se inyecta ni aire, ni viscoelástico ni suero para facilitar la disección de las capas más profundas<sup>45</sup>.

#### ***Disección cerrada***

Esta técnica fue descrita por Melles et al.<sup>18</sup> en 1999. Consiste en inyectar primero aire en la cámara anterior para visualizar la superficie corneal posterior, es decir, la interfase «aire-endotelio». De esta manera, crean un reflejo de espejo en la punta de la espátula y pueden guiarla a unos planos estromales más profundos. Con una espátula cortante y mediante incisión escleral tunelizada y cerrada, se disecan las capas internas de la córnea y se introduce viscoelástico para favorecer la separación de las mismas (fig. 14).

Unos años más tarde, Marchini et al.<sup>54</sup>, sugirieron sustituir el cuchillito por una espátula roma menos cortante, accediendo a las capas estromales a través de una incisión límbica de 4 mm y dejando intencionalmente un espesor mínimo residual de 50  $\mu\text{m}$ , con el objetivo de reducir el riesgo de rotura de la DM.



**Figura 14.** Técnica de Melles: disección laminar anterior profunda con espátula.

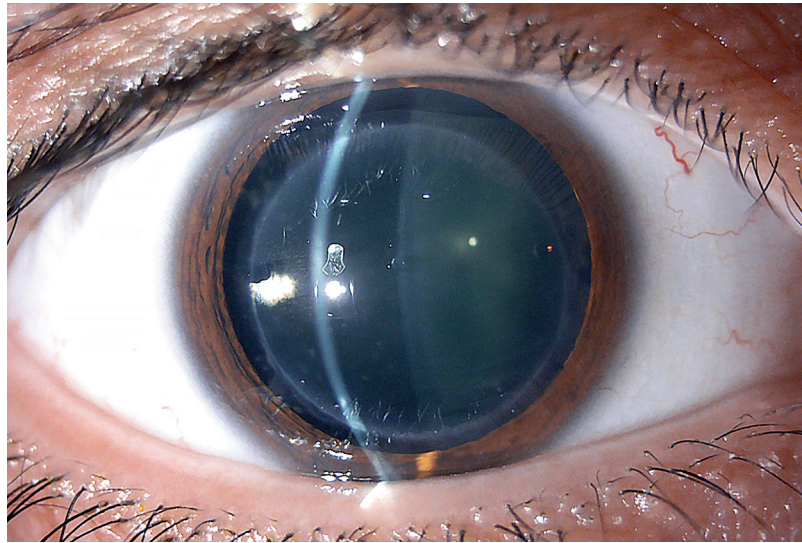
#### ***Disección asistida por microqueratomo***

Algunos autores como Tan y Mehta<sup>55</sup>, han descrito el procedimiento de queratoplastia terapéutica laminar automatizada (ALTK, acrónimo en inglés de *Automatic Lamellar Therapeutic Keratoplasty*). Esta técnica, utiliza el microquerátomo para realizar una disección corneal laminar anterior semiautomatizada tanto de la córnea donante, con el empleo de un mantenedor de cámara artificial, como de la córnea receptora. Se considera que esta técnica no ha conseguido generalizarse por la falta de precisión en la creación del diámetro del corte, tanto en el donante como en el receptor, ya que el diámetro depende, en parte, de las diferentes presiones de succión. Además, los retrasos o defectos en la epitelización, los crecimientos epiteliales en la interfase, la fibrosis, e incluso la vascularización, también han sido descritos como posibles complicaciones postoperatorias<sup>45</sup>.

#### ***Disección asistida por Láser de Femtosegundo***

El láser de femtosegundo (FS) nos permite realizar cortes en algunos tejidos y estructuras oculares de forma controlada, precisa y reproducible. Además, se puede realizar a la profundidad deseada obteniendo unos bordes definidos, sin dañar las zonas adyacentes donde se aplica, limitando el daño térmico a la zona del corte<sup>56</sup> (fig. 15).





**Figura 15.** Trasplante laminar anterior profundo asistido por láser de FS.

Actualmente, existen diferentes plataformas de láser de FS disponibles que nos permiten realizar estos cortes en la córnea: por un lado, Intralase (Intralase, Irvine, CA), que sólo trabaja en córnea; y, por otro lado, Victus (Bausch & Lomb, Rochester, NY, United States) y Femto LDV Z8 (Ziemer Ophthalmic Systems AG, Switzerland), que son plataformas capaces de trabajar tanto en córnea como en cristalino<sup>55</sup>.

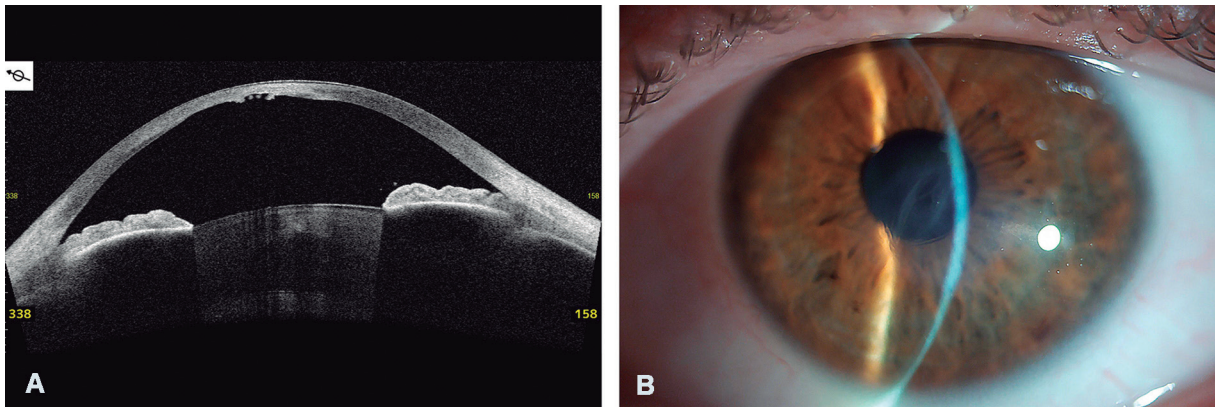
La precisión, seguridad y eficacia de esta nueva tecnología ya ha sido descrita para varios procedimientos corneales por diferentes autores<sup>57,58</sup>. En teoría, el láser de FS aumenta la precisión del corte en la córnea, creando una interfase estromal suavizada. De esta manera, aumenta la seguridad y la precisión del trasplante, aportando unas dimensiones altamente reproducibles en la unión donante-receptor y la orientación del corte lateral-vertical, lo que podría influir en la cicatrización de la herida y, por lo tanto, en el astigmatismo postoperatorio<sup>59</sup>. En comparación con el microquerátomo mecánico, está descrito que el láser de FS presenta una precisión de corte dos veces mayor, con una desviación estándar de la profundidad de corte de 12-18  $\mu\text{m}$ , frente a los 20-60  $\mu\text{m}$  del microquerátomo<sup>60-62</sup>. Además, con esta nueva tecnología se puede aumentar la zona de contacto entre el donante y el receptor<sup>63</sup>, moldeando los cortes de manera personalizada, y creando perfiles de la interfase variados (denominados «en champiñón», «seta», «sombrero de copa» o «zig-zag») con la idea de mejorar la cicatrización de la herida.

Al contrario de lo que se podría pensar, el láser de FS actuando a nivel pre-descemético no produce daños endoteliales. Los perfiles de se-

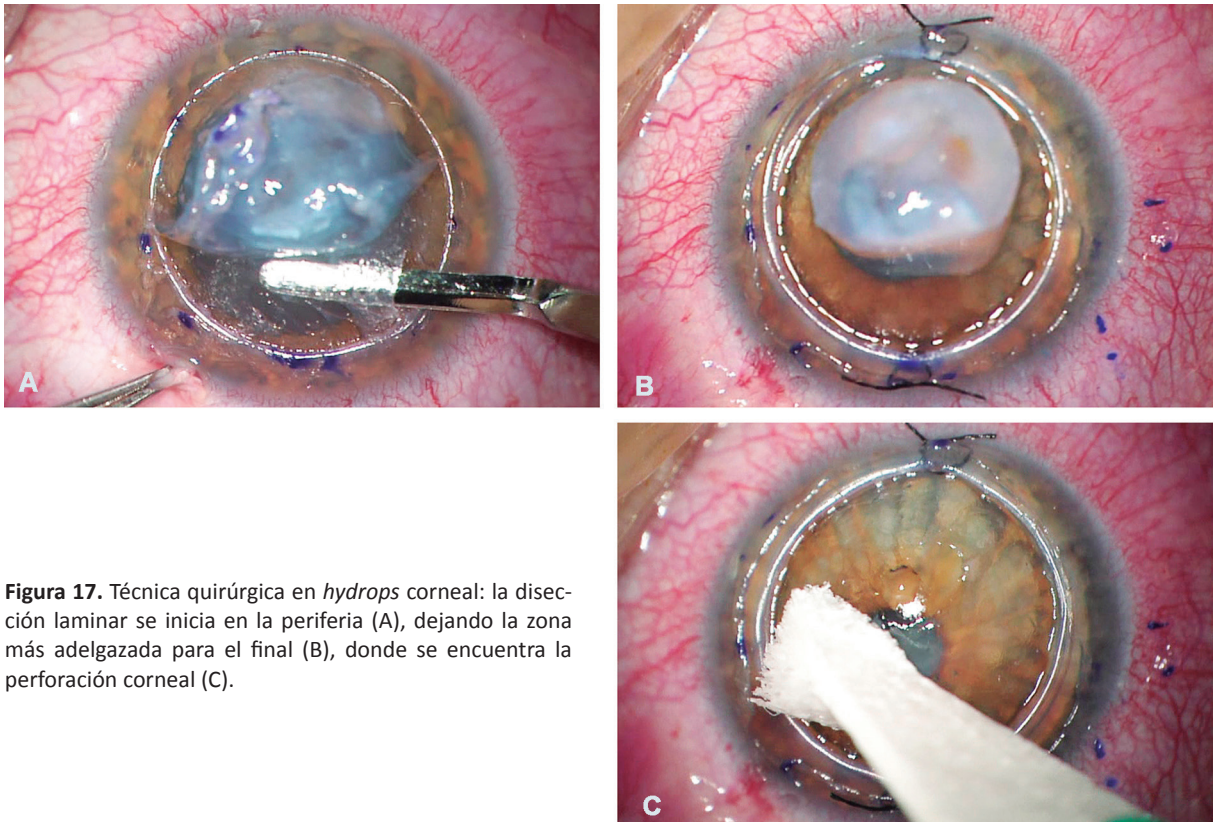
#### 4. Introducción

guridad endotelial de los cortes laminares a 110 y 80  $\mu\text{m}$  son comparables, pudiendo utilizarse con seguridad sin causar lesiones celulares<sup>64</sup>.

Estas técnicas pre-desceméticas también están indicadas en casos de queratocono avanzado con *hydrops* agudo, donde ya se ha producido una rotura de la DM y una posterior cicatrización (fig. 16). En estos pacientes, esta técnica disminuye el riesgo de perforación quirúrgica, permitiendo realizar trasplantes laminares en casos extremos<sup>65-66</sup> (fig. 17).



**Figura 16.** Hydrops corneal. Se observa la rotura de la DM con OCT de segmento anterior (A) y en la lámpara de hendidura (B).



**Figura 17.** Técnica quirúrgica en *hydrops* corneal: la disección laminar se inicia en la periferia (A), dejando la zona más adelgazada para el final (B), donde se encuentra la perforación corneal (C).

#### **4.2.2.2. Técnicas desceméticas**

##### ***Disección con inyección de aire intraestromal***

Esta técnica fue descrita en el año 1985 por Archila<sup>47</sup>, y cuatro años más tarde, fue un método empleado por Price<sup>48</sup>. Consiste en inyectar 1 centímetro cúbico de aire en las capas más profundas del estroma partiendo de la periferia media corneal. Se utiliza una aguja de 26g conectada a una jeringa, y se realiza una entrada oblicua. Al inyectarse el aire, todo el tejido corneal se vuelve opaco. Después, se trepana la córnea a una profundidad que deja un margen de seguridad, y se realiza progresivamente una disección más profunda, hasta alcanzar la DM.

##### ***Disección con inyección de suero intraestromal***

Fueron Sugita et al.<sup>14</sup>, los que, inicialmente, describieron la hidrodelaaminación del estroma corneal. Con esta técnica, en primer lugar, se realiza una trepanación de las tres cuartas partes del espesor corneal total, para después realizar una queratectomía laminar y la posterior inyección de una solución salina con una aguja de 27g. El líquido penetra entre las fibras de colágeno, produciendo una hidratación y blanqueamiento de las mismas. Más tarde, se inserta una espátula fina en el estroma hidrodelaaminado, y se mueve en abanico en distintas direcciones.

En el año 2005, Senoo et al.<sup>67</sup>, describieron una técnica similar mediante un abordaje corneo-escleral donde, después de la hidrodelaaminación, en lugar de introducir una espátula en el espacio virtual creado, se inyecta viscoelástico y después, se realiza la trepanación.

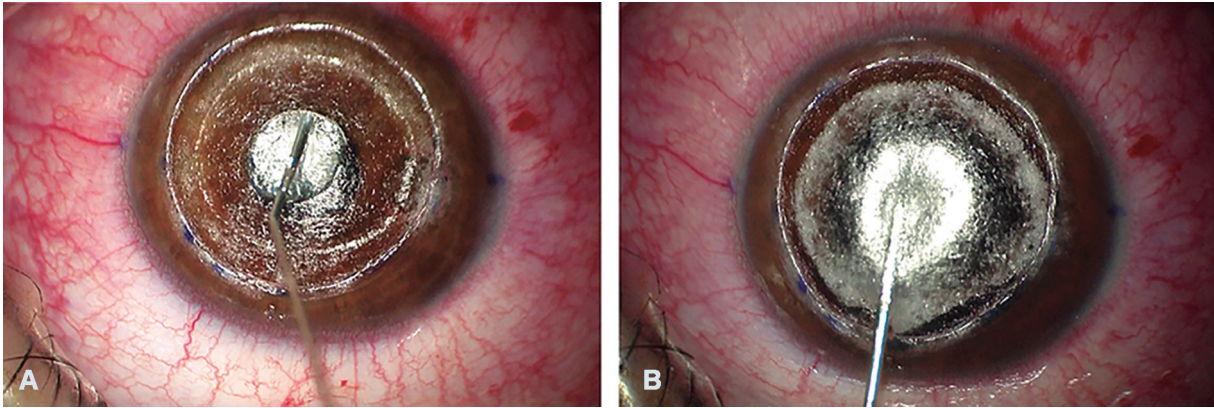
##### ***Disección con inyección de viscoelástico intraestromal***

Además de la técnica previamente descrita por Melles et al.<sup>49</sup>, existen otras similares que emplean también el viscoelástico como elemento disecante del estroma corneal y la DM. Manche et al.<sup>68</sup> en 1999, describieron una técnica que consiste en realizar una trepanación profunda para, a partir de ahí, crear un bolsillo entre las



#### 4. Introducción

fibras estromales profundas e inyectar el material viscoelástico a través de una cánula roma de 25g. Con la propia fuerza de la inyección, el material viscoelástico penetraría en el plano entre la DM y el estroma corneal más profundo, y lo disecaría (fig. 18).



**Figura 18.** Técnica de visco-disección de las capas más profundas (A y B).

Más recientemente, Livny et al.<sup>69</sup>, presentaron una nueva variante utilizando viscoelástico teñido con azul tripán con el objetivo de crear una disección predescemética. Esta tinción facilitaría la visualización de la burbuja, antes de retirar el botón corneal receptor.

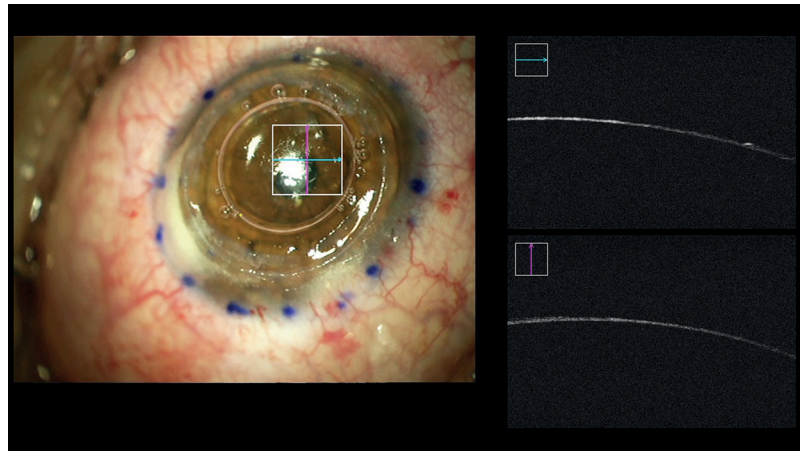
#### ***Disección mediante la técnica de «divide y vencerás»***

En 1998 Tsubota et al.<sup>70</sup>, publicaron un abordaje distinto a los descritos hasta la fecha. Con su técnica, se obtenía una disección profunda de la DM de manera manual, sin la necesidad de inyectar sustancias de manera incontrolada. Como su propio nombre indica, esta técnica deriva de la empleada en la facoemulsificación: se divide el estroma corneal en 4 cuadrantes y se realiza la disección laminar aproximadamente al 70% de profundidad, hasta que la DM esté completamente expuesta en la zona central. De esta manera, aumenta la repetibilidad y la estandarización del procedimiento.

#### ***Disección con la técnica de la gran burbuja***

Los primeros en describir esta técnica fueron Anwar y Teichmann<sup>50</sup> en el año 2002. A diferencia de las técnicas descritas previamente por Archila, en este caso, primero se realiza la trepana-

ción al 80% del espesor corneal total y, posteriormente, se inyecta el aire (fig. 19). Para ello, empleaban una jeringa con aguja de 30g, doblada 60° y con el bisel hacia abajo. Esta aguja era introducida mediante control visual directo en el área paracentral del estroma corneal.



**Figura 19.** Técnica de la gran burbuja. Imágenes intraoperatorias con OCT Rescan 700 de Zeiss.

Como se describió anteriormente, el resultado de la inyección de aire en las capas estromales produce un disco semiopaco circular de color blanquecino. Esto indica la formación de una gran burbuja, que desprende la DM de las capas estromales profundas. Después de eliminar el estroma anterior mediante una trepanación parcial, se realiza una pequeña incisión en la pared anterior de la gran burbuja de aire, se inserta una espátula roma fina en la burbuja y se retira el estroma que queda sobre ella.

Diferentes autores han ido modificando la técnica de aire-disecación original de Anwar y Teichmann, con la idea de reducir el número de complicaciones. En 2009, Farid y Steinert<sup>71</sup>, describieron una nueva combinación que incluía la gran burbuja y la incisión en zigzag realizada mediante el láser de FS. Este procedimiento, aumenta el área de superficie entre el donante y el receptor, entrelazándolos y pudiendo crear una compatibilidad entre ambos personalizada. Según los autores, este patrón de corte permite una rápida cicatrización y una buena estabilidad biomecánica. Además, el láser permite realizar el corte a una profundidad exacta, favoreciendo una colocación más precisa de la aguja para la posterior inyección del aire. Más tarde, Buzzonetti et al.<sup>72,73</sup>, confirmaron que el láser de FS podría estandarizar la técnica de la gran burbuja, reduciendo el riesgo de complicaciones intraoperatorias y permitiendo buenos resultados refractivos.

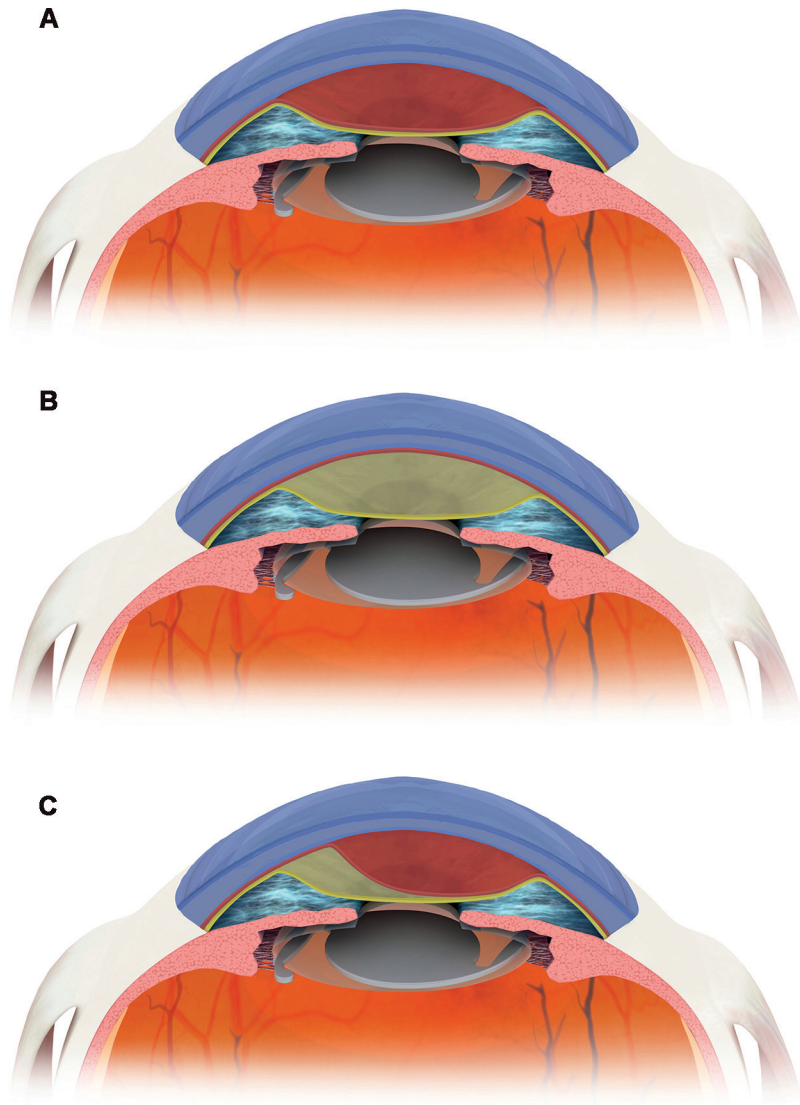
#### 4. Introducción

Tan y Mehta<sup>55</sup> en 2007, también modificaron la técnica original creando la burbuja de aire después de la extracción manual de la mitad anterior del estroma tras la trepanación parcial. De esta forma, reducían el riesgo de perforación entrando inmediatamente con la aguja en las capas más profundas del estroma, con una mejor visualización, creando una burbuja más centrada y controlada.

Actualmente se sabe que para lograr una gran burbuja hay que obtener una disección neumática a la profundidad adecuada, que correspondería a localizar la punta de la aguja dentro de las 100  $\mu\text{m}$  de la superficie corneal posterior, dato que ha sido determinado gracias a las imágenes obtenidas intraoperatoriamente con la OCT. En estos casos, se estima que el porcentaje de éxito supera el 90%<sup>74</sup>.

Pero no siempre que se realiza la técnica de la gran burbuja obtenemos el plano deseado. Cuando se administra una inyección de aire intraestromal, se pueden obtener 3 tipos de burbujas diferentes. Por un lado, está la burbuja tipo 1, donde el aire separa la capa de Dua (DL, acrónimo en inglés de *Dua Layer*) del estroma profundo, creando una gran burbuja central de unos 8 a 9 mm de diámetro. Esta DL, descrita en el año 2013 por Harinder Dua, se trata de una capa de colágeno corneal situada por debajo de la última fila de queratocitos. Es delgada pero resistente, y parece proporcionar un plano de disección adecuado durante la DALK<sup>75</sup>. Por otro lado, tenemos la burbuja tipo 2, que aparece cuando la DM se separa de la superficie posterior de la DL por la burbuja de aire, formando una burbuja más grande y con una pared más delgada, siendo más susceptible a roturas y estallidos. En tercer lugar, tenemos la posibilidad de que se formen ambas burbujas, dando lugar a una burbuja mixta (fig. 20). Por lo general, cuando coexisten las dos, la burbuja de tipo 1 es completa y la de tipo 2 es parcial, aunque ambas podrían ser completas. Está descrito que alrededor del 80% de las burbujas que se forman son de tipo 1, mientras que el 20% son de tipo 2 o mixto<sup>76</sup>.

Además, se considera que el proceso de formación de la gran burbuja puede estar determinado por la patología de base en el momento del trasplante. Por ejemplo, en ojos con queratocono, la aparición de la gran burbuja tiene un comienzo central, tanto en la tipo 1 como en la tipo 2. Además, su formación es significativamente más rápida en la tipo 2, y la mayoría de ellas comienzan con una pequeña burbuja intraestromal antes de que el aire acceda al plano entre la DM y el estroma<sup>77</sup>.



**Figura 20.** Esquema de los diferentes tipos de burbuja que se pueden obtener con la técnica *Big-Bubble*: tipo 1 (A), tipo 2 (B) y mixta (C).

Actualmente, se ha publicado una técnica modificada que utiliza inyección de aire secuencial con la ayuda de una paracentesis auxiliar para disminuir la presión intraocular, permitiendo así el agrandamiento de la burbuja tipo 1 de manera segura y controlada con un riesgo mínimo de complicaciones<sup>78</sup>.

Comparando la técnica de la gran burbuja con los métodos manuales, en estudios realizados recientemente no se han observado diferencias en las propiedades biomecánicas de la córnea entre aquellos casos intervenidos con la gran burbuja, y en los pacientes donde fue necesario a una reconversión manual de la técnica DALK<sup>79</sup>.

#### 4. Introducción

Todas estas técnicas mencionadas para la DALK comparten la complejidad y el tiempo quirúrgico. La complicación más habitual durante la cirugía, independientemente de la técnica empleada, es la perforación traumática de la DM, con una incidencia estimada de entre un 4,0 y un 39,2%<sup>14,54,80</sup>, siendo necesario reconvertir a PKP en el 2,3 - 3,5% de los casos<sup>55,71,75,76,81,82</sup>.

En el último Congreso Mundial de Córnea desarrollado en Chicago los días 28 y 29 de septiembre de 2022, Vincenzo Sarnicola presentó una nueva clasificación histológica de la disección laminar anterior. Su presentación llevaba como título: *DALK Surgical Anatomy and Appropriate Acronyms*. En dicha sesión, se mostró una nueva clasificación orientada a los resultados histológicos que cada una de las técnicas quirúrgicas pueden lograr, y no a la técnica quirúrgica en sí basada en la apariencia macroscópica intraoperatoria, como sucedía hasta la fecha. De esta manera, el grupo de Sarnicola ha consensuado la creación de tres subtipos de disección laminar anterior: **DALK**, acrónimo en inglés de *Deep Anterior Lamellar Keratoplasty*; **STALK**, acrónimo en inglés de *Sub-total Anterior Lamellar Keratoplasty*; y **TALK**, acrónimo en inglés de *Total Anterior Lamellar Keratoplasty*.

La denominación de DALK quedaría relegada simplemente a aquella técnica manual que obtiene un lecho estromal residual menor de 80 micras, y que incluye estroma posterior, capa de DUA y DM. Por lo tanto, de este grupo formarían parte las disecciones laminares manuales, las técnicas capa por capa, divide y vencerás, y la hidrodissección. Por otro lado, se denominará STALK a aquellos procedimientos donde se conserva la capa de DUA y la DM incluyendo, por lo tanto, a la Big Bubble tipo 1, a la Visco-disección descrita por Melles, y a la Aire/visco Bubble descrita por Sarnicola. Finalmente, se debería denominar TALK exclusivamente a la Big Bubble tipo 2, ya que es la única técnica quirúrgica que conserva exclusivamente la DM (cuadro 1).

**Cuadro 1.** Clasificación propuesta por Sarnicola et al.<sup>83</sup> según los resultados histológicos obtenidos después de las diferentes técnicas de disección laminar anterior

Clasificación propuesta por Sarnicola et al.		
DALK ( <i>Deep Anterior Lamellar Keratoplasty</i> )	STALK ( <i>Subtotal Anterior Lamellar Keratoplasty</i> )	TALK ( <i>Total Anterior Lamellar Keratoplasty</i> )
Disección manual capa por capa Divide y vencerás Hidrodissección	BB tipo 1 Visco-disección Aire/Visco-disección	BB tipo 2



### 4.2.3. Preparación de la córnea donante

Existen muchas referencias bibliográficas que hacen referencia a la preparación del lecho receptor en la DALK, sin embargo, hay pocas publicaciones relacionadas con la preparación de la córnea donante. Ya desde el inicio del desarrollo de la técnica, algunos autores se plantearon la necesidad o no de retirar el endotelio de la córnea donante. Actualmente se considera que, durante el proceso de preparación del tejido, la extracción del endotelio donante puede causar un trauma mecánico en el injerto, pudiendo producir irregularidades en el estroma afectando a la cicatrización de la interfase<sup>84</sup>. Feizi et al.<sup>85</sup>, describieron en 2010 una reducción en la densidad de queratocitos después de la DALK, sugiriendo que el trauma mecánico secundario a la extracción del endotelio corneal del donante podría tener connotaciones negativas. De hecho, estos mismos autores 5 años después<sup>86</sup>, realizaron un estudio confocal retrospectivo donde observaron perfiles y distribuciones de queratocitos en córneas trasplantadas con la DM intacta, similares a los encontrados en córneas normales, mientras que observaron cambios significativos en corneas donantes sin DM. Una ventaja adicional de dejar intacta la DM del donante es que, en el caso de que se produzca una doble cámara anterior, el trasplante aún se puede realizar sin comprometer el injerto donante. Además, tampoco encontraron una mayor incidencia de rechazo en estos pacientes, aunque se considera que la presencia de la DM en el donante, podría incrementar la carga antigénica del injerto de córnea<sup>87</sup>. A pesar de ello, actualmente se tiende a mantener la DM de la córnea donante sólo cuando se haya producido una micro o una macro perforación durante la disección laminar.

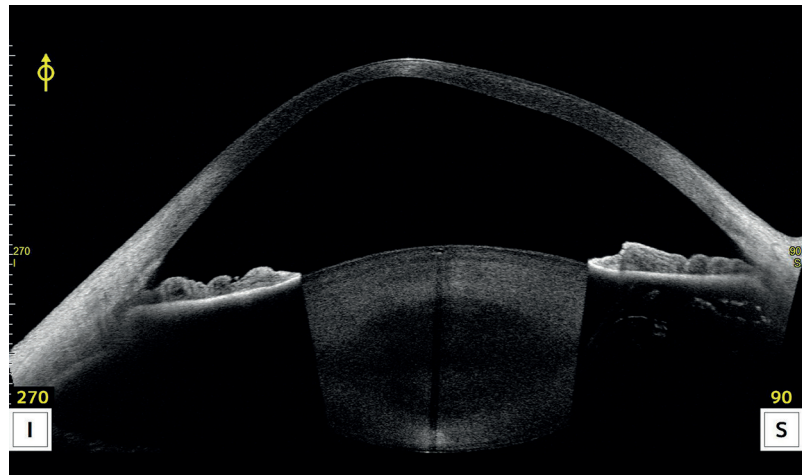
### 4.2.4. Variaciones de la técnica en queratocono

Según la patología que presente el paciente, estarán indicadas o serán recomendables unas técnicas u otras. Ya que el queratocono es la indicación más habitual para la realización de la técnica DALK, está justificado estudiarla como entidad propia y con detenimiento.

El queratocono como enfermedad presenta diferentes estadios, por lo que realizar una DALK en cada uno de ellos podría dar lugar a resultados contradictorios o no comparables entre sí. En el año

2011, aproximadamente, entre un 12 y un 20% de los pacientes con queratocono necesitaban una queratoplastia<sup>88</sup>. Actualmente existen otros procedimientos conservadores para los estadios más iniciales de la enfermedad.

Con los estudios publicados hasta la fecha, se ha demostrado que la rehabilitación visual después del trasplante de córnea para los pacientes con queratocono, es significativamente mejor que para aquellos pacientes intervenidos de trasplante por otras patologías (infecciones o enfermedades inmunológicas de la córnea). En 2019, Feizi et al.<sup>89</sup>, evaluaron el efecto de la gravedad del queratocono sobre los resultados visuales y refractivos y las complicaciones tras una DALK en 227 ojos, incluyendo 47 ojos en estadio II de Amsler-Krumeich, 60 ojos en estadio III, y 120 ojos en estadio IV. Como conclusiones afirmaron que se trata de un procedimiento eficaz y seguro en los diferentes grados de queratocono, pero puntualizaron que se trata de una técnica más eficaz en ojos con queratocono avanzado grado IV (fig. 21).



**Figura 21.** Adalgamiento corneal en queratocono grado IV de la clasificación de Amsler Krumeich.

Esta clasificación de la gravedad del queratocono no siempre está presente en la literatura, y se puede considerar un hecho diferencial entre los resultados obtenidos por los diferentes autores: según el grado de queratocono que presente el paciente, una técnica descemética o predescemética podría estar más indicada; de la misma manera que realizar un injerto de mayor o menor diámetro también podría tener sus consideraciones particulares, sin poder generalizar la técnica quirúrgica para los diferentes estadios de la enfermedad.

Por ejemplo, Chan et al.<sup>90</sup>, observaron que la variabilidad en el grosor del estroma en ojos con queratocono avanzado puede limitar la capacidad del láser de FS para producir un plano laminar uniforme dejando una cantidad mínima de tejido corneal residual por lo que, dado el riesgo potencial de que se produzca una perforación de la DM, encontraron más seguro realizar una disección manual. En esta misma línea, Myerscough et al.<sup>91</sup>, publicaron recientemente los buenos resultados obtenidos con la DALK de gran diámetro empleando un patrón en «seta o champiñón» asistido por microqueratomo de dos piezas, con una laminilla anterior de 9 mm y una laminilla posterior de 6 mm. Incluyeron todos los intentos de DALK realizados de manera retrospectiva con indicación de queratocono, independientemente de la gravedad del cono y la presencia de cicatriz. Los autores defienden que se trata de una técnica adecuada para eliminar una mayor parte de tejido enfermo en pacientes con queratocono, lo que también reduciría la tasa de recurrencia de la ectasia en el postoperatorio tardío. Al no determinar exactamente los estadios de los pacientes analizados, entendemos que esta técnica sería más difícil de realizar en aquellos pacientes con estadio IV de Amsler-Krumeich.

Probablemente, el hecho de que no exista un consenso en relación a las técnicas quirúrgicas de elección en el queratocono, se debe al grado de evolución de la patología en el momento de la cirugía, que varía según el cirujano y según el número de técnicas alternativas de las que dispongan, como por ejemplo los ICRS y el CXL. Donde si se ha encontrado consenso es en la preferencia de realizar una DALK en lugar de una PKP para el tratamiento del queratocono, debido a su bajo riesgo de rechazo y complicaciones. Aunque todavía algunos autores consideran que las complicaciones asociadas a la propia técnica, como pueden ser las perforaciones de la DM durante la disección, o la formación de una pseudocámara en el postoperatorio, mantiene en vigor la indicación de los PKP en estos casos<sup>92</sup>, principalmente en presencia de hydrops o con queratometrías superiores a 60 dioptrías<sup>93,94</sup>.

#### **4.2.5. Variaciones de la técnica en patologías diferentes al queratocono**

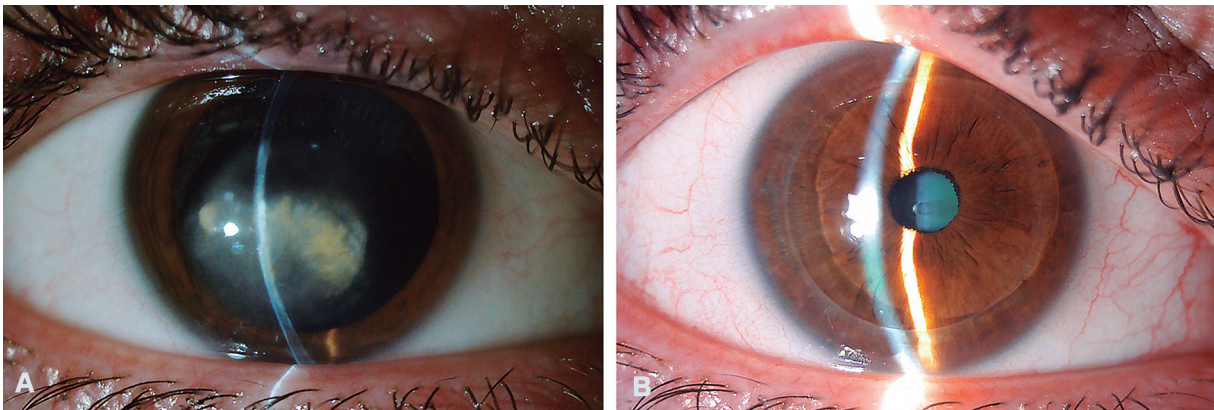
La mayoría de las publicaciones actuales donde se evalúa la técnica DALK, incluyen pacientes con queratocono, aunque son

#### 4. Introducción

muchas las patologías que pueden llevar a necesitar este tipo de trasplantes. La causa que determine el trasplante podría influir en el resultado quirúrgico postoperatorio, y podría hacer pensar en la necesidad de personalizar la técnica quirúrgica.

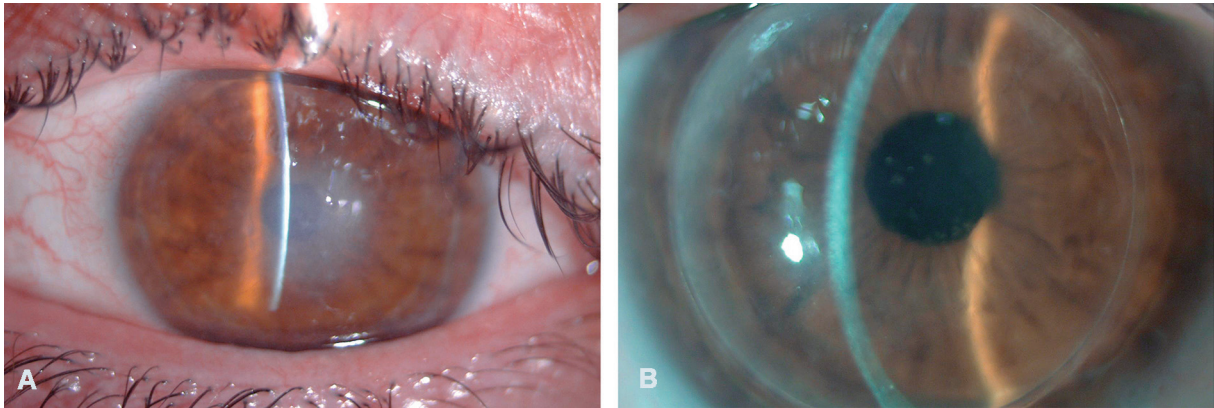
De hecho, esta descrito<sup>95</sup> que la DM se puede disecar con éxito cuando se realiza una técnica de burbuja grande en el 80,6% de los ojos con queratocono avanzado, mientras que disminuye cuando se trata de otras patologías (73,3% en quemaduras químicas o térmicas; 71,4% en distrofias corneales; 70% en herpes; 36,4% en queratocono moderado, y 31,3% en cicatrices por queratitis bacteriana).

Se considera que la DALK es un procedimiento alternativo y seguro para restaurar la visión en pacientes con cicatrices corneales significativas secundarias al virus herpes simple sin afectación endotelial ya que, además de eliminar las lesiones corneales, también reduce las cargas virales latentes o persistentes en la córnea<sup>96</sup> (fig. 22). Aún así, se asocia con un alto porcentaje de complicaciones postoperatorias, como son la recurrencia de queratitis herpética (14-33%), el rechazo del injerto (50%) o el fracaso del injerto (28%)<sup>96,97</sup>. Por esta razón, se recomienda realizar una profilaxis antiviral pre y post-operatoria para prevenir la recurrencia, sin tener en cuenta ninguna otra consideración quirúrgica específica más allá de las descritas previamente<sup>98</sup>.



**Figura 22.** A. Cicatrices herpéticas corneales que limitan la agudeza visual. B. Restauración de la transparencia corneal mediante una DALK.

En aquellos casos de distrofias estromales, se considera que el empleo de la gran burbuja es un procedimiento eficaz, obteniéndose microperforaciones de la DM en el 8,7% de los casos, estando descritas unas tasas altas de recurrencia para la distrofia reticular, independientemente de la técnica empleada<sup>99</sup> (fig. 23).



**Figura 23.** Distrofia estromal (A) intervenida mediante DALK. Se observa una recidiva de la distrofia en el injerto durante el postoperatorio tardío (B).

#### 4.2.6. Biomecánica

La técnica de queratoplastia que se utilice, además de permitir una buena recuperación visual y reducir el número de complicaciones intra y post-operatorias, debería restaurar, en la medida de lo posible, la biomecánica corneal, simulando la estructura de una córnea sana normal<sup>100</sup>.

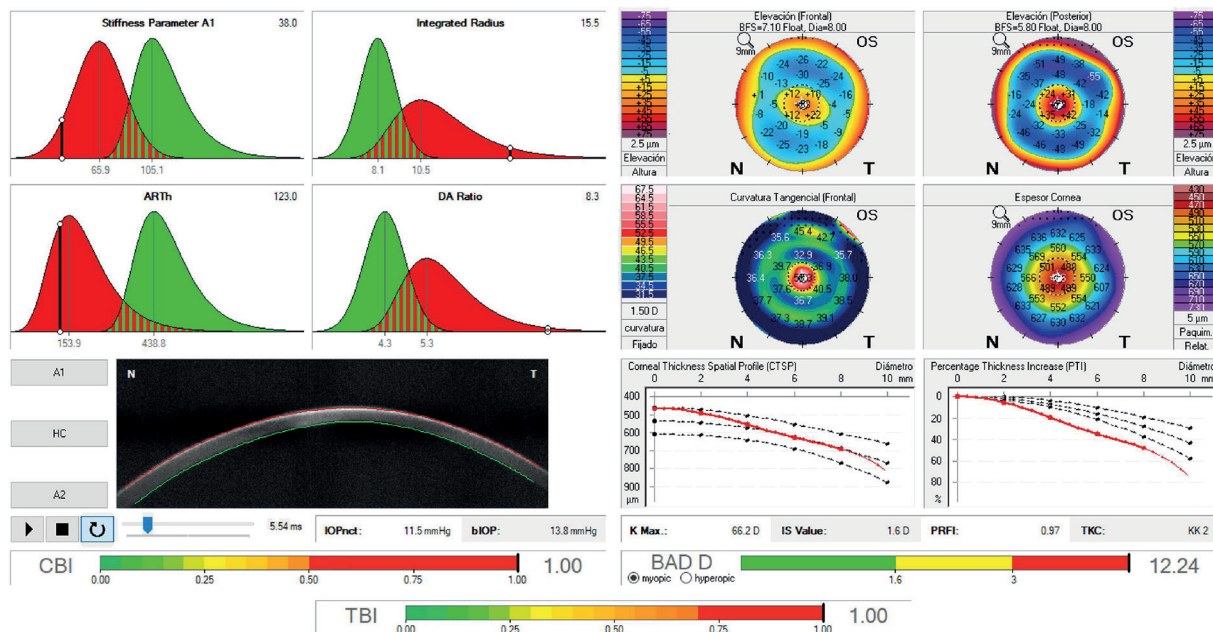
Como viene reflejado por Cristina Peris y M.<sup>ª</sup> Ángeles del Buey, en la monografía titulada «*Biomecánica y arquitectura corneal*»<sup>101</sup> publicada por la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto-Refractiva (SECOIR) en 2014, desde el punto de vista biomecánico, la córnea se define como un material blando, incompresible, heterogéneo, anisótropo y viscoelástico no lineal. El estroma es la capa de la córnea que aporta mayor rigidez estructural, por lo que se puede asumir que el comportamiento mecánico del tejido corneal corresponde a esta estructura. Las fibras de colágeno están dispuestas de manera paralela a la superficie corneal y también paralelas entre sí en todas las direcciones. Actualmente se ha descrito que existen algunas orientaciones preferenciales superior-inferior y nasal-temporal en la zona central de la córnea, y una disposición más circunferencial en la periferia de la córnea<sup>102</sup>. Por esta razón se considera que el tejido corneal es anisótropo; presenta propiedades físicas diferentes cuando la fuerza se aplica en distintas direcciones, debido a la peculiar orientación de sus fibras. La pérdida de la organización de las lamelas altera la biomecánica corneal.

En la citada monografía, también se describen diferentes conceptos interesantes que nos ayudan a entender este mecanismo de



#### 4. Introducción

biomecánica córnea (fig. 24). Las autoras exponen que la elasticidad es más propia de los materiales sólidos, mientras que la viscosidad (oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales) es una propiedad característica de los materiales con componente líquido, como es el caso de la córnea. Además, los materiales viscosos no recuperan su forma original cuando se elimina el estrés. Por esta razón, el tejido corneal no es elástico ni viscoso, se comporta como un material viscoelástico, que tiene ambos elementos y, por lo tanto, tiene histéresis (CH, acrónimo en inglés de *Corneal Hysteresis*) y resistencia corneal<sup>103</sup> (CRF, acrónimo en inglés de *Corneal Resistance Factor*). La CH se define como la diferencia entre las dos presiones (P1 y P2) obtenidas durante el proceso de medida, mientras que el parámetro CRF se calcula usando una ecuación lineal, y se estima que está en relación con las propiedades elásticas de la córnea<sup>104</sup>. Esta propiedad la tienen aquellos sistemas físicos que no reaccionan inmediatamente a la aplicación de una fuerza sobre ellos, sino que lo hacen lentamente. Esto es debido a la tendencia que poseen de mantener una de sus propiedades, aunque haya cesado el estímulo.



**Figura 24.** Parámetros de biomecánica corneal en un queratocono avanzado obtenidos con el Oculus-CorVis ST (CST: Oculus,Wetzlar, Germany).

Existen pocas publicaciones en las que se valoren los cambios biomecánicos tras la realización de una queratoplastia, así como las diferencias existentes en las propiedades biomecánicas cuando se comparan las queratoplastias penetrantes frente a las lamina-

res<sup>105</sup>. Además, para evaluar correctamente la biomecánica corneal en pacientes trasplantados, es importante tener en cuenta el periodo de seguimiento, ya que se ha visto que puede influir en los resultados<sup>106</sup>.

En el año 2017, se publicó un meta-análisis<sup>107</sup> que incluía una revisión de 8 estudios diferentes donde se analizaban pacientes intervenidos mediante técnicas penetrantes (281 ojos) versus controles (469 ojos); y, por otro lado, 4 estudios que incluían pacientes intervenidos mediante DALK (104 ojos) versus controles (114 ojos). En sus resultados observaron que tanto la CH como el CRF tuvieron una mejor recuperación después del trasplante tipo DALK en comparación con la PKP, observándose diferencias estadísticamente significativas después de PKP y no después de la DALK. Según estos resultados, parece que la DALK conserva la fuerza biomecánica con valores similares a las córneas normales. A continuación, se destacan algunas conclusiones recogidas en la bibliografía a cerca de la biomecánica corneal en DALK que, a su vez, han formado parte de este meta-análisis.

En primer lugar y hasta donde sabemos, fue en el año 2010 cuando Shin et al.<sup>108</sup>, valoraron por primera vez los parámetros corneales biomecánicos obtenidos con el ORA<sup>®</sup> en pacientes con PKP. Los autores concluyen que la CH disminuye en estos casos, mientras que el CRF tiende a aumentar. Tres años más tarde, Acar et al.<sup>109</sup>, estudiaron la biomecánica corneal en pacientes sin cirugías previas, y en pacientes con PKP y con DALK por queratocono (40 ojos en cada grupo). Los autores encontraron diferencias significativas en la CH y el CRF, con valores similares al comparar el grupo de la DALK con el grupo control. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Yenerel et al.<sup>110</sup>, y son diferentes a los publicados por Jafarina-sab et al.<sup>111</sup>, que describieron propiedades biomecánicas similares en DALK y PKP. La diferencia con estos trabajos es que, en ellos, los resultados fueron evaluados a los pocos meses de la cirugía, mientras que Acar et al. lo hicieron dos años después de la retirada completa de las suturas.

Hosny et al.<sup>112</sup> en 2011, no encontraron diferencias entre la DALK y los controles, pero observaron que la CH y el CRF eran menores en la queratoplastia penetrante, por lo que concluyeron que la PKP tiene propiedades biomecánicas más débiles que las córneas normales, mientras que la DALK mantiene la resistencia biomecánica de la córnea hacia unos valores normales. Los autores consi-

deran que el mantenimiento de la membrana de Descemet, tanto en el grupo de la DALK como en el grupo control, hace de soporte y andamiaje para el resto del estroma corneal y, por lo tanto, la CH es similar en ambos grupos, a diferencia de lo que sucede en la PKP, donde la CH se ve disminuida.

Aún así, está descrito que una serie de factores adicionales pueden influir también en la biomecánica corneal después de un trasplante de córnea. Feizi et al.<sup>113</sup>, valoraron el tamaño del donante, la disparidad entre donante-receptor y el espesor corneal central (CCT, acrónimo en inglés de *Corneal central thickness*) en la queratoplastia penetrante en 34 ojos con queratocono, y demostraron que la CH estaba relacionada positivamente con el tamaño del donante, encontrando una asociación similar entre el CRF y el tamaño del injerto donante. Concluyeron el estudio diciendo que las propiedades biomecánicas tras la PKP en queratocono parecen ser más similares a las normales si se utiliza un tamaño del donante elevado, lo que probablemente repercutía en una refracción postoperatoria más estable y resultados más predecibles tras la cirugía. Considera que, al quitar mayor cantidad de tejido y cambiarlo por un tejido normal sobredimensionado 0,5 mm, aumenta la biomecánica del injerto. Estos datos no han sido analizados en la DALK.

Dentro del grupo de DALK, Abdelkader et al.<sup>106</sup>, evaluaron los parámetros biomecánicos de la córnea y sus correlaciones con el proceso de cicatrización en la interfase donante-receptor al mes y a los 3 meses en aquellos ojos donde se había llegado a la DM (grupo descemético, 17 ojos) y en ojos en los que se había dejado una fina capa de estroma residual (grupo pre-descemético, 15 ojos). Se incluyeron 32 ojos con patologías corneales diferentes, pero DM y endotelio sanos. Los autores concluyen que los valores biomecánicos fueron superiores en el grupo predescemético, y lo justifican considerando que, al dejar una capa de estroma residual, se induce una mejor y mayor cicatrización en la interfase, ya que ambas partes del estroma toman parte en el proceso de cicatrización, lo que aportaría un efecto superior en la integridad biomecánica de la córnea. Esto es la diferencia principal con la PKP, donde la cicatriz y la curación de la herida se produce sólo en el borde periférico (unión donante-receptor).

Más recientemente, Ziaei et al.<sup>100</sup>, afirmaron que ninguna técnica de queratoplastia en pacientes con queratocono es capaz de restaurar completamente las propiedades biomecánicas de la córnea sana. Estos autores compararon la biomecánica corneal en pacien-



tes intervenidos con PKP y las DALK pre-desceméticas en pacientes con queratocono avanzado. Las fibras de colágeno estromales atraviesan la córnea de limbo a limbo, construyendo la bóveda corneal. Cuando se realiza una PKP, esta conexión transversal se ve completamente interrumpida por la cicatriz del trasplante, lo que podría reducir la transferencia de energía a la córnea periférica. Por este motivo, concluyen que después de una PKP, se pueden observar un mayor número de parámetros significativamente diferentes a las córneas sanas, en comparación con la DALK.

Es importante destacar que los dispositivos de medición de biomecánica corneal actuales, como es el CorVis ST (CST; Oculus, Wetzlar, Germany), miden dichas propiedades analizando una sola imagen transversal (fig. 25). Por lo tanto, como afirmaron Ziaei et al.<sup>100</sup>, la evaluación de las propiedades biológicas después de la queratoplastia estará influenciada por la ubicación a la que se captura la sección transversal, siendo la comparación con una córnea simétrica sana una evaluación biomecánica incompleta. Por este motivo, es necesario realizar en estos casos un análisis tridimensional en un área mucho más grande de la córnea.



**Figura 25.** Tecnología Sheimpflug para la evaluación de la respuesta biomecánica corneal, tonometría y paquimetría.

En resumen, el estudio de la biomecánica corneal nos ayuda a seleccionar la técnica de queratoplastia más adecuada. Tras analizar la bibliografía, podemos afirmar que, con las PKP, los valores de CH y CRF tienden a disminuir, mientras que en las queratoplastias laminares anteriores profundas se ven menos afectados. La mayoría de los autores coinciden en que mantener la DM sirve de sopor-

te o armazón biomecánico. Además, parece ser que si se realizan técnicas pre-desceémicas, se mejora la cicatrización y se mantienen unos mejores valores biomecánicos.

#### **4.2.7. Repercusión de la técnica laminar anterior en el Banco de Ojos**

En el 2007, Muraine et al.<sup>114</sup>, evaluaron el impacto de la DALK en la actividad de los bancos de ojos. En primer lugar, encontraron que el 36,6% de las córneas que no eran adecuadas para una PKP, se debía a problemas endoteliales; y observaron que, de las córneas con deficiencias endoteliales, el 72,7% se podrían utilizar para DALK. Este estudio dio lugar a un aumento del 24,5% en el tejido corneal disponible para el trasplante laminar. También demostraron que de los procedimientos DALK realizados, aproximadamente el 12% utilizaban una córnea con endotelio sano que se desaprovechaba. Pero, ciertamente, el riesgo de perforación de la DM durante la técnica DALK hace que sea necesario disponer de una córnea donante de rescate con todas sus capas viables, por la posibilidad de tener que convertir la cirugía a una técnica penetrante. Esta posibilidad de reconversión, puede complicar las ventajas antes descritas de la DALK para el banco de ojos, por lo que se requiere una estrecha relación entre el banco de ojos local y el cirujano de córnea y/o centro quirúrgico.

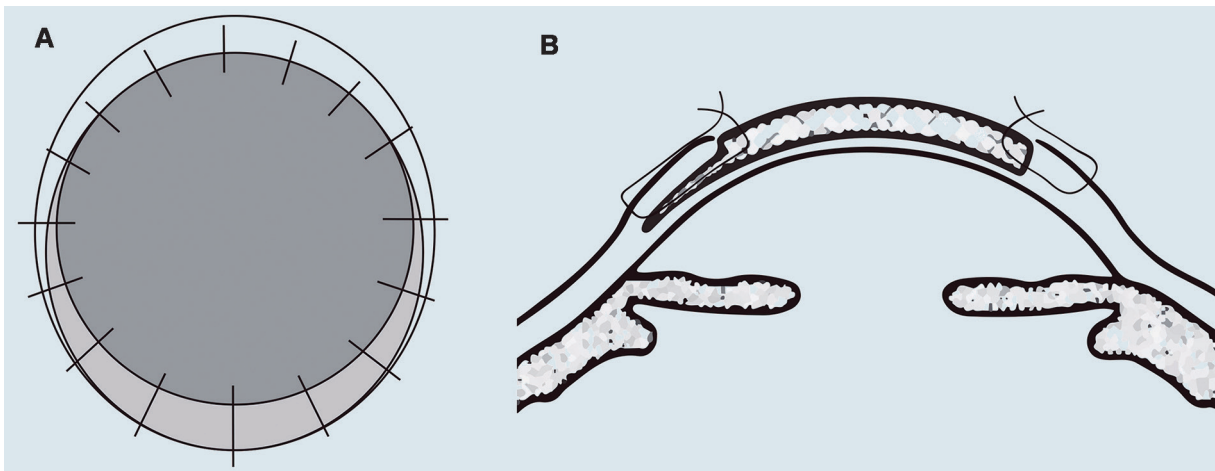
#### **4.2.8. Nuevos desarrollos**

Las orientaciones terapéuticas futuras parecen centrarse en la regeneración del estroma corneal mediante procedimientos poco o nada invasivos para evitar las complicaciones que pueden estar asociadas incluso a los trasplantes tipo DALK<sup>115</sup>; y a nuevos tipos de trasplantes que incorporen injertos que puedan aportar espesor a la córnea receptora, fundamentalmente en pacientes con queratocono.

Por un lado, están descritas técnicas de trasplante de la capa de Bowman aislada en un bolsillo corneal disecado manualmente en el estroma medio de pacientes con queratocono avanzado (estadio III-IV)<sup>116</sup>, observándose una ligera mejoría en la queratometría máxima y en la mejor agudeza visual corregida. Este tratamiento podría ser interesante en aquellos pacientes no aptos para el implante de ICRS o procedimientos de CXL, pero sin cicatrices cornea-

les visualmente significativas, con el objetivo de evitar o postponer la necesidad de realizar una queratoplastia, aunque se necesitan más investigaciones y mayor tiempo de seguimiento antes de introducir esta técnica en la práctica clínica habitual. Según una revisión actual, el trasplante de capa de Bowman también está descrito en casos de *haze* y cicatrices post-herpéticas. Teóricamente, esta capa acelular es capaz de inhibir la cicatrización del estroma y de aplanar las córneas ectasiadas<sup>117</sup>.

Por otro lado, una técnica descrita ya en el año 2008 para las patologías ectásicas que involucran a la periferia de la córnea, está siendo retomada de nuevo para pacientes con queratocono o degeneraciones marginales pelúcidas, entre otras. Esta técnica se denomina «*Tuck In*»<sup>118-120</sup> (TILK, acrónimo en inglés de *Tuck In Lamellar Keratoplasty*), y consiste en la creación de un bolsillo intraestromal periférico inferior en la córnea receptora, localizado en la zona de la ectasia, donde se incluirá una aleta de tejido de la córnea donante; previamente preparada en una cámara artificial (fig. 26).



**Figura 26.** Imagen modificada de la literatura<sup>118</sup> donde se describe la técnica «*tuck-in*» para las patologías ectásicas que involucran a la periferia (A y B).

Además, varios grupos de investigación, incluyendo autores españoles, han utilizado diferentes tipos de células madre de diversas formas con el fin de encontrar el procedimiento óptimo para regenerar el estroma corneal humano como son:

1. *La inyección de células madre del estroma corneal de manera directa.*

Los autores consideran que se puede proporcionar un tratamiento prometedor para las distrofias corneales, incluido el queratocono, mediante la regulación de la producción anormal de colágeno

#### 4. Introducción

de los queratocitos del receptor para permitir la reorganización de la microestructura del colágeno y la modulación de la cicatrización corneal. Esto sucede gracias a la producción de matriz extracelular humana por las células madre mesenquimales implantadas, pero, según la experiencia de Arnalich-Montiel et al.<sup>121</sup>, no lo suficiente cuantitativamente como para poder restaurar el grosor de una córnea humana enferma.

*2. El implante intraestromal de células madre asociadas a una matriz biodegradable.*

Este procedimiento parece que puede mejorar los efectos de las células madre sobre el estroma corneal, aunque se requiere mayor número de investigaciones.

*3. El implante intraestromal de células madre asociadas a una matriz no biodegradable.*

Parece que las células madre no se diferencian adecuadamente en queratocitos en presencia de estos biomateriales sintéticos, haciendo que pierdan sus beneficios potenciales sin resolver los principales inconvenientes con estos sustitutos, como son su tasa de extrusión relativamente alta y la falta de transparencia total<sup>122</sup>.

*4. El implante de células madre asociadas a una matriz estromal corneal descelularizado.*

Estas matrices han ganado atención en los últimos años ya que proporcionan un entorno más natural para el crecimiento y la diferenciación de las células en comparación con las sintéticas. Según Arnalich-Montiel et al.<sup>121</sup>, el trasplante de células madre junto con esta matriz extracelular sería la mejor técnica para restaurar de forma eficaz el grosor de una córnea humana enferma como la del queratocono. Mediante esta técnica y utilizando células madre mesenquimales extraoculares de pacientes, sería posible transformar injertos alogénicos en injertos autólogos funcionales, teóricamente evitando el riesgo de rechazo.

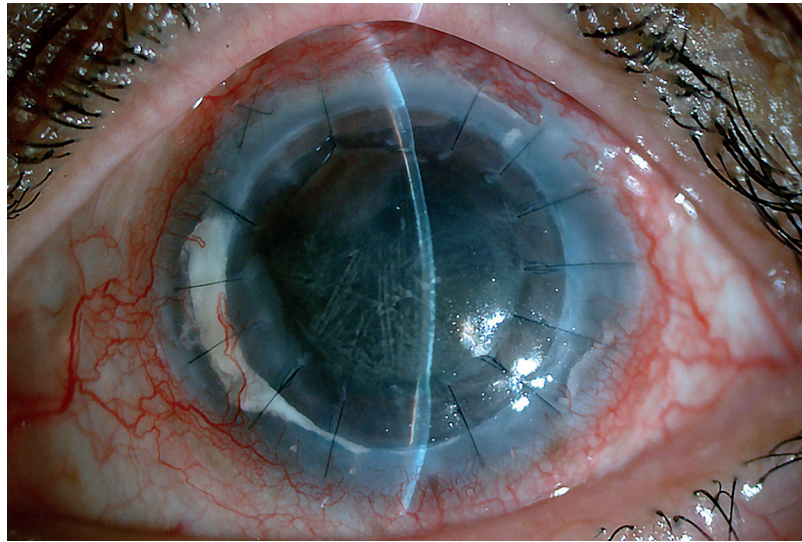
### 4.3. Comparativa entre queratoplastia laminar anterior profunda y penetrante

#### 4.3.1. Ventajas iniciales de la queratoplastia laminar anterior profunda

Las principales ventajas de la DALK, respecto a la PKP, son una menor incidencia de rechazo inmunológico y una menor incidencia

de descompensación endotelial a largo plazo, hechos que favorecen la viabilidad del trasplante<sup>63</sup>.

En un metanálisis realizado por Song et al.<sup>92</sup>, en el año 2020, se incluyeron 5 estudios donde se analizaron las complicaciones relacionadas con la DALK (n = 153) y la PKP (n = 186). Según observaron, el riesgo de complicaciones fue mayor en el grupo PKP, encontrándose una diferencia estadísticamente significativa entre ambos ( $p = 0,03$ ), con una razón de posibilidades de complicaciones de 1,79 ( $p = 0,03$ ). El rechazo del injerto y los errores de refracción postoperatorios elevados fueron las complicaciones más descritas en ambos procedimientos, mientras que el rechazo endotelial fue más frecuente en los pacientes intervenidos con técnicas penetrantes. También describieron otras complicaciones más habituales en las técnicas penetrantes como el desarrollo de cataratas, la necesidad de re-suturar el injerto, la presencia de alto astigmatismo postoperatorio y el aumento de la presión intraocular o glaucoma maligno (fig. 27).



**Figura 27.** Glaucoma maligno tras PKP.

#### 4.3.2. Fracaso del injerto

Recientemente, Gómez-Benlloch et al.<sup>123</sup>, describieron las causas de fallo del injerto más habituales para la PKP y la DALK, observando que el rechazo inmunológico del aloinjerto representa la causa principal en los trasplantes de espesor completo (28,2%), seguido de las enfermedades de superficie (17,8%) y la descompensación endotelial sin rechazo (17,3%); mientras que para el grupo

DALK, los fallos se produjeron principalmente debido a enfermedades de superficie como la insuficiencia límbica, la queratitis infecciosa, y el defecto epitelial persistente (37,8%).

Estos resultados se asemejan a los obtenidos en otras revisiones<sup>124,125</sup> que incluyen estudios publicados antes del año 2014, donde se observa que con la técnica DALK existen menor número de complicaciones.

#### **4.3.3. Pérdida de células endoteliales**

De manera más particular, está demostrado que una de las ventajas más importantes de la DALK es la menor tasa de pérdida de células endoteliales en comparación con la PKP (13,9% frente a un 34,6% respectivamente)<sup>124,126</sup>, estando descrito que la pérdida endotelial en los primeros 6 meses para la DALK es del 11%, acercándose, a partir de ese momento, a la pérdida celular fisiológica (1-2% después de 6 meses)<sup>127</sup>. Esto contrasta con las cifras obtenidas después de una PKP, donde la pérdida de células endoteliales es del 4,2% al año, incluso 5 y 10 años después de la cirugía<sup>128</sup>.

#### **4.3.4. Supervivencia del injerto**

Por otro lado, si tenemos en cuenta la supervivencia del injerto, se estima que los pacientes con DALK presentan una tasa estable a los 3 años del 93%, mientras que los pacientes con PKP, muestran una disminución de la tasa de supervivencia pasado el año de la cirugía<sup>28</sup>. Estos datos son similares a los obtenidos recientemente donde se describe una tasa de supervivencia para PKP del 94,4%, 80,4% y 72,0% a 1, 5 y 10 años; y una tasa de supervivencia para DALK de 95,8%, 93,9% y 93,9% a 1, 5 y 10 años<sup>129</sup>.

#### **4.3.5. Incidencia de rechazo**

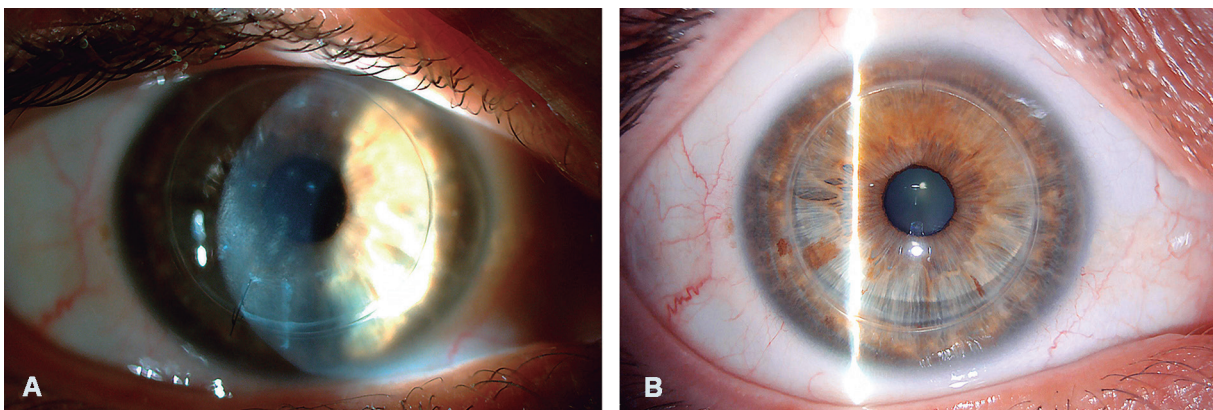
Actualmente se considera que el riesgo de episodios de rechazo del injerto es más común en pacientes con PKP. En el metanálisis realizado por Song et al.<sup>92</sup>, donde evaluaron los epi-



sodios de rechazo descritos en la bibliografía, se incluyeron 7 estudios: 291 ojos sometidos a PKP y 324 ojos sometidos a DALK. Encontraron que el riesgo de sufrir un episodio de rechazo era significativamente mayor en los pacientes con PKP que en los pacientes con DALK ( $p < 0,001$ ), siendo el riesgo de un episodio de rechazo 2,69 veces mayor en los pacientes con PKP, principalmente debido al rechazo endotelial y la alta tasa de pérdida de células endoteliales.

En general se considera que la incidencia de rechazo del injerto después de la DALK varía del 0% a 9,6% en varias series<sup>16,130,131</sup>, siendo significativamente más bajo que las tasas informadas en pacientes con PKP (del 4% al 31%) en pacientes con queratocorno<sup>132,133</sup>.

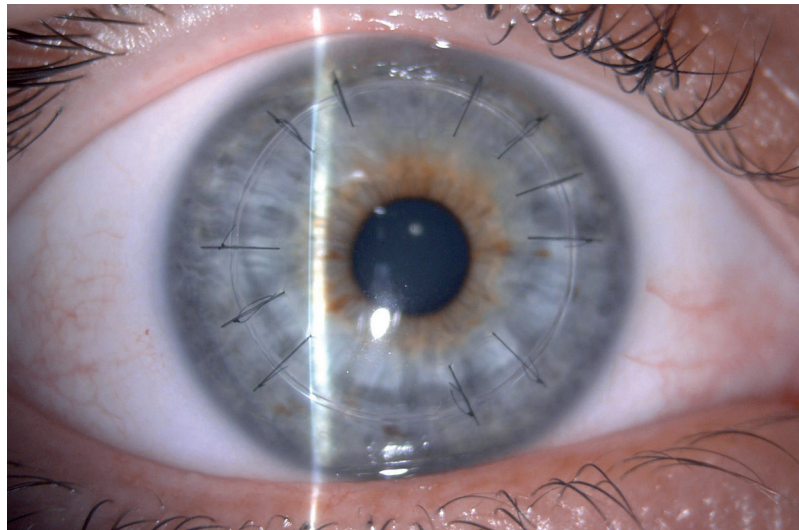
Este rechazo endotelial se traduce en un edema estromal, que produce una opacidad del injerto, llevando a una discapacidad visual mayor de la que podría producir un rechazo epitelial o estromal<sup>134</sup>. Las células endoteliales del injerto son más vulnerables a los mediadores de inflamación del paciente receptor y a su posible ataque inmunológico<sup>135</sup>, mientras que, con la DALK, al mantener el endotelio receptor propio del paciente, se reduce en gran medida esta complicación. La mayoría de los casos de rechazo con la DALK se manifiestan como rechazos subepiteliales (fig. 28), que limitan en menor medida la visión y que, en general, responden bien a la terapia habitual con corticoides e inmunosupresores tópicos y/o sistémicos.



**Figura 28.** Rechazo del injerto que se manifiesta mediante infiltrados sub-epiteliales (A), y su posterior recuperación tras el tratamiento médico (B).

#### 4.3.6. Ventajas adicionales de la queratoplastia laminar anterior profunda

Otra ventaja de la DALK cuando se sutura con puntos sueltos es la posibilidad de realizar una retirada de suturas selectiva y precoz, que ayuda a la hora de obtener una mejor recuperación visual (fig. 29). Además, dado que la DALK es un procedimiento superficial, que evita la perforación del globo, disminuye el riesgo de complicaciones asociadas a la cirugía a cielo abierto, como son la hemorragia expulsiva, la endoftalmitis y/o el daño a las estructuras intraoculares como el iris o el cristalino<sup>136</sup>. Esto disminuye también algunas complicaciones ampliamente descritas con las técnicas penetrantes como el glaucoma secundario<sup>137</sup>.



**Figura 29.** Retirada selectiva de las suturas según el astigmatismo postoperatorio..

En resumen, dado que la PKP aumenta el riesgo de rechazo del injerto, y que se asocia a un mayor número de complicaciones, actualmente se recomienda considerar la técnica DALK para el tratamiento de aquellas patologías corneales que no involucren al endotelio y, en particular, para el queratocono.

#### 4.4. Complicaciones de la queratoplastia laminar anterior profunda

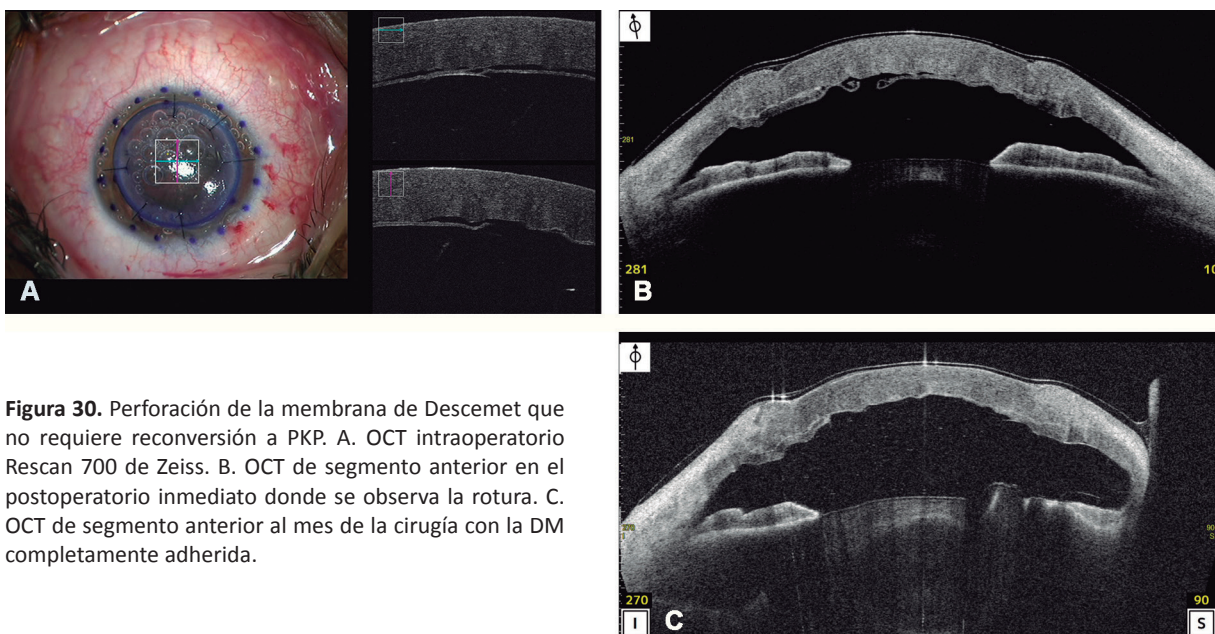
La DALK ha reducido significativamente el número de complicaciones en relación con las técnicas penetrantes, pero existen algunas inherentes a la técnica como son los pliegues de la DM que se



pueden observar en el postoperatorio, o la rotura de la DM durante la cirugía, origen de la denominada «doble cámara». Otras son independientes de ella.

#### 4.4.1. Perforación de la membrana de Descemet

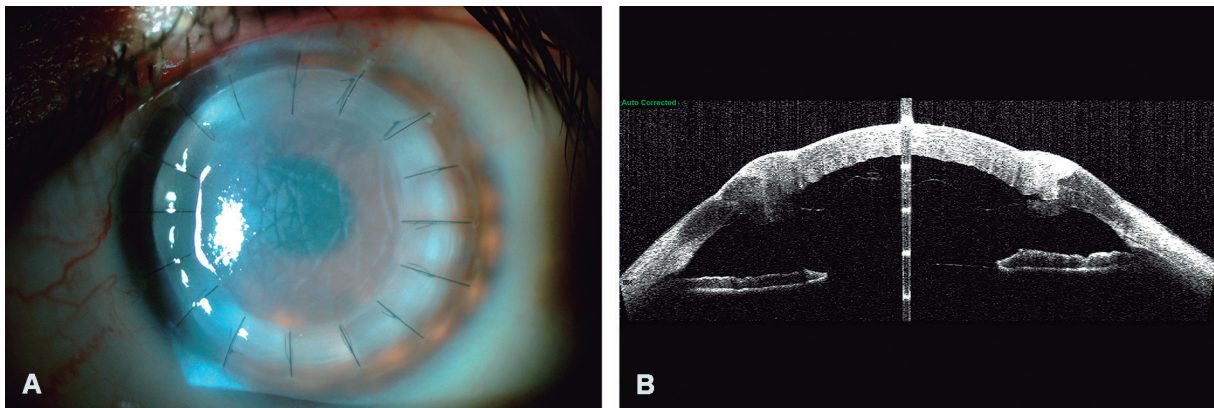
Como hemos comentado anteriormente, otra complicación inherente a la técnica DALK es la perforación intraoperatoria de la DM. Esta complicación se considera un acontecimiento adverso de origen multifactorial, que varía dependiendo de la técnica quirúrgica empleada, la experiencia del cirujano y de las características propias del ojo. Actualmente, se sabe que no todos los pacientes en los que se produce esta rotura necesitan una reconversión a una técnica penetrante. En estos casos, la técnica laminar se podría realizar obteniéndose buenos resultados postoperatorios, siempre que la perforación sea identificada precozmente y manejada adecuadamente (fig. 30), como demostraron Kodavoor et al.<sup>138</sup>. Estos autores emplearon la técnica de la gran burbuja en todos los casos menos en dos pacientes con una cicatriz por *hydrops*, y obtuvieron buenos resultados visuales en todos los casos, mientras que 2 pacientes desarrollaron una doble cámara en el postoperatorio con buena evolución final.



**Figura 30.** Perforación de la membrana de Descemet que no requiere reconversión a PKP. A. OCT intraoperatorio Rescan 700 de Zeiss. B. OCT de segmento anterior en el postoperatorio inmediato donde se observa la rotura. C. OCT de segmento anterior al mes de la cirugía con la DM completamente adherida.

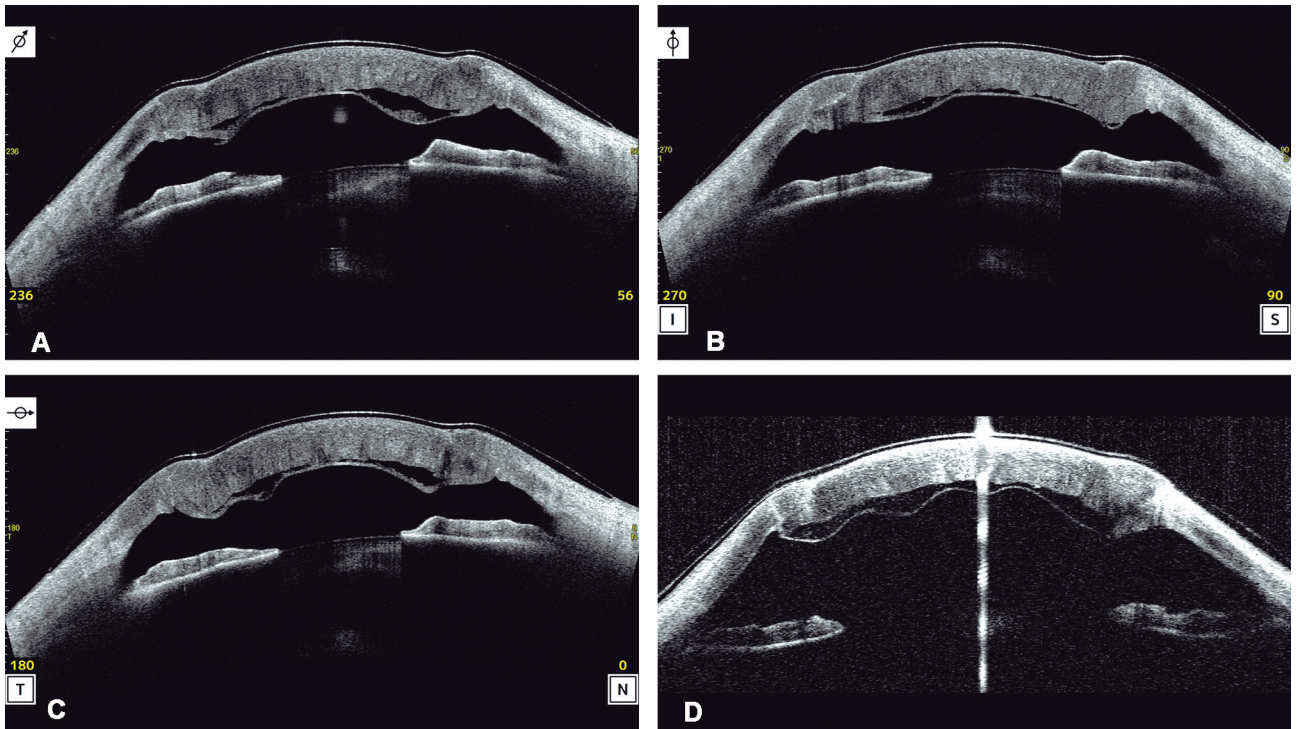
#### 4. Introducción

Está descrito que la perforación inadvertida de la DM (incluso si la cirugía se completa con éxito sin necesidad de reconversión a PKP), aumenta el riesgo de desprendimiento postoperatorio temprano del lecho receptor<sup>138</sup> y, por lo tanto, la consiguiente formación de una doble cámara anterior y edema del injerto (fig. 31). En estos casos, suele ser necesario una inyección de aire o gas en cámara anterior para solucionarlo, aunque en ocasiones, se resuelve de manera espontánea. También se ha demostrado la utilidad de la membrana amniótica como taponador de la perforación en la DM, colocada entre el lecho receptor y la córnea donante, obteniéndose buenos resultados a propósito de un caso<sup>139</sup>. En resumen, se puede formar una pseudocámara sin que se produzca una perforación, y no siempre que se perfora la DM se crea este espacio entre la córnea donante y receptora.



**Figura 31.** Edema del injerto secundario a la formación de una pseudocámara. A. Imagen en lámpara de hendidura. B. OCT de segmento anterior.

Publicaciones recientes afirman que la incidencia de formación de doble cámara es del 8%<sup>140</sup>, siendo su causa más frecuente la perforación intraoperatoria central de la DM, reduciéndose el riesgo si la perforación es periférica y pequeña (fig. 32). Además, parece ser que las córneas con cicatrices no secundarias a queratocono también aumentan el riesgo, en comparación con las córneas con queratocono que no tienen cicatrices. Según la hipótesis de Myer-scough et al.<sup>140</sup>, posiblemente, cuanto mayor sea el lecho estromal residual (DM y DL, como en la burbuja tipo 1), mayor rigidez tendrá y se reducirá el riesgo de perforación y, por lo tanto, el riesgo de que se desprenda. Según esta teoría, la obtención de una burbuja tipo 2, incluso en ausencia de perforación intraoperatoria, es un factor de riesgo para la formación de una doble cámara. Los autores re-



**Figura 32.** Presencia de una doble cámara en el postoperatorio de la DALK, en diferentes cortes tomográficos (A-D).

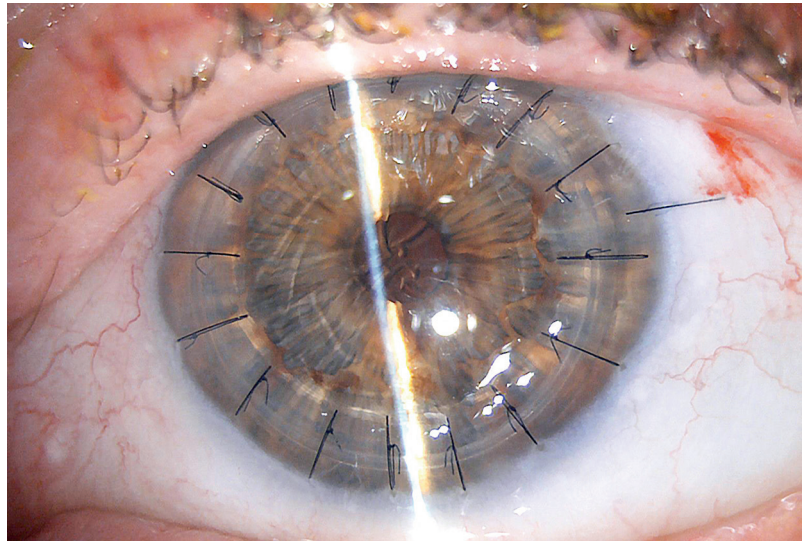
lacionan esta posibilidad con las fenestraciones que se encuentran entre el origen de la malla trabecular y la terminación de la DM. En el caso de las burbujas tipo 2, que se extienden hasta la periferia, es posible que aumente una comunicación periférica hacia el espacio que hay por encima de la DM, a través del cual, el humor acuoso podría entrar y desprenderla<sup>141</sup>.

Actualmente está descrito que la conversión a PKP por esta complicación, se produce en el 16,2% de los casos<sup>142</sup>, y se considera que la obtención de una burbuja tipo 2, la necesidad de disección manual, la presencia de cicatrices y la inexperiencia del cirujano, son factores de riesgo independientes para reconvertir una técnica laminar a penetrante<sup>138,142</sup>.

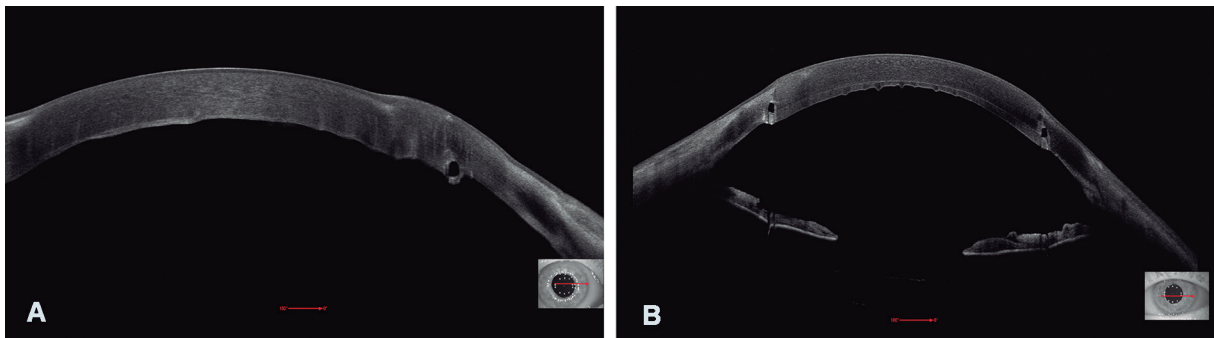
#### 4.4.2. Pliegues en la membrana de Descemet

Por lo general, se considera que los pliegues en la DM después de la DALK son transitorios y mejoran con el tiempo, encontrándose habitualmente en la periferia, aunque también podemos observarlos en el centro de la córnea<sup>63</sup> (figs. 33 y 34). En general, se piensa que los casos con mayor riesgo de desarrollar pliegues en la





**Figura 33.** Pliegues en la membrana de Descemet después de la DALK vistos en lámpara de hendidura.



**Figura 34.** Pliegues en la membrana de Descemet después de la DALK mediante OCT de alta resolución. A. Lecho residual fino con pliegues menos significativos. B. Lecho residual grueso con pliegues más significativos.

DALK son los queratoconos en estadios avanzados<sup>143,144</sup>. Sin embargo, esta teoría no está del todo clara y se ha visto que, gracias a su estructura elástica de colágeno, la DM puede volver a su forma normal después de la cirugía con el paso del tiempo<sup>145</sup>. Aun así, su presencia en el postoperatorio disminuye la agudeza visual de los pacientes, aunque recientemente algunos autores han afirmado que las aberraciones de alto orden después de la DALK influyen negativamente más en la agudeza visual que la propia presencia de pliegues en la DM<sup>146</sup>.

Li et al.<sup>147</sup>, observaron que la incidencia total de pliegues de la DM era del 24,6%, presentando más riesgo los pacientes intervenidos de DALK con más de 20,5 años y aquellos que tenían una duración de la enfermedad superior a 5,5 años; sin embargo, una mayor curvatura corneal no aumentaba su prevalencia. Con el paso de los años y el envejecimiento se producen cambios en la DM, como *gu-*

ttas y engrosamientos que pueden justificar la persistencia de los pliegues<sup>145</sup>. Teniendo en cuenta estos cambios evolutivos, algunos autores han descrito que el mayor número de pliegues aparecen en pacientes con edades superiores a  $39 \pm 14$  años<sup>148</sup>.

Por otro lado, algunos cirujanos<sup>63</sup> consideran que los pliegues se deben a un desajuste entre el lecho receptor y el botón donante, por lo que recomiendan sobredimensionar el botón donante en 0,25 o incluso en 0,50 mm para evitar esta complicación. Li et al.<sup>147</sup> en este sentido, no observaron diferencias en cuanto a la aparición de pliegues según el diámetro del botón donante, el número de suturas, la queratometría media y el astigmatismo corneal, pero sí encontraron un mayor riesgo en pacientes con menor longitud axial. Tampoco observaron una influencia especial relacionada con los valores de queratometría (K) media preoperatoria, K máxima, grosor corneal central, profundidad de la cámara anterior, sexo, antecedentes de uso de lentes de contacto rígidas permeables al gas, presencia de estrías de Vogt o cicatrices estromales, o micro-perforaciones intraoperatorias.

Recientemente, para prevenir la aparición de los pliegues, se ha querido establecer un modelo teórico para el cálculo del tamaño del injerto para la DALK, que consiste en ajustar el tamaño del injerto del donante basándose en el diámetro del arco calculado del lecho receptor, un procedimiento que parece obtener buenos resultados<sup>149</sup>.

Otros autores han descrito una maniobra quirúrgica denominada «*Descemet Membrane-Tucking Technique*» que permite su corrección al final de la DALK o, incluso, en un segundo tiempo<sup>150</sup>. Consiste en introducir una espátula de punta roma verticalmente en el corte de trepanación, a 90° de la dirección principal de los pliegues, y avanzarla hasta tocar el lecho receptor. Hay que aplicar una presión suave, para que la capa receptora se pliegue hacia la periferia hasta obtener una interfaz injerto-huésped regular.

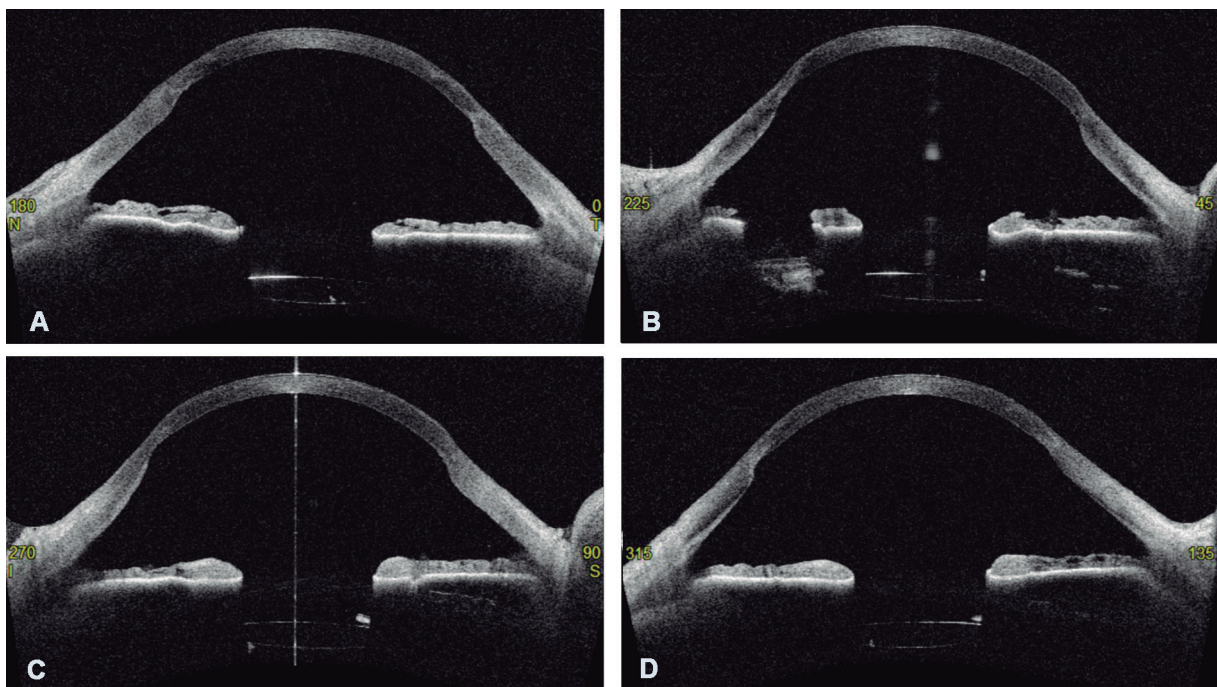
#### 4.4.3. Recidivas de la patología corneal previa

Con el paso de los años, como sucede con los PKP<sup>151-153</sup>, el empleo de técnicas laminares anteriores no exime de que puedan aparecer recidivas de la patología previa. Existen determinados tipos de distrofias estromales, como la distrofia macular, reticular, gra-

#### 4. Introducción

nular, o la distrofia de Reis-Bücklers, entre otras<sup>154-156</sup>, que pueden aparecer con el paso de los años después de la DALK. También existen algunas publicaciones que demuestran la posibilidad de recurrencias de otras patologías más comunes como el queratocono en escasos periodos de tiempo (menos de 5 años), aunque se disponga de poca evidencia sobre su incidencia e impacto.

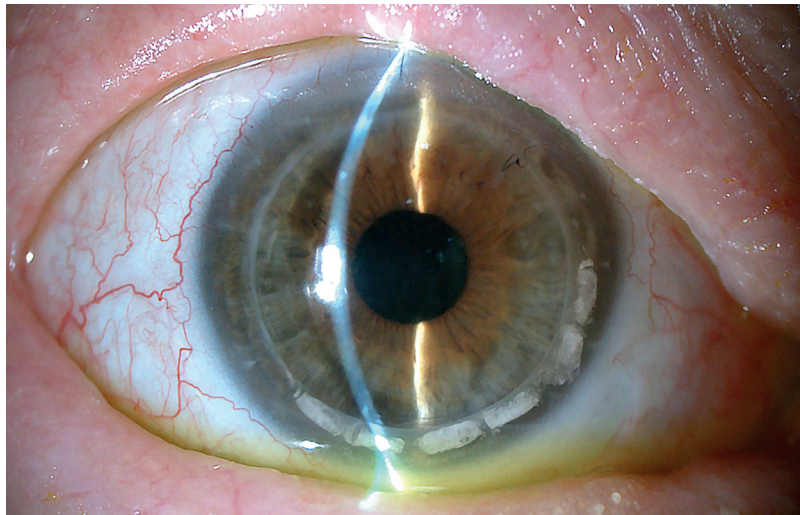
Feizi et al.<sup>157</sup>, comunicaron un caso de recidiva del queratocono 49 meses después de la DALK en la córnea donante; los autores sugieren que el intervalo de tiempo entre el trasplante y la recidiva puede ser menor que el obtenido después de la PKP. Estos resultados son similares a los expuestos por Patel et al.<sup>158</sup>, pero hay dudas al respecto según otros autores<sup>159</sup>. Conceptualmente, si el queratocono es una enfermedad que afecta a toda la córnea, y no sólo a la zona central, los cambios bio-microscópicos que suceden cuando se produce una recidiva en la PKP, como el adelgazamiento periférico en la córnea receptora, y la dehiscencia de la capa de Bowman en la unión injerto-huésped, podrían también producirse después de una DALK. Probablemente el tipo de ectasia previa, y su localización, podrían también influir en su desarrollo, siendo necesarios más estudios que analicen los resultados a largo plazo (fig. 35).



**Figura 35.** Cortes tomográficos donde se aprecia un adelgazamiento ínfero-temporal de la cicatriz y ectasia de la misma en un PKP.

#### 4.4.4. Complicaciones de superficie

Están descritas también otras complicaciones de superficie como son las opacidades hipertróficas del injerto periférico<sup>160</sup>. Se trata de una patología descrita por primera vez en el año 2003 por Geggel, en una serie de pacientes con trasplante penetrante<sup>161</sup>. El autor propuso que esta complicación podría estar relacionada con el proceso de cicatrización entre el donante-receptor, y las suturas de nylon; produciendo un aplastamiento en el hemi-meridiano implicado. Esta teoría ha sido recientemente estudiada por Feizi et al.<sup>160</sup>, en los trasplantes laminares; ellos observaron que esta patología se desarrollaba más en aquellos pacientes con injertos significativamente más planos en el período postoperatorio temprano; y que las opacidades aparecen en las áreas planas del injerto. A diferencia de lo publicado por Geggel, afirmaron que el aplastamiento del injerto precedió a la formación de la cicatriz, siendo el causante de su aparición. En cuanto al efecto que estas opacidades del injerto periférico producen en la agudeza visual postoperatoria y en los resultados refractivos y topográficos, observaron que no interfiere con los resultados visuales postoperatorios y la regularidad de la superficie del injerto, siempre que el área central de 4 mm permanezca libre de enfermedad (fig. 36).



**Figura 36.** Problemas de superficie en el postoperatorio de la DALK.

Actualmente no se conoce con precisión cual es la etiopatogenia de estas opacidades periféricas. Feizi et al.<sup>160</sup>, en un estudio mediante OCT de alta resolución observaron que se trata de unos depósitos blanquecinos brillantes y prominentes que se localizan por debajo del epitelio y de la capa de Bowman, lo que provoca una elevación



de la superficie corneal anterior y un adelgazamiento epitelial significativo. Por esta razón, se plantea la hipótesis de que un aplanamiento excesivo del injerto puede producir un trastorno de película lagrimal y una desecación del epitelio del injerto. Esto, a largo plazo, podría producir una cicatriz en el estroma superficial en la periferia del injerto, pudiendo estar también implicados factores relacionados con la retirada tardía de las suturas, ya que en ocasiones se localizan coincidiendo exactamente con el trayecto del punto de nylon.

### 4.5. Refracción residual en la queratoplastia laminar anterior profunda

#### 4.5.1. Importancia del problema

El mayor obstáculo descrito en la bibliografía, desde 1970 hasta la actualidad, para que se pueda considerar como éxito una queratoplastia, es el astigmatismo. El problema lo tenemos tanto en las técnicas quirúrgicas penetrantes como en las laminares, tratándose habitualmente de astigmatismos asimétricos y con ejes no ortogonales<sup>162</sup>.

Según Feizi et al.<sup>163</sup>, el promedio del astigmatismo esférico residual para la técnica DALK es de 3,49 dioptrías (D), con un rango entre 0,50 y 6,50 D, siendo estos datos resultados concordantes con los de otros autores, que informan de rangos entre 0,00 y 10,00 D<sup>164-166</sup>. La mayoría de estos datos están recogidos en los primeros dos años del postoperatorio, por lo tanto, reflejan el astigmatismo precoz.

A pesar del refinamiento quirúrgico que se ha ido consiguiendo a lo largo de los años, se considera que, aproximadamente, entre el 12% y el 24% de los pacientes presentan astigmatismos postoperatorios significativos<sup>167</sup>, siendo intolerables entre un 8% y un 20% de los casos<sup>168</sup>. De hecho, se considera que el astigmatismo residual posterior a una DALK, afecta negativamente al funcionamiento social y visual del paciente<sup>169</sup>. Por lo tanto, es pertinente el empleo de técnicas quirúrgicas refractivas para lograr su rehabilitación visual completa<sup>170</sup>.

#### 4.5.2. Causas del astigmatismo después de la queratoplastia laminar anterior profunda

Las causas del astigmatismo después de una DALK son múltiples y variadas, y están en relación con una serie de factores o condicionantes preoperatorios, intraoperatorios y postoperatorios<sup>171</sup>.



#### **4.5.2.1. Factores preoperatorios**

Los factores preoperatorios incluirían la edad del donante, el estado refractivo del botón donante, la calidad del botón donante, y la patología subyacente del lecho receptor.

##### ***Edad del donante***

Está descrito, en el caso de PKP, que las córneas de donantes infantiles (menores de 5 años) pueden inducir mayor astigmatismo que las córneas de donantes adultos<sup>69,172,173</sup>. Sin embargo, en un estudio reciente donde se evaluaron pacientes intervenidos de DALK donde la edad del donante osciló entre 20 y 66 años, no se encontró una correlación significativa entre esta variable y el astigmatismo postoperatorio. Probablemente habría que evaluar corneas donantes de pacientes entre 2 y 5 años para poder demostrar esta relación, y que los grupos fueran comparables<sup>174</sup>.

##### ***Estado refractivo del botón donante***

En lo que concierne al estado refractivo del botón donante, los parámetros que pueden influir en el astigmatismo queratométrico residual, son la curvatura basal de la córnea donante y el astigmatismo previo<sup>174</sup>. Sin embargo, estos valores son difíciles de obtener en el banco de ojos.

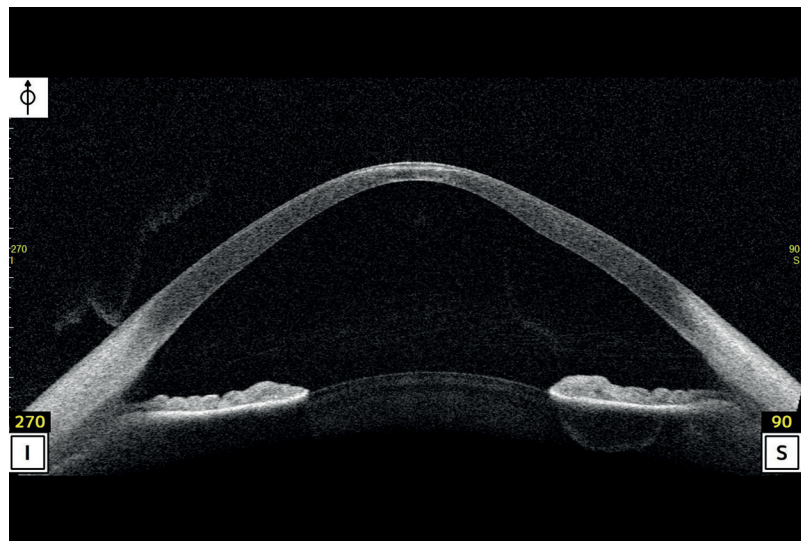
##### ***Calidad del botón donante***

El empleo de un tejido corneal donante de baja calidad, con edema estromal significativo en el momento del implante, podría incrementar el astigmatismo postoperatorio. Se podría originar un corte irregular o una sutura incorrecta, factores que influyen en el astigmatismo residual<sup>175</sup>. Sin embargo, actualmente se admite que la técnica DALK permite el empleo de tejidos corneales de menor calidad, con tiempos de conservación más prolongados, en comparación con los tejidos necesarios para las técnicas penetrantes<sup>174,176</sup>. No se ha demostrado una correlación significativa entre

la calidad del donante y el astigmatismo en el postoperatorio, y tampoco se han descrito asociaciones significativas con la precisión de la trepanación.

### ***Patología subyacente del lecho receptor***

Por otro lado, la patología del receptor se encuentra entre los factores preoperatorios que también pueden contribuir a los resultados topográficos postoperatorios. La causa que motiva el trasplante podría influir en los resultados refractivos finales según se trate de una patología degenerativa, como puede ser un queratocono en estadios avanzados de la enfermedad (fig. 37), o de un traumatismo o una infección, en donde la biomecánica corneal se mantiene conservada en las capas periféricas y profundas. Aún así, en este sentido todavía en la actualidad, existen controversias<sup>89</sup>.



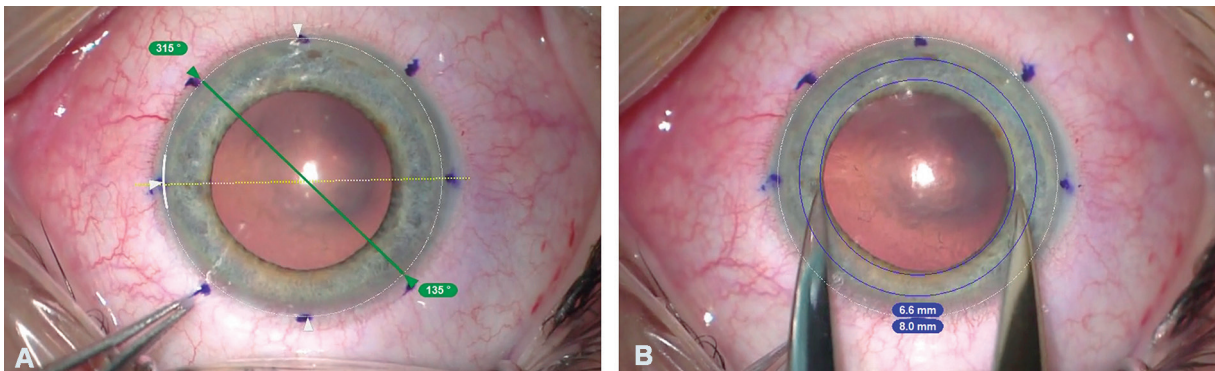
**Figura 37.** Queratocono avanzado grado IV de la clasificación de Amsler-Krumeich, analizado mediante OCT de segmento anterior.

### ***4.5.2.2. Factores intraoperatorios***

En los factores intraoperatorios se incluyen el tamaño del trasplante programado, los bordes del trépano utilizado, el centrado de la trepanación en el receptor y en el donante, la circularidad del corte en el receptor y en el donante, las diferencias de tamaño y forma entre el lecho receptor y el botón donante, la aposición de los bordes de ambas córneas, la técnica de sutura (puntos sueltos o continuos) y la tensión de la misma.

### **Trepanación del lecho receptor**

De todos ellos, el centrado y la circularidad, tanto del lecho receptor como del botón donante, son los que más influyen en la topografía postoperatoria<sup>174-176</sup>. Está descrito que el centrado del lecho receptor se puede realizar en relación con el limbo corneo-escleral o con el centro de la pupila. En publicaciones recientes, parece estar más aceptado el centrado en el limbo, especialmente en patologías como el queratocono (fig. 38). Aún así, en estos casos, es frecuente que se produzcan descentramientos hacia los cuadrantes inferiores.



**Figura 38.** Centrado de la trepanación en el receptor mediante el sistema Callisto (Carl Zeiss, Oberkochen, Germany). Primero se marcan los ejes cardinales (A) y después la zona de trepanación (B).

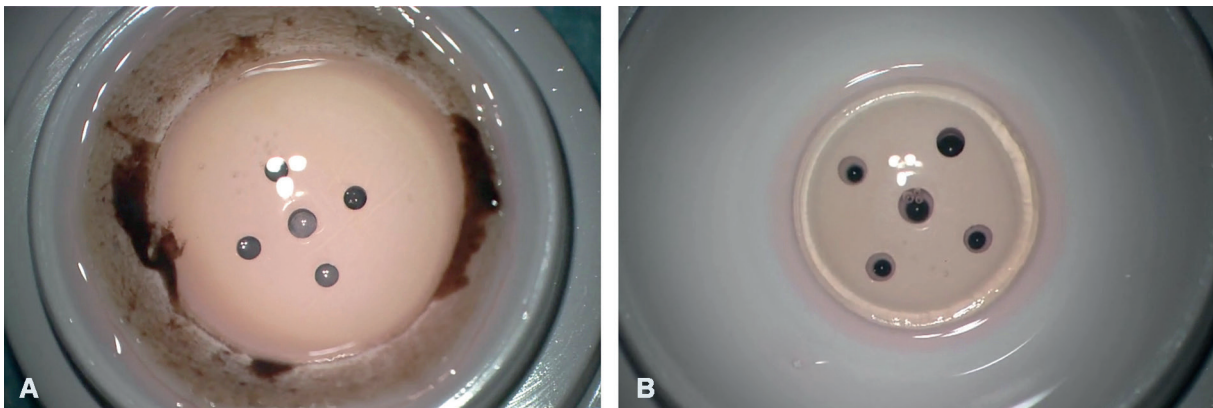
Feizi et al.<sup>174</sup>, encontraron una fuerte asociación entre la dirección del descentramiento de la trepanación en relación con el limbo y la dirección del meridiano más largo del injerto. Los autores suponen que, cuando la trepanación del receptor se realiza de forma excéntrica, más tejido se introduce en el trépano en la dirección del descentramiento, lo que da como resultado un corte más oval en la cornea receptora, con un diámetro mayor en la dirección del desplazamiento. Como consecuencia de ello, se plantea la hipótesis de que la sutura del botón donante sobre un lecho ovalado, da como resultado el estiramiento del injerto en el eje más largo, provocando un aplastamiento en esta dirección. Este tipo de incongruencia donante-receptor se ha asociado con un índice elevado de irregularidad de la cara anterior de la córnea.

### **Trepanación del botón donante**

Por otro lado, realizar un buen corte de la córnea donante también resulta fundamental para conseguir una mejor topogra-

#### 4. Introducción

fía postoperatoria del injerto<sup>179</sup> (fig. 39). Su configuración final, se asocia directamente con la circularidad en la unión final donante-receptor. Una trepanación inadecuada del donante, ya sea por descentramiento, o por inclinación, afecta a su circularidad, lo que puede provocar altos grados de astigmatismo en el postoperatorio. Se considera que un error de corte de 0,1 mm en el tejido donante, inducirá hasta 1,00 D de astigmatismo en el postoperatorio<sup>180</sup>. Por lo tanto, la optimización de la técnica de trepanación del donante, puede mejorar significativamente los resultados refractivos después del trasplante de córnea<sup>181</sup>.



**Figura 39.** Trepanación de la córnea donante antes (A) y después (B).

Existen diferentes trépanos en el mercado, algunos automáticos y otros manuales. Actualmente, los dos más utilizados son el trépano de Hessburg-Barron y el de Hanna<sup>182</sup>. El trépano de Hessburg-Barron es un trépano de vacío de un solo uso y fácil de manejar, que está vigente desde hace más de 20 años. Feizi et al.<sup>176</sup>, fueron los primeros en evaluar cuantitativamente la geometría del botón corneal del donante en la DALK, después de la trepanación mecánica, además de investigar los factores que podrían explicar la configuración de los bordes y la geometría de los botones del injerto de córnea después de la trepanación.

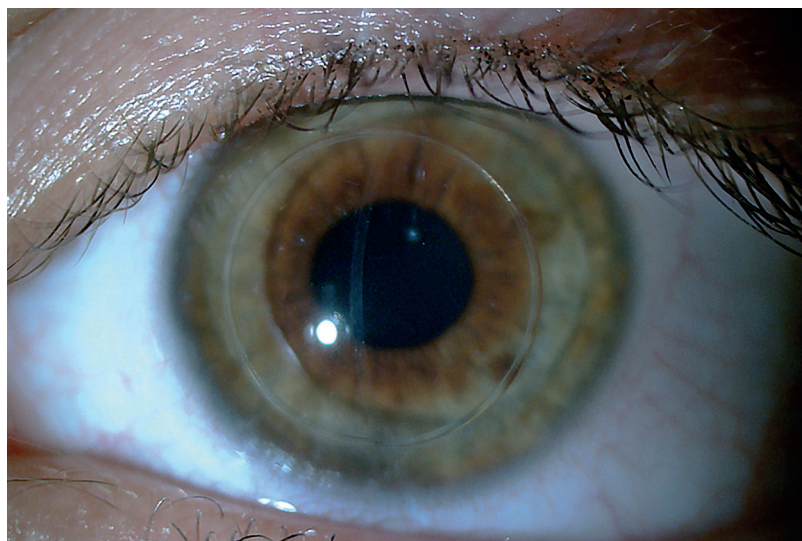
Habitualmente, el corte del botón donante se hace desde la cara endotelial. Está descrito que, al presionar sobre el injerto para hacer la trepanación, la córnea donante obtenida será 0,25 mm más pequeña que el tamaño del trépano utilizado<sup>180,181,183</sup>. Por esta razón, habitualmente tendemos a sobredimensionar el injerto donante. Además, se ha publicado que la superficie posterior de la córnea donante tiene un perímetro y un área de superficie igua-

les al perímetro y área de la hoja del trépano, mientras que las dimensiones de la superficie epitelial, son mayores. Se considera que cuando la hoja de trépano se empuja contra la córnea donante, la superficie epitelial se retrae hacia el centro, dando como resultado más tejido dentro del trépano a nivel epitelial antes de finalmente cortarse, creando esta discrepancia entre ambos lados de la cornea donante. Esta diferencia puede afectar a la unión entre el donante y el receptor<sup>176</sup>.

Se considera que un buen centrado del trépano en la córnea donante, y mantenerlo perpendicular a la superficie corneal son dos factores claves para conseguir un botón corneal redondo. Para ello, es importante que el espolón escleral donante sea circular, ya que esto influye en la trepanación.

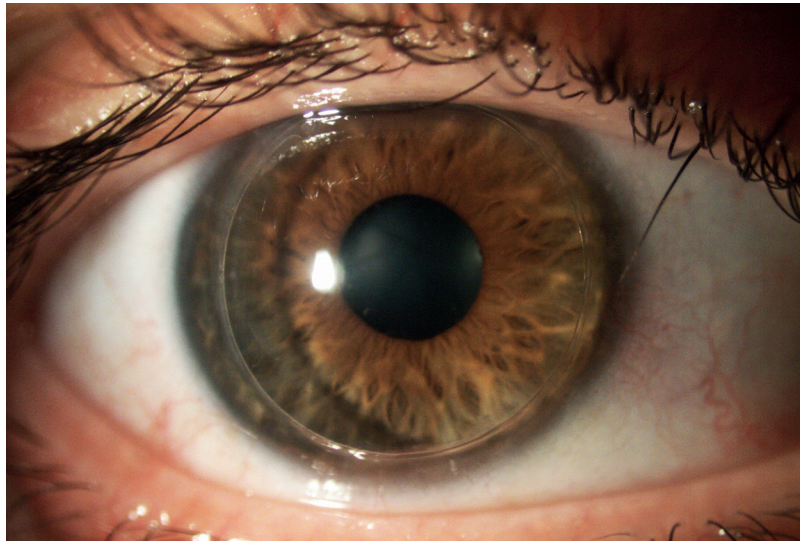
#### ***Técnica quirúrgica***

Otros factores intraoperatorios, como la propia técnica quirúrgica (técnica predescemética vs descemética), parecen no influir tanto en los resultados refractivos finales, a diferencia de lo que se piensa sobre el tamaño del injerto. Se ha descrito que los injertos pequeños (fig. 40), menores de 8,00 mm, producen más astigmatismo y mayor irregularidad topográfica<sup>171</sup>, mientras que los injertos grandes, mayores de 8,0 mm, no parecen influir tanto en el astigmatismo postoperatorio<sup>174</sup> (fig. 41).



**Figura 40.** Injerto pequeño, menor de 8,00 mm. Más posibilidad de descentramiento y de astigmatismo alto.





**Figura 41.** Injerto grande, mayor de 8,0 mm. Habitualmente mejor centrado y menor astigmatismo, aunque aumenta la complejidad quirúrgica.

Otro factor que puede influir en el resultado final es la orientación del botón donante sobre el lecho receptor. Se trata de un elemento difícil de controlar, pero dada la morfología oval de la córnea normal (diámetro horizontal mayor que diámetro vertical), se considera que también puede ser un factor influyente en el astigmatismo postoperatorio.

#### **4.5.2.3. Factores postoperatorios**

Los factores postoperatorios son los relacionados con el proceso de la cicatrización de la herida y con la propia sutura (momento de retirarla y complicaciones asociadas).

##### ***Cicatrización de la herida***

Se considera que el proceso de cicatrización de la herida en las diferentes zonas del injerto, podría provocar una deformidad en la superficie del mismo (con el consiguiente astigmatismo), que podría a su vez verse influenciado por la duración del tratamiento con corticoides tópicos<sup>174</sup>.

##### ***Sutura del injerto***

En cuanto a la influencia de la sutura en la refracción residual después de la DALK, se considera que pueden aportar un beneficio

temporal. Está descrito que la eliminación selectiva de la sutura es eficaz para obtener un astigmatismo bajo, pero siempre que las restantes se dejen en su lugar una vez hayamos encontrado un valor aceptable<sup>184</sup>. Cuando se eliminan por completo, se producen cambios impredecibles en el astigmatismo. Esto apoya la teoría de que otros factores como son las características del lecho receptor y del botón donante, y el encaje donante-receptor, tienen más influencia en el astigmatismo residual.

#### **4.5.3. Aberraciones ópticas después de la queratoplastia laminar anterior profunda**

Más del 90% de las aberraciones ópticas se originan en la córnea, la mayoría en su cara anterior<sup>185,186</sup>. Se distinguen las de bajo orden y las de alto orden (HOA, acrónimo en inglés de *Higher Order Aberrations*).

Las HOA, son las que no estamos acostumbrados a medir ni a tratar en nuestra práctica clínica diaria. El coma, la aberración esférica y el trefoil, son las HOA más conocidas e importantes. En un paciente normal, representan el 1% de las aberraciones totales, mientras que en un paciente con queratocono o PKP llegan en torno al 16%<sup>187</sup>. Pocos son los autores que han estudiado estas aberraciones de alto orden después de los trasplantes de córnea laminares anteriores, y la mayoría de ellos lo han hecho con el fin de comparar los resultados obtenidos con las técnicas penetrantes.

Habitualmente se considera por orden de importancia el coma total (magnitud y eje), la aberración esférica (magnitud) y el trefoil (magnitud y eje). Las aberraciones en un ojo normal, pueden deteriorar la imagen de un modo similar a como lo hace una refracción esférica de 0,25 D.

El coma (tercer orden), es una de las aberraciones más importantes dentro de las HOA, debido al importante deterioro de la calidad visual que puede producir. En toda su expresión, el coma es el descentramiento de los elementos que constituyen un sistema óptico (de ahí la importancia que tiene y como contribuyente al deterioro de la calidad visual). Con frecuencia, el valor de esta aberración se encuentra elevado en pacientes con patologías asimétricas como el queratocono, o tratamientos refractivos descentrados; pero existe un coma fisiológico moderado, compatible con buenas agudezas visuales.

#### 4. Introducción

La aberración esférica (cuarto orden) es una aberración simétrica, y se define como la distancia focal entre los puntos del centro y la periferia de un frente de onda; cuanto mayor sea la diferencia entre la curvatura en el centro y en la periferia de un sistema, mayor será su aberración esférica.

Por último, está el trefoil o astigmatismo triangular (tercer orden), que representa la alternancia adelante/atrás de tres puntos fijos que determinan un encurvamiento del plano a expensas de la periferia.

Es necesario recordar que estamos valorando un mapa aberrométrico de superficie, obtenido a partir de los datos de elevación. En general, estas medidas en los pacientes con trasplantes de córnea, se deben tomar considerando un diámetro de 4,5 mm, con el objetivo de evitar la influencia de la cicatriz, aunque algunos autores hacen referencia a los valores obtenidos en un diámetro de 6 mm.

Se ha demostrado que grandes cantidades de HOA disminuyen la calidad óptica de la imagen retiniana, reduciendo el rendimiento óptico del ojo con la aparición de halos, deslumbramientos, diplopía monocular y/o disminución de la sensibilidad al contraste y agudeza visual<sup>188</sup>.

Según los resultados obtenidos por Salvetat et al.<sup>189</sup> en 2013, donde analizaban las HOA en pacientes intervenidos de PKP y DALK, los ojos trasplantados, presentan una magnitud significativamente mayor de HOA corneales totales y de tercer y cuarto orden en las zonas centrales de 4 mm y 6 mm. Estos resultados sugieren el importante papel del astigmatismo irregular después del injerto de córnea, que puede causar distorsiones visuales y limitar la rehabilitación visual tanto en condiciones fotópicas como escotópicas<sup>190</sup>. Más allá de estos resultados, observaron que, aunque la magnitud de los HOA totales de la superficie corneal posterior fue comparable entre ambos tipos de trasplantes, los que surgen de la superficie corneal anterior fueron significativamente menores en los ojos con DALK, lo que sugiere una mejor calidad óptica en este tipo de pacientes. Como explican los autores, estos resultados podrían deberse a una mejor compatibilidad entre el receptor y el donante; y una mayor regularidad de la interfaz. Los componentes de aberración más dominantes de la superficie corneal anterior fueron el trefoil en los ojos con PKP, y el coma y trefoil en los ojos con DALK.

Esta prevalencia de trefoil en pacientes con PKP parece atribuirse a la mala aposición de la herida provocada por perfiles irregulares en el lecho receptor, así como diferencias de diámetro, que



pueden provocar deformaciones locales periféricas de la córnea trasplantada<sup>187,190</sup>. Por otro lado, el coma y la aberración esférica también encontrados en ojos con PKP, se ha relacionado con un posible descentramiento de la córnea donante<sup>187</sup>.

Salvetat et al.<sup>189</sup> concluyen que el procedimiento DALK puede proporcionar una calidad óptica de la superficie corneal anterior postoperatoria superior, en comparación con las técnicas penetrantes en pacientes con queratocono.

Ese mismo año, Baradaran-Rafii et al.<sup>191</sup> compararon el perfil aberrométrico obtenido mediante dos técnicas diferentes de DALK: la técnica de Anwar, y la técnica de Melles. Observaron que con ambos procedimientos se obtenían resultados comparables en cuanto a agudeza visual, resultados refractivos, perfiles aberrométricos, propiedades biomecánicas, espesores corneales y densidades de células endoteliales. Sin embargo, observaron que los pacientes que se sometieron a la técnica de Anwar, mostraron una mejor sensibilidad al contraste. Describieron además valores de coma similares para ambas técnicas a 5 mm: técnica de Anwar:  $1,2 \pm 0,66$  (0,4-2,71); técnica de Melles:  $1,23 \pm 0,69$  (0,08-2,7). Estos valores de coma difieren a los obtenidos por Salvetat et al.<sup>189</sup> a 4 mm:  $0,20 \pm 0,24$  (0,11-0,32) y a 6 mm:  $1,03 \pm 1,44$  (0,30-5,82) (tabla 1).

Los hallazgos obtenidos por Baradaran-Rafii et al.<sup>191</sup> sugieren que el lecho residual en la DALK no induce aberraciones adicionales significativas que puedan alterar la función visual. Este es el único estudio que hemos encontrado donde se compara el perfil aberrométrico entre diferentes técnicas quirúrgicas para la DALK.

Recientemente, Suzuki et al.<sup>146</sup>, han descrito una correlación significativa entre la queratometría obtenida antes de la DALK y las HOA de la superficie anterior después del procedimiento. Sin embargo, no

**Tabla 1.** Comparativa de las HOA obtenidos por diferentes autores según la técnica quirúrgica empleada para la DALK

Artículo	Baradaran-Rafii A. et al. <sup>191</sup>		Salvetat ML. et al. <sup>189</sup>	
	Técnica de Anwar 5 mm	Técnica de Melles 5 mm	Técnica Predescemética 4 mm	Técnica Predescemética 6 mm
HOA total	$2,16 \pm 0,99$ (0,94-5,01)	$2,42 \pm 0,92$ (1,29-4,92)	$0,57 \pm 0,29$ (0,38-0,75)	$1,97 \pm 1,59$ (1,25-5,02)
Trefoil RMS	$1,34 \pm 0,83$ (0,11-3,89)	$1,61 \pm 1$ (0,4-4,83)	$0,25 \pm 0,14$ (0,12-0,67)	$0,91 \pm 0,82$ (0,06-2,92)
Coma RMS	$1,2 \pm 0,66$ (0,4-2,71)	$1,23 \pm 0,69$ (0,08-2,7)	$0,20 \pm 0,24$ (0,11-0,32)	$1,03 \pm 1,44$ (0,30-5,82)
Aberración esférica	$0,6 \pm 10,36$ (0,05-1,24)	$0,71 \pm 0,42$ (0,12-2,07)	$0,14 \pm 0,08$ (0,12-0,20)	$0,60 \pm 0,54$ (0,16-2,56)

observaron esta correlación entre la queratometría y las HOA después de la DALK. Además, estos autores consideran que en pacientes intervenidos de DALK, como los HOA corneales pueden derivarse de las superficies anterior y posterior, las aberraciones de orden superior de la superficie posterior podrían ser las responsables de HOA residuales después de la ablación corneal con láser guiado por topografía.

Por todo lo expuesto anteriormente, la evaluación post-operatoria de las HOA corneales es un factor importante a tener en cuenta para la rehabilitación visual después de la DALK, siendo posiblemente relevante también, diferenciar entre la influencia de los valores obtenidos en la cara anterior y la cara posterior.

#### **4.5.4. Comparativa con el astigmatismo después de la queratoplastia penetrante**

Existen numerosos autores que comparan los resultados tanto anatómicos como funcionales entre las técnicas quirúrgicas penetrantes y laminares. Y muchos de ellos, obtienen resultados similares en términos de visión y refracción residual.

Por ejemplo, Khattak et al.<sup>192</sup>, no observaron diferencias significativas con respecto a la queratometría promedio y el astigmatismo corneal tras la retirada de puntos entre los pacientes con queratocono sometidos a DALK o a PKP, obteniendo una queratometría media de  $45,51 \pm 2,30$  D (95% IC 45,02-46,01) en el grupo de DALK y de  $44,85 \pm 2,36$  D (95% IC 44,30-45,41) en el grupo de PKP ( $p = 0,077$ ). Estos resultados son similares a los obtenidos por otros autores donde no se encontraron diferencias significativas entre los grupos DALK y PKP en el equivalente esférico (EE) medio ( $P = 0,72$ ) y en el astigmatismo ( $P = 0,88$ )<sup>193</sup>, observándose una agudeza visual corregida similar para los dos procedimientos<sup>166</sup>.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el meta-análisis de Song et al.<sup>92</sup>, donde se compararon las medidas de resultado postoperatorias de la PKP y la DALK para el queratocono. Se incluyeron trece estudios que abarcaron 530 ojos intervenidos de PKP y 568 ojos intervenidos de DALK, y no se encontraron diferencias significativas entre ambos procedimientos en cuanto a mejor agudeza visual corregida (CDVA, acrónimo en inglés de, *Corrected Distance Visual Acuity*), cilindro refractivo y cilindro topográfico; sin embargo, observaron que el EE era significativamente mayor en los pacientes con DALK ( $p < 0,001$ ).

#### 4. Introducción

Por otro lado, están descritas diferencias en cuanto a claridad corneal cuando comparamos la PKP con la DALK, observándose una medición de densitometría corneal significativamente más alta después de la DALK<sup>194</sup> (software de densitometría para Oculus Pentacam).

#### 4.5.5. Refracción residual después de la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono

##### Astigmatismo

Están descritos diferentes tipos de astigmatismo después de una DALK, fundamentalmente en pacientes con queratocono, y es importante definirlos para poder orientar el tratamiento refractivo terapéutico postoperatorio.

Según Wang et al.<sup>195</sup>, la localización topográfica previa de la ectasia (central o periférica), puede influir en la aparición de astigmatismos irregulares significativos, que afectarán a la calidad visual postoperatoria (fig. 42). Una distribución desigual del grosor de la

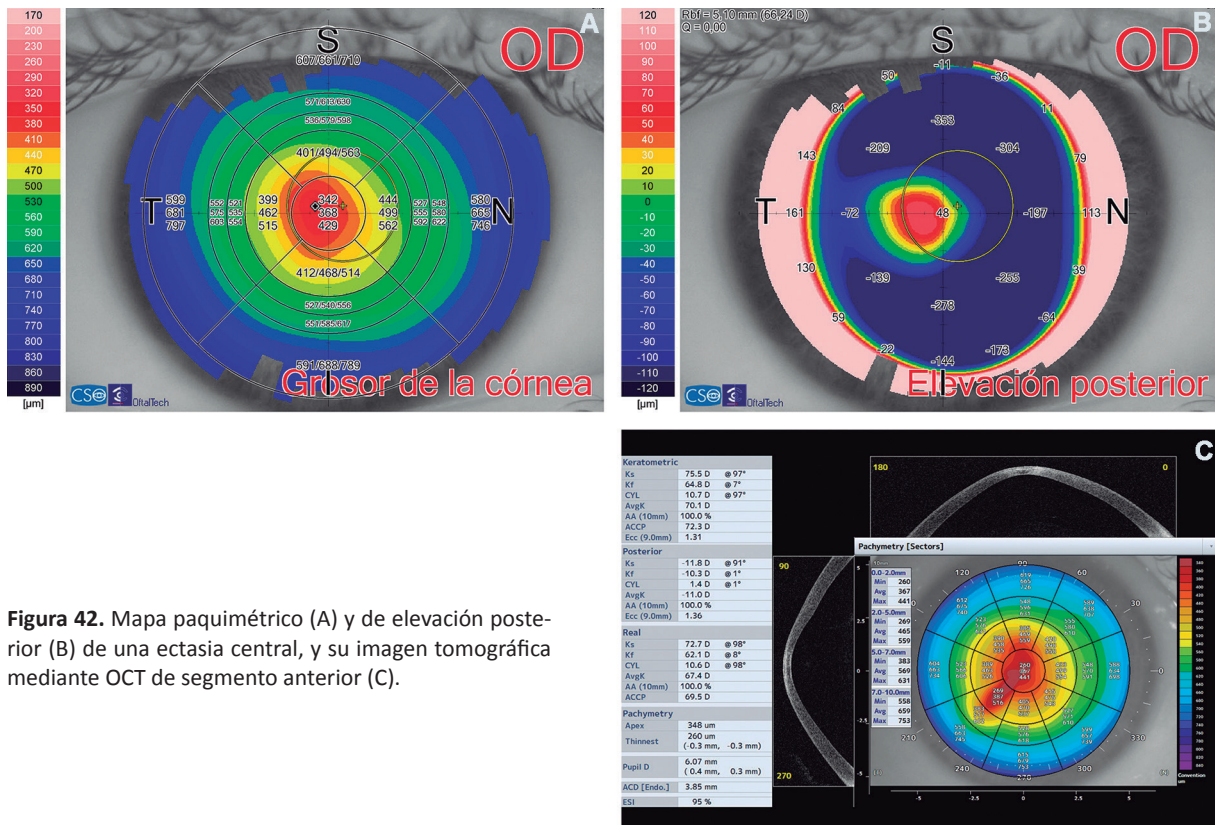


Figura 42. Mapa paquimétrico (A) y de elevación posterior (B) de una ectasia central, y su imagen tomográfica mediante OCT de segmento anterior (C).

córnea, especialmente en la zona de la pupila, puede afectar significativamente al estado refractivo posoperatorio de los pacientes. Según describieron estos autores, parece ser que el grosor de la córnea en casos de DALK por queratocono, depende de los siguientes hechos: 1) grado de afectación de la córnea periférica receptora; 2) referencia tomada para el centrado de la DALK (centro pupilar, centro corneal o centro del cono); y 3) alineación del receptor con el donante (posiciones central, horizontal y vertical del lecho, alineadas o no, con posiciones central, horizontal y vertical del injerto, respectivamente).

En el año 2020, Elkadim et al.<sup>196</sup>, quisieron evaluar la orientación del astigmatismo después de la DALK en pacientes con queratocono, con la hipótesis de que el astigmatismo queratométrico central (3 mm) postoperatorio, se podría correlacionar con el astigmatismo queratométrico periférico preoperatorio (8 mm). Los autores emplearon una técnica laminar de gran diámetro (9,00 mm), y observaron varios detalles importantes. La orientación más común del astigmatismo post-DALK en los 41 ojos evaluados era a favor de la regla en el 65,9% de los casos (eje entre 60° y 120°), en contra de la regla en el 19,5% (eje entre 0° y 30° o 150° y 180°) y oblicuo en el 14,6% (eje entre valores restantes). Además, determinaron una correlación significativa entre el astigmatismo queratométrico periférico preoperatorio y el astigmatismo queratométrico post-DALK con respecto al eje y la magnitud. En concreto, concluyen que el eje del astigmatismo postoperatorio se puede predecir según los ejes periféricos preoperatorios, y que los casos con astigmatismos periféricos preoperatorios menores de 2,04 D, darán lugar a astigmatismos postoperatorios significativamente menores que los casos con valores preoperatorios más altos ( $P = 0,0087$ ).

Es probable que esto esté relacionado con la inclinación corneal periférica relativamente más alta que presentan los ojos con queratocono, y que se correlaciona con un meridiano más curvo en el plano vertical postoperatorio. Como afirman los autores, este astigmatismo periférico representa la toricidad del borde del estroma receptor, que parece transferirse a la córnea donante. Aún así, otros factores como el centrado de la trepanación, la disparidad de tamaño donante-receptor, y la distribución del grosor del botón donante, como hemos visto, también influyen en el resultado refractivo postoperatorio.

### **Esfera**

En cuanto a la refracción esférica residual, ya está descrita hace años una relación estadística entre el queratocono y la miopía axial. En un estudio comparativo entre un grupo de pacientes emétopes y un grupo de pacientes con queratocono, se observó que la longitud axial (L<sub>Ax</sub>) fue significativamente mayor en el grupo de queratocono (23,97 mm frente a 23,21 mm,  $p < 0,001$ ), mientras que la profundidad de la cámara anterior también era significativamente diferente entre ambos grupos ( $3,70 \pm 0,36$ , rango entre 3,01 y 4,63 versus  $3,36 \pm 0,41$ , rango entre 2,62 y 3,89 en 200 ojos analizados,  $p < 0,001$ )<sup>197,198</sup>. Esto significa que cuando vamos a realizar una DALK en queratocono, el EE será mayor si el queratocono se encuentra en los estadios III y IV de la clasificación de Amsler-Krumeich, que si se encuentra en el estadio II ( $p = 0,04$  y  $p = 0,001$ , respectivamente)<sup>89</sup>.

Todos estos hallazgos analizados en pacientes con queratocono, se podrían extrapolar a otras córneas con otras patologías previas, como la queratotomía radial (RK), la ectasia post-queratomileusis in situ asistida por láser de Excímero (LASIK, acrónimo en inglés de *Láser Assisted in Situ Keratomileusis*) e, incluso, las distrofias o los leucomas corneales, aunque en estos casos no hemos encontrado referencias bibliográficas al respecto.

#### **4.5.6. Prevención de la refracción residual en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono**

En este apartado se hablará de pacientes intervenidos de DALK por queratocono, pero no se incluirán patologías secundarias a cirugías refractivas previas como la RK o el LASIK, ya que no se han encontrado referencias que aborden el manejo de estos pacientes de manera específica.

Con el objetivo de poder reducir la refracción residual esférica y astigmática en pacientes intervenidos de DALK, diferentes autores han optado por introducir algunos cambios en su técnica quirúrgica. Por un lado, están descritos buenos resultados con trepanaciones del mismo tamaño, tanto en el donante como en el receptor, con el objetivo de reducir los errores de refracción miope en pacientes con queratocono avanzado<sup>200</sup>, igual que sucede cuando se realiza

un PKP del mismo diámetro<sup>201</sup>. Sin embargo, también se ha visto que realizar una DALK de gran diámetro puede reducir el grado de miopía postoperatoria y el astigmatismo manifiesto, mejorando los resultados de agudeza visual en comparación con la técnica DALK estándar<sup>202,203</sup>.

Por otro lado, también se ha estudiado la tensión de las suturas como factor implicado en el astigmatismo residual postoperatorio después de cualquier tipo de trasplante. De hecho, se considera que una sutura guiada intra-operatoriamente con el queratoscopio, podría ayudarnos a obtener un astigmatismo menor de 2,00 D, aunque, como se ha comentado anteriormente, no está garantizado que este valor se mantenga después de la retirada de las mismas<sup>204,205</sup>. En consecuencia, es probable que el manejo de la sutura sólo represente un factor transitorio en el control del astigmatismo.

Si se estudia con detalle la interfase entre el donante y el receptor, encontramos unos datos muy interesantes. Jhanji et al.<sup>206</sup> en el 2011, definieron los patrones de alineamiento receptor-donante como escalones y rebordes, pero no describieron su influencia en los resultados visuales. Sin embargo, Zhao et al.<sup>207</sup>, observaron las características de esta relación en pacientes con queratocono, y su implicación en la incidencia de ametropías postoperatorias. Este grupo, basándose en OCT, definió que los patrones de alineamiento posterior en la queratoplastia se pueden clasificar en cuatro tipos básicos: aposición regular, escalón (del donante o del receptor), protrusión (sólo de la DM o también del estroma corneal profundo) y apertura<sup>208</sup> (fig. 43 y 44). Diferentes estudios han demostrado

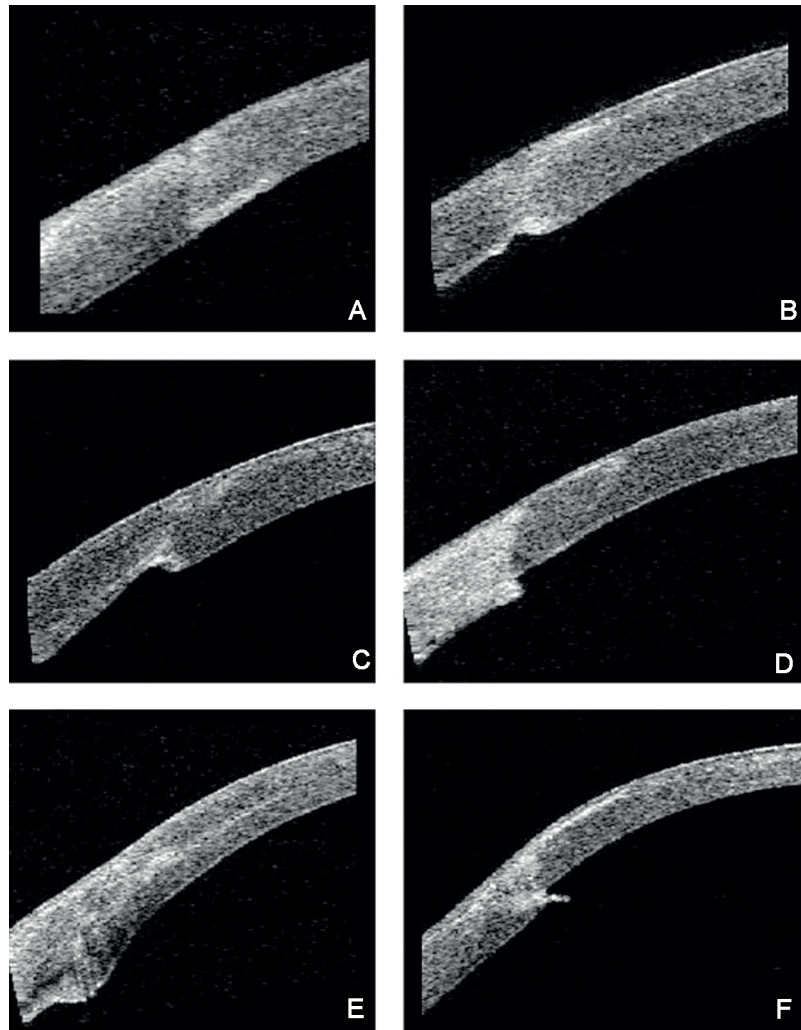
**Table 3** Comparisons of frequency of appositions (F) between Post-PK and Post-DALK groups

Types of apposition	F (%) in Post-PK Mean (SD), number	F (%) in Post-DALK Mean (SD), number	P
Regular-apposition	45.45(30.50), 80	38.04(31.19), 70	0.425
Step	26.14(21.10), 47	59.28(31.81), 111	<.0001
Graft step	11.36(14.39), 20	54.39(34.26), 102	<.0001
Host step	15.34(21.80), 27	3.80(9.56), 9	0.018
Protrusion	23.30(21.58), 41	0.54(2.61), 1	<.0001
Hill	17.05(18.32), 33	0(0), 0	<.0001
Tag	4.55(7.26), 8	0.54(2.61), 1	0.017
Gape	4.55(7.26), 8	1.09(3.60), 2	0.052

*Post-PK* Post penetrating keratoplasty, *post-DALK* Post-deep anterior lamellar keratoplasty, *Fc* Frequency of apposition

**Figura 43.** Comparativa de los patrones de alineamiento entre el donante y el receptor en pacientes con PKP y DALK. Imagen tomada del artículo de Zhao Y et al.<sup>207</sup>.





**Figura 44.** Aposición regular, escalón (del donante o del receptor), protrusión (sólo de la membrana de Descemet o también del estroma corneal profundo) y apertura. Principales tipos de mal-posiciones que se encuentran en la unión injerto-huésped. (A) congruencia de espesores: aposición regular. (B) espacios internos en la unión injerto-huésped. (C) escalón del injerto. (D) escalón del huésped. (E) Protuberancias. (F) Apertura. Imagen tomada del artículo de Kaiserman I et al.<sup>208</sup>.

que el tipo de patología previa del paciente receptor, influye en los patrones de alineamiento de la herida<sup>209</sup>, pero estos autores observaron que la mal-posición más común fue el escalón del donante (33,9%), probablemente por el adelgazamiento preoperatorio asimétrico de la córnea en las diferentes etapas del queratocono, es decir, por una incongruencia de espesores.

La distancia entre el epitelio y el endotelio en la cicatriz de un trasplante (tanto penetrante como laminar) se ve influenciado por los patrones de alineamiento de la herida, y esto, a su vez, repercute en la refracción postoperatoria. Un escalón posterior o una apertura, reducen la distancia entre epitelio y endotelio, mientras que una protrusión lo aumenta. Se ha visto que aquellas mal-posiciones que disminuyan esa distancia, aumentan significativamente el equivalente esférico postoperatorio, sin embargo, reduce la me-

mayor agudeza visual corregida. Los autores consideran que una mayor distancia en la cicatriz entre el epitelio y el endotelio receptor podría mejorar la estabilidad de la herida corneal y, por lo tanto, reducir el equivalente esférico posoperatorio. Además, el tamaño de la mal-posición (distancia máxima entre la mal-posición y la capa de DM normal) podría explicar, en parte, un mayor grado de astigmatismo, siendo uno de los principales factores responsables de la ametropía post-queratoplastia: una mayor disparidad entre el donante y el receptor podría conducir a una ametropía más grave. Por lo tanto, debemos asumir que cuanto más delgado sea el lecho receptor en la periferia, peores serán los resultados visuales.

#### **4.5.7. Prevención de la refracción residual en la queratoplastia laminar anterior profunda por otras patologías**

Los resultados refractivos en la DALK para una patología diferente al queratocono, como pueden ser las distrofias corneales o las infecciones, no están del todo estudiados en la literatura. La mayoría de las investigaciones se centran en la viabilidad del injerto y la posibilidad de recidivas de la patología inicial en la córnea donante. Aun así, existen algunos artículos que incluyen diferentes patologías previas y que exponen sus buenos resultados visuales después de la DALK, sin observarse diferencias entre grupos<sup>167,210</sup>.

En particular, se ha demostrado que los resultados visuales obtenidos con la DALK en pacientes con herpes corneal son comparables a los obtenidos con los PKP, pero obtienen una mejor tasa de supervivencia del injerto. En estos casos, es especialmente importante llevar a cabo un tratamiento preventivo por vía oral, para evitar inflamaciones postoperatorias relacionadas con el virus<sup>211</sup>. Leccisotti<sup>212</sup> en 2009, consideró importante también evitar las complicaciones relacionadas con la técnica DALK en herpes, que nos puedan hacer reconvertir la cirugía a un PKP. Por este motivo, defiende la realización de la DALK mediante una inyección de aire intraestromal más superficial, evitando la formación de una gran burbuja, seguida de una disección manual hasta un nivel pre-desecmético, además del empleo de Aciclovir oral (1.200 mg al día) un mes antes de la cirugía y 5 meses después, para pasar a reducirlo a 800 mg al día durante otros 6 meses. Además, en aquellos ojos en los que conocía el EE preoperatorio, observó un desplazamiento



miope medio de 2,38 D, dato que deberá ser evaluado en un mayor número de muestra (n = 7).

Toda la relación de los trabajos publicados entre el año 2010 y el año 2022 sobre el astigmatismo residual después de la DALK se recogen en el Anexo 1.1. Además, en el Anexo 1.2 y 1.3. respectivamente, se presenta la producción científica anual de los artículos que versan sobre la DALK desde el año 1997 hasta el año 2022, así como los autores más destacados según su producción de artículos sobre el tema.

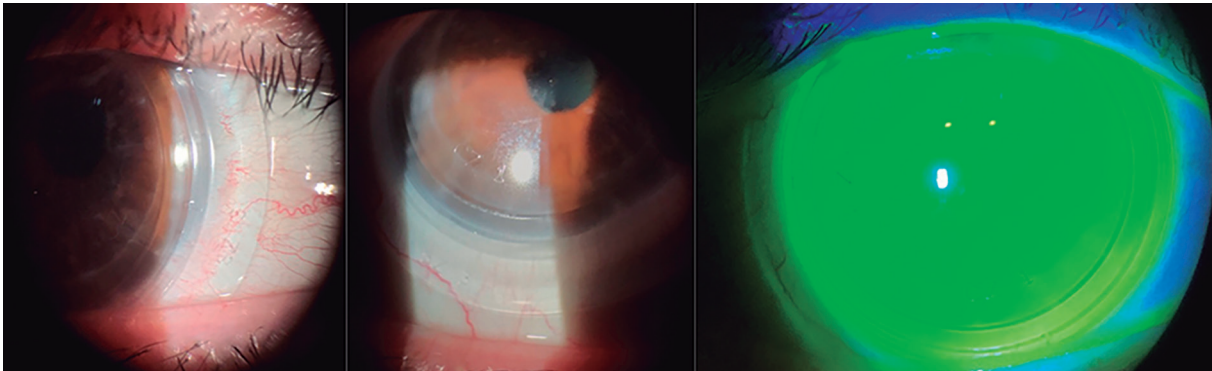
### 4.6. Corrección refractiva de la queratoplastia laminar anterior profunda

#### 4.6.1. Cirugía refractiva-terapéutica

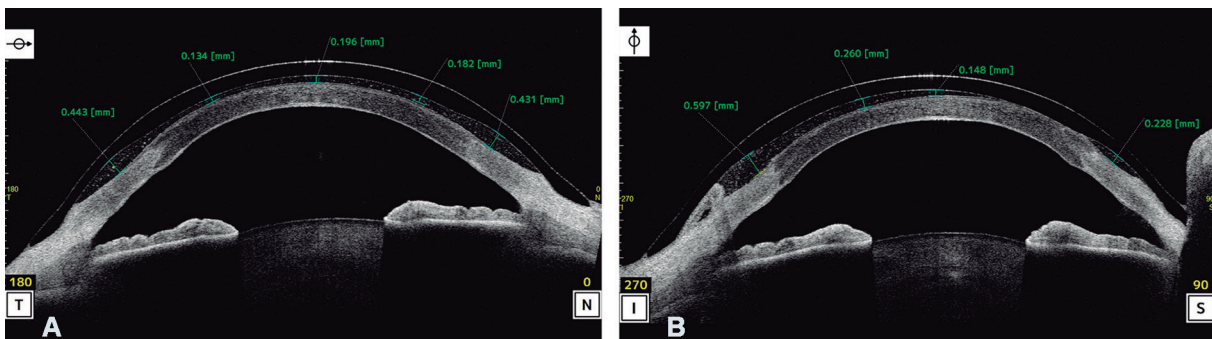
Los errores de refracción postoperatorios elevados después de una DALK son una de las complicaciones más habituales<sup>92</sup>, estando descrita la necesidad de realizar cirugías refractivas secundarias hasta en el 11% de los casos<sup>159</sup>. Este concepto de cirugía de origen refractivo con finalidad terapéutica fue introducido en el año 2012 por Alfonso et al.<sup>213</sup> y posteriormente por Dan Z. Reinstein<sup>214</sup>, en 2015.

El momento más adecuado para realizar esta cirugía refractiva terapéutica con el objetivo de conseguir una rehabilitación visual del paciente, se estima que es a los 6 meses de la retirada completa de las suturas<sup>215</sup> momento a partir del cual está descrita la estabilidad refractiva.

Existen varias opciones para tratar la refracción residual después de una DALK. Por un lado, están los métodos conservadores para su corrección óptica, como son las gafas o las lentes de contacto, pero no siempre son bien toleradas por parte del paciente, especialmente en casos de anisometropía (figs. 45 y 46). Por otro lado, existen diferentes técnicas refractivas que podrían corregir tanto el astigmatismo como la esfera, como serían las técnicas de ablación corneal, las técnicas de moldeado corneal, el empleo de lentes fáquicas, la lensectomía con implante de lentes intraoculares (LIO), y los implantes adicionales en casos de pseudofaquia. Todos los trabajos publicados hasta la fecha se recogen en la revisión bibliográfica de la presente tesis doctoral cuya referencia se encuentran en el Anexo 1.4. Además, existe la posibilidad de combinar cualquiera de estos procedimientos.



**Figura 45.** Métodos conservadores: lente de contacto escleral en DALK. Imágenes en lámpara de hendidura.



**Figura 46.** Lente de contacto de apoyo escleral en DALK. Al no estar en contacto con la córnea se puede apreciar la capa de lágrima entre la cara posterior de la lente y el epitelio corneal. Imagen de OCT de segmento anterior: corte horizontal (A) y vertical (B).

#### 4.6.2. Técnicas de fotoablación corneal

Una de las opciones que disponemos para la corrección del astigmatismo residual después de una DALK son las técnicas de fotoablación corneal. La queratectomía fotorrefractiva (PRK, acrónimo en inglés de *Photorefractive Keratectomy*), el LASIK, y la asociación de láser de FS con la técnica LASIK (FemtoLASIK), han demostrado su eficacia en la corrección de las ametropías, incluso en los casos de trasplante de córnea, tanto laminares como penetrantes.

##### 4.6.2.1. Queratectomía fotorrefractiva

La primera experiencia que se tuvo en la corrección de las ametropías post-queratoplastia con la técnica PRK fue en la PKP. Aunque según los estudios publicados inicialmente, se trataba de un método eficaz y seguro<sup>216,217</sup>, esta técnica fue abandonada en su momento debido al gran número de casos descritos con fibrosis del

estroma superficial (en inglés, *haze*)<sup>218,219</sup>; además de los inconvenientes propios de la técnica, como son las molestias postoperatorias, o la tendencia a la hipermetropización.

Con la llegada de la Mitomicina C (MMC), se demostró una reducción del *haze* en las técnicas de ablación de superficie, tanto en córneas vírgenes como en la PKP<sup>220,221</sup> aunque su empleo sigue siendo controvertido. Hasta la fecha, son pocas las publicaciones que hacen referencia al uso de la PRK en DALK<sup>222-227</sup>.

En el año 2008, Leccisotti<sup>223</sup> demostró que la PRK con MMC podía corregir de manera efectiva y segura, la miopía y el astigmatismo miópico regular en 10 ojos con DALK; sin observar retrasos en la epitelización u otros efectos secundarios. Desde el 2008 hasta el 2017, no se han encontrado más artículos relacionados con el uso de la PRK en DALK.

A partir de esa fecha, Sorkin ha sido el único autor que ha escrito dos publicaciones al respecto, incluyendo en sus muestras trasplantes penetrantes y laminares: la primera en 2017<sup>227</sup>, empleando la PRK guiada por topografía para tratar el astigmatismo irregular en 14 pacientes con DALK, considerando que este procedimiento puede ayudar a mejorar los resultados de agudeza visual y los índices de aberrometría óptica, aunque tuvo que realizar ablaciones escalonadas hasta lograr el resultado final y tratamientos postoperatorios refractivos secundarios con lentes intraoculares; y la segunda, en 2019<sup>225</sup>, empleando la PRK guiada por frente de onda (WG-PRK) para tratar astigmatismos mayores o iguales a 3,00 D en 13 ojos con trasplante (DALK y PKP), afirmando que se trata de una técnica efectiva y segura en el tratamiento del astigmatismo alto y regular post-DALK, reduciéndose a valores iguales o inferiores a 2,50 D en todos los casos.

#### **4.6.2.2. Queratomileusis in situ asistida por Láser de Excímero**

Desde las publicaciones de Donnenfeld et al.<sup>228</sup> y Forseto et al.<sup>229</sup> en 1999, numerosos autores han aportado sus resultados con la Queratomileusis in situ asistida por LASIK, usando el microqueratomo mecánico en la PKP<sup>226,230-235</sup>. En todos los casos, los cortes creados con el microqueratomo tenían un diámetro mínimo de 7,2 mm y máximo de 9,5 mm, con espesores de 140-160  $\mu\text{m}$ .

Revisando la bibliografía<sup>236</sup> se puede afirmar que existen numerosos factores que afectan al resultado refractivo después del LASIK:

#### 4. Introducción

- 1) el tamaño, la queratometría y el grosor del trasplante
- 2) la enfermedad subyacente a la PKP
- 3) la técnica de trepanación y el tipo de sutura empleada
- 4) el tamaño y la alineación del injerto
- 5) la posición de la charnela de la queratectomía
- 6) el tipo de técnica, en cuanto a la velocidad de corte y al vacío
- 7) el Láser de Excímero y el perfil de ablación empleado
- 8) el límite de la queratectomía, si incluye o no la cicatriz
- 9) el proceso de cicatrización del injerto.

Muchos autores consideran que la propia queratotomy produce cambios biomecánicos impredecibles en la cornea cuando existe un trasplante previo, fundamentalmente cuando la queratectomía realizada por el microqueratomo afecta a la cicatriz. Por este motivo, algunos de ellos prefieren la realización del procedimiento en dos tiempos<sup>230,232,236,237</sup>, dejando pasar un mínimo de 6 semanas entre la realización de la queratectomía y la fotoablación.

De esta manera, se considera que se podría ajustar mejor la refracción, permitiendo la estabilización de los cambios biomecánicos provocados por el corte horizontal<sup>238</sup> y la liberación de las fuerzas contráctiles de la cicatriz<sup>233,239</sup>. Así lo han demostrado en sus resultados, aunque estas técnicas, tampoco están libres de complicaciones<sup>232</sup>.

En cuanto a la DALK, la primera referencia bibliográfica que encontramos sobre el empleo de LASIK, data del año 2012. Acar et al.<sup>240</sup> presentaron un estudio en el cual incluyeron 12 ojos con DALK y astigmatismos miópicos compuestos con un EE entre  $-2,50$  D y  $-8,00$  D. Los autores pudieron concluir que el tratamiento con LASIK para corregir el error de refracción puede ser una opción viable. Una crítica a este trabajo de Acar fue el corto periodo de seguimiento para determinar la estabilidad corneal a largo plazo después del procedimiento (menor de un año)<sup>241</sup>.

El LASIK, en general, ofrece varias ventajas sobre la PRK en el tratamiento de posibles ametropías después de un trasplante de córnea, pero, igual que sucede en córneas vírgenes, debemos realizar un exhaustivo estudio preoperatorio para evitar el riesgo de ectasias corneales (paquimetría). También hay que tener en cuenta la posibilidad de que se desencadenen síntomas neurotróficos de ojo seco, y más en estos casos donde la inervación y biomecánica corneal podrían encontrarse alterados<sup>242</sup>. También hay recordar que, todos los procedimientos basados en Láser de Excímero,

favorecen la inflamación del estroma y pueden suponer un factor de riesgo adicional para el rechazo del injerto, siendo necesario un buen seguimiento del paciente y un cumplimiento correcto del tratamiento postoperatorio<sup>243</sup>.

#### **4.6.2.3. Asociación de Láser de Femtosegundo: FemtoLASIK**

Con la llegada del láser de Femtosegundo (FS), todos los problemas asociados a la PRK y al LASIK, se vieron resueltos. Por un lado, se redujo el número de *haze*, las molestias post-operatorias y la tendencia a la hipermetropización, favoreciendo la creación de cortes más predecibles que con el microqueratomo mecánico, con menor número de epitelizaciones de la interfase y reacciones estromales en el injerto.

Existen muchas referencias bibliográficas que muestran las ventajas del FemtoLASIK en la realización de la queratectomía laminar en comparación con el microqueratomo convencional en los PKP. La creación de cortes más uniformes, con grosor y tamaño predecibles y reproducibles<sup>61,244,245</sup>, junto a la posibilidad de situar de manera precisa el corte por dentro de la cicatriz del injerto, aporta seguridad y eficacia al procedimiento. Además, nos permite realizarlo en un solo paso<sup>246,247</sup>, reduciendo la posibilidad de que se produzcan efectos adversos en la cicatriz<sup>248</sup>.

En la actualidad, existen diferentes softwares con los que podemos aplicar un método de ahorro de tejido durante el tratamiento con el Láser de Excímero, lo que se traduce en una menor profundidad de ablación necesaria y un mayor margen de seguridad para el cirujano<sup>249</sup>.

También está descrita la combinación de FemtoLASIK con una queratotomía astigmática en PKP. Bahar et al.<sup>250</sup>, no observaron diferencias en los resultados visuales en comparación con la técnica láser aislada, pero sí vieron una mayor incidencia de complicaciones.

Todos estos estudios han demostrado que el FemtoLASIK es una buena opción para corregir la refracción después de PKP. Se consigue una mejoría significativa en cuanto a la agudeza visual, el astigmatismo refractivo y el equivalente esférico, con un número de complicaciones mínimo.

Considerando los estudios previos, es razonable esperar unos resultados similares, si no mejores, con FemtoLASIK en ojos con DALK, independientemente de la patología que motivó el trasplante. El primer estudio actualizado que presenta los resultados

refractivos y visuales con el uso del Femto-LASIK en pacientes intervenidos previamente de DALK, fue llevado a cabo en el año 2017 por Balestrazzi et al.<sup>251</sup>, concluyendo que la corrección del error refractivo manifiesto condujo a una mejora significativa de la agudeza visual sin corrección (UDVA acrónimo en inglés de *Uncorrected Distance Visual Acuity*) y CDVA sin complicaciones quirúrgicas.

#### **4.6.2.4. Tallado intraestromal con Láser de Femtosegundo**

El tallado intraestromal con Láser de Femtosegundo (SMILE, acrónimo en inglés de *Small Incision Lenticule Extraction*), también ha sido probado recientemente en la DALK. Esta técnica consiste en el tallado con fines refractivos de un lenticulo estromal y su posterior extracción a través de una pequeña incisión. Se trata de una técnica refractiva corneal desarrollada en el año 2008.

Revisando la bibliografía, solo se han encontrado dos artículos que evalúan los resultados visuales, topográficos y refractivos con la técnica de SMILE en pacientes con DALK previo. Mastropasqua et al.<sup>252</sup>, presentaron en 2015 su aplicación en un paciente con alto astigmatismo miópico, obteniendo unos resultados satisfactorios. Describieron una CDVA y UDVA antes del SMILE de 20/100 y 20/400, respectivamente, con un error de refracción de  $-6,00\text{ D}$   $-6,00\text{ D} \times 50^\circ$ , mejorando a 20/40 y 20/100 a la semana de la intervención. El astigmatismo topográfico y la refracción se redujo a  $-1,50\text{ D}$   $-3,00\text{ D} \times 50^\circ$ . En los tres meses de seguimiento, el paciente no presentó molestias o complicaciones, pero se observó una leve hipocorrección astigmática.

Por otro lado, Hashemi et al.<sup>253</sup> describieron unos años más tarde un caso de rechazo estromal en un varón de 46 años tras la realización de este procedimiento. El paciente fue tratado con corticoides hasta alcanzar UDVA de 20/40, una CDVA de 20/25 y una refracción de  $-1,25\text{ D}$   $-0,75\text{ D} \times 90^\circ$  a los cinco meses de la cirugía. Por lo tanto, son necesarios más estudios prospectivos para comprobar la eficacia y la seguridad del SMILE en la DALK.

#### **4.6.3. Técnicas de moldeado corneal**

Las técnicas de moldeado corneal incluyen aquellos procedimientos que son capaces de modificar o moldear la curvatura cor-

neal preservando el tejido. En general se considera que estas técnicas son difíciles de predecir, y que se ven condicionadas por las características de la córnea a tratar. Las técnicas de moldeado corneal incluyen las incisiones corneales, o queratotomía astigmática, los segmentos de anillo intracorneales, y las resecciones en cuña.

##### **4.6.3.1. Incisiones corneales: queratotomía astigmática**

La queratotomía astigmática tiene como objetivo reducir el astigmatismo corneal mediante la realización de una o dos incisiones arqueadas, profundas, concéntricas con respecto al centro de la córnea y localizadas en el meridiano más curvo. La eficacia de las mismas depende de su arco y de su profundidad, así como del diámetro de la zona óptica y de la edad y género del paciente.

Existen evidencias de que los nomogramas establecidos para la corrección del astigmatismo congénito mediante incisiones arqueadas, no son válidos en los ojos post-queratoplastia<sup>254</sup>, ya que la biomecánica de una córnea virgen es completamente diferente a la de una córnea trasplantada. De hecho, estudios recientes han encontrado que el astigmatismo inducido de la queratotomía arqueada con el Láser de FS depende de las propiedades biomecánicas de la córnea<sup>255</sup>.

Alexander et al.<sup>256</sup>, describieron que la HC y el factor de resistencia corneal son predictores independientes de la eficacia de la queratotomía astigmática con Láser de FS, pero actualmente, se sabe que con la DALK se obtienen valores normales en cuanto a HC en comparación con las PKP. Por lo tanto, la eficacia de la técnica puede diferir entre ambos tipos de trasplante<sup>136,257</sup>.

Inicialmente, se desarrollaron las denominadas queratotomías arqueadas, típicamente realizadas de manera manual o automatizadas con microqueratomo (Moria)<sup>258</sup>. A lo largo de los años se ha considerado una técnica efectiva para el manejo de astigmatismos altos después del trasplante de córnea, pero se trata de una técnica con baja predictibilidad y no exenta de riesgos.

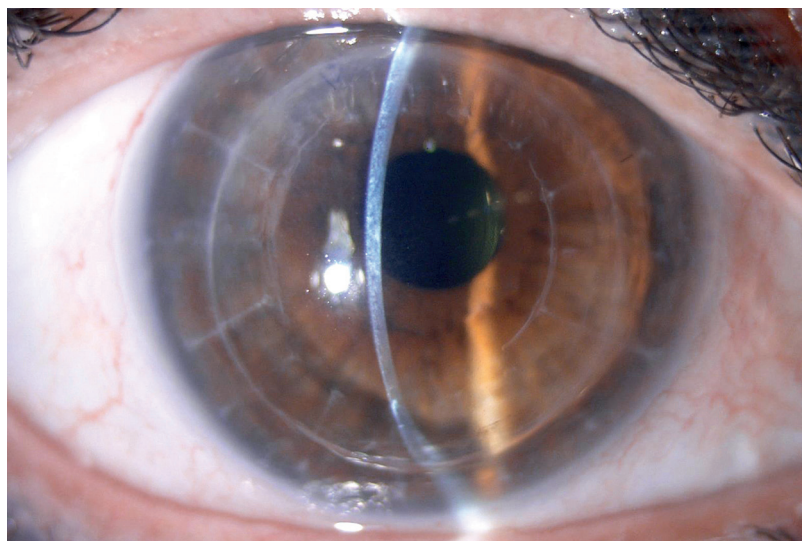
El Láser de FS representa una nueva herramienta para la corrección de astigmatismos altos de una manera más segura y precisa<sup>259</sup>, permitiendo crear cortes intraestromales horizontales (para LASIK y para DALK), cortes intraestromales verticales (para LASIK, para PKP y DALK), y combinaciones de ambos<sup>260</sup>. Por lo tanto, con la ayu-



#### 4. Introducción

da de esta tecnología, es técnicamente posible la creación de unas queratotomías astigmáticas personalizadas en cuanto a forma, longitud, radio y profundidad, proporcionándonos mayor seguridad y exactitud que las técnicas manuales o mecánicas<sup>261</sup>. De todas formas, la predictibilidad del Láser de FS también se considera limitada<sup>262</sup> y, a menudo, se requieren procedimientos adicionales para mejorar el resultado final, como la ampliación de las incisiones, en correcciones insuficientes, o las suturas de las mismas en las sobre-correcciones. Aún así, se ha visto que se trata de una técnica segura y eficaz para reducir el astigmatismo post-queratoplastia, obteniendo resultados visuales y queratométricos superiores a la queratotomía astigmática manual<sup>263</sup>.

La queratotomía astigmática asistida mediante Láser de FS se puede llevar a cabo dentro del injerto (a 1 mm desde el borde de la cicatriz, procedimiento habitual) (fig. 47), o en la cicatriz. En general, se acepta que la profundidad de las incisiones en la técnica manual debe ser al menos del 80% del grosor de la córnea, estando descrita la micro-perforación como principal complicación entre el 2% y el 38% de los casos, siendo menor con las técnicas mecánicas; entre el 2,5% y el 4,5%. Nubile et al.<sup>259</sup>, describieron dos casos de micro-perforaciones con una incidencia del 17% en una serie de 12 pacientes (10 ojos con PKP y 2 ojos con DALK) empleando el Láser de FS. Estos autores lo relacionaron con la manipulación al abrir las incisiones con una espátula roma, y no como una perforación directa atribuible al Láser. Este mismo grupo, emplea por primera vez la OCT de segmento anterior para evaluar el grosor de la córnea en el



**Figura 47.** Queratotomía astigmática asistida mediante Láser de FS dentro del injerto.

#### 4. Introducción

meridiano en el que se van a planificar las incisiones asegurando que, con este método, se consigue una buena calibración al 90% del grosor medio mínimo local, siendo más fiable que la paquimetría ultrasónica, que puede falsear los datos principalmente en la periferia del injerto.

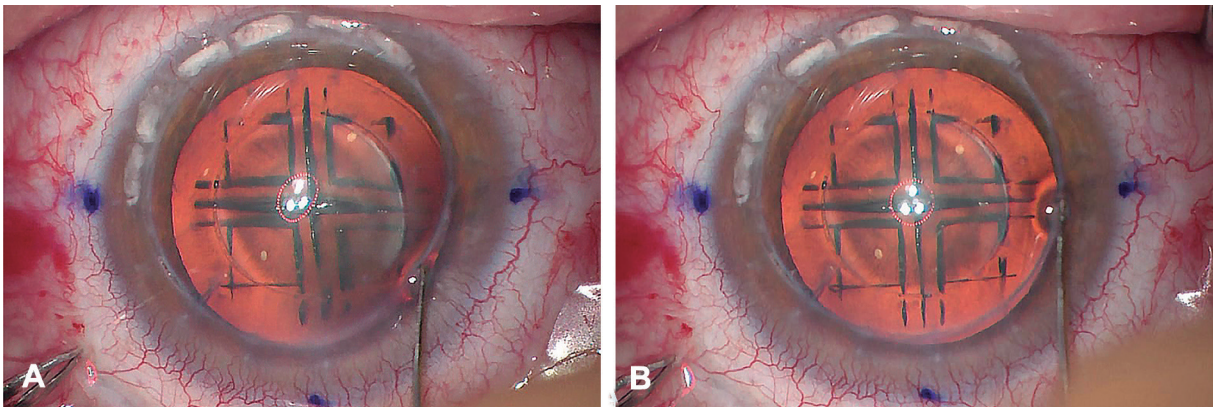
Los resultados obtenidos por los diferentes autores han sido favorables en cuanto a la reducción del astigmatismo topográfico y a la mejora en la agudeza visual (CDVA y UDVA), sin observarse pérdidas en las líneas de visión. Nubile et al.<sup>259</sup>, presentaron una reducción en el promedio del cilindro de 4,70 D; y St Clair et al.<sup>264</sup>, tras realizar estas técnicas incisionales en 89 trasplantes de córnea (80 ojos con PKP y 9 ojos con DALK) concluyeron que el astigmatismo queratométrico medio disminuyó de  $8,26 \pm 2,90$  D antes de la operación a  $3,62 \pm 2,59$  D después de la operación; y generaron un nuevo nomograma modificado para el Láser de FS y la corrección del astigmatismo post-queratoplastia.

En el año 2019, AnNakhli et al.<sup>265</sup>, compararon el efecto de la queratotomía astigmática con láser de FS en pacientes intervenidos de PKP versus pacientes intervenidos de DALK, afirmando que la seguridad de la técnica es buena y similar en ambos procedimientos, siendo más efectivos sus resultados en la DALK; obteniendo un índice de eficacia mayor en el grupo DALK en comparación con PKP, independientemente de la reducción similar del astigmatismo en ambos grupos. Estos resultados difieren a los publicados por Kubaloglu et al.<sup>266</sup>, y se asemejan a los reportados por Fadlallah et al.<sup>262</sup>.

En cuanto a la queratotomía astigmática en la propia cicatriz, Javadi et al.<sup>267</sup>, publicaron en el año 2017, la primera referencia bibliográfica sobre esta opción, en la que exponen su técnica manual llevada a cabo en la lámpara de hendidura empleando una aguja de 27g para la apertura de la cicatriz en el meridiano más curvo determinado por topografía corneal. Realizaron incisiones relajantes únicas en 24 ojos con DALK con astigmatismos altos residuales. Tenían una longitud de arco de entre  $45^\circ$  y  $60^\circ$ , y a una profundidad inicial de, aproximadamente, el 70-80% del espesor de la córnea. A los 30-40 minutos del procedimiento, realizaron topografías de control con el fin de ajustar la longitud y la profundidad de las mismas. Si no se había logrado una reducción aceptable del grado de astigmatismo, realizaban otra incisión en el hemi-meridiano opuesto en ese mismo momento. En su estudio concluyeron que los resultados obtenidos eran seguros y eficaces siendo, además, un procedimiento

de bajo coste y que puede realizarse en la propia consulta; tan solo refieren una micro-perforación que se resolvió espontáneamente sin secuelas. El astigmatismo queratométrico medio se redujo en  $5,16 \pm 2,97$  D, según el análisis vectorial.

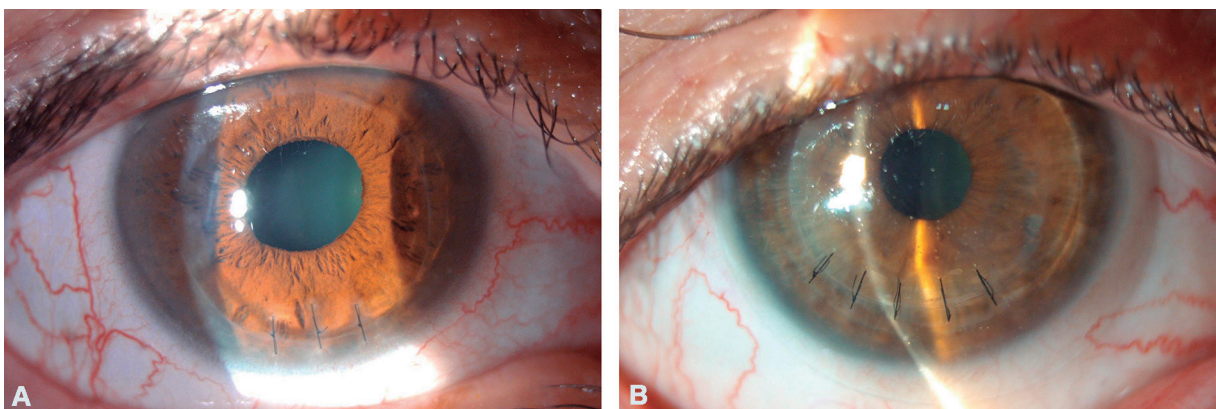
En el año 2020, Elkadim et al.<sup>268</sup> afirmaron también que el astigmatismo alto post-DALK puede manejarse de manera eficaz mediante disección roma relajante en la propia unión donante-receptor; en el meridiano más curvo, y bajo control queratoscópico en quirófano (fig. 48).



**Figura 48.** Apertura de la cicatriz en la DALK para corregir el astigmatismo antes de empezar la cirugía de catarata. Se realiza en ambiente de quirófano y con control queratoscópico. Obsérvese el cambio en la imagen queratoscópica (A y B).

#### 4.6.3.2. Resecciones en cuña

Una dehiscencia de la cicatriz en una PKP produce un astigmatismo postoperatorio elevado e irregular de difícil manejo. En estos casos, la resección en cuña es una técnica eficaz y segura, y consiste en re-suturar la zona ectasiada de la cicatriz para regularizar de nuevo la superficie del trasplante (fig. 49).



**Figura 49.** Resección en cuña en dos pacientes con queratoplastia penetrante (A y B).

Este procedimiento fue publicado por primera vez por Troutman<sup>269</sup> en 1997 y están descritos resultados razonablemente buenos, aunque las series publicadas son pequeñas, y emplean diferentes nomogramas, técnicas quirúrgicas y períodos de seguimiento.

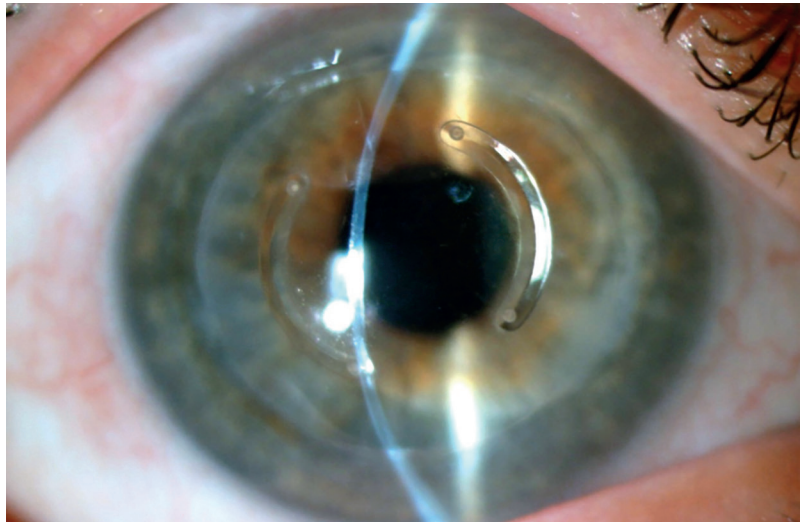
Es excepcional encontrar publicaciones de resecciones en cuña en pacientes intervenidos de DALK, pero recientemente<sup>270</sup>, se han presentado los resultados en casos de astigmatismo post-queratoplastia, incluyendo los trasplantes laminares anteriores (26 PKP y 13 DALK), con un seguimiento post-operatorio medio de 76 meses (rango 14-160 meses). Todas las cirugías se realizaron involucrando a la cicatriz y en el meridiano más plano, empleando cinco suturas de nylon de 10-0. Los autores concluyeron que esta técnica es una buena opción para el manejo del astigmatismo alto post-queratoplastia, siendo un procedimiento seguro y reproducible, con resultados estables en el tiempo. Aún así, en ningún momento se menciona que exista expresamente una dehiscencia de la cicatriz en estos casos de DALK, empleando esta técnica de resección en cuña para reducir el astigmatismo queratométrico.

En el año 2015, el Dr. Juan Álvarez de Toledo en su tesis doctoral<sup>271</sup> concluye que, en pacientes con queratocono, la PKP no resuelve de forma permanente y definitiva el problema causado por la enfermedad; algo que probablemente tampoco suceda con la DALK. Además, después de analizar de manera retrospectiva una serie de 80 pacientes con un seguimiento mínimo de 15 años, observó que la recurrencia del queratocono en la unión donante-receptor y su progresión en la córnea periférica, producen importantes cambios refractivos a partir de los 10 años del trasplante inicial, fecha a tener en cuenta para el correcto seguimiento y diagnóstico de nuestros pacientes.

#### **4.6.3.3. Segmentos de anillo intracorneales**

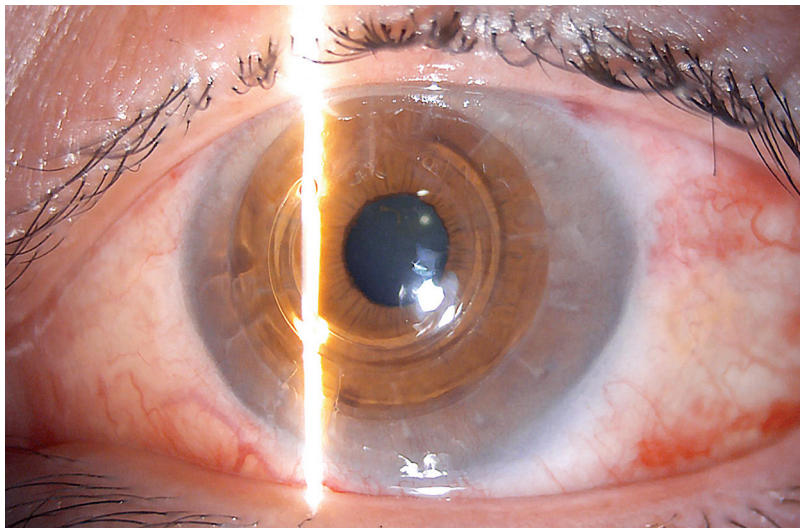
En los casos de astigmatismo residual post-DALK, otra alternativa que existe es el implante de segmentos de anillo intracorneal (ICRS, acrónimo en inglés de *Intracorneal Ring Segment*). El objetivo de este procedimiento es remodelar la córnea sin quitar tejido, manteniendo así su integridad (fig. 50).





**Figura 50.** ICRS tipo Ferrara en DALK: dos segmentos simétricos de 120° de arco y 200  $\mu\text{m}$  de altura, implantados en zona óptica de 5 mm.

En 2009, Arriola-Villalobos et al.<sup>272</sup>, publicaron el primer artículo referente al implante de ICRS tras queratoplastia penetrante, empleando la técnica de disección mecánica del estroma. Dos años más tarde, Prazeres et al.<sup>273</sup>, presentaron sus resultados empleando el Láser de FS para hacer el túnel estromal, también en PKP, afirmando que se trataba de una técnica segura y mostrando resultados satisfactorios y estadísticamente significativos en cuanto a la reducción del astigmatismo refractivo y la curvatura corneal máxima, mejorando la agudeza visual con y sin corrección (fig. 51).



**Figura 51.** Implante de ICRS de 300° de arco y 250  $\mu\text{m}$  de altura, asistido mediante Láser de Femtosegundo en PKP.

En 2012, Coscarelli et al.<sup>274</sup>, evaluaron 59 ojos de 54 pacientes con PKP y obtuvieron una disminución estadísticamente significativa de la refracción esférica media después de la operación. Un

año más tarde, en otro estudio llevado a cabo por Lisa et al. en el IUFV<sup>275</sup>, en el que se incluyen 32 ojos de 30 pacientes, se observa una reducción menor en el EE, y un índice de seguridad muy bueno, de 1,20 a los 6 meses.

En 2017, Arantes et al.<sup>276</sup>, evaluaron por primera vez el uso de ICRS implantados mediante láser de FS como opción quirúrgica para el tratamiento del astigmatismo en 25 ojos intervenidos previamente de DALK, mostrando unos buenos resultados.

#### **4.6.4. Lentes intraoculares fáquicas**

Las lentes intraoculares fáquicas permiten corregir las diferentes ametropías como la miopía, hipermetropía y/o el astigmatismo, tratándose de una técnica reversible que preserva la estructura y biomecánica corneal. Las más empleadas a lo largo de estos últimos años han sido las lentes fáquicas de fijación iridiana, y las lentes fáquicas de apoyo en cuerpo ciliar. Ambas han sido probadas en ojos con trasplantes corneales previos.

Estas lentes deben cumplir los criterios básicos de seguridad endotelial, eficacia y predictibilidad para que se puedan implantar en casos de trasplante. Esto es realmente importante en pacientes con PKP que como se sabe, muestran una mayor pérdida de células endoteliales a largo plazo, en comparación con los pacientes intervenidos de DALK<sup>277,278</sup>.

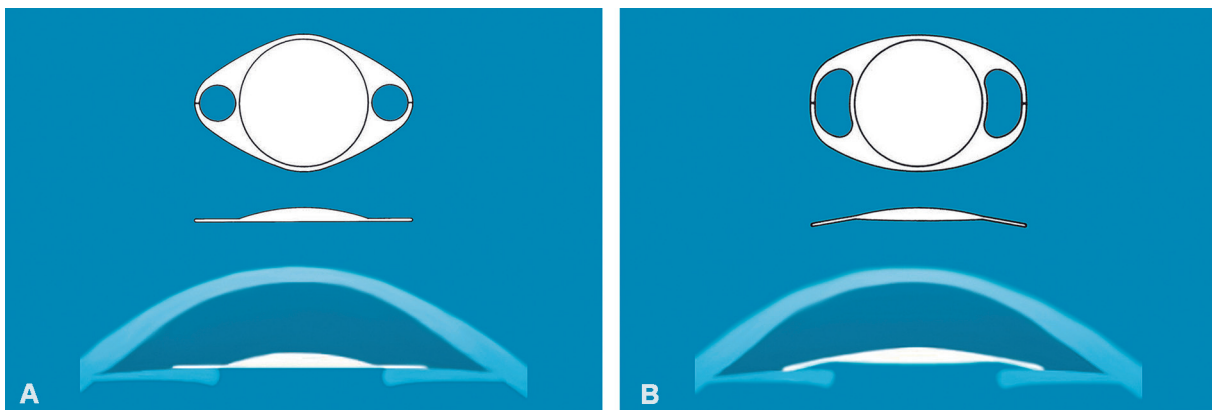
##### **4.6.4.1. Lentes fáquicas de fijación iridiana**

La primera lente creada específicamente para fijación iridiana es la lente Artisan<sup>®</sup> (Ophtec BV, Groningen, The Netherlands) (fig. 52). Fue introducida por Jan G.B. Worst (1930-2015) en el año 1978 con el nombre de Iris Claw (Worst Iris Claw<sup>®</sup> IOL). Presenta un diseño simple: una sola pieza y un solo material. Su mecanismo de fijación se basa en el pinzamiento de las hápticas de la lente en la periferia media del estroma iridiano, en la zona del iris prácticamente inmóvil (permitiendo la dilatación pupilar), sin interferir con la vascularización ni con la inervación del mismo, creando los denominados «puentes de iris». Estos puentes forman un escudo en las hápticas de la lente evitando el contacto con el endotelio corneal. Las dos



**Figura 52.** La lente Artisan® (Ophtec BV, Groningen, The Netherlands) de fijación iridiana.

háplicas, diametralmente opuestas, aseguran un pinzamiento estable y un buen centrado de la óptica. Además, este diseño es muy versátil, pudiendo ser implantada en diferentes posiciones (horizontal, vertical u oblicua), lo que permite su uso en ausencias parciales de iris y/o en pupilas descentradas. En 1997 se mejoró el diseño modificándose su configuración y su método de pinzamiento, aumentando la distancia con respecto al iris y creando una apertura más grande y ovalada entre la óptica y las hápticas (fig. 53).



**Figura 53.** Diseño mejorado de la lente Artisan®: apertura más grande y ovalada entre la óptica y las hápticas. A. Worst Iris Claw. B. Artisan afaquia.

También existen lentes tóricas para la corrección del astigmatismo. En estos casos, el cilindro puede estar tallado en posición horizontal o vertical lo que facilita la implantación de la lente en los 360° sin tener que modificar en gran medida el eje de nuestras incisiones. Esta lente Artisan tórica (Ophtec BV, Holanda) es



ampliamente utilizada para la corrección de los errores refractivos en ojos sanos<sup>279</sup>, caracterizándose por una buena estabilidad rotacional<sup>280</sup>.

Analizando la seguridad de esta lente en los casos sin trasplante, los resultados varían con respecto a las pérdidas de células endoteliales, estando descritas pérdidas crónicas significativas (a los 10 años, más de un 25%), llegando a ser necesario el explante de la lente hasta en un 6% de los casos<sup>281</sup>. Una cámara anterior pequeña (menor de 3 mm) y poca distancia entre el borde anterior de la lente y el endotelio, son los factores de riesgo determinados para la pérdida de células endoteliales.

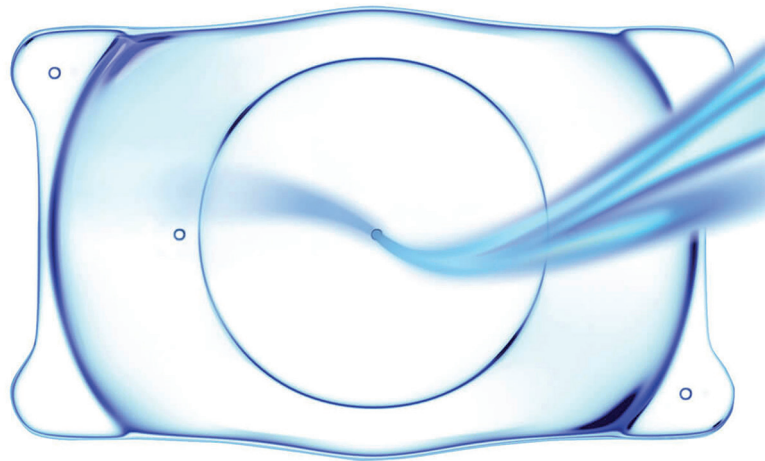
También existen referencias en cuanto a la seguridad de pérdida de células endoteliales en casos de lentes Artisan tóricas y PKP, con resultados contradictorios. Tahzib et al.<sup>282</sup>, determinaron una pérdida continua de células endoteliales entre los 6 meses y los 3 años del postoperatorio, dando lugar, en 3 casos de 36 ojos, al fracaso del injerto. Sin embargo, Moshirfar et al.<sup>283</sup>, concluyeron que la densidad de células endoteliales en sus dos casos realizados, no cambió significativamente después de la cirugía.

En 2013, Al-Dreihy et al.<sup>284</sup>, presentaron por primera vez su experiencia con la lente Artisan tórica implantada en 1 ojo con DALK; en este caso observaron unos buenos resultados visuales y una pérdida endotelial del 10,6% al año de la cirugía. Cuatro años más tarde, Tiveron et al.<sup>285</sup>, evaluaron los resultados de 24 ojos con DALK e implante de lentes fáquicas Artiflex tórica o Artisan para corregir la refracción residual después del trasplante, obteniendo unos índices de eficacia y seguridad a los 12 meses de 0,93 y 1,00, respectivamente. Además, describieron una pérdida media de células endoteliales del 6,1%. A ese tiempo de seguimiento, el implante parece eficaz y seguro.

Más recientemente, en 2019, Malheiro L et al.<sup>286</sup> publicaron sus resultados en 11 ojos tras el implante de lentes Artisan/Artiflex en pacientes con DALK, con el objetivo de corregir altas ametropías. Observaron que la pérdida de células endoteliales era de  $8,7 \pm 6,7\%$  al año,  $13,1 \pm 8,6\%$  a los 3 años y  $14,0 \pm 20,4\%$  a los 5 años. En cuanto a los resultados visuales obtenidos fueron favorables, y los índices de eficacia y seguridad a 1 y 3 años fueron 1,01/0,97 y 1,24/1,21, respectivamente. Aún así, describieron un caso de pérdida de células endoteliales significativamente gradual durante el seguimiento de 5 años, siendo necesario realizar un explante de lente.

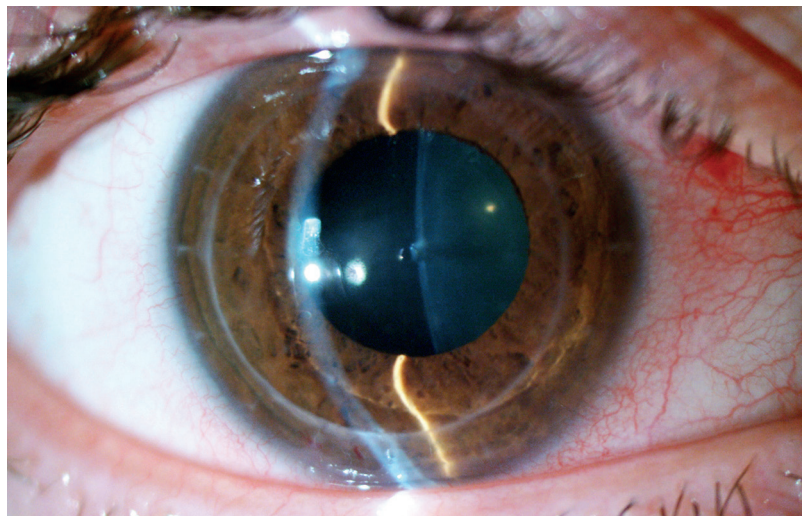
#### 4.6.4.2. Lentes fásicas de apoyo en cuerpo ciliar

Otra opción de lente fásica para la corrección de ametropías post-trasplante, es la lente de Colámero® de apoyo en cuerpo ciliar (ICL, acrónimo en inglés de *Implantable Collamer® Lens*, STAAR Surgical, Suiza) (fig. 54). En la actualidad, la ICL ha demostrado ser un método seguro, eficaz y predecible para la corrección de la miopía, hipermetropía y astigmatismo en situaciones de córneas normales; todo ello asociado a una excelente calidad visual<sup>287-294</sup>.



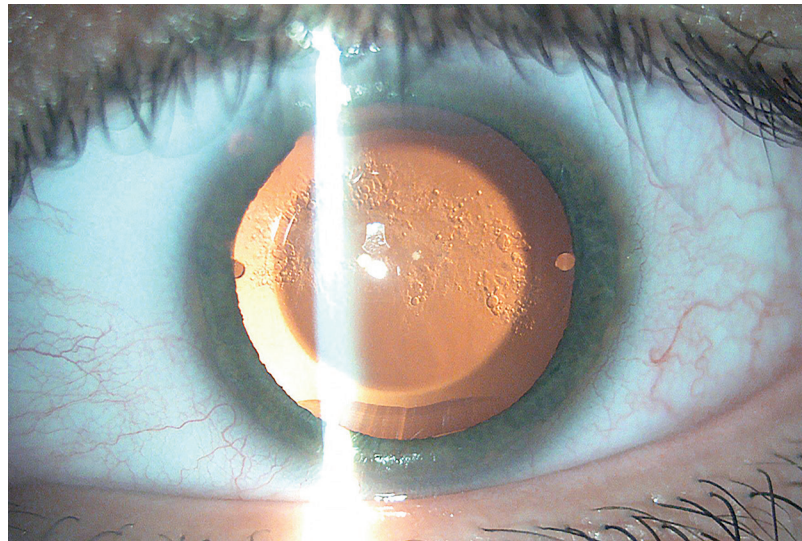
**Figura 54.** Lente fásica de apoyo en cuerpo ciliar V4c (ICL, STAAR Surgical, Suiza).

Se trata de una lente fásica de cámara posterior, que se posiciona detrás del iris y delante del cristalino, apoyada en el cuerpo ciliar (fig. 55). Tiene un diseño en plato y está compuesta por un material denominado colámero® (patentado) que es flexible, hidrófilo y altamente biocompatible.



**Figura 55.** Lente ICL V4c de cámara posterior implantada en el cuerpo ciliar, en un paciente con DALK.

Existen algunas publicaciones que hacen referencia a posibles complicaciones relacionadas con el implante de esta lente en sus modelos iniciales<sup>295</sup> como, por ejemplo, el aumento de la tensión ocular secundario a un bloqueo pupilar agudo<sup>296</sup> o a un síndrome de dispersión pigmentaria<sup>297</sup>. También está descrito el desarrollo de cataratas subcapsulares anteriores, que pueden aparecer cuando se produce un contacto entre la cara posterior de la ICL y la cara anterior del cristalino debido a un *vault* insuficiente<sup>298-302</sup> (fig. 56).



**Figura 56.** Catarata subcapsular anterior secundaria a *vault* bajo en un implante de un modelo inicial de ICL (V4a).

El nuevo modelo de lente ICL, conocido como Visian ICL-V4c (VICMO), presenta un orificio central de 0,36 mm (denominado KS-AquaPort o KS-AP) para optimizar el flujo del humor acuoso entre las cámaras posterior y anterior del globo ocular y superar, así, las complicaciones iniciales. El KS-AP debe su nombre a Kimiya Shimizu, quien colaboró en el desarrollo de este nuevo diseño. La tecnología patentada CentraFLOW<sup>®</sup>, elimina la necesidad de realizar iridotomías preoperatorias con láser pulsado de Neodimio-YAG (ND:YAG), o iridectomías intraoperatorias, haciendo que el procedimiento sea más cómodo para los pacientes y para los cirujanos. Para las lentes hipermetrópicas, esta tecnología no está disponible<sup>287</sup>. La compañía recibió la aprobación de la marca CE (Europa) para la ICL-V4c en abril de 2011. Desde entonces, este avance ha demostrado reducir la incidencia de cataratas<sup>303</sup>. Los análisis de simulación y los estudios realizados en ojos de cerdo, demuestran que este orificio central es capaz de aumentar el vo-

lumen de perfusión del humor acuoso en la superficie anterior del cristalino evitando, de esta manera, la formación de opacidades subcapsulares anteriores<sup>304,305</sup>.

Igual que sucede con las lentes de anclaje iridiano, una preocupación inicial con el implante de ICL en pacientes sanos, es el porcentaje de células endoteliales que se pierden en relación con el procedimiento. La Administración de alimentos y medicamentos de Estados Unidos (FDA, acrónimo en inglés de *Food and Drug Administration*) en Estados Unidos demostró que la tasa de pérdida de células endoteliales es, aproximadamente, del 3,2% por año, y del 8,4% al 9,7% a los 3 años del implante de la lente, siendo los datos muy parecidos a los descritos previamente para la cirugía de catarata<sup>306</sup>.

En PKP, existen varias publicaciones referentes al uso de la ICL para la corrección de ametropías residuales, especialmente en pacientes con astigmatismos elevados, obteniéndose resultados refractivos satisfactorios con más de dos años de seguimiento<sup>307</sup>. Alfonso et al.<sup>308</sup>, publicaron por primera vez los resultados obtenidos en cuanto a la pérdida de células endoteliales en 15 ojos de 15 pacientes intervenidos de PKP a los que se les había implantado una ICL, y con un seguimiento de 2 años. Encontraron que la pérdida media de células endoteliales estaba en torno al 8,1%.

La última referencia bibliográfica encontrada en PKP, ha tenido un seguimiento medio de  $12,8 \pm 8,8$  meses y, a pesar de tener buenos resultados refractivos, describen como limitaciones de su trabajo la no realización de mediciones endoteliales durante el postoperatorio<sup>309</sup>.

En cuanto a la DALK, tan sólo hemos encontrado una referencia bibliográfica con estas lentes ICL para la corrección refractiva en pacientes fáquicos. En este artículo, Qin et al.<sup>310</sup>, analizan la efectividad y seguridad del implante de lentes ICL esfero-tóricas en la corrección de astigmatismos residuales menores o iguales a 6,00 D (rango dióptrico de la lente) en 9 ojos con DALK. Concluyeron que la ICL fue capaz de corregir la miopía y el astigmatismo de manera efectiva, describiendo una tasa de pérdida de células endoteliales ligeramente superior a la encontrada en ojos sin operar. Propusieron como condiciones para el implante de estas lentes en este tipo de pacientes, que no hubiera un historial de rechazo previo, un astigmatismo igual o menor a 6,00 D, un CE  $\geq 2.000$  cel/mm<sup>2</sup> y profundidad de cámara anterior (ACD,acrónimo en inglés de *Anterior Chamber Depth*)  $\geq 3,0$  mm.

#### 4.6.5. Lensectomía con implante de lente intraocular

Con el perfeccionamiento de las técnicas laminares anteriores actuales y su accesibilidad, el procedimiento ha ganado popularidad entre los cirujanos, por lo que el número de casos intervenidos de lensectomía antes, durante o después de la DALK (abordaje combinado, simultáneo o secuencial) también ha ido en aumento. Estos pacientes, pueden beneficiarse de una facoemulsificación con implante de LIO (Fac+LIO) con un objetivo tanto terapéutico (catarata) como refractivo (ametropía secundaria al trasplante).

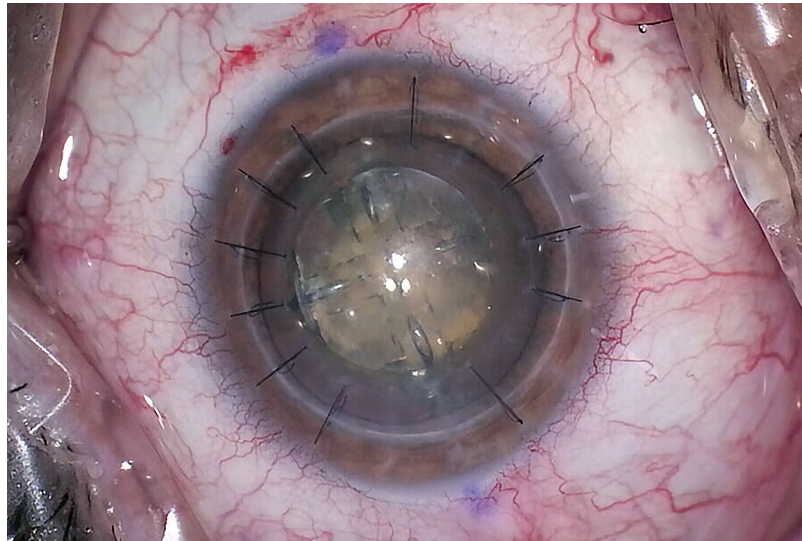
##### 4.6.5.1. Opciones quirúrgicas

Actualmente, todavía se plantean muchas dudas con respecto a la estrategia del tratamiento, siendo un problema a resolver no consensuado entre los cirujanos. Esto se debe a que existen diferentes perfiles de paciente:

**Perfil 1:** pacientes que presentan opacidades corneales leves o moderadas y catarata asociada. En estos casos, si existe suficiente visualización de la cámara anterior se podría plantear una Fac+LIO sin necesidad de hacer una DALK. En caso de que sea necesario realizar el trasplante después de la cirugía de catarata, hay que asumir errores de refracción residuales, ya que el cálculo de la lente inicial se realiza considerando una potencia corneal que no se correlacionará con la queratometría post-DALK. Si esta refracción supone una limitación visual (anisometropía), deberá ser abordada mediante técnicas refractivas adicionales, habitualmente con implantes secundarios, que se describirán más adelante<sup>311</sup>.

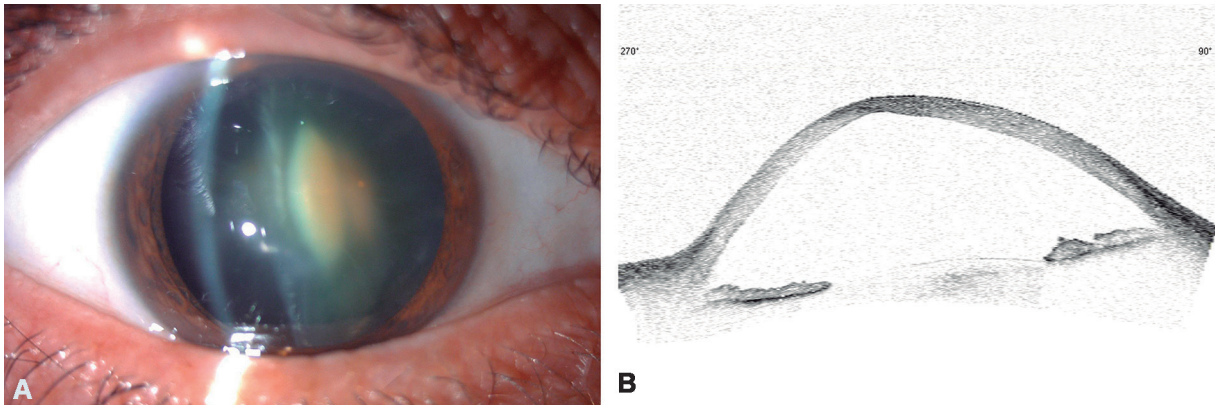
**Perfil 2:** pacientes intervenidos de DALK, que en un corto o largo periodo de tiempo presenten catarata: puede ser por el uso de corticoides postoperatorios o por inflamación (catarata de rápida evolución no prevista con anterioridad) y que habría que intervenirla de manera precoz; o por el desarrollo de una catarata relacionada con la miopía o con la edad, a largo plazo. En estos casos, se habla de abordajes combinados secuenciales: primero la DALK y más tarde, la Fac+LIO<sup>312-315</sup> (fig. 57).





**Figura 57.** Desarrollo de una catarata avanzada durante el postoperatorio de una DALK, que debe ser operada cuando todavía no se había completado la retirada de las suturas.

**Perfil 3:** pacientes que presentan dos patologías asociadas que requieran un procedimiento combinado simultáneo: triple procedimiento, DALK + Faco+LIO. Se trata de pacientes con patologías corneales clínicamente significativas asociadas a catarata<sup>316,317</sup> (fig. 58).



**Figura 58.** Imagen en lámpara de hendidura (A) y OCT de segmento anterior (B) de un paciente con catarata y queratocono avanzado, antes de realizarse un triple procedimiento.

### ***DALK primero y Lensectomía después***

Se desconocen con exactitud los cambios anatómicos y funcionales que se producen en la DALK después de realizar una facoemulsificación. La cantidad de pérdida de células endoteliales postoperatorias, y el error de refracción residual, siguen sin estar claros. En líneas generales, se considera que la pérdida de células endoteliales

en ojos con PKP es mayor que en los ojos con DALK, teniendo esta última, pérdidas similares a la de los ojos sin queratoplastia<sup>318-320</sup>.

En un estudio publicado en 2018, Den et al.<sup>317</sup> evaluaron la eficacia y la seguridad de la cirugía de cataratas después de la DALK, y compararon estos resultados con los obtenidos en casos de PKP mediante un estudio de casos y controles donde incluyeron edades y patologías similares. Evaluaron 203 ojos que habían sido sometidos a una cirugía de cataratas (65 con DALK y 138 con PKP previas), y concluyeron que la Faco+LIO es una técnica segura y efectiva en ambos casos. Observaron que la pérdida de células endoteliales en ojos con DALK era baja (8,7%), y que se estabilizó un mes después de la cirugía. Sin embargo, en pacientes con PKP la pérdida era elevada (26,3%), con una disminución continua y progresiva. Las diferencias entre estos dos grupos eran evidentes a los 6 meses de la cirugía.

También están descritas complicaciones de la facoemulsificación después de la DALK como desprendimientos de la DM o dificultades quirúrgicas añadidas en aquellos pacientes con opacidades del injerto<sup>321,322</sup>.

#### ***DALK y lensectomía simultáneas***

Tan solo un artículo publicado por Coelho et al.<sup>315</sup>, describe los resultados visuales obtenidos después de un triple procedimiento con DALK. La mayoría de las publicaciones hacen referencia a la técnica quirúrgica: el orden para su desarrollo (primero la facoemulsificación o primero la DALK), y el tipo de técnica empleada para el trasplante (disección manual, hidrod laminación o viscodisección con aguja, técnicas de gran burbuja o *big bubble*, o procedimientos más modernos asistidos por láser de FS).

Además, están descritas complicaciones intraoperatorias, como perforaciones de la DM y reconversiones a trasplantes penetrantes, o complicaciones postoperatorias por errores en el cálculo de la lente por la imprecisión a la hora de estimar la queratometría final después de la retirada completa de las suturas<sup>314,323,324</sup>.

#### ***4.6.5.2. Selección de la lente intraocular***

Otra duda que todavía no ha sido resuelta es el tipo de lente intraocular que debemos emplear en pacientes con trasplantes de



córnea previos, estando cuestionadas, a día de hoy, el implante de lentes tóricas y/o multifocales.

La lensectomía con lente esfero-tórica es capaz de corregir tanto el astigmatismo como la esfera, y se ha demostrado eficaz en aquellos errores de refracción simétricos y ortogonales en córneas con astigmatismos congénitos<sup>325,326</sup>.

Sin embargo, después de una queratoplastia, el astigmatismo residual es a menudo asimétrico y no ortogonal, siendo las publicaciones que abalen la eficacia de las lentes tóricas en estas situaciones, poco numerosas, con pequeñas muestras, y haciendo referencia solo a la PKP<sup>327-330</sup>.

El estudio publicado en 2014 por Lockington et al.<sup>168</sup>, es uno de los más grandes realizados sobre este tema y tiene uno de los seguimientos más largos hasta la fecha. En él, evaluaron la eficacia y seguridad de las lentes tóricas para corregir el astigmatismo y mejorar la agudeza visual con y sin corrección en 22 ojos con PKP y en 4 ojos con DALK. El astigmatismo refractivo promedio disminuyó significativamente, y el 50% de los casos estaban dentro de  $\pm 1,00$  D del cilindro deseado, lo que se traduce en una buena reducción del astigmatismo post-queratoplastia. De todas maneras, estos autores, consideran necesarias una serie de premisas para poder obtener estos resultados: 1) Las suturas deberán haberse retirado por completo y la refracción debe ser estable; 2) el astigmatismo debe ser regular y ortogonal, corregible con gafa; 3) no se deben seleccionar astigmatismos irregulares que sólo sean susceptibles de corrección mediante lente de contacto<sup>331</sup>.

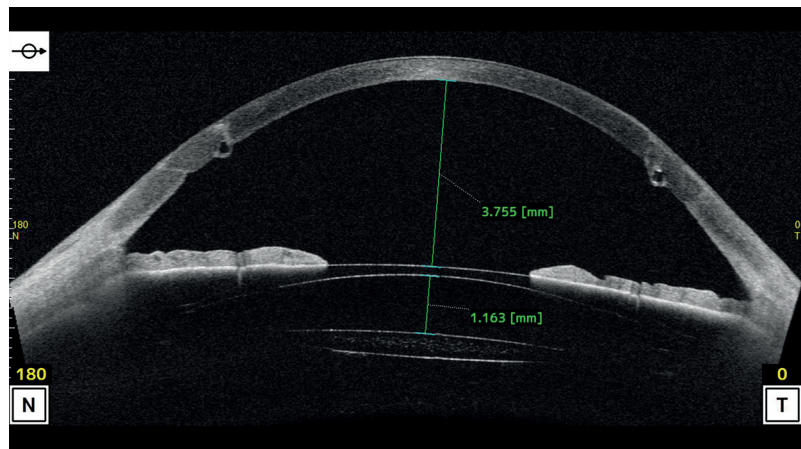
En 2018, Schiano et al.<sup>332</sup>, analizaron 10 ojos con DALK (por queratocono) con el fin de evaluar la eficacia del implante de lentes tóricas en estos casos concretos. Las mejoras postoperatorias que obtuvieron en cuanto a agudeza visual con y sin corrección, y al astigmatismo, fueron estadísticamente significativas, consiguiendo que 9 de los 10 ojos tuviesen un astigmatismo refractivo  $\leq 2,00$  D. Además, la reducción de células endoteliales en el postoperatorio fue del 8%. Comparar el astigmatismo corneal total con el astigmatismo refractivo es una de las limitaciones del estudio.

#### **4.6.6. Cirugía de la pseudofaquia: intercambio de lente o implante adicional**

En algunos casos, los pacientes que se intervienen de queratoplastia, están operados previamente de catarata y tienen implanta-

da una LIO. El someterse al trasplante, supone un cambio refractivo importante, ya que el cálculo de la lente estaba ajustado a una córnea diferente. Estos cambios o sorpresas refractivas pueden darse también en cirugías combinadas simultáneas, incluso por errores de cálculo en pacientes que se someten a una cirugía de catarata y tienen un DALK previo. En estas situaciones, se puede optar por realizar un intercambio de lente, pero en ocasiones, las dificultades o limitaciones quirúrgicas, como puede ser la presencia de una capsulotomía posterior o fibrosis establecidas del saco capsular, puede hacer que se necesite emplear implantes adicionales, también conocidos como implantes en «piggy-back» (fig. 59).

**Figura 59.** ICL como implante secundario. En la imagen de OCT de segmento anterior se puede observar la separación que existe entre la ICL y la lente intraocular.



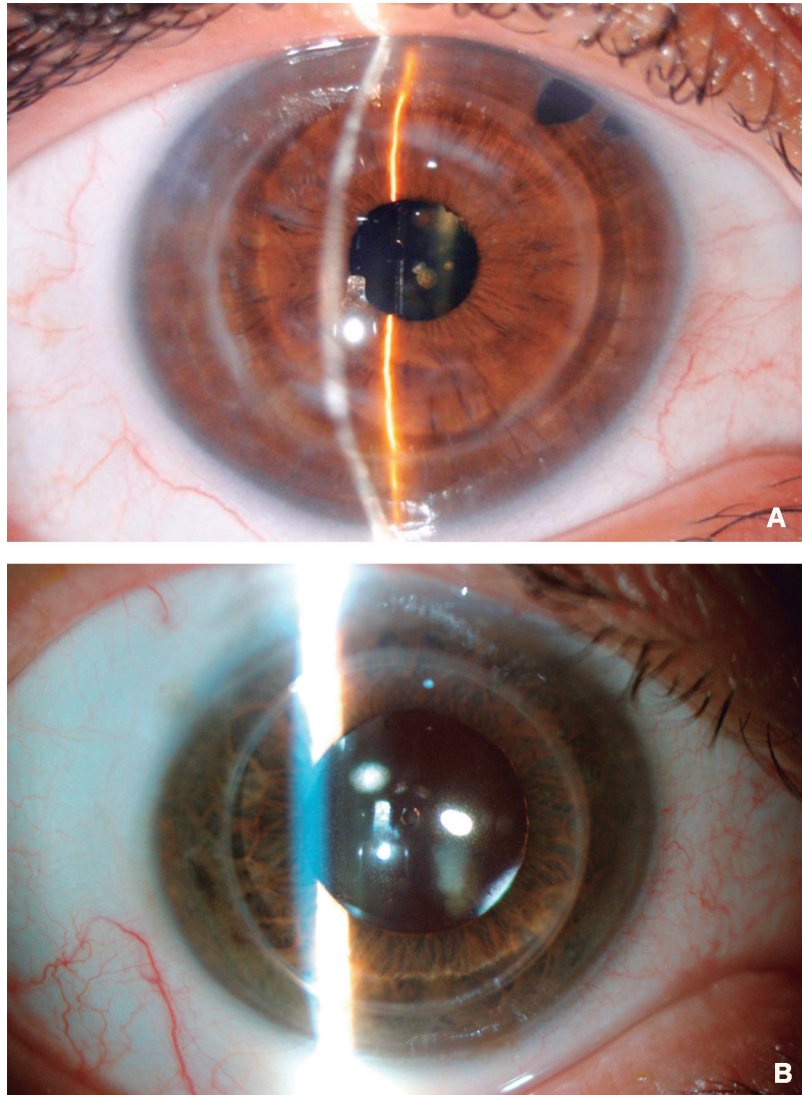
Esta opción es una herramienta quirúrgicamente reversible, ya descrita en diferentes ocasiones en pacientes sin trasplantes previos para el tratamiento de altas ametropías pseudofáquicas<sup>333,334</sup>. Existen pocas publicaciones sobre el uso de esta técnica en pacientes post-queratoplastia. Diferentes autores han descrito buenos resultados a propósito de un caso<sup>335-337</sup> o de una serie de casos<sup>338</sup>, y siempre con lentes de tres piezas.

En 2015, Meyer et al.<sup>339</sup>, realizaron por primera vez una revisión retrospectiva del implante secundario con la lente Sulcoflex (Rayner, Reino Unido) en diez ojos con ametropías pseudofáquicas y queratoplastia; 7 ojos con PKP y 3 ojos con DALK, no descritos anteriormente. En todos los casos, se redujo el error de refracción y mejoró la agudeza visual sin corrección de manera significativa, sin haberse descrito eventos adversos relacionados con un rechazo o fracaso de la queratoplastia.

En el año 2018, Alfonso et al.<sup>311</sup>, evaluó los resultados visuales, la predictibilidad y la seguridad de la lente de ICL para la corrección

#### 4. Introducción

del error refractivo pseudofáquico asociado a diferentes situaciones corneales (fig. 60). De manera retrospectiva, se analizaron 49 ojos de 40 pacientes, de los cuales 11 tenían un trasplante penetrante y 7 una DALK, concluyendo que se trata de una técnica segura y eficaz, aunque la eficacia estaba condicionada por la refracción residual objetivo.



**Figura 60.** ICL como implante secundario en pseudofaquia en PKP (A) y DALK (B).

## 5. Justificación

Como se puede observar en la bibliografía y como venimos observando en los últimos años, el desarrollo de las técnicas laminares para los trasplantes de córnea ha reducido el número de complicaciones postoperatorias en relación con las técnicas penetrantes.

Por otro lado, la corrección de la refracción postoperatoria en la queratoplastia laminar anterior profunda, supone un reto para el cirujano de segmento anterior en cuanto a aplicar las diferentes técnicas refractivas (técnicas corneales, lentes fáquicas, lentes pseudofáquicas, implantes adicionales...) y determinar la mejor opción posible. Hoy día, se considera que las técnicas refractivas después de la DALK tienen una finalidad terapéutica; se pretende lograr la menor refracción posible, y, además, que sea compatible con el ojo contralateral para recuperar la visión binocular del paciente.

En este sentido, se han publicado diversas posibilidades de tratamiento, en mayor o menor número, y con mayor o menor índice de éxito. Pero habitualmente son estudios inconexos entre sí, sin una línea coherente de trabajo, es decir, sin un protocolo coordinado en función de una situación clínica concreta.

Por esta razón, está justificado establecer una estrategia individualizada de prevención y tratamiento para la corrección quirúrgica de la refracción residual de una queratoplastia laminar anterior profunda. Considerando la bibliografía, creemos oportuno centrarnos en determinados temas poco estudiados que nos ayudarán a establecer la estrategia final:

1. FemtoLASIK en DALK.
2. Implante de segmentos de anillo intracorneales en DALK.
3. Implante de lentes fáquicas de apoyo en cuerpo ciliar en DALK.
4. DALK y lensectomía con implante de lente: cirugía combinada simultánea.
5. Prevención de complicaciones en DALK: desarrollo de un anillo predescemético de PMMA.

## 5. Justificación

## 6. Hipótesis

Es posible establecer una estrategia quirúrgica específica e individualizada para la prevención y corrección de la refracción postoperatoria del paciente intervenido de trasplante laminar anterior profundo.





## 7. Objetivos

1. Evaluar los resultados de eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad de la queratomileusis in situ asistida por láser de Femtosegundo (Femto-LASIK) para corregir el astigmatismo residual después del trasplante laminar anterior profundo.

2. Evaluar los resultados de eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad del implante de segmentos de anillo intracorneales (técnica asistida por láser de Femtosegundo) en la reducción del astigmatismo residual después del trasplante laminar anterior profundo, y proponer un nomograma de implante dependiendo de la magnitud del astigmatismo residual que presente el paciente.

3. Evaluar los resultados de eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad de la lente intraocular de apoyo en cuerpo ciliar ICL-V4c, en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo.

4. Evaluar la eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad durante el tiempo de seguimiento, del procedimiento combinado simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular, con una estrategia quirúrgica basada en la transparencia corneal.

5. Valorar los resultados funcionales y morfológicos que se obtienen al asociar un anillo corneal pre-descemético de polimetilmetacrilato (Neoring; AJL Ophthalmic, España) al trasplante laminar anterior profundo realizado en casos de queratocono avanzado.

6. Definir la mejor estrategia quirúrgica para la corrección y prevención de los defectos de refracción asociados al trasplante laminar anterior profundo.



## 8. Pacientes, material y método

### 8.1. Pacientes

En este estudio, de tipo retrospectivo (a excepción del ensayo clínico incluido en el capítulo 5, que es prospectivo) y longitudinal, se incluyen 300 ojos intervenidos de queratoplastia laminar anterior profunda. Todos los pacientes recibieron el consentimiento informado de acuerdo con la Declaración de Helsinki, el estudio fue aprobado por la comisión de investigación del IUFV y la FIO y, en aquellos casos necesarios, firmaron una autorización específica para una cirugía refractiva terapéutica.

De toda la muestra estudiada, se excluyeron aquellos pacientes que fueron sometidos a un trasplante tipo DALK tectónico, ojos sin pronóstico visual, problemas de superficie que requerían tratamientos adicionales y/o combinados como membranas amnióticas o trasplantes de limbo; y también aquellos pacientes que durante el postoperatorio inmediato presentaron algún tipo de acontecimiento adverso como son perforaciones, traumatismos y/o infecciones, que condicionarían la viabilidad del injerto a largo plazo y, por lo tanto, su estudio refractivo.

Teniendo en cuenta estos criterios, se analizaron 254 ojos de 235 pacientes, de los cuales 136 eran hombres y 99 mujeres. La media de edad en el momento del trasplante era de  $46,51 \pm 15,47$  años (rango entre 14 y 83 años). Todos los pacientes tuvieron un seguimiento mínimo de 12 meses desde la fecha del trasplante.

De esa muestra, 84 ojos no fueron sometidos a cirugías refractivas postoperatorias, muchos de ellos porque obtuvieron una graduación residual compatible con su ojo contralateral, tenían una buena tolerancia a las lentes de contacto, o simplemente no estaban interesados en una segunda cirugía refractiva terapéutica. De este grupo de pacientes, muchos decidieron continuar con sus re-

visiones en su ciudad de origen. Del resto de la muestra, 170 ojos, 10 ojos fueron intervenidos de Láser de Excímero (FemtoLASIK), 40 mediante implante de anillos intracorneales, 20 mediante el implante de lentes intraoculares tipo ICL, y 75 mediante facoemulsificación del cristalino, ya sea con una cirugía simultánea o diferida. Además, 10 ojos fueron incluidos en el ensayo clínico desarrollado para evaluar el anillo Neoring; y los 15 ojos restantes fueron intervenidos mediante otras técnicas de ablación o moldeado corneal como por ejemplo la queratotomía astigmática o la PRK, no analizados en este proyecto de investigación. En estos grupos, se excluyeron a todos los pacientes intervenidos con alguna de estas técnicas que no cumplieren con el seguimiento estipulado en cada caso concreto. En todos los casos, las cirugías refractivas se llevaron a cabo por lo menos 6 meses después de la retirada completa de las suturas, excepto, como es lógico, en los casos de cirugía combinada de DALK y lensectomía.

### 8.2. Material

#### 8.2.1. Exploración clínica y pruebas diagnósticas preoperatorias

Antes de la cirugía refractiva terapéutica, los pacientes fueron sometidos a un examen oftalmológico completo, que incluía, UDVA, CDVA, refracción manifiesta, examen con lámpara de hendidura, examen con oftalmoscopia binocular, queratometría (Javal), topografía, tomografía y paquimetría corneal (Sirius, CSO Ophthalmic, Italia), contaje endotelial (CE, acrónimo en inglés de *Endothelial Cell Density*, SP 3000P, Topcon, Japón), toma de la presión intraocular (PIO) por tonometría de aplanamiento de Goldmann y tomografía de coherencia óptica OCT del segmento anterior (Visante-Zeiss y Casia-Tomey) y posterior (Topcon).

#### 8.2.2. Técnica quirúrgica

En cada capítulo se detalla la correspondiente técnica quirúrgica empleada según la técnica refractiva escogida para cada grupo de estudio. Siempre que se trabaja en la córnea, ya sea mediante fotoablación (Femto-Lasik), o mediante moldeado (ICRS), se emplea

una anestesia tópica. Cuando trabajamos con lentes intraoculares, ya sean aditivas o sustitutivas del cristalino, empleamos una sedación-analgésica por vía intravenosa y bloqueo muscular-anestesia por inyección peribulbar.

### 8.2.3. Tratamiento y pruebas diagnósticas postoperatorias

En todos los casos, como tratamiento postoperatorio se indicaron gotas de antibiótico y corticoide en pauta descendente, con las correspondientes particularidades según la técnica quirúrgica empleada, como se comentará más adelante.

Las visitas de seguimiento se realizaron en todos los casos al día siguiente de la intervención, a la semana, y a los 1, 3, 6, 9 y 12 meses, para después continuar con revisiones anuales. Los exámenes incluyeron UDVA y CDVA, refracción manifiesta, examen con lámpara de hendidura, examen con oftalmoscopia binocular, PIO, CE, topografía-tomografía corneal y OCT de segmento anterior y posterior (mácula y nervio óptico).

## 8.3. Método

La valoración de los resultados se basó en la comparación de las agudezas visuales preoperatorias y postoperatorias, tanto UDVA como CDVA, y en la comparación del objetivo refractivo programado con el logrado (predictibilidad). El índice de eficacia (definido como la relación entre el UDVA postoperatorio y el CDVA preoperatorio) y el índice de seguridad (definido como la relación entre el CDVA postoperatorio y el CDVA preoperatorio) se calcularon en función de los valores de agudeza visual en la escala LogMAR. Se crearon gráficos estándar para la evaluación de los resultados de agudeza visual y de refracción. Además, se evaluó la estabilidad de los procedimientos en las visitas de seguimiento de los pacientes. Para evaluar adecuadamente las ventajas e inconvenientes de cada procedimiento por separado, se analizaron, además de lo anterior, los datos correspondientes a las técnicas quirúrgicas empleadas.





# **9. Capítulo 1.**

## **FemtoLASIK después del trasplante laminar anterior profundo para corregir el astigmatismo residual: 3 años de seguimiento.**

### **Índice**

- 1. Resumen**
- 2. Introducción**
- 3. Justificación**
- 4. Objetivo**
- 5. Pacientes, Material y Método**
  - 5.1. Tipo de estudio
  - 5.2. Criterios de inclusión y exclusión
  - 5.3. Muestra
  - 5.4. Parámetros valorados
  - 5.5. Técnica quirúrgica
  - 5.6. Tratamiento y seguimiento postoperatorio
  - 5.7. Análisis de los datos
- 6. Resultados**
  - 6.1. Agudeza visual: Eficacia, Seguridad y Predictibilidad
  - 6.2. Estabilidad
  - 6.3. Paquimetría corneal
  - 6.4. Contaje endotelial
  - 6.5. Presión intraocular
  - 6.6. Eventos adversos y cirugías secundarias
- 7. Discusión**
- 8. Conclusiones**



## 1. Resumen

### Objetivo

Evaluar la eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad durante el periodo de seguimiento, de la queratomileusis in situ asistida por láser de Femtosegundo (FemtoLASIK) para corregir el astigmatismo residual después de la queratoplastia laminar anterior profunda.

### Centro

Instituto Universitario Fernández-Vega. Oviedo. España.

### Pacientes y método

Se realiza un estudio retrospectivo y observacional de una serie de casos donde se incluyeron 10 ojos intervenidos de DALK que se sometieron a una cirugía mediante FemtoLASIK para la corrección del astigmatismo residual. Se analizó el error de refracción, la UDVA y CDVA, el grosor corneal más delgado (TCT, acrónimo en inglés de *Thinnest Corneal Thickness*) y CCT. El seguimiento postoperatorio osciló entre 36 y 60 meses.

### Resultados

Todas las cirugías transcurrieron sin incidencias, sin observarse complicaciones intra o postoperatorias. La UDVA media (escala LogMAR) mejoró de  $0,91 \pm 0,19$  a  $0,29 \pm 0,18$  seis meses después de FemtoLASIK ( $P < 0,001$ ). Todos los casos experimentaron una mejoría significativa en la UDVA. Ninguno de los ojos perdió líneas de CDVA y siete ojos (70%) mejoraron el CDVA en comparación con los valores preoperatorios. El cilindro refractivo cambió de  $-3,88 \pm 1,00$  D antes de la operación a  $-0,93 \pm 0,39$  D seis meses después de FemtoLASIK ( $P < 0,0001$ ). En 8 ojos (80%), la UDVA y los resultados refractivos permanecen estables en sus respectivas visitas de seguimiento postoperatorio. Por el contrario, un ojo experimentó una regresión

refractiva durante el seguimiento. TCT y CCT se mantuvieron estables en las diferentes visitas de seguimiento postoperatorio.

### **Conclusiones**

Nuestros hallazgos sugieren que el astigmatismo residual después de la cirugía DALK se puede tratar de manera eficaz, segura y predecible con FemtoLASIK. En ojos con queratotomía radial (RK, acrónimo en inglés de *Radial Keratotomy*) previa, la estabilidad refractiva puede ser menor que para otras indicaciones de DALK, y puede haber un mayor riesgo de regresión del astigmatismo con el tiempo.

## 2. Introducción

La DALK tiene ventajas significativas sobre la PKP, como es la ausencia de reacción inmune, o una pérdida menor en la densidad de células endoteliales (ECD, acrónimo en inglés de *Endothelial Cell Density*), entre otras<sup>340</sup>. Por estos motivos, la DALK cada vez está adquiriendo mayor protagonismo, principalmente cuando el endotelio receptor está sano y puede conservarse. Sin embargo, igual que sucede con la PKP, la DALK puede presentar errores de refracción postoperatorios<sup>1,16,165,340</sup>. En estos casos, la aparición de una anisometropía importante, o la presencia de altos astigmatismos pueden hacer que el paciente no tolere su corrección con gafas, pudiendo ocurrir también que exista una intolerancia a las lentes de contacto después de la DALK, lo que produciría una limitación importante en la rehabilitación visual.

En la PKP, el uso de Láser de Excímero para la corrección de los errores de refracción postoperatorios ha sido ampliamente estudiado a lo largo de los años<sup>226,228,230-237,246,249,341-348</sup>. Sin embargo, en la DALK, el conocimiento se limita a unos pocos estudios<sup>223,227,240,251</sup>.

Balestrazzi et al.<sup>251</sup> evaluó los resultados visuales y refractivos de FemtoLASIK para la corrección del error refractivo residual después de la DALK en pacientes con queratocono. El estudio encontró que FemtoLASIK redujo de manera segura y efectiva el error refractivo después de la DALK, proporcionando una mejora significativa en la CDVA y UDVA 6 meses después de la cirugía.

Además, actualmente sabemos que la DALK se trata de un procedimiento seguro y eficaz para el trasplante de córnea en pacientes con queratocono, pero también en aquellos con otras patologías corneales en las que el endotelio no está comprometido, como por ejemplo en pacientes con cirugía refractiva corneal previa o distrofias estromales. Sería interesante evaluar si la indicación para una DALK afecta a los resultados visuales y refractivos después del empleo de FemtoLASIK.

En el presente estudio, se analizaron 10 ojos que fueron sometidos a FemtoLASIK después de la DALK por diferentes patologías previas, con un seguimiento de, al menos, 36 meses.



### 3. Justificación

El astigmatismo es uno de los problemas no resueltos después de un trasplante de córnea, por lo que está justificado y es pertinente estudiar el procedimiento FemtoLASIK.

### 4. Objetivo

Evaluar la eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad durante el periodo de seguimiento, de la queratomileusis in situ asistida por láser de Femtosegundo para corregir el astigmatismo residual después de la queratoplastia laminar anterior profunda.

### 5. Pacientes, Material y Método

#### 5.1. Tipo de estudio

Se trata de un estudio basado en el análisis de una serie de casos, realizado de manera retrospectiva y observacional en el IUFV de Oviedo, España. Se incluyeron 10 ojos intervenidos de DALK previo a los que se les realizó una cirugía refractiva mediante FemtoLASIK para la corrección del astigmatismo residual.

#### 5.2. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión fueron los siguientes: injertos corneales transparentes y centrados, un conteo endotelial (CE) superior a 1.500 células/mm<sup>2</sup>, una paquimetría mayor o igual a 500 µm, y un error de refracción estable durante al menos 6 meses después de la retirada completa de las suturas. Se excluyeron pacientes con patologías oftalmológicas adyacentes a la causa del trasplante u otras patologías generales que pudieran condicionar los resultados del injerto.

### 5.3. Muestra

La muestra incluye 10 ojos de 10 pacientes (4 mujeres y 6 hombres), con una edad media de  $51,8 \pm 8,6$  (rango de 45 a 74 años). Las indicaciones para la DALK fueron variadas: 4 pacientes con RK, 3 con queratocono avanzado grado IV de la clasificación de Amsler-Krumeich, 2 tenían ectasia post-LASIK, y 1 paciente presentaba un leucoma herpético con afectación del eje visual. En nuestra muestra, 5 ojos eran fágicos y 5 pseudofágicos (cinco lentes monofocales implantadas en saco capsular). Los trasplantes fueron realizados entre julio de 2011 y agosto de 2016.

Todos los pacientes fueron informados sobre las posibles complicaciones intraoperatorias y postoperatorias, y dieron su consentimiento informado por escrito de acuerdo con las directrices institucionales y la Declaración de Helsinki.

### 5.4. Parámetros valorados

Antes de la cirugía, los pacientes fueron sometidos a un examen oftalmológico completo, que incluía: UDVA, CDVA (en escala LogMAR) y refracción manifiesta; empleando el método del vector de potencia propuesto por Thibos y Horner<sup>349</sup>. Además, también se realizó un examen con lámpara de hendidura, examen con oftalmoscopia binocular, queratometría, topografía corneal (TCT y CCT), paquimetría (Sirius, CSO Ophtalmic, Italia), tomografía de coherencia óptica de segmento anterior (OCT Visante, Carl Zeiss Meditec, Alemania; Casia II, Tomey, Japón), así como el CE (SP 3000P, Topcon, Japón), la toma de PIO por tonometría de aplanamiento de Goldmann, y las complicaciones intra y postoperatorias.

### 5.5. Técnica quirúrgica

La cirugía láser se llevó a cabo por lo menos transcurridos 6 meses después de la retirada completa de las suturas, siendo el tiempo medio entre el procedimiento DALK y el FemtoLASIK de  $27,6 \pm 4,8$  meses (rango 21-33 meses). Todas las cirugías de FemtoLASIK fueron realizadas por el mismo cirujano experto (JFA), y transcurrieron sin incidentes, sin complicaciones intra o postoperatorias.

9. FemtoLASIK después del trasplante laminar anterior profundo para corregir el astigmatismo residual: 3 años de seguimiento.

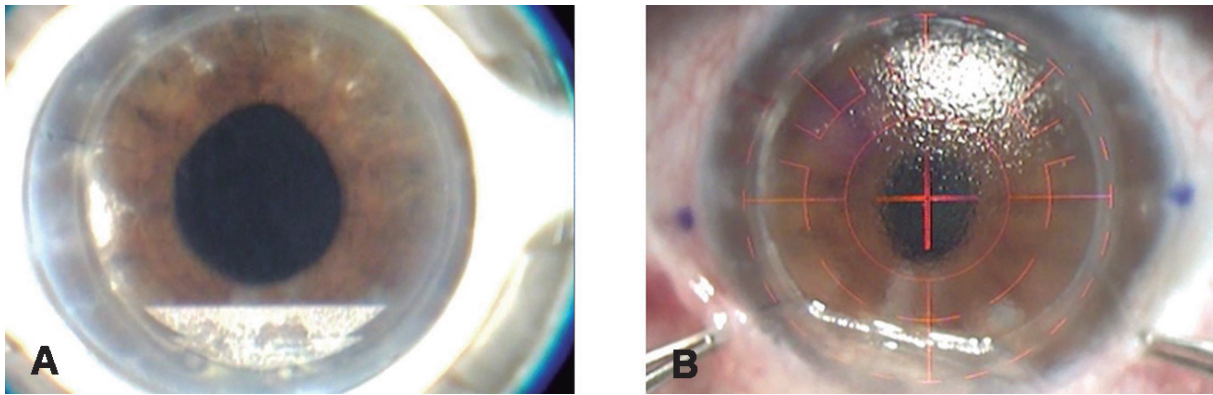
La cirugía se realizó bajo anestesia tópica, empleando el Láser de FS IntraLase FS60 (Advanced Medical Optics, Inc, Santa Ana, California, EE.UU.) (figura 61) para crear el colgajo; y el Láser de Excímero VISX Star S4 (Advanced Medical Optics, Inc) (figura 62) para realizar la fotoablación corneal. Para la creación del Flap, el láser de FS se programó con los siguientes ajustes: un grosor de 100  $\mu\text{m}$ ; un diámetro de 7,0 a 8,5 mm (0,1-0,2 mm más pequeño que el diámetro del injerto, sin incluir la unión injerto-huésped) (figura 63); una bisagra superior de 55° para lograr una exposición equivalente de la superficie del estroma corneal; un ángulo de corte lateral de 60°, una separación entre los puntos y líneas del patrón láser de 7 y 7  $\mu\text{m}$ ; y una energía estromal de 1,0  $\mu\text{J}$  con una energía de corte lateral de 1,8  $\mu\text{J}$ . Además, se creó un bolsillo con el láser de FS,



**Figura 61.** Láser de FS IntraLase FS60 (Advanced Medical Optics, Inc, Santa Ana, California, EE.UU.).



**Figura 62.** Láser de Excímero VISX Star S4 (Advanced Medical Optics, Inc Santa Ana, California EE. UU).



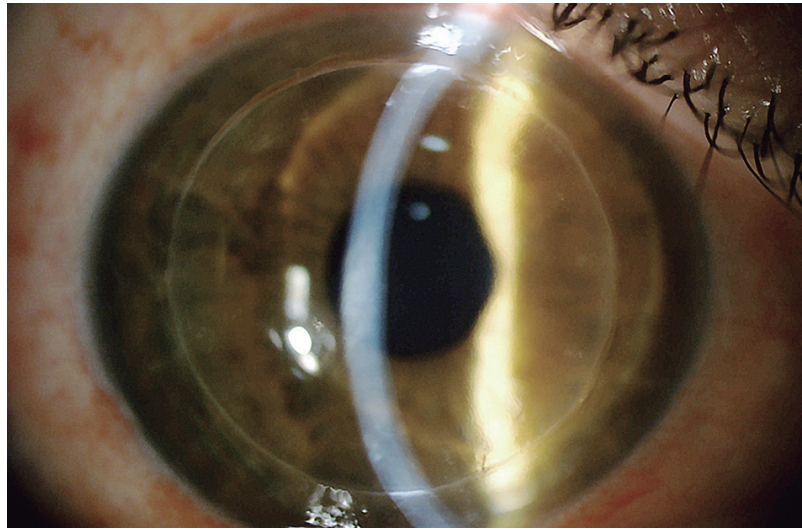
**Figura 63.** Secuencia quirúrgica de la cirugía de FemtoLASIK en DALK (A-B). El diámetro del corte y la ablación se realiza dentro de los límites del injerto.

para evacuar el CO<sub>2</sub> formado. El láser de Excímero se programó con el algoritmo VISX S4 convencional para lograr la corrección del cilindro refractivo (versión de software 4.60).

### 5.6. Tratamiento y seguimiento postoperatorio

El tratamiento postoperatorio consistió en una pauta de dexametasona al 1% (Maxidex: Novartis Pharma GmbH, Nuremberg, Alemania), más ciprofloxacino al 0,3% (Cetraflux: Laboratorios SALVAT, S.A. Esplugues de Llobregat, Barcelona) 4 veces al día durante una semana; con una pauta descendente de dexametasona durante otras 3 semanas. Además, los pacientes recibieron lubricantes tópicos 4 veces al día durante al menos 3 meses con plasma rico en factores de crecimiento (PRGF, acrónimo en inglés de *Plasm Rich in Growth Factors*) (PRGF® Endoret®, BTI, MedicalMix, S.L.U, Barcelona).

Los exámenes postoperatorios se realizaron a los 1 y 7 días, y después de 1, 3, 6 y 12 meses, para después continuar con sus revisiones anuales correspondientes, con un seguimiento que osciló entre 36 y 60 meses para toda la muestra. En cada visita de control se realizaron mediciones de agudeza visual, refracción, topografía corneal, evaluación en lámpara de hendidura, funduscopia, tonometría y conteo endotelial (figura 64).



**Figura 64.** Imagen clínica del postoperatorio inmediato.

### 5.7. Análisis de los datos

Todos los datos se recopilaron en una base de datos de Excel (Microsoft Office para Mac 2011; Microsoft, Redmond, WA, EE. UU.) y se analizaron con el software SPSS para Windows (versión 15.0, SPSS, Inc). Los datos preoperatorios y postoperatorios se compararon mediante la prueba de Friedman. Se consideró estadísticamente significativo un valor de  $p$  inferior a 0,05; y los datos se expresan como media  $\pm$  desviación estándar (DE).

## 6. Resultados

### 6.1. Agudeza visual: Eficacia, Seguridad y Predictibilidad

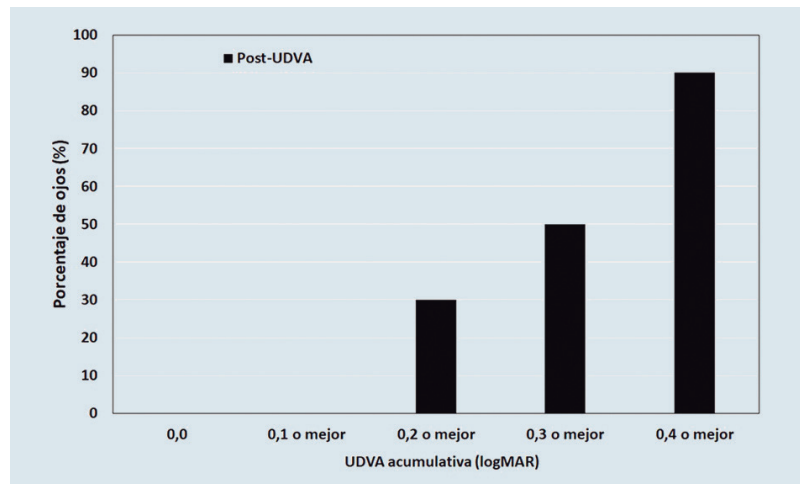
La tabla 2 muestra la UDVA, CDVA y la refracción manifiesta antes de FemtoLASIK y durante el período de seguimiento para cada caso. El período medio de seguimiento post-FemtoLASIK fue de  $48,0 \pm 12,6$  meses (rango 36-60 meses). La UDVA media (LogMAR) mejoró de  $0,91 \pm 0,19$  a  $0,29 \pm 0,18$  seis meses después de FemtoLASIK ( $P < 0,001$ ). Todos los casos mejoraron su UDVA de manera significativa. La figura 65 muestra la UDVA acumulada postoperatoriamente. Ninguno de los ojos perdió líneas de CDVA y siete ojos (70%) mejoraron el CDVA en comparación con los valores preoperatorios (figura 66).



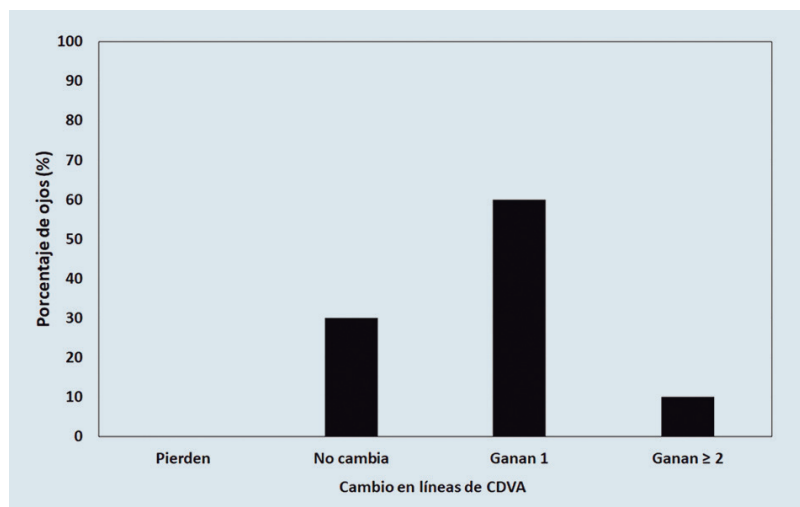
9. FemtoLASIK después del trasplante laminar anterior profundo para corregir el astigmatismo residual: 3 años de seguimiento.

**Tabla 2.** Datos demográficos, de UDVA, CDVA, error refractivo y queratometría antes y después de Femto-Lasik para cada caso en concreto

Género / Edad	Indicación DALK	Interval DALK-FL	Estado cristalino	Parámetros	Pre FemtoLASIK	6 meses	12 meses	36 meses	60 meses	Comentarios
# 1 Mujer / 54 años	Queratocono Central	32 meses	Fáquico	UDVA	0,05	0,2	0,2	0,2		
				CDVA	0,5	0,6	0,6	0,7		
				Refracción	-2,00 -5,00 X 45°	-1,75 -1,25 X 80°	-2,00 -1,25 X 75°	-1,75 -1,50 X 75°		
				Queratometría	43,25 / 50,00	42,50 / 45,00	43,00 / 45,50	43,00 / 45,50		
# 2 Hombre / 46 años	Queratocono Paracentral	27 meses	Pseudofáquico LIO monofocal	UDVA	0,2	0,5	0,5	0,5		Biopic inverso
				CDVA	0,6	0,6	0,7	0,7		
				Refracción	+3,50 -4,50 X 170°	+0,50 -0,50 X 105°	+0,50 -0,75 X 105°	+0,50 -1,00 X 100°		
				Queratometría	42,25 / 46,25	42,00 / 43,00	42,50 / 43,50	42,00 / 43,25		
# 3 Hombre / 45 años	Queratocono Paracentral	31 meses	Fáquico	UDVA	0,2	0,6	0,5	0,6	0,7	
				CDVA	0,7	0,8	0,7	0,8	0,9	
				Refracción	-4,00 X 170°	-0,50 -0,75 X 35°	-0,50 -1,00 X 45°	-1,00 X 40°	-1,00 X 40°	
				Queratometría	43,75 / 47,50	44,25 / 45,50	44,00 / 45,00	44,50 / 45,00	44,25 / 45,25	
# 4 Hombre / 49 años	Ectasia Post-LASIK	33 meses	Fáquico	UDVA	0,1	0,4	0,4	0,5	0,5	Biopic inverso
				CDVA	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	
				Refracción	-3,50 -5,00 X 5°	-1,00 X 10°	-1,50 X 15°	-1,00 X 10°	-1,00 X 10°	
				Queratometría	41,00 / 44,75	41,00 / 41,75	40,75 / 42,75	40,75 / 42,50	41,00 / 42,25	
# 5 Hombre / 45 años	Ectasia Post-LASIK	21 meses	Fáquico	UDVA	0,1	0,6	0,7	0,7		
				CDVA	0,8	0,9	1,0	1,0		
				Refracción	-4,75 X 100°	-1,50 X 90°	+0,50 -1,75 X 95°	+0,50 -2,00 X 95°		
				Queratometría	41,00 / 45,50	40,25 / 43,00	40,25 / 42,50	40,25 / 42,50		
# 6 Hombre / 52 años	Queratotomía Radial	30 meses	Fáquico	UDVA	0,2	0,4	0,4	0,4		
				CDVA	0,9	0,9	1,0	1,0		
				Refracción	-2,50 -2,50 X 160°	-2,25 -0,50 X 180°	-2,00 -0,50 X 180°	-2,00 -0,50 X 180°		
				Queratometría	41,50 / 43,50	41,25 / 41,25	41,25 / 42,00	41,00 / 41,75		
# 7 Mujer / 47 años	Queratotomía Radial	33 meses	Pseudofáquico LIO monofocal	UDVA	0,1	0,4	0,4	0,3	0,2	
				CDVA	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	
				Refracción	-2,75 X 90°	-0,75 -0,75 X 75°	-1,50 -1,00 X 90°	-1,75 -0,50 X 80°	-2,00 -0,50 X 90°	
				Queratometría	44,75 / 47,00	44,25 / 45,50	44,00 / 45,50	44,00 / 45,25	44,50 / 45,75	
# 8 Mujer / 54 años	Queratotomía Radial	23 meses	Pseudofáquico LIO monofocal	UDVA	0,1	0,5	0,5	0,6	0,6	
				CDVA	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	
				Refracción	-3,50 X 160°	-0,50 -1,00 X 80°	-0,50 -1,00 X 80°	-0,50 -0,75 X 85°	-0,50 -0,75 X 90°	
				Queratometría	43,75 / 48,75	44,00 / 45,25	44,50 / 45,00	44,00 / 45,75	44,25 / 45,50	
# 9 Hombre / 52 años	Queratotomía Radial	22 meses	Pseudofáquico LIO monofocal	UDVA	0,16	0,7	0,6	0,6	0,4	Regresión astigmática
				CDVA	0,5	0,8	0,7	0,9	0,9	
				Refracción	+0,50 -2,50 X 60°	-0,50 X 70°	+0,50 -1,50 X 75°	+1,00 -2,00 X 65°	+1,00 -3,00 X 70°	
				Queratometría	42,00 / 44,50	42,50 / 43,50	42,25 / 44,00	41,75 / 45,00	41,50 / 45,00	
# 10 Mujer / 74 años	Leucoma corneal	24 meses	Pseudofáquico LIO monofocal	UDVA	0,1	0,4	0,4	0,5		
				CDVA	0,5	0,5	0,5	0,7		
				Refracción	-4,25 X 40°	-1,50 X 100°	+0,50 -1,00 X 130°	+0,50 -0,50 X 140°		
				Queratometría	42,75 / 46,00	43,00 / 44,50	43,00 / 44,50	43,25 / 44,25		



**Figura 65.** Distribución de la UDVA acumulada.



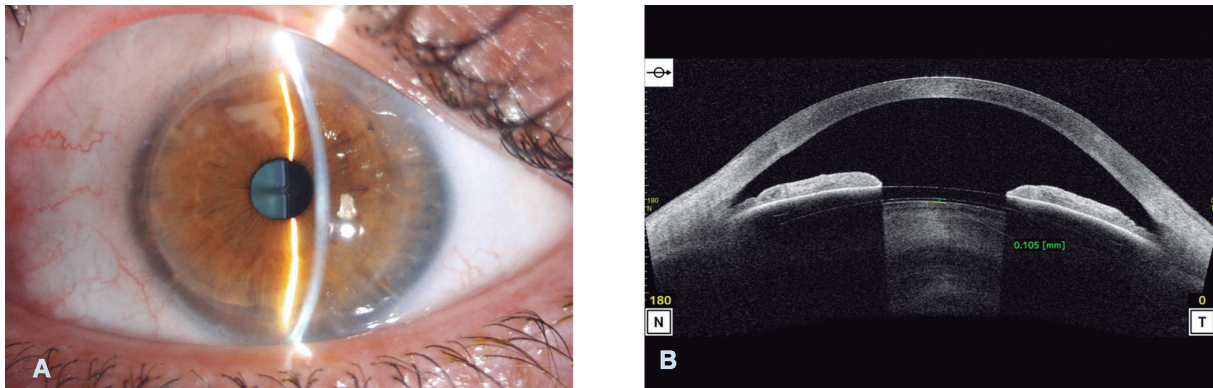
**Figura 66.** Variación en CDVA 6 meses después de FemtoLASIK. Todos los casos mantienen o ganan líneas de visión.

El equivalente esférico (EE) descendió de un valor preoperatorio de  $-2,34 \pm 2,03$  a un valor postoperatorio a los seis meses de  $-0,99 \pm 0,86$  ( $P = 0,01$ ). Se planificó un procedimiento combinado en dos tiempos (*bioptic inverso*) en los casos 2 y 4: en primer lugar, se programó la cirugía mediante FemtoLASIK para la corrección de los cilindros queratométricos y, tres meses después, se implantó una ICL para la corrección del componente esférico asociado (figura 67). El cilindro refractivo se modificó de  $-3,88 \pm 1,00$  D antes de la operación a  $-0,93 \pm 0,39$  seis meses después de FemtoLASIK ( $P < 0,0001$ ). Las figuras 68A y 68B muestran un diagrama de dispersión del componente de astigmatismo (objetivo *versus* logrado: predictibilidad) (J0 y J45) seis meses después de FemtoLASIK. Siete ojos (70%) y 10 ojos (100%) estaban dentro de  $\pm 0,50$  D de la refracción deseada para J0 ( $r^2 = 0,94$ ) y J45 ( $r^2 = 0,98$ ), respectivamente. La figura 69 muestra

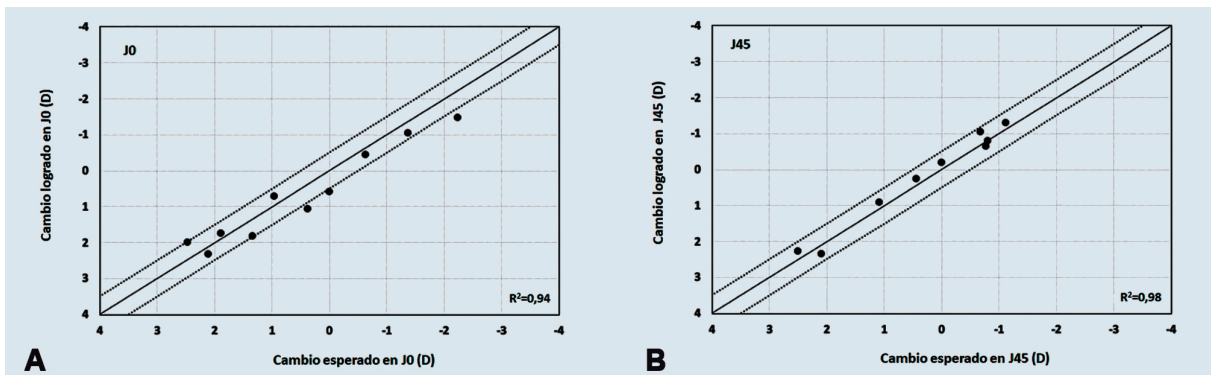


9. FemtoLASIK después del trasplante laminar anterior profundo para corregir el astigmatismo residual: 3 años de seguimiento.

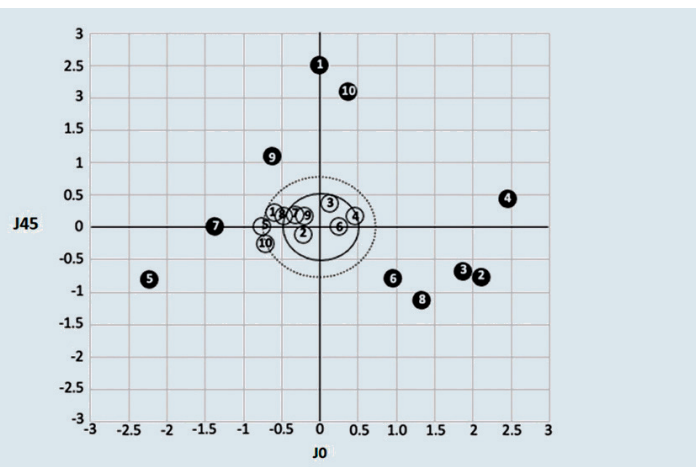
el componente de astigmatismo del vector de potencia representado por un vector bidimensional (J0 y J45) para cada caso analizado. El origen del gráfico (0, 0) representa un ojo sin astigmatismo. Se puede observar que en todos los casos los datos se desplazan claramente hacia el origen de la gráfica (0, 0) después de FemtoLASIK.



**Figura 67.** Imagen en lámpara de hendidura (A) y OCT de segmento anterior (B) de un procedimiento combinado en dos tiempos: FemtoLASIK más implante de ICL.



**Figura 68.** Diagrama de dispersión del componente de astigmatismo (predictibilidad) J0 (A) y J45 (B), seis meses después de FemtoLASIK.



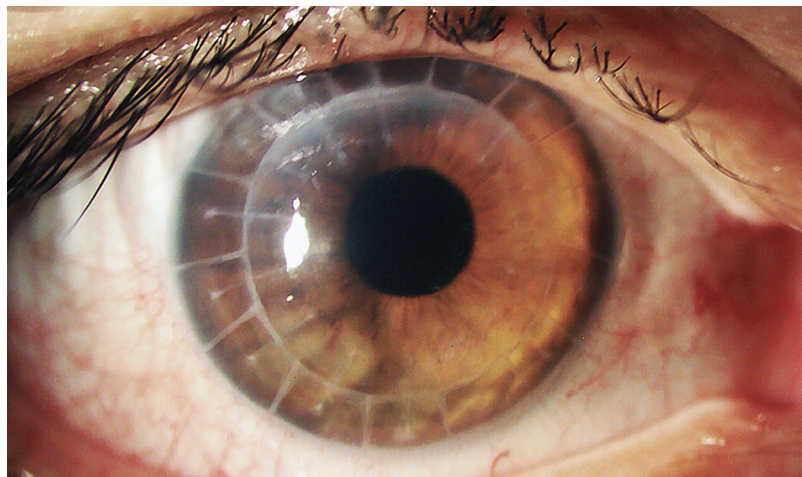
**Figura 69.** Análisis vectorial de Thibos para cada caso analizado.

Todos los casos tenían preoperatoriamente un cilindro refractivo  $\geq -2,50$  D (rango  $-2,50$  a  $-5,00$  D), mientras que postoperatoriamente, la magnitud del cilindro refractivo era  $\leq -1,50$  D en todos los ojos (rango  $-0,50$  a  $-1,50$  D) (figura 69, círculo de línea de puntos). Siete ojos (70%) tenían un cilindro refractivo postoperatorio  $\leq -1,00$  D (círculo de línea negra de la figura 69).

Por lo tanto, después de analizar todos los datos de agudeza visual, podemos evaluar el índice de eficacia que compara la UDVA postoperatoria, con la CDVA preoperatoria, obteniéndose un valor de 0,79 a los 12 meses. Este resultado es inferior a 1,0 debido a que el objetivo refractivo a corregir no incluía la esfera, sólo el astigmatismo. Sin embargo, el índice de seguridad que compara la CDVA postoperatoria con la preoperatoria fue de 1,11 a los 12 meses, tratándose, por lo tanto, de una técnica segura.

## 6.2. Estabilidad

En cuanto a la estabilidad, la CDVA se mantuvo estable durante el período de seguimiento; ningún ojo perdió líneas de CDVA durante el período de seguimiento postoperatorio (tabla 2). En 8 ojos (80%; casos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 y 10), la UDVA y los resultados refractivos permanecen estables en sus respectivas visitas de seguimiento postoperatorio (tabla 2). Por el contrario, 2 ojos (casos 7 y 9) experimentaron cambios refractivos durante el seguimiento y una disminución de la UDVA. Las lecturas de queratometría se mantuvieron estables durante el seguimiento posterior a FL en todos los casos excepto en el caso 9 (figura 70).



**Figura 70.** FemtoLASIK en DALK por RK.

### 6.3. Paquimetría corneal

Se realizó una paquimetría total intraoperatoria antes de la realización del flap. Tras el levantamiento, se realizó una nueva medición con el objetivo de determinar el espesor del mismo.

El grosor corneal central medio disminuyó de  $590 \pm 44,25 \mu\text{m}$  preoperatoriamente a  $523 \pm 45,55 \mu\text{m}$  a los 6 meses del postoperatorio ( $P = 0,0006$ ) y, posteriormente, permaneció sin cambios durante el seguimiento ( $529,25 \pm 41,75 \mu\text{m}$  en la última visita ( $P = 0,12$ )). El punto corneal más delgado fue de  $509 \pm 57,9 \mu\text{m}$  6 meses después de FemtoLASIK, y de  $512 \pm 50,9 \mu\text{m}$  en la última visita de seguimiento ( $P = 0,2$ ) (figura 71).

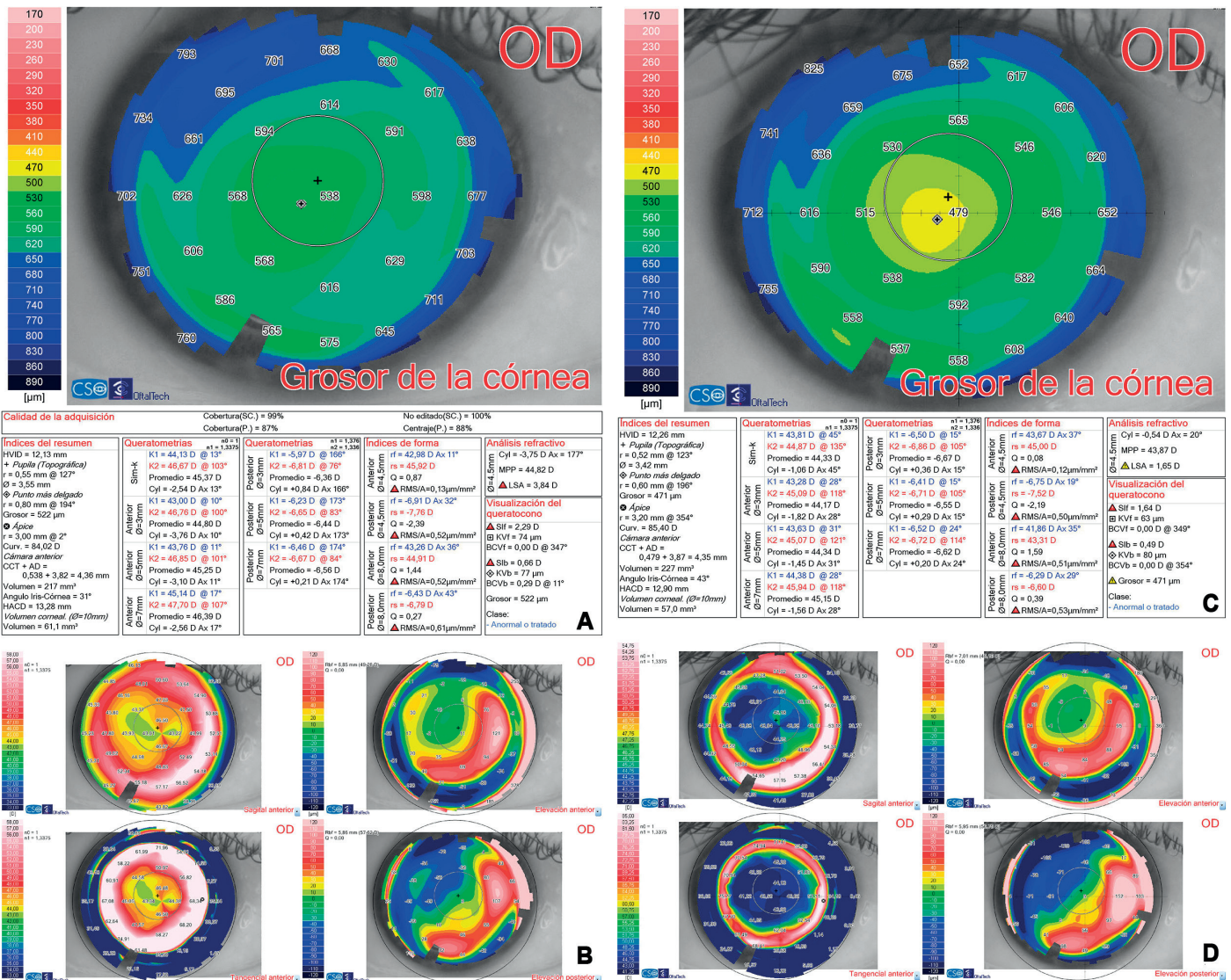
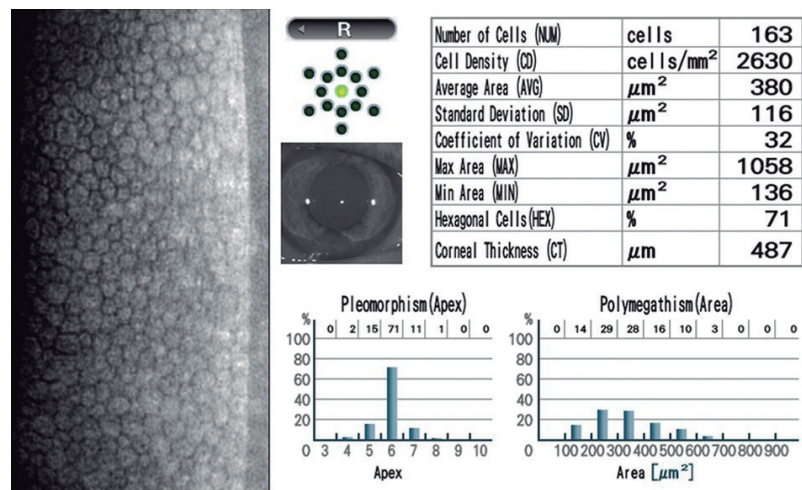


Figura 71. Topografías donde se observan los cambios queratométricos y paquimétricos obtenidos en el preoperatorio (A y B) y postoperatorio (C y D) de un paciente de la muestra.



#### 6.4. Contaje endotelial

En el preoperatorio, la media de células endoteliales era de  $1.782,9 \pm 462,2$  células/mm<sup>2</sup>. A los 6 meses de la cirugía, el conteo endotelial se mantuvo estable con un valor de  $1.785,9 \pm 336,7$  células/mm<sup>2</sup>, con valores similares al año de la cirugía ( $1.749,2 \pm 312,3$  células/mm<sup>2</sup>) (P = 0,4) (figura 72).



**Figura 72.** Contaje endotelial postoperatorio sin alteración morfológica.

#### 6.5. Presión intraocular

La presión intraocular (PIO) media era de  $13,20 \pm 2,09$  mmHg (rango: 10 a 17 mmHg) antes de la cirugía. Un año después de la operación, la PIO media fue de  $13,20 \pm 2,93$  mmHg (rango: 10 a 18 mmHg); mientras que en la última visita registrada, fue de  $12 \pm 2,82$  mmHg (rango: 10 a 16 mmHg). No se encontraron diferencias significativas entre el preoperatorio y el postoperatorio (P > 0,05). En ningún caso se produjo un aumento significativo de la PIO (>20 mmHg) durante el tiempo de seguimiento.

#### 6.6. Efectos adversos y cirugías secundarias

No se han descrito complicaciones intra ni postoperatorias como la dehiscencia de la cicatriz, desplazamientos del flap o roturas en el mismo, y/o rechazo del injerto.

## 7. Discusión

El error de refracción postoperatorio es una limitación importante después de una DALK, ya que puede condicionar los resultados visuales de nuestros pacientes, fundamentalmente si no es compatible con la graduación de su ojo contralateral.

Si analizamos los resultados obtenidos en el presente estudio, observamos que el equivalente esférico medio post-DALK (antes de FemtoLASIK) era de  $-2,34 \pm 2,03$  D, el cilindro refractivo medio de  $-3,88 \pm 1,00$  D y el UDVA medio de  $0,91 \pm 0,19$  (logMAR). Estos resultados se correlacionan con los publicados previamente en la literatura<sup>92,350</sup>. Si este error de refracción no es bien tolerado con gafas o lentillas; o induce una anisometropía, los resultados de la DALK pueden verse comprometidos, ya que la UDVA postoperatoria será insatisfactoria. Por lo tanto, es pertinente planificar procedimientos que puedan resolver estas anisometropías y mejorar la UDVA. Por esta razón, en este estudio se presentan 10 ojos que fueron sometidos a cirugía mediante FemtoLASIK para corregir el astigmatismo residual después de una DALK.

El primer punto que debe tenerse en consideración es el momento de planificar la cirugía. Esta descrito que la DALK proporciona resultados visuales y refractivos estables 6 meses después de la retirada completa de las suturas<sup>159,215</sup>. Por este motivo, se recomienda esperar hasta este momento para planificar la corrección del error refractivo post-DALK. En el estudio actual, todas las cirugías de FemtoLASIK se llevaron a cabo al menos 6 meses después de la retirada completa de las suturas. El intervalo de tiempo medio entre cirugías (procedimiento DALK y FemtoLASIK) fue de  $27,6 \pm 4,8$  meses (rango 21-33 meses). En nuestra serie de casos, la UDVA mejoró significativamente en todos los ojos a los 6 meses de FemtoLASIK. Ninguno de los ojos perdió líneas de CDVA y 7 ojos (70%) mostraron una ganancia de líneas de CDVA. Tan sólo hemos encontrado cuatro estudios previos publicados en la literatura que hayan evaluado la corrección del error refractivo residual post-DALK con el Láser de Excímero. Leccisotti<sup>223</sup>, analizó 10 ojos intervenidos mediante PRK con Mitomicina C. Toru Acar et al.<sup>240</sup>, publicaron 13 casos empleando el microqueratomo mecánico (LASIK). Sorkin et al.<sup>227</sup> evaluaron 14 ojos tratados con PRK personalizado para corregir el astigmatismo irregular. Finalmente, Balestrazzi et al.<sup>251</sup> evaluaron 13 ojos después de FemtoLASIK. Estos últimos autores

obtuvieron una reducción significativa en la esfera refractiva y el astigmatismo 6 meses después del procedimiento, y concluyeron que la corrección del error refractivo con FemtoLASIK llevó a una mejora significativa en la UDVA y CDVA. Sería interesante analizar si estos resultados se mantienen durante un periodo de tiempo más prolongado.

Nuestros resultados de CDVA fueron comparables a los encontrados en estos estudios previos. Sin embargo, el aumento de la UDVA fue similar al reportado por Sorkin et al.<sup>227</sup>, pero significativamente menor que los publicados en los otros tres estudios<sup>223,240,251</sup>. Estas diferencias son atribuibles al error refractivo objetivo que se intentó corregir. En nuestro estudio, al igual que en el de Sorkin et al.<sup>227</sup>, nos centramos en la corrección del astigmatismo, mientras que en los otros tres se pretendía alcanzar la emetropía. En consecuencia, en nuestro estudio, el cambio inducido en el EE fue de alrededor de 1,25 D, significativamente menor que los observados previamente (alrededor de 4,00 D)<sup>223,227,240</sup>.

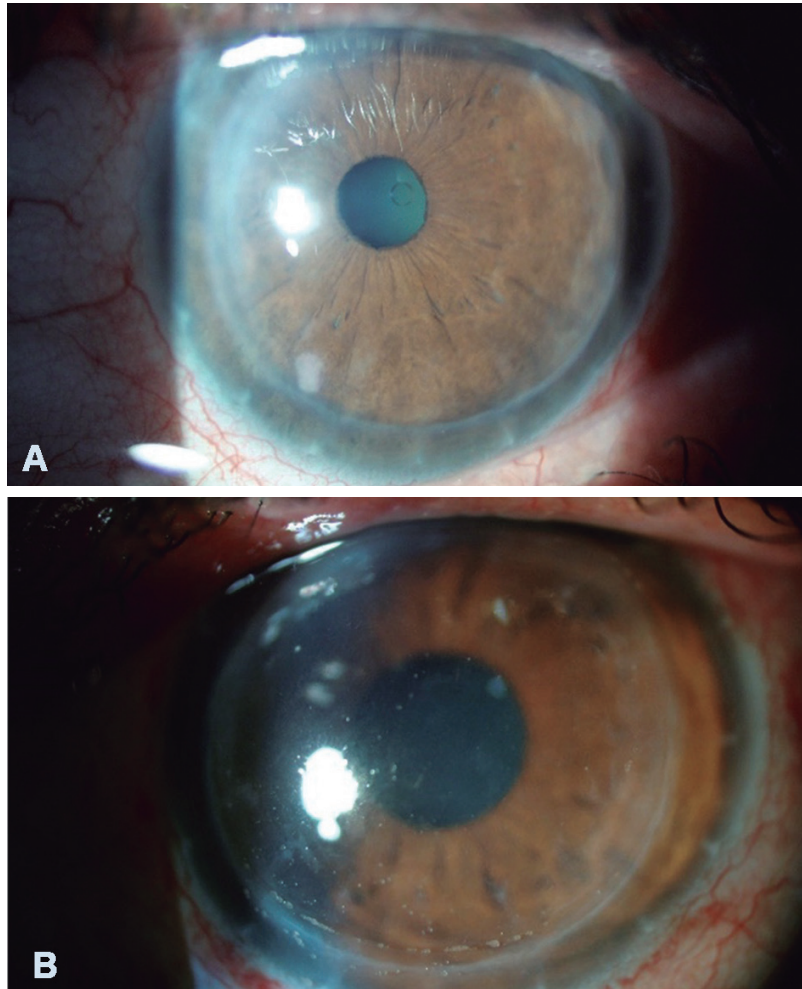
En dos casos (casos 2 y 4) se planificó un procedimiento combinado (*bioptics inverso*) y se implantó una ICL 3 meses después de FemtoLASIK para corregir la esfera residual. En ambos casos, FemtoLASIK podría haberse programado para lograr la emetropía. Sin embargo, intentar corregir el error de refracción completo podría haber expuesto a estos pacientes a una mala calidad visual. En los casos 1 y 6, la esfera del ojo contralateral era similar a la preoperatoria en el ojo tratado. Por lo tanto, de manera intencionada, la esfera no se corrigió para prevenir la anisometropía. Analizando el objetivo de corrección, el cilindro refractivo, encontramos una tasa de corrección satisfactoria, disminuyendo desde un valor preoperatorio de  $-3,88 \pm 1,00$  D a  $-0,93 \pm 0,39$  D seis meses después de FemtoLASIK. Todos los casos tenían un cilindro refractivo  $\geq -2,50$  D preoperatoriamente, mientras que en el postoperatorio el cilindro refractivo fue  $\leq -1,50$  D en todos los ojos y 7 ojos (70%), tenían un cilindro refractivo postoperatorio  $\leq -1,00$  D.

Se obtuvo una buena correlación entre la corrección intencionada y la lograda para los componentes de astigmatismo J0 y J45 ( $R^2 = 0,94$  y  $0,98$ , respectivamente). El 70% y el 100% de los ojos estaban dentro de  $\pm 0,50$  D del componente de astigmatismo J0 y J45 previsto, respectivamente.

Hay que tener en cuenta que el objetivo principal de FemtoLASIK en los ojos post-DALK debe ser la resolución de la anisometro-

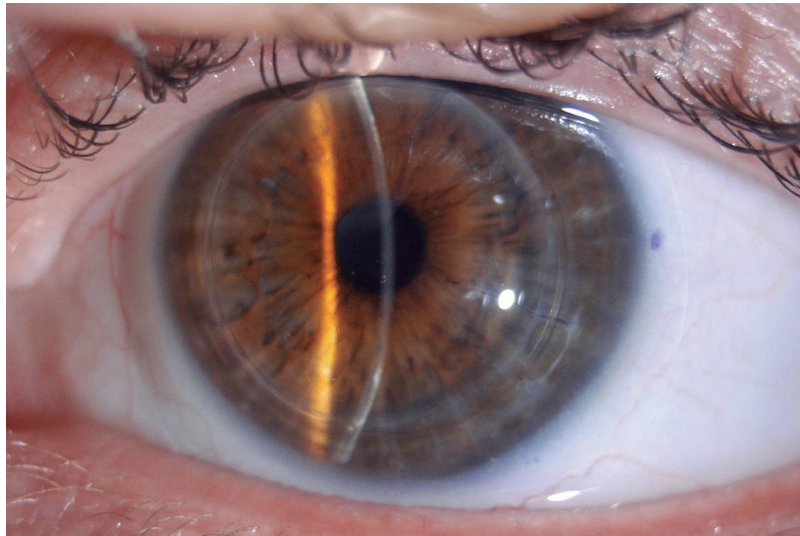
9. FemtoLASIK después del trasplante laminar anterior profundo para corregir el astigmatismo residual: 3 años de seguimiento.

pía y una buena agudeza visual. Nuestros hallazgos muestran que FemtoLASIK reduce eficazmente el cilindro refractivo hasta 5,00 D en ojos con DALK previo, mejorando los valores de UDVA y CDVA. Para aquellos casos en los que se requiera la corrección de la esfera refractiva asociada, y la ablación con el Láser de Excímero pueda comprometer la calidad visual o exceder sus límites de seguridad, se podría planificar un procedimiento combinado en un segundo tiempo (figuras 73, 74 y 75).

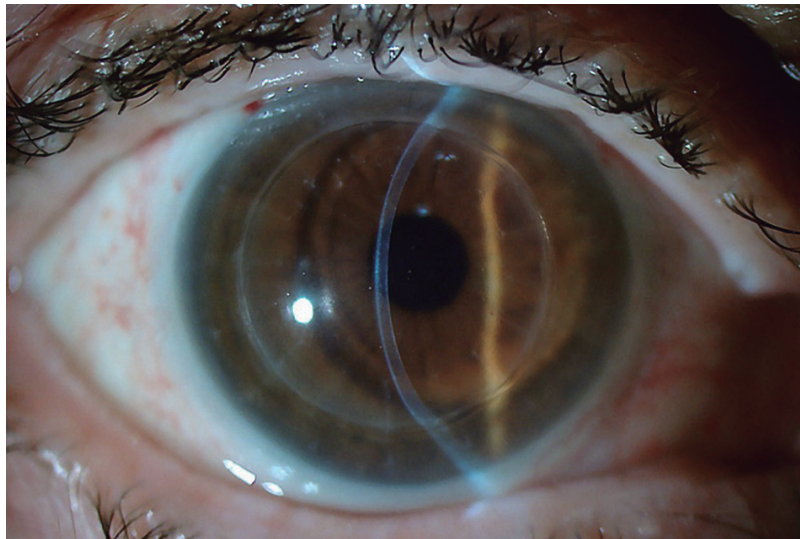


**Figura 73.** Iconografía del Caso 5 de la muestra (A y B).



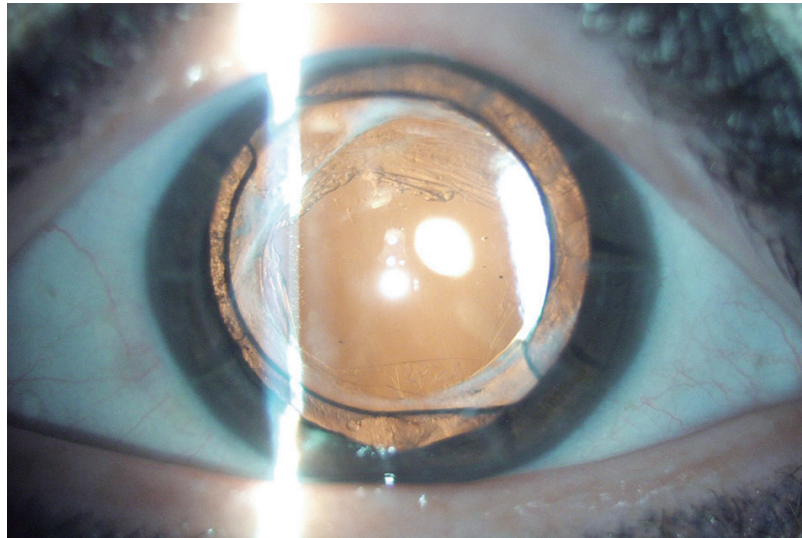


**Figura 74.** Iconografía del Caso 10 de la muestra.



**Figura 75.** Iconografía del Caso 15 de la muestra.

Una vez valorada la eficacia, el otro punto clave debería ser analizar la estabilidad y la seguridad del procedimiento. Para ello, se requieren resultados de seguimiento a largo plazo. En nuestro estudio, el período medio de seguimiento post-FemtoLASIK fue de  $48,0 \pm 12,6$  meses (rango 36-60 meses). Los resultados visuales, refractivos y queratométricos permanecieron estables en 8 de los 10 ojos durante este periodo de tiempo (tabla 2). En el caso 7, hubo un incremento de la miopía a los 60 meses de seguimiento, y una disminución de la UDVA (figura 76). Sin embargo, no se encontraron cambios en la CDVA o en la lectura queratométrica. Por el contrario, en el caso 9, el error de refracción y la inestabilidad de la UDVA se acompañaron de cambios significativos en la que-



**Figura 76.** Iconografía del Caso 7 de la muestra.

ratometría, lo que muestra una regresión del error de refracción. Cabe destacar que la indicación de la DALK para este caso fue una RK, lo que implica que de 4 ojos en los que la indicación para la DALK era la RK, 1 ojo (25%) experimentó una regresión del cilindro refractivo. Oral et al.<sup>351</sup> encontraron que en ojos con RK previa, la corrección del astigmatismo con LASIK es difícil y tiende a retroceder con el tiempo.

Estos hallazgos sugieren que la indicación del trasplante de córnea podría influir en los resultados de la DALK y/o en los resultados postoperatorios obtenidos después de un posible ajuste refractivo mediante técnicas fotoablativas. Sería interesante analizar el impacto de la indicación del trasplante de córnea en los resultados de la DALK.

Aunque en la presente serie de casos se analizaron ojos sometidos a una DALK, las causas del trasplante fueron variadas. Debido a la regresión observada en un ojo con RK previa, estos pacientes se merecen una consideración aparte. En estos casos, las incisiones generalmente se realizan hasta el 90% de la profundidad del estroma corneal, y llegan hasta la periferia, lo que implica que las cicatrices permanecen en la córnea del huésped incluso después del trasplante laminar. Estas cicatrices restantes podrían influir en los resultados refractivos a largo plazo de la DALK, y los resultados después de FemtoLASIK en esos casos podrían ser menos estables que para otras indicaciones. De hecho, la RK también puede condicionar la técnica quirúrgica del trasplante. Actualmente se sabe que en ojos con RK previa, la tasa de éxito para la realización de

una técnica descemética como es la denominada «*big-bubble*» (BB) es significativamente menor que en pacientes con queratocono o patologías que no involucran a las capas corneales más profundas. En estos casos, Einan-Lifshitz et al.<sup>352</sup> consideran importante valorar una disección laminar manual en la técnica quirúrgica primaria, más que la técnica de BB.

Serían necesarios más estudios a largo plazo para evaluar si las indicaciones de la DALK y la técnica quirúrgica afectan la estabilidad refractiva.

En nuestra serie de casos, la indicación para la DALK en 5 ojos fue una ectasia corneal (queratocono o ectasia post-LASIK). En todos ellos, el error refractivo, los valores UDVA, CDVA y queratométricos, se mantuvieron estables en sus respectivas visitas de seguimiento postoperatorio (rango de 36 a 60 meses). Además, los parámetros paquimétricos estudiados (CCT, TCT) se mantuvieron estables durante todo el período de seguimiento. A pesar de estos buenos resultados, debemos ser precavidos porque en estos casos de DALK por queratocono, sigue existiendo un riesgo de ectasia 15 o 20 años después del trasplante<sup>157,158</sup>.

En el estudio actual, no se observaron complicaciones durante la cirugía de FemtoLASIK o durante todo el tiempo de seguimiento (que varió de 36 a 60 meses); incluidas las complicaciones relacionadas con el colgajo, el fracaso del injerto y la ectasia corneal.

Se eligió el láser de FS para la creación del colgajo, porque permite realizar el flap con un tamaño y grosor más predecible y uniforme, produciendo un menor daño epitelial<sup>61,353</sup>. Además, el láser de FS permite crear el flap por dentro de la cicatriz del trasplante, pudiendo realizarse la ablación con Láser de Excímero dentro de los límites del injerto corneal, sin involucrar a la unión donante-receptor<sup>246</sup>.

También se ha informado que la cirugía mediante FemtoLASIK no cambia significativamente la densidad de células endoteliales<sup>354</sup>, incluso en ojos post-DMEK<sup>355</sup>. El recuento de células endoteliales en esta serie de casos se mantuvo estable durante el seguimiento posterior a la cirugía de FemtoLASIK. Aunque no hubo complicaciones en ningún caso, se deben realizar más estudios prospectivos a largo plazo, que incluyan más pacientes, para evaluar las posibles complicaciones y la estabilidad del procedimiento.

## 8. Conclusiones

La técnica de FemtoLASIK utilizada para corregir el astigmatismo residual después de una DALK, se puede considerar como un procedimiento eficaz y seguro en términos de UDVA y CDVA; y predecible, siempre que el astigmatismo no supere ciertos límites. No se han observado efectos adversos significativos, ni tampoco rechazos del injerto, durante el periodo de seguimiento.

Aún así, según los resultados obtenidos, la estabilidad refractiva en ojos con queratotomía radial previa puede ser menor que para otras indicaciones de DALK, y puede haber un mayor riesgo de regresión del astigmatismo con el tiempo, debido a que las cicatrices de la RK se mantienen también en la córnea receptora. Se necesitan más estudios de seguimiento a largo plazo, que incluyan un mayor número de casos, para analizar adecuadamente la estabilidad de esta cirugía y confirmar la seguridad del procedimiento.



# **10. Capítulo 2.**

## **Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.**

### **Índice**

- 1. Resumen**
- 2. Introducción**
- 3. Justificación**
- 4. Objetivos**
- 5. Pacientes, Material y Método**
  - 5.1. Tipo de estudio
  - 5.2. Criterios de inclusión y exclusión
  - 5.3. Muestra
  - 5.4. Parámetros valorados
  - 5.5. Segmentos de anillo intracorneal implantados
  - 5.6. Técnica quirúrgica
  - 5.7. Tratamiento y seguimiento postoperatorio
  - 5.8. Análisis de los datos
- 6. Resultados**
  - 6.1. Agudeza visual y refracción
  - 6.2. Cilindro refractivo y queratometría
  - 6.3. Eventos adversos y cirugías secundarias
- 7. Discusión**
- 8. Conclusiones**





## 1. Resumen

### Objetivo

Evaluar la eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad durante el periodo de seguimiento, del implante de ICRS asistido mediante Láser de Femtosegundo para la corrección del astigmatismo residual en pacientes intervenidos previamente de DALK y proponer un nomograma de implante dependiendo de la magnitud del astigmatismo residual que presente el paciente.

### Centro

Instituto Universitario Fernández-Vega.

### Pacientes y método

En este estudio retrospectivo se incluyeron 40 ojos de 40 pacientes con DALK previo y un astigmatismo mayor o igual a 3,00 D que fueron intervenidos mediante implante de ICRS tipo Ferrara. Se analizó la refracción manifiesta, la UDVA y CDVA (en escala LogMAR) y la topografía corneal antes de la intervención y a los 6, 12, 36 y 60 meses después de la cirugía.

### Resultados

La UDVA media (logMAR) mejoró de  $1,39 \pm 0,55$  antes de la operación a  $0,71 \pm 0,37$  a los seis meses postoperatorios ( $P < 0,0001$ ). La CDVA media (LogMAR) mejoró significativamente de  $0,36 \pm 0,17$  a  $0,22 \pm 0,12$  a los seis meses de la cirugía ( $P < 0,0001$ ). Tanto la UDVA como la CDVA se mantuvieron sin cambios durante el periodo de seguimiento ( $P = 0,09$ ). Después de la cirugía, ningún ojo perdió líneas de CDVA y, en todas las visitas de seguimiento, alrededor del 80% de los ojos ganaron líneas de CDVA. El índice de seguridad se mantuvo estable en un valor de 1,4 durante todo el seguimiento. El cilindro refractivo disminuyó de  $-6,86 \pm 2,62$  D antes de la operación a  $-2,33 \pm 1,09$  D a los seis meses de la cirugía ( $P < 0,0001$ );

10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

posteriormente, se mantuvo estable durante todo el período de seguimiento ( $P = 0,2$ ). Tanto la queratometría máxima como la mínima disminuyeron significativamente después de la intervención, y luego se mantuvieron estables durante todo el periodo de seguimiento ( $p > 0,07$ ).

### **Conclusiones**

Este estudio muestra la eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad durante el periodo de seguimiento, del implante de ICRS tipo Ferrara asistido mediante Láser de Femtosegundo como alternativa quirúrgica para la corrección del astigmatismo residual en ojos post-DALK. Además, con base en estos resultados, el nomograma que se propone para el implante de ICRS puede ser una buena opción para la corrección del astigmatismo residual en ojos post-DALK.

## 2. Introducción

El astigmatismo residual, es uno de los principales factores limitantes para la rehabilitación visual de los pacientes después de una queratoplastia, tanto en PKP como en DALK. El equivalente esférico medio descrito después de la DALK varía de  $-6,54$  D a  $-1,50$  D; y el astigmatismo refractivo medio de  $2,25$  D a  $4,55$  D<sup>1,92,167,350,356</sup>. Estos astigmatismos, habitualmente son asimétricos y presentan ejes no ortogonales<sup>162-166</sup>. Se considera que el astigmatismo residual posterior a una DALK, afecta negativamente al funcionamiento social y visual del paciente<sup>169</sup>, siendo pertinente el empleo de técnicas quirúrgicas refractivas para lograr su rehabilitación visual completa<sup>170</sup>.

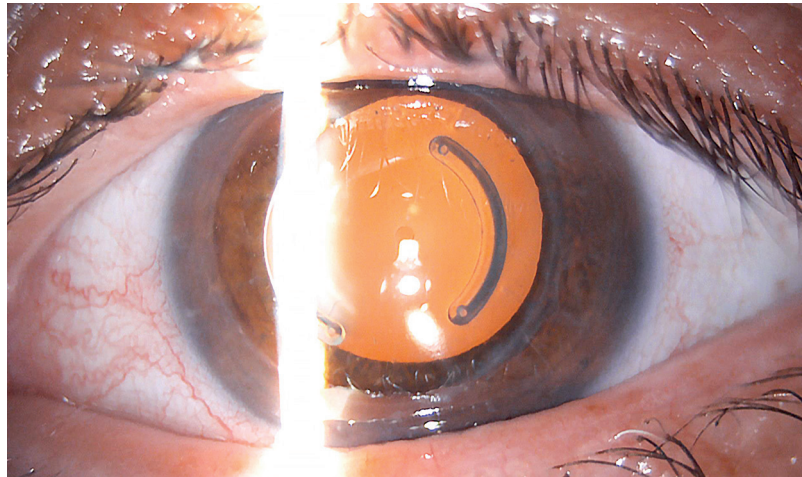
Para corregir este astigmatismo residual, existen métodos conservadores como son las lentes de contacto rígidas o esclerales y/o las gafas; aunque presentan limitaciones ya descritas relacionadas con la mala tolerancia o altas anisometropías. Por esta razón, se han propuesto diferentes alternativas quirúrgicas que incluyen técnicas de fotoablación, como el LASIK<sup>240,251</sup>, la PRK<sup>222,223,225,227</sup>, o el implante de lentes intraoculares sustitutivas o aditivas al cristalino<sup>285,286,310,311,316,339,357</sup>, entre otras.

Aunque estos abordajes quirúrgicos han mostrado buenos resultados visuales y refractivos en pacientes post-DALK, se debe considerar que cada procedimiento tiene sus propias limitaciones (como la alta miopía o el alto astigmatismo, la presencia de ojo seco, o un bajo grosor corneal, en el caso del LASIK o la PRK; o una corrección del astigmatismo limitada a la potencia de la lente intraocular en el caso de las lentes intraoculares tóricas), lo que podría reducir su eficacia y seguridad para algunos pacientes post-DALK. Por otro lado, después de la DALK, la córnea podría presentar irregularidades ópticas como astigmatismos irregulares o un aumento de aberraciones de orden superior, lo que también podría limitar su recuperación visual<sup>141</sup>.

Otro enfoque para la corrección del astigmatismo residual después de la DALK, son las técnicas de moldeado corneal. Estas técnicas incluyen aquellos procedimientos que son capaces de modificar o, como su propio nombre indica, moldear la estructura corneal preservando el tejido. En general se considera que son difíciles de predecir, y que se ven condicionadas por las características de la córnea a tratar. La que mayor popularidad ha ido adquiriendo en los últimos años, principalmente para la corrección del queratocono, son los ICRS.

10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

Diferentes autores han demostrado la eficacia y seguridad del implante de ICRS para la corrección del astigmatismo residual en pacientes con PKP<sup>272-275</sup> (fig. 77); pero sólo dos estudios previos han analizado esta alternativa en ojos post-DALK, concluyendo que la agudeza visual y los resultados refractivos mejoran tras su implante<sup>276,358</sup>. Sin embargo, el período de seguimiento máximo en ambos estudios fue de 1 año. Además, en ambos trabajos, sus autores exponen la necesidad de realizar estudios con un seguimiento más largo para establecer si el efecto de los ICRS se mantiene en el tiempo.



**Figura 77.** Implante simétrico de dos ICRS en una queratoplastia penetrante.

### 3. Justificación

Dado que el astigmatismo es una de las causas de mala visión postoperatoria después de una DALK, y gracias a los avances en las técnicas de moldeado corneal que han surgido con el paso de los años, está justificado estudiar cuales son los resultados visuales y refractivos a largo plazo del implante de ICRS en pacientes con astigmatismo residual después de una DALK.

### 4. Objetivos

1. Analizar la eficacia, seguridad y predictibilidad del implante de ICRS asistido mediante Láser de Femtosegundo para reducir el astigmatismo residual después de la DALK en una serie de casos consecutivos.
2. Evaluar la estabilidad durante el periodo de seguimiento.
3. Proponer un nomograma de implante de ICRS dependiendo de la magnitud del astigmatismo.

10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

## 5. Pacientes, Material y Método

### 5.1. Tipo de estudio

Se trata de un estudio retrospectivo y observacional realizado en el IUFV de Oviedo, España. Se incluyeron 40 ojos que presentaban una DALK previa, y fueron intervenidos mediante ICRS con el objetivo de reducir el astigmatismo residual post-queratoplastia. Todas las cirugías DALK fueron realizadas por el mismo cirujano (JFA) utilizando la técnica de Anwar<sup>53</sup>. El tiempo entre el procedimiento DALK y el implante de los ICRS fue de al menos seis meses después de la retirada completa de las suturas.

### 5.2. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión para el implante de ICRS fueron: un trasplante previo tipo DALK realizado al menos 18 meses antes; con una retirada completa de las suturas al menos 6 meses antes; un astigmatismo residual superior a 3,00 D e intolerancia a las lentes de contacto; una córnea central transparente con un grosor mínimo de 400  $\mu\text{m}$  en la zona del implante; y una densidad de células endoteliales superior a 1.500 células/ $\text{mm}^2$ . Como criterios de exclusión se consideraban la presencia de catarata, historia de glaucoma o de desprendimiento de retina, degeneración macular, cualquier otra enfermedad neuro-oftalmológica que pudiera comprometer la supervivencia del injerto, o cualquier enfermedad asociada que pudiera modificar las pruebas del estudio.

### 5.3. Muestra

La muestra incluye 40 ojos de 40 pacientes (29 hombres y 11 mujeres) con una edad media de  $44,8 \pm 13,7$  (rango 20-70 años). Los ICRS se implantaron con éxito en los 40 ojos estudiados, sin complicaciones intra o postoperatorias (tabla 3).

La cirugía se realizó en el Instituto Universitario Fernández-Vega (Oviedo, España), entre octubre de 2010 y febrero de 2019. Todos los pacientes recibieron el consentimiento informado de acuerdo con la Declaración de Helsinki, y firmaron una autoriza-



10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

**Tabla 3.** Datos preoperatorios de los pacientes intervenidos con ICRS

n = 40	Promedio	D. Estándar	Mínimo	Máximo
<b>Esfera</b>	-1,17	± 4,37	+8,00	-15,00
<b>Cilindro R</b>	-6,86	± 2,62	-3,50	-12,50
<b>EE</b>	-4,60	± 4,60	-18,50	5,00
<b>AVCC</b>	0,36	± 0,17	0,05	0,70
<b>Cilindro K</b>	7,16	± 2,53	3,50	12,25
<b>K mínima</b>	42,32	± 2,15	38,50	48,03
<b>K máxima</b>	49,87	± 2,71	45,36	58,07
<b>K media</b>	45,93	± 2,03	42,25	52,00
<b>Coma</b>	0,73	± 0,70	0,06	3,59
<b>Paquim 4-6</b>	577	± 53	501	720
<b>ECD</b>	2091	± 517	1500	3506

ción específica para el implante de ICRS en casos de queratoplastia. Además, se obtuvo la aprobación de la comisión de investigación del IUFV.

Las indicaciones para la DALK fueron variadas: 19 ojos tenían queratocono avanzado grado IV de la Clasificación de Amsler Krummeich; 3 ojos presentaban distrofias corneales estromales avanzadas; 3 ojos tenían ectasia post-LASIK; 3 presentaban una queratotomía radial; y 12 ojos eran leucomas corneales con afectación estromal y del eje visual.

#### 5.4. Parámetros valorados

Antes de la cirugía, los pacientes fueron sometidos a un examen oftalmológico completo, que incluía: UDVA, CDVA (en escala LogMAR), refracción manifiesta, examen con lámpara de hendidura, examen con oftalmoscopia binocular, queratometría, topografía corneal, paquimetría (Sirius, CSO Ophtalmic, Italia), tomografía de coherencia óptica de segmento anterior (OCT Visante, Carl Zeiss Meditec, Alemania; Casia II, Tomey, Japón), medición del CE (SP 3000P, Topcon, Japón), y toma de la PIO por tonometría de aplanamiento de Goldmann.

Además, en los casos que utilizaban lentes de contacto, su uso se interrumpió un mes antes de realizar los estudios previos, especialmente la topografía corneal.

10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

### 5.5. Segmentos de anillo intracorneal implantados

En todos los ojos del estudio se implantaron los segmentos ICRS tipo Ferrara (AJL Ophthalmic, España). Estos ICRS están compuestos de material PMMA con filtro amarillo, y presentan una sección transversal triangular isósceles que induce un efecto prismático en la córnea (fig. 78). En todos los casos, el grosor del segmento fue de 300  $\mu\text{m}$ , y los ICRS se implantaron en una zona óptica de 5,00 mm. El eje de implante del ICRS coincidió con el eje topográfico más plano. El diámetro apical del ICRS y la longitud del arco se seleccionaron en función del astigmatismo topográfico teniendo en cuenta el siguiente nomograma: se implantaron dos ICRS de 120° de longitud de arco con un diámetro apical de 5,00 mm (30 ojos) en ojos con un cilindro topográfico entre 3,00 y 9,00 D; si el queratoscopio intraoperatorio (Láser de Excímero VISX Star S4; Advanced Medical Optics, Inc.) mostraba una corrección del cilindro topográfico insuficiente, los ICRS se intercambiaban intraoperatoriamente por dos de 90° de arco con un diámetro apical de 6,00 mm (5 ojos). Para ojos con astigmatismos topográficos superiores a 9,00 D, se implantaron dos ICRS de 120° de arco y con un diámetro apical de 6,00 mm (5 ojos).

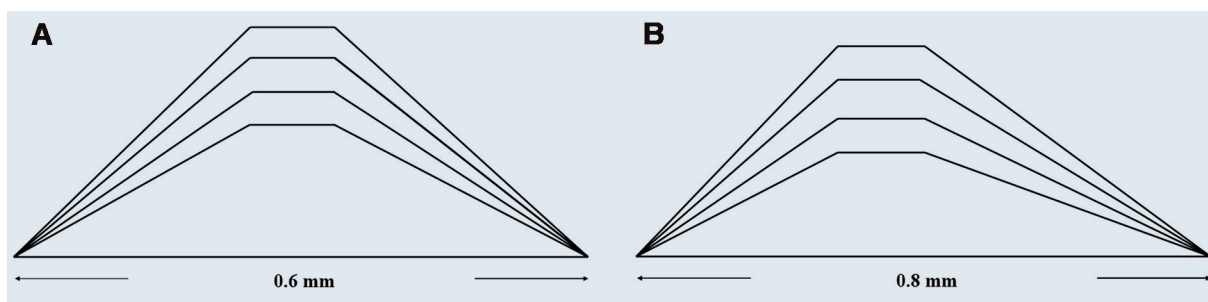


Figura 78. Diseño de los ICRS de Ferrara de zona óptica de 5,0 (A) y 6,0 mm (B). Alturas disponibles: 150, 200, 250 y 300  $\mu\text{m}$ .

Tabla 4. Nomograma de implante de (Ferrara) en DALK

Cilindro topográfico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2 ICRS 300 $\mu$ túnel 5 mm			120° de $\varnothing$ 5										
							90° de $\varnothing$ 6						
										120° de $\varnothing$ 6			

10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

### 5.6. Técnica quirúrgica

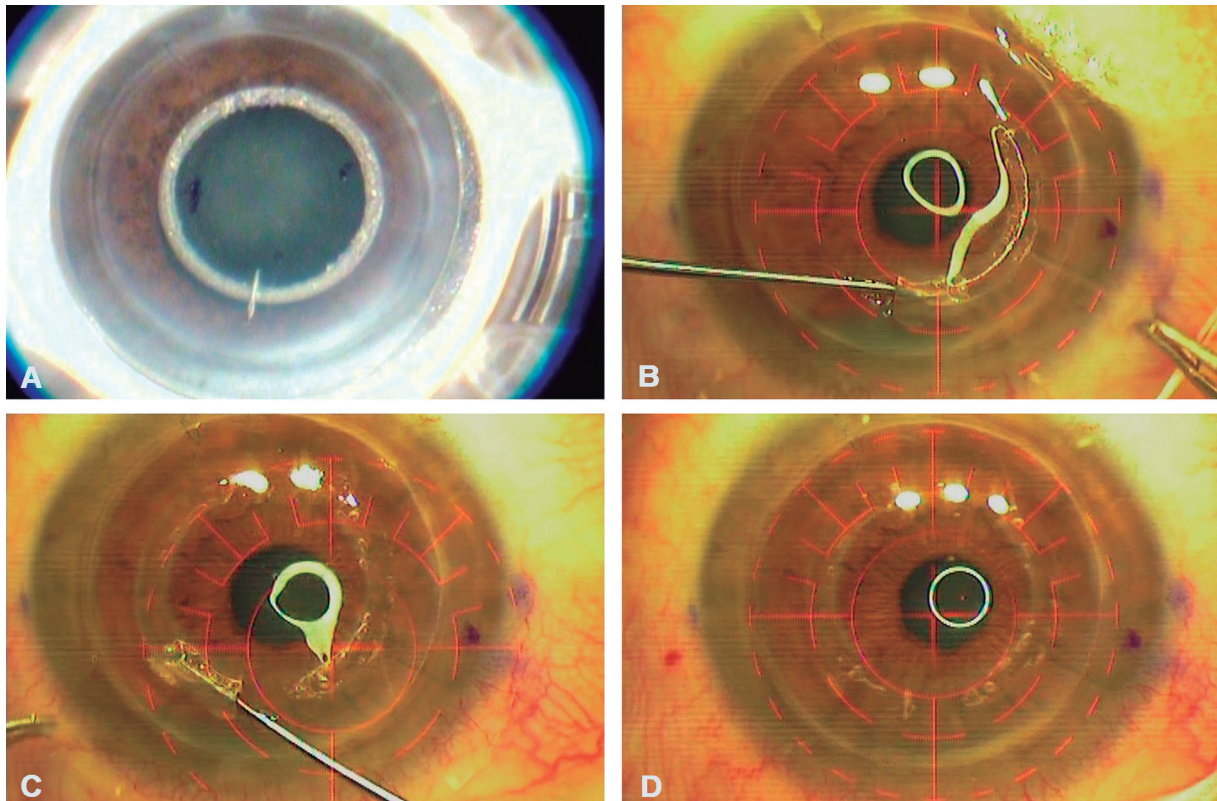
El protocolo para implantar los ICRS fue el mismo que se utiliza habitualmente en pacientes con otras patologías corneales como queratocono, altos astigmatismos y/o ectasias corneales post-LASIK; a diferencia de que todos los ICRS se implantaron en zona óptica de 5,0 mm. En ningún caso se desarrollaron problemas con la creación del túnel que pudiese involucrar o comprometer a la cicatriz del trasplante.

El mismo cirujano experto (J.F.A.) realizó todos los procedimientos utilizando el Láser de FS (IntraLase femtosecond laser FS60; Advanced Medical Optics, Inc, USA), siguiendo el procedimiento estándar descrito previamente; y empleando anestesia tópica<sup>275,359,360</sup>.

El tratamiento preoperatorio incluyó ciprofloxacino al 0,3% (Ceftaflux: Laboratorios SALVAT, S.A. Esplugues de Llobregat, Barcelona) 3 días antes de la cirugía. Antes de la realización del túnel intraestromal, se hicieron unas marcas de orientación centradas en la pupila, y se midió el grosor corneal en la zona del implante (5,0 mm de diámetro) mediante paquimetría ultrasónica (E-Pache Sonogage, Equipsa, España). Posteriormente, se colocó un anillo de succión desechable y se centró la ablación con respecto al centro de la pupila y a la cicatriz del trasplante. En todos los casos, se creó un túnel al 70% de profundidad del grosor corneal, utilizando el Láser de FS Intralase de 60 KHz (Intralase, Inc.). Este láser de FS, tiene una longitud de onda de 1.053 nm. El rayo láser, que tiene un diámetro de 3 mm (tamaño del punto), se enfoca ópticamente a una profundidad intraestromal predeterminada (70% del espesor) mediante escáneres de computadora que dan un rango de enfoque (disección) entre 90 mm y 400 mm desde la superficie anterior de la córnea. Por fotodisrupción, el haz forma cavitaciones; es decir, micro-burbujas de dióxido de carbono y vapor de agua. Al mismo tiempo, las series interconectadas de estas burbujas forman un plano de disección.

El software láser se programó para un diámetro interior de 4,8 mm y un diámetro exterior de 5,6 mm. En todos los ojos, la potencia utilizada para crear el túnel y la incisión fue de 5  $\mu$ J. El procedimiento duró aproximadamente 15 segundos. Cinco minutos más tarde y tras la eliminación de las burbujas de gas, se implantaron los ICRS en condiciones totalmente asépticas con material específico. Los segmentos se colocaron en su posición final (eje más plano) con un gancho Sinsky y a través de un orificio de marcación colocado

10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.



**Figura 79.** Secuencia quirúrgica del implante de los ICRS en uno de los pacientes de la muestra (A,B,C,D). Obsérvese como después del implante, la luz del queratoscopio se regulariza formando un círculo.

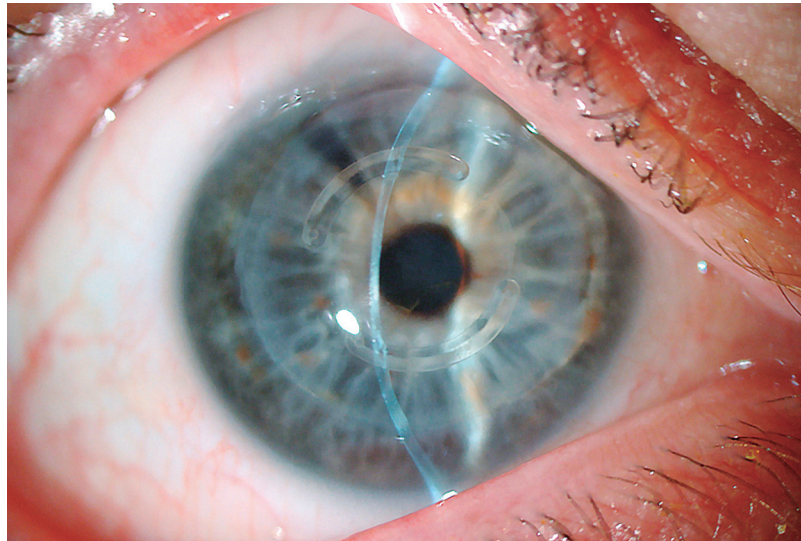
en ambos extremos de los segmentos. Al final del procedimiento, se colocó una lente de contacto terapéutica (Purevision, Bausch & Lomb), que sería retirada al día siguiente de la cirugía (fig. 79).

### 5.7. Tratamiento y seguimiento postoperatorio

Como tratamiento postoperatorio se empleó una combinación de antibiótico y corticoide (Ciprofloxacino 0,3% [Cetraflux: Laboratorios SALVAT, S.A. Esplugues de Llobregat, Barcelona] Dexametasona al 0,1% [Maxidex: Novartis Pharma GmbH, Nuremberg, Alemania]) tres veces al día durante 2 semanas, con una disminución paulatina de los corticoides durante otras dos semanas (fig. 80).

Las visitas de seguimiento se realizaron el día después de la cirugía, a la semana, y a los 1, 3, 6 y 12 meses en todos los casos, para después continuar con revisiones anuales. El análisis del presente trabajo incluye los resultados de las visitas preoperatorias y de los 6, 12, 36 y 60 meses. Las revisiones incluyeron prin-

10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.



**Figura 80.** Implante de ICRS en uno de los pacientes de la muestra.

principalmente el examen con lámpara de hendidura, la refracción manifiesta, la UDVA y CDVA (en escala logMAR); la topografía y tomografía corneal (Sirius, CSO, Italia); y la CE (SP 3000P, Topcon Europe Medical). El índice de seguridad se calculó como la relación entre la CDVA del postoperatorio y el preoperatorio. La refracción manifiesta se analizó mediante el método del vector de potencia propuesto por Thibos y Horner<sup>349</sup>. El cambio de cilindro refractivo inducido quirúrgicamente se calculó usando la siguiente fórmula:

$$-2 * ((J0_{\text{post}} - J0_{\text{pre}})^2 + (J45_{\text{post}} - J45_{\text{pre}})^2)^{1/2}.$$

## 5.8. Análisis de los datos

El análisis estadístico se realizó con SPSS (versión 17.0, SPSS Inc.). Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para todas las variables para analizar la normalidad. El análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA) se aplicó para datos paramétricos, mientras que la prueba de Kruskal-Wallis se utilizó para datos no paramétricos. Se realizaron comparaciones entre los datos preoperatorios y postoperatorios y entre visitas. El nivel de significación estadística se estableció en  $p < 0,05$ . En cada etapa de seguimiento, sólo se incluyeron en el análisis estadístico aquellos pacientes que también asistieron a todas las visitas anteriores.

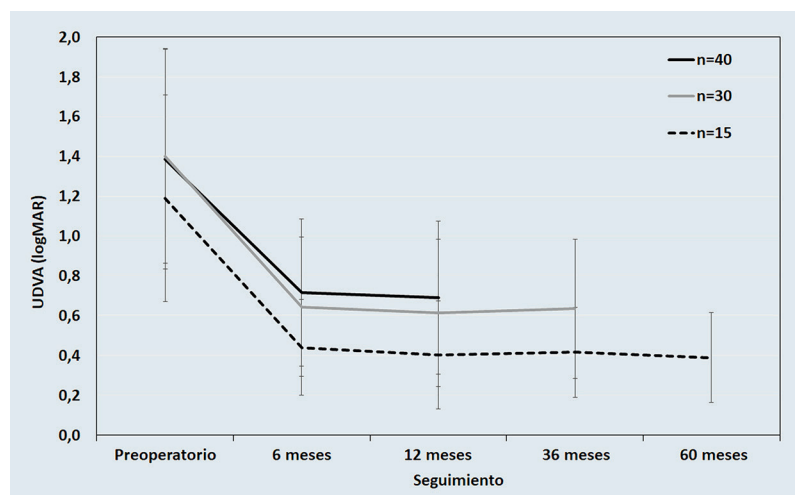


## 6. Resultados

Se examinaron todos los ojos (40 ojos) en las visitas de seguimiento a los 6 y 12 meses; 30 pacientes (30 ojos) asistieron a las visitas de seguimiento de los 6, 12 y 36 meses; y 15 pacientes (15 ojos) asistieron a visitas de seguimiento de los 6, 12, 36 y 60 meses.

### 6.1. Agudeza visual y refracción

La UDVA media (logMAR) mejoró de  $1,39 \pm 0,55$  preoperatoria-mente a  $0,71 \pm 0,37$  a los seis meses de la operación ( $P < 0,0001$ ), posteriormente la UDVA se mantuvo estable en cada visita de seguimiento (fig. 81) ( $P = 0,09$ ). A su vez, la media de CDVA (logMAR) mejoró significativamente de  $0,36 \pm 0,17$  a  $0,22 \pm 0,12$  a los seis meses de la cirugía ( $P < 0,0001$ ), y también se mantuvo sin cambios durante todo el seguimiento ( $P = 0,09$ ) (fig. 82). Después de la operación, ningún ojo perdió líneas de CDVA en comparación con el valor previo a la operación, y en todas las visitas de seguimiento, alrededor del 80% de los ojos experimentaron una ganancia de líneas de CDVA (fig. 83). Esto hizo que el porcentaje de ojos con un CDVA de 0,3 logMAR o mejor, aumentara del 50% antes de la cirugía, a más del 80% en todas las visitas postoperatorias, así como el porcentaje de ojos con un CDVA de 0,2 logMAR o mejor fue del 22,5% antes de la cirugía, mientras que este porcentaje fue superior al 60% (fig. 84) en todas las visitas de seguimiento. El índice de



**Figura 81.** Cambios y estabilidad en la UDVA durante el periodo de seguimiento.

10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

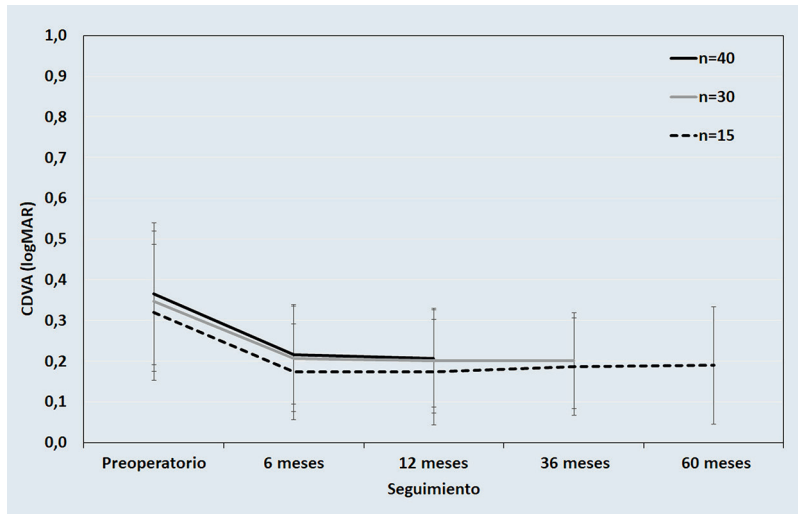


Figura 82. Cambios y estabilidad en la CDVA durante el periodo de seguimiento.

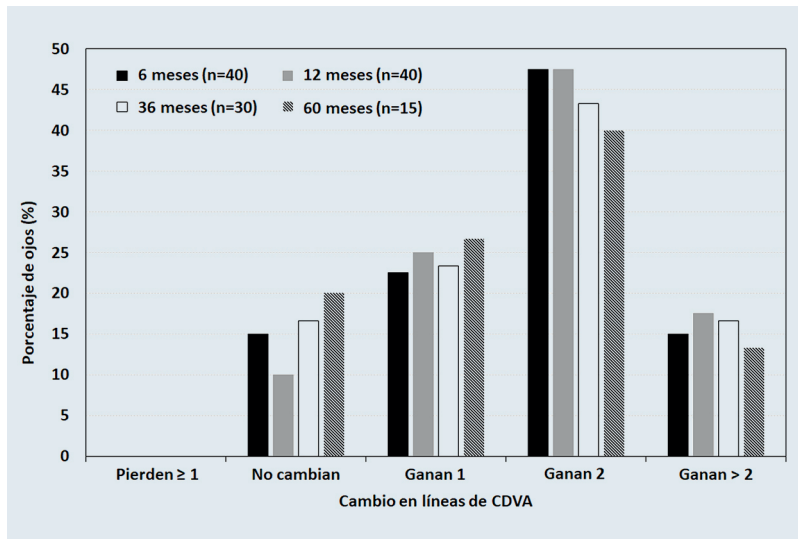


Figura 83. Cambios en las líneas de visión a los 6, 12, 36 y 60 meses.

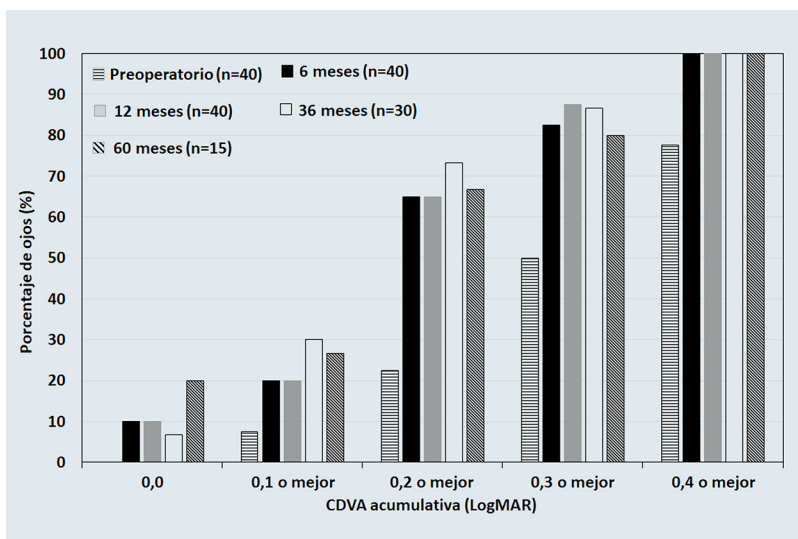


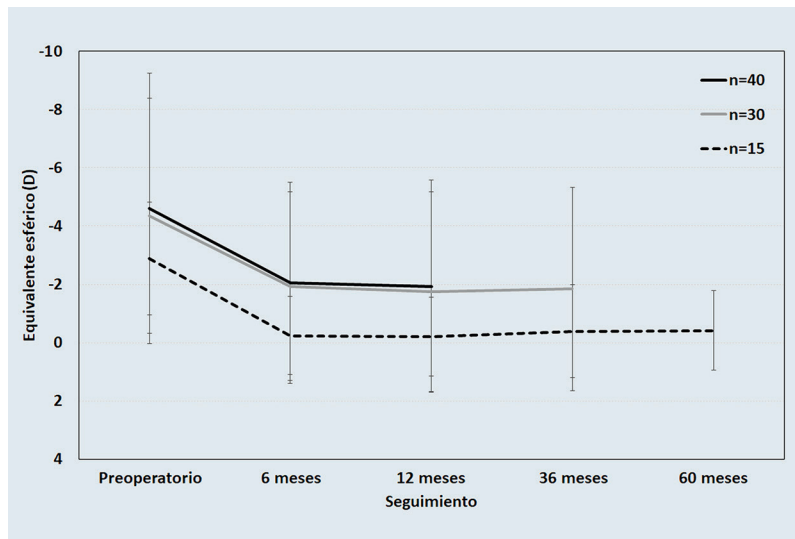
Figura 84. Porcentaje de ojos en función de la CDVA acumulada.



10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

seguridad se mantuvo estable en un valor de 1,4 durante todas las visitas postoperatorias.

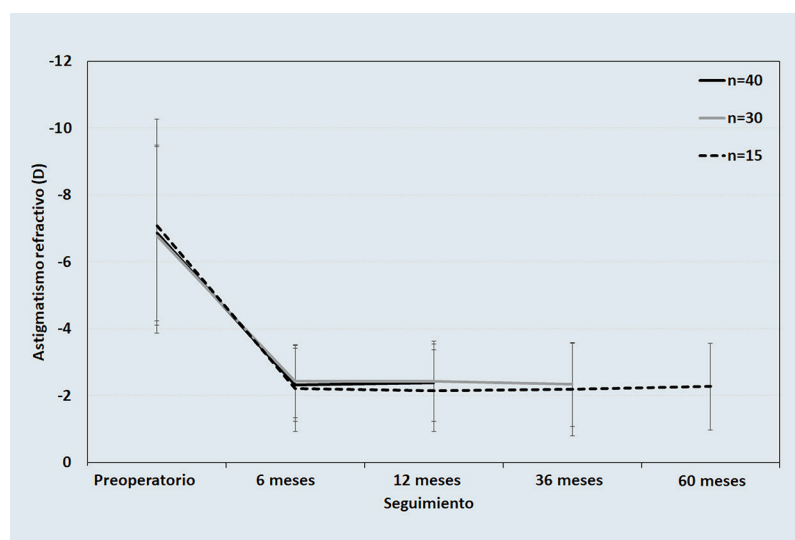
Por otro lado, el equivalente esférico disminuyó de un valor preoperatorio de  $-4,60 \pm 4,60$  D a un valor postoperatorio de  $-2,04 \pm 3,45$  D ( $P < 0,0001$ ) 6 meses después, y luego se mantuvo estable durante todo el seguimiento, sin diferencias significativas entre las visitas postoperatorias ( $P = 0,14$ ) (fig. 85).



**Figura 85.** Cambios refractivos del equivalente esférico manifiesto y su estabilidad a lo largo del estudio.

## 6.2. Cilindro refractivo y queratometría

El cilindro refractivo mostró una mejora significativa después de la cirugía (fig. 86), disminuyendo de  $-6,86 \pm 2,62$  D (rango de  $-12,50$  a  $-3,50$  D) preoperatoriamente, a  $-2,33 \pm 1,09$  D (rango de  $0,00$

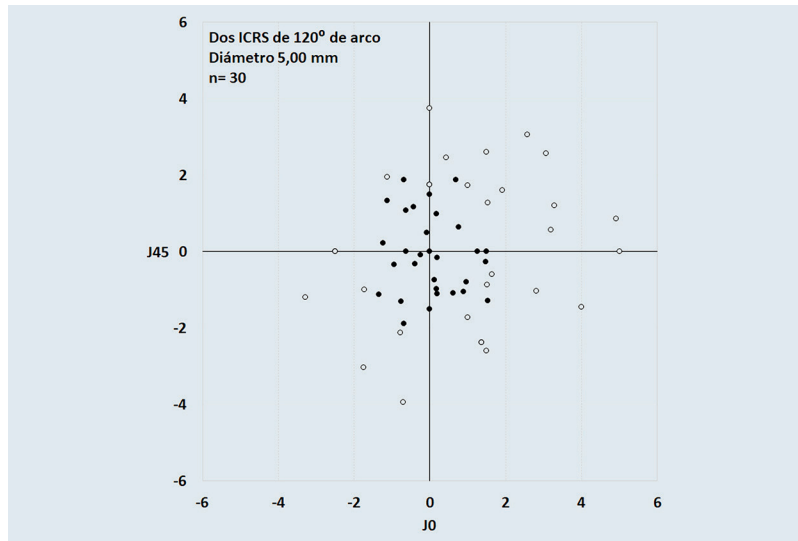


**Figura 86.** Cambios del astigmatismo refractivo y su estabilidad a lo largo del estudio.

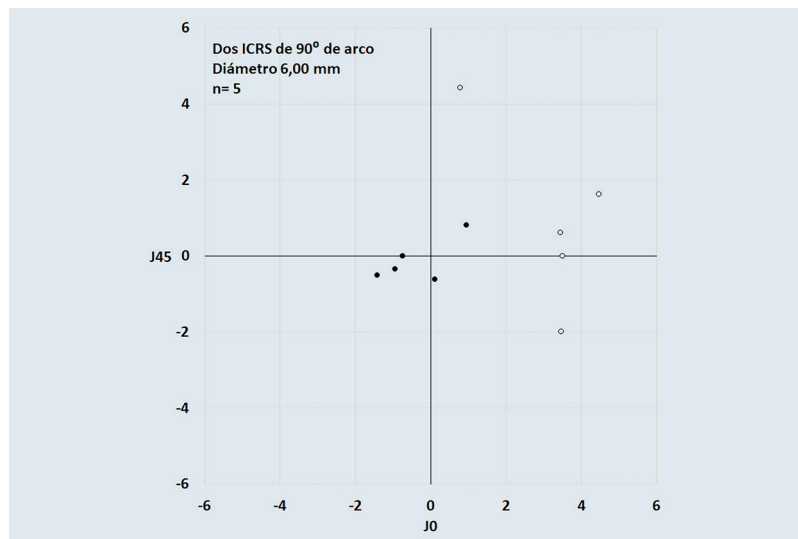
10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

a  $-4,50$  D) a los seis meses de la intervención ( $P < 0,0001$ ). En el postoperatorio, el 80% de los ojos tenían un astigmatismo refractivo  $\leq 3,00$  D. El cambio de cilindro refractivo inducido quirúrgicamente por cada estrategia de ICRS fue de  $5,11 \pm 2,19$  D para dos ICRS de  $120^\circ$  de arco, con un diámetro apical de  $5,00$  mm ( $n = 30$ ; fig. 87); de  $9,02 \pm 2,18$  D para dos ICRS de  $90^\circ$  de arco, con un diámetro apical de  $6,00$  mm ( $n = 5$ ; fig. 88) y de  $11,56 \pm 2,06$  D para dos ICRS de  $120^\circ$  de arco con un diámetro apical de  $6,00$  mm ( $n = 5$ ; fig. 89). El cilindro refractivo se mantuvo estable durante todo el período de seguimiento ( $P = 0,2$ ).

**Figura 87.** Representación del vector de astigmatismo (J0 y J45) 6 meses después del implante en el grupo de dos ICRS de  $120^\circ$  de arco con diámetro de  $5,00$  mm.

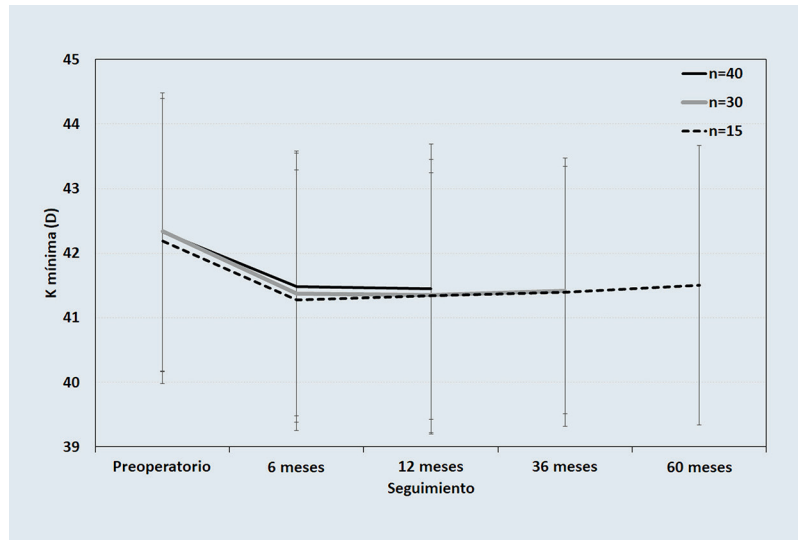


**Figura 88.** Representación del vector de astigmatismo (J0 y J45) 6 meses después del implante en el grupo de dos ICRS de  $90^\circ$  de arco con diámetro de  $6,00$  mm.





10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.



**Figura 91.** Cambios y estabilidad de la K mínima durante todo el período de seguimiento.

### 6.3. Eventos adversos y cirugías secundarias

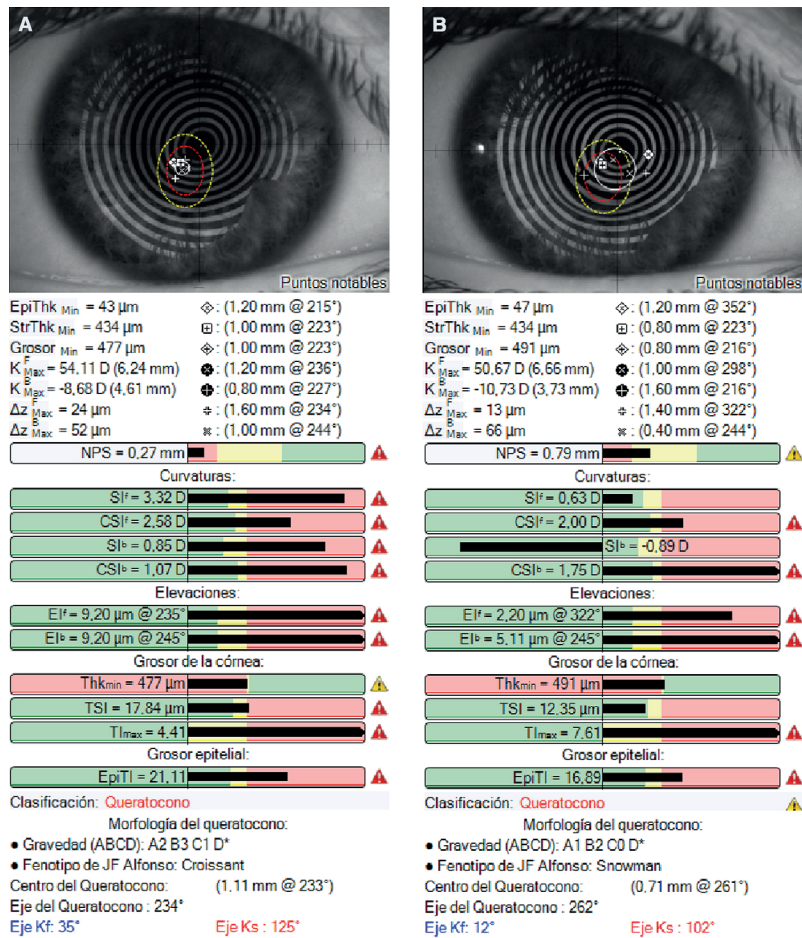
No se observaron complicaciones intraoperatorias en ninguno de los pacientes, y en ningún caso fue necesario el explante de los ICRS. A lo largo de todo el período de seguimiento, tampoco se describieron casos de extrusiones, infecciones o dehiscencias de la cicatriz.

## 7. Discusión

El presente estudio analiza los resultados visuales y refractivos a largo plazo tras el implante de ICRS en pacientes con alto astigmatismo después de un trasplante de córnea tipo DALK.

Está descrito que el implante de ICRS es un procedimiento eficaz y seguro para el tratamiento de diferentes patologías corneales, fundamentalmente el queratocono<sup>359,360,361,362,363,364,365</sup> (fig. 92), pero también otras afecciones corneales como la degeneración marginal pelúcida o las ectasias post-cirugía corneal previa<sup>366,367,368</sup>. Además, el uso de ICRS ha sido propuesto también como procedimiento válido para la corrección del astigmatismo residual en ojos intervenidos de PKP previa. En 2009, Arriola-Villalobos et al.<sup>272</sup>, publicaron el primer artículo referente al implante de ICRS después de una PKP en una serie de 9 ojos, empleando la técnica de disección mecánica del estroma, y encontraron una reducción del EE en

10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.



**Figura 92.** Cambios en la escala de Belin Ambrosio tras el implante de ICRS en un paciente con queratocono A) Preoperatorio. B) Postoperatorio.

3,05 D, mejorando la CDVA y disminuyendo la queratometría. Sin embargo, los cambios en el astigmatismo refractivo no alcanzaron significación estadística.

Dos años más tarde, Prazeres et al.<sup>273</sup>, presentaron sus resultados empleando el Láser de FS, también en PKP, afirmando que se trataba de una técnica segura y mostrando resultados satisfactorios y estadísticamente significativos en cuanto a la reducción del astigmatismo refractivo y la curvatura corneal máxima, mejorando la CDVA y UDVA. En esta misma línea, en 2012, Coscarelli et al.<sup>274</sup>, evaluaron 59 ojos de 54 pacientes con PKP y obtuvieron una disminución estadísticamente significativa de la refracción esférica media después de la operación; encontrando una mejoría en la CDVA; aunque aproximadamente el 50% de los ojos tenían un astigmatismo refractivo después de la cirugía superior a 3,00 D.

Un año más tarde, en otro estudio llevado a cabo por Lisa et al.<sup>275</sup>, en el que se incluyen 32 ojos de 30 pacientes, se observa

10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

una reducción menor en el EE, pero un índice de seguridad muy bueno, de 1,20 a los 6 meses.

Como hemos podido comprobar en la bibliografía, para el implante de los ICRS, algunos autores emplean técnicas manuales frente a otros que utilizan el láser de FS. En pacientes con queratcono, está demostrado que el uso del láser de FS para crear el túnel corneal hace que el implante de los ICRS sea una técnica más segura que los métodos manuales, reduciendo de forma significativa las complicaciones intraoperatorias<sup>369-372</sup>.

En casos de trasplante de córnea, los túneles realizados con láser de FS tienen una ventaja sobre los implantados mediante técnicas manuales, provocando una menor tracción en la cicatriz, evitando posibles dehiscencias en la unión donante-receptor.

Los primeros en evaluar el uso de ICRS implantados mediante láser de FS como opción quirúrgica para el tratamiento del astigmatismo en pacientes intervenidos previamente de DALK fueron Arantes et al. en el año 2017<sup>276</sup>. Los autores incluyeron en la muestra 25 ojos con DALK y realizaron un seguimiento de 1 año; encontrando una reducción significativa en los valores de queratometría, EE y astigmatismo topográfico (3,50 D en Kmin y 1,53 D en Kmax y reducción en la K media en 2,00 D). Recientemente, Tzelikis et al.<sup>358</sup>, evaluaron los resultados clínicos tras el implante de un nuevo segmento de anillo corneal intraestromal de 340° de arco con la ayuda del Láser de FS en 18 pacientes con trasplante de córnea previo (DALK) y un seguimiento de 12 meses. Observaron una UDVA media de 1,01 LogMAR antes del implante, y de 0,54 LogMAR en la última visita de seguimiento ( $p < 0,001$ ); mientras que la CDVA media mejoró de 0,26 logMAR a 0,10 logMAR ( $p < 0,001$ ). El astigmatismo corneal medio descrito por los autores, disminuyó de  $5,55 \pm 2,29$  D antes de la operación a  $3,92 \pm 1,82$  D después de la cirugía ( $p < 0,001$ ), sin observarse complicaciones intra o postoperatorias. De esta manera concluyen afirmando que este segmento de 340° de arco mejora la agudeza visual y reduce el astigmatismo corneal en ojos post-queratoplastia.

Los resultados obtenidos en el presente estudio a corto y medio plazo (6 y 12 meses), donde se incluyeron 40 ojos, mostraron una mejora significativa en todos los parámetros visuales y refractivos analizados después del implante de los ICRS. Tanto la UDVA como la CDVA mejoraron significativamente después de los ICRS. Ningún ojo perdió líneas de CDVA en comparación con los valores



10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

previos a la intervención, y más del 80% de los ojos, ganaron líneas de CDVA (fig. 83). Además, el porcentaje de ojos con una CDVA de 0,3 logMAR o mejor, aumentó del 50% antes de la cirugía, a más del 80% después de la operación, mientras que la tasa de ojos con una CDVA de 0,2 logMAR o mejor, cambió del 22,5% antes de la operación a más del 60% después del implante de los segmentos, lo que implica un índice de seguridad de 1,4. A su vez, el cilindro refractivo disminuyó alrededor de 4,50 D después del implante de los ICRS. Antes de la cirugía, el astigmatismo refractivo en los 40 ojos oscilaba entre  $-12,50$  y  $-3,50$  D, mientras que después de la cirugía el rango observado estaba entre  $-4,50$  y  $0,00$  D; estando el 80% de los ojos con un astigmatismo refractivo postoperatorio menor o igual a 3,00 D.

En general, nuestros resultados visuales y refractivos a los 6 y 12 meses del postoperatorio están en consonancia con los encontrados en la bibliografía<sup>276,358</sup>, observando que el implante de ICRS es un procedimiento eficaz para mejorar la agudeza visual y reducir el astigmatismo en ojos post-DALK. Sin embargo, existen algunas diferencias entre los estudios, que es interesante destacar. Arantes et al.<sup>276</sup> analizaron 25 ojos, y observaron una mejoría en la UDVA y CDVA comparable a los resultados obtenidos en el presente estudio; pero la corrección obtenida del astigmatismo fue menor. El nomograma de implante de ICRS seguido por Arantes et al. fue similar al empleado en casos con queratocono: implantaron uno o dos segmentos según la distribución del área ectásica en la superficie corneal y según el grado de astigmatismo topográfico. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el debilitamiento de la córnea queratocónica, podría provocar que el efecto de los ICRS sea mayor en el queratocono que en los ojos post-DALK. En el presente estudio, la estrategia de implante de los ICRS se basó en el astigmatismo topográfico. El nomograma de implante que se propone aquí, podría explicar por qué hubo una mayor corrección del astigmatismo en el estudio actual en comparación con el estudio de Arantes<sup>276</sup>. En primer lugar, como todos los casos tenían un astigmatismo preoperatorio superior a 3,00 D, todos fueron susceptibles de ser tratados con ICRS. Además, en aquellos casos con astigmatismos superiores a 9,00 D, o cuando la queratometría intraoperatoria mostraba una hipocorrección, se emplearon segmentos intracorneales de 6 mm implantados en zona óptica de 5,00 mm. Como sucede en los ojos con PKP previa<sup>360</sup>, los resulta-

10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

dos obtenidos en este estudio en ojos post-DALK mostraron que, al implantar los ICRS en una zona óptica de 5,00 mm, el cambio del cilindro refractivo inducido quirúrgicamente por los segmentos con diámetro de 6,00 fue mayor que los ICRS con diámetro de 5,00 mm (figs. 86 y 87).

Recientemente, Tzelikis et al.<sup>358</sup> evaluaron otro nomograma de tratamiento con ICRS de 340° de arco. El estudio incluyó 12 ojos post-DALK. Aunque sus resultados de UDVA y CDVA a un año eran buenos, es importante destacar que presentaban también valores preoperatorios mejores. Aún así, analizando la mejora en la agudeza visual, pudimos observar que el aumento de UDVA y CDVA fue comparable a los obtenidos en el presente estudio (alrededor de 0,70 y 0,15 unidades logMAR para UDVA y CDVA, respectivamente). Con respecto a la corrección del astigmatismo, como era de esperar, el segmento de 340° de arco proporcionó una menor corrección que los presentados en este trabajo.

De todos modos, es muy interesante comparar el efecto de los segmentos en la queratometría. Ambas estrategias proporcionaron un importante aplanamiento de la Kmax. Sin embargo, en el presente estudio, el aplanamiento de la Kmin fue de 1,00 D aproximadamente, mientras que para Tzelikis et al.<sup>358</sup> la reducción fue mayor (alrededor de 3,00 D). Estos resultados podrían sugerir que, de manera similar a lo que ocurre con el tratamiento del queratocono<sup>373</sup>, los ICRS de más de 180° de arco, podrían ser una mejor indicación para aquellos casos post-DALK que necesiten un aplanamiento corneal significativo tanto de la Kmin como de la Kmax, con la intención de reducir una córnea prolata; mientras que los ICRS de menos de 180° de arco, podrían estar indicados en aquellos pacientes con altos astigmatismos.

De acuerdo con los resultados de estos estudios, en general, se puede concluir que el uso de ICRS, independientemente de la estrategia de implante elegida por el cirujano, es un procedimiento eficaz para reducir el astigmatismo corneal y mejorar la agudeza visual en ojos post-DALK; aunque conviene tener en cuenta las particularidades antes señaladas. Además, cabe esperar que los ICRS también puedan regularizar una posible asimetría corneal. Desafortunadamente, los tres estudios tienen como limitación común la falta de datos de aberraciones corneales de orden superior, lo que podría haber confirmado esta hipótesis. Sin embargo, la mejora significativa en la CDVA, con la mayoría de los ojos ganando líneas de

10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

CDVA, podría sugerir una mejora en la regularización corneal después del implante de los ICRS.

Más allá de los resultados visuales y refractivos al año de la cirugía, es esencial extender el seguimiento para evaluar si estas mejoras fueron estables a largo plazo. El estudio actual presenta el seguimiento más extenso informado hasta la fecha, incluyendo 30 ojos que completaron los 3 años de seguimiento, y 15 ojos que alcanzaron los 60 meses. Los resultados mostraron el mantenimiento de las mejorías visuales y refractivas desde los 6 hasta los 60 meses, lo que confirma la estabilidad del procedimiento. Además, no se observaron complicaciones durante la cirugía ni en el seguimiento postoperatorio.

Como hemos visto, tanto en las técnicas de penetrantes como en la DALK, los resultados tras el implante de ICRS son buenos. Aún así, consideramos que los resultados de este procedimiento en términos de mejora de la agudeza visual y corrección del astigmatismo deben analizarse por separado para cada técnica de queratoplastia, porque el efecto de los ICRS depende de las propiedades biomecánicas de la córnea, y estas propiedades son diferentes en post-DALK y post-PKP<sup>100,374</sup>.

Sin embargo, sí es interesante analizar las complicaciones relacionadas con el implante de los ICRS en pacientes con trasplante de córnea en general. Los estudios previos publicados incluyeron, en total, 157 ojos (37 ojos post-DALK y 120 ojos post-PKP). El seguimiento más largo fue el descrito por Arriola et al.<sup>272</sup>, con un seguimiento medio de  $29,55 \pm 4,15$  meses (rango de 24 a 34 meses) en 9 ojos post-PKP. En ningún caso se observó un rechazo del injerto, y sólo se describió como complicación un infiltrado inflamatorio, y una vascularización en el túnel estromal. Ambas complicaciones se resolvieron tras el explante del ICRS. Además, estas dos complicaciones se produjeron en casos post-PKP en los que la creación del túnel se realizó mediante técnica manual. En el estudio actual, que extendió el seguimiento a 60 meses, tampoco se observaron complicaciones. Todos estos resultados sugieren que el implante de ICRS es un procedimiento seguro en los trasplantes de córnea. Es importante señalar que, de manera similar a lo que ocurre en el queratocono, el uso del Láser de FS para crear el túnel estromal, aporta seguridad al procedimiento<sup>372</sup>. Además, el empleo de ICRS tipo Ferrara en zona óptica de 5 mm produce un mayor aplanamiento corneal, ya que los resultados refractivos son inversamente

10. Implante de segmentos intracorneales en pacientes con trasplante laminar anterior profundo para la corrección del astigmatismo residual: entre 1 y 5 años de seguimiento.

proporcionales al diámetro del implante. Además, una zona óptica más pequeña proporciona una mayor distancia entre el segmento y la cicatriz del trasplante, reduciendo la posibilidad de neovascularización y/o dehiscencia. Como inconvenientes, una zona óptica pequeña aumenta el riesgo de halos postoperatorios.

A pesar de todo, existen varias limitaciones en este estudio. En primer lugar, se realizó de forma retrospectiva, y algunos pacientes no asistieron a las visitas de seguimiento establecidas. Teniendo en cuenta que los pacientes visualmente satisfechos son los más propensos a perderse en las visitas de seguimiento más prolongadas, especulamos que, si los 40 ojos evaluados en las visitas de 6 y 12 meses hubieran asistido a los de 36 y 60 meses, los resultados podrían ser mejores o, al menos, no significativamente peores que estos resultados expuestos. En segundo lugar, el número de pacientes que completaron las visitas de seguimiento de 36 y 60 meses fue algo limitado (30 y 15 ojos, respectivamente). Aún así, los casos que asistieron a las visitas de seguimiento más prolongadas no fueron menores que los reclutados en los dos estudios previos con 12 meses de seguimiento (12 ojos en el estudio de Tzelikis et al.<sup>358</sup> y 25 ojos en el de Arantes et al.<sup>276</sup>). Para validar los resultados actuales, serían necesarios más estudios prospectivos que incluyan más casos con un periodo de seguimiento más prolongado.

## 8. Conclusiones

Los resultados clínicos obtenidos, muestran la seguridad, eficacia, predictibilidad y estabilidad a largo plazo del implante de ICRS tipo Ferrara asistido mediante Láser de FS como alternativa quirúrgica para la corrección del astigmatismo en ojos post-DALK. Además, con base en estos resultados, el nomograma que proponemos para el implante de ICRS puede ser una buena opción para la corrección del astigmatismo residual en ojos post-DALK.

# **11. Capítulo 3.**

## **Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.**

### **Índice**

- 1. Resumen**
- 2. Introducción**
- 3. Justificación**
- 4. Objetivo**
- 5. Pacientes, Material y Método**
  - 5.1. Tipo de estudio
  - 5.2. Criterios de inclusión y exclusión
  - 5.3. Muestra
  - 5.4. Parámetros valorados
  - 5.5. Modelos de ICL implantada
  - 5.6. Técnica quirúrgica
  - 5.7. Tratamiento y seguimiento postoperatorio
  - 5.8. Análisis de los datos
- 6. Resultados**
  - 6.1. Eficacia y seguridad
  - 6.2. Predictibilidad y estabilidad
  - 6.3. Presión intraocular
  - 6.4. Contaje endotelial
  - 6.5. Separación entre la lente y el cristalino
  - 6.6. Eventos adversos y cirugías secundarias
- 7. Discusión**
- 8. Conclusiones**



## 1. Resumen

### Objetivo

Evaluar la eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad durante el periodo de seguimiento (3 años) de la lente ICL V4c con orificio central en la corrección de la miopía y el astigmatismo residual en pacientes con DALK por queratocono.

### Centro

Instituto Universitario Fernández-Vega. Oviedo. España.

### Pacientes y método

Estudio retrospectivo y observacional que incluye 20 ojos de 20 pacientes intervenidos de DALK, a los que se les implantó una lente ICL (V4c *Visian ICL* con Aquaport central, STAAR Surgical, Inc.) para corregir la refracción residual (miopía y astigmatismo); 13 lentes eran esféricas y 7 lentes esfero-tóricas. El implante de la lente se realizó como mínimo, 6 meses después de la retirada completa de la sutura del trasplante. Se evaluaron los parámetros de UDVA, CDVA, refracción, PIO y CE antes y después de la intervención. Se estudiaron también las complicaciones y los efectos adversos durante la cirugía y durante el periodo de seguimiento, así como el *vault*. El seguimiento mínimo fue de 6 meses y el máximo de 36 meses para toda la muestra.

### Resultados

La UDVA postoperatoria media (logMAR) mejoró de  $1,18 \pm 0,33$  (logMAR) en el preoperatorio, a  $0,25 \pm 0,14$  a los 6 meses de la cirugía ( $P < 0,0001$ ), y se mantuvo sin cambios durante todo el periodo de seguimiento ( $P = 0,4$ ). Todos los ojos ganaron líneas de visión con corrección, en comparación con los valores preoperatorios. En la última visita de seguimiento, todos los ojos alcanzaron una CDVA de 0,2 logMAR o mejor; y 13 ojos (65%) tuvieron un va-



11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

lor de 0,1 logMAR o mejor. A los 6 meses de la cirugía, todos los ojos (100%) tenían un EE dentro de  $\pm 1,50$  D, y 19 (95%) dentro de  $\pm 1,00$  D. El EE manifiesto medio permanece estable durante el período de seguimiento postoperatorio ( $P = 0,25$ ). En ningún caso se observaron cambios significativos en la presión intraocular durante los 3 años de seguimiento. La pérdida de células endoteliales desde el preoperatorio hasta la última visita de seguimiento fue del 2,27%. Tampoco se produjeron complicaciones intraoperatorias, ni efectos adversos en el postoperatorio.

### Conclusiones

Los resultados clínicos sugieren que el implante de una lente ICL-V4c para la corrección de la miopía y el astigmatismo en ojos post-DALK, se puede considerar un procedimiento eficaz, seguro, predecible y estable durante los 3 años de seguimiento, lo que indica su viabilidad como opción quirúrgica para la corrección de la refracción residual después de la DALK.

## 2. Introducción

La presencia de una refracción residual después de una DALK, es un problema habitual, igual que sucede en los casos de PKP. La repercusión visual puede ser muy limitante si se producen altas ametropías y/o anisometropías<sup>375</sup>. Está descrito que el equivalente esférico medio después de la DALK varía entre  $-6,54$  y  $-1,50$  D, y el astigmatismo refractivo medio de  $2,25$  D a  $4,55$  D<sup>1,16,91,167,350,356</sup>. En estos casos, las lentes de contacto o las gafas pueden no ser una opción viable o suficiente para la rehabilitación visual de los pacientes, y se plantea la posibilidad quirúrgica<sup>376</sup>.

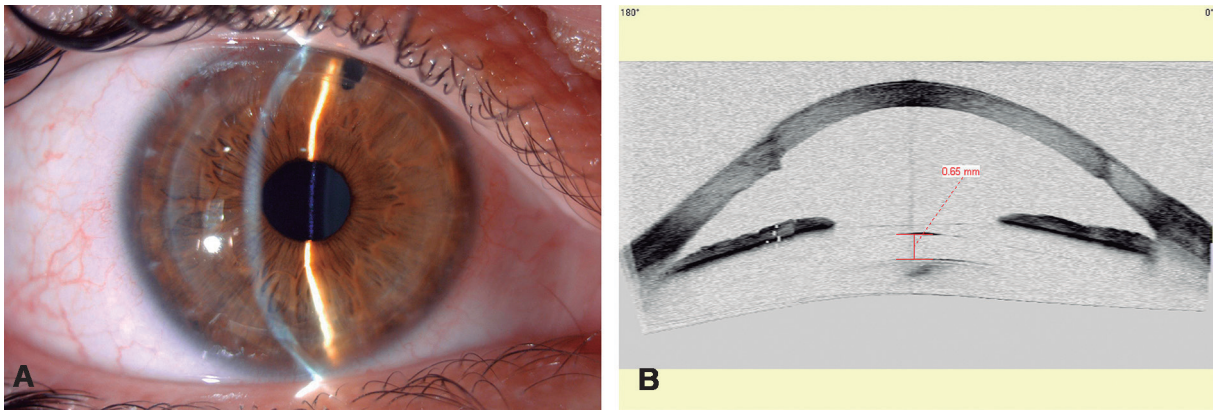
En la actualidad, existen diferentes opciones para reducir la refracción residual post-DALK. Entre ellas están las técnicas de fotoablación corneal (Lasik y/o Láser de FS), las técnicas de moldeado corneal (ICRS o incisiones relajantes), el implante de lentes fáquicas (de fijación iridiana o de apoyo en cuerpo ciliar), la lensectomía con implante de LIO, y los implantes adicionales en casos de pseudofaquia. Además, existe la posibilidad de combinar estas técnicas entre sí.

Balestrazzi et al.<sup>251</sup>, han descrito buenos resultados refractivos con el uso de FemtoLASIK en pacientes post-DALK cuando las refracciones esfero-cilíndricas son menores de  $6,00$  D aproximadamente (equivalente esférico entre  $1,00$  y  $9,50$ ). La PRK también se ha utilizado en casos de DALK, aunque con esta técnica se han observado un mayor número de complicaciones<sup>222,223</sup>.

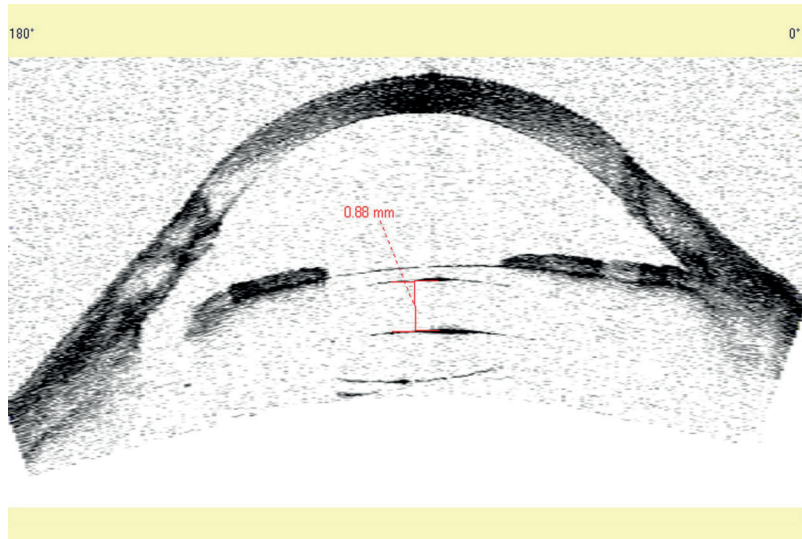
Por otro lado, el implante de lentes fáquicas, en particular la lente ICL, ha demostrado ser una alternativa eficaz, segura y predecible para la corrección refractiva de pacientes que presentan diferentes tipos de ametropía<sup>303,382</sup>, aunque la experiencia es limitada en casos de trasplante.

En 2009, Akcay et al.<sup>307</sup> y Alfonso et al.<sup>308</sup>, aportan su experiencia sobre el implante de las lentes ICL en pacientes con PKP (fig. 93). El objetivo en estos estudios era corregir las ametropías residuales, especialmente los astigmatismos elevados o las altas anisometropías<sup>309,383</sup>. Los resultados obtenidos indican que es un procedimiento eficaz y seguro para la corrección de la refracción residual en pacientes en los que las gafas, las lentes de contacto o la fotoablación corneal no es viable por algún motivo. También se han descrito buenos resultados con la lente ICL como implante adicional en casos de PKP y pseudofaquia<sup>311</sup> (fig. 94).

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.



**Figura 93.** Implante de una lente ICL esfero-tórica en una PKP y cristalino transparente. A) Imagen en lámpara de hendidura. B) Imagen de OCT de segmento anterior donde se puede observar el vault, el escalón posterior del trasplante en el eje 0-180°, y el descentramiento.



**Figura 94.** Implante de una lente ICL esfero-tórica en PKP con pseudofaquia.

En cuanto a la DALK, tan sólo hay publicado un estudio que hace referencia a la lente ICL. En 2017, Qin et al.<sup>310</sup>, aportan su experiencia con el implante del modelo tórico en la corrección de astigmatismos menores o iguales a 6,00 D, y concluyen que se trata de una opción eficaz, segura y predecible en la corrección de la ametropía después de la cirugía DALK, especialmente en estos casos de astigmatismo elevado.

Aunque todos estos estudios han mostrado resultados visuales y refractivos prometedores, las ICL evaluadas fueron de modelos anteriores, y los períodos de seguimiento fueron limitados; no más de 24 meses. Por este motivo, se espera que el número de complicaciones pueda aumentar con el paso de los años<sup>298,301,384-386</sup>. El modelo de ICL-V4c, incorpora un diseño de puerto central (KS-Aqua-

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

PORT) que permite la circulación del humor acuoso a través de la lente<sup>387,388</sup>, manteniendo la fisiología normal del segmento anterior del ojo y previniendo posibles complicaciones.

En comparación con los modelos de ICL anteriores, la incidencia de complicaciones descritas ha disminuido significativamente<sup>379</sup>. Este nuevo diseño de ICL-V4c podría ser particularmente beneficioso en pacientes con queratoplastia.

### 3. Justificación

La rehabilitación visual después de una DALK depende de la transparencia corneal, de la refracción residual, y de la agudeza visual final. Esto es realmente importante cuando existe una anisometropía. En estos casos, como alternativa temporal para favorecer la visión binocular, es necesario el uso de lentes de contacto. Para mejorar la calidad visual del paciente y facilitar la independencia de la lente de contacto, está justificado el implante de una lente fáquica ICL.

### 4. Objetivo

Evaluar los resultados clínicos de eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad durante el periodo de seguimiento de 3 años, de la lente ICL-V4c en la corrección de la miopía y el astigmatismo residual después de la DALK.

### 5. Pacientes, Material y Método

#### 5.1. Tipo de estudio

En este estudio, de tipo retrospectivo y observacional, se incluyeron 20 pacientes con queratocono intervenidos de DALK y que, posteriormente, se sometieron al implante de una lente ICL modelo V4c (STAAR Surgical Inc) (miópica o miópico-tórica), para corregir el defecto de refracción residual en el Instituto Universitario Fernández-Vega, Oviedo, España.

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

## 5.2. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión para implantar la lente fueron: pacientes fáquicos, con un trasplante previo tipo DALK, una refracción estable durante 6 meses después de la retirada completa de las suturas, un error de refracción en el rango corregible con la ICL, y una córnea central transparente. La ACD desde endotelio corneal, debía ser superior a 3,00 mm, el CE mayor de 1.500 células/mm<sup>2</sup>, el grosor corneal mínimo de 400 µm, el ángulo irido-corneal mayor de 35° (grado III por gonioscopia), y la elevación del cristalino por encima del plano del iris (CLR, acrónimo en inglés de *Crystalline Lens Rise*) menor de 500 µm.

Como criterios de exclusión se consideraban la presencia de catarata, historia de glaucoma o de desprendimiento de retina, degeneración macular, o cualquier otra enfermedad neuro-oftalmológica.

## 5.3. Muestra

Con estos criterios se analizaron los 20 ojos de 20 pacientes, de los cuales 15 eran hombres y 5 mujeres. La media de edad en el momento del implante de la ICL era de 39,85 ± 10,40 años (rango entre 25 y 62 años). La cirugía DALK se había realizado entre enero de 2010 y mayo de 2017, y el tiempo medio entre la DALK y el implante de la lente fue de 26,98 ± 11,53 meses (rango 18-55 meses). Todos los pacientes completaron el período de seguimiento de 3 años y asistieron a todas las visitas de seguimiento. La tabla 5 resume los datos preoperatorios de los pacientes y las características de la lente ICL V4c.

La indicación de la DALK había sido, en todos los casos, un queratocono avanzado; y todas las cirugías fueron realizadas por el mismo cirujano experto, empleando una técnica pre-descemética; mediante la técnica de Anwar<sup>53</sup>.

La cirugía se realizó en el IUFV, entre diciembre de 2012 y enero de 2019. Todos los pacientes recibieron el consentimiento informado de acuerdo con la Declaración de Helsinki, y firmaron una autorización específica para el implante de la ICL en casos de queratoplastia.

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

**Tabla 5.** Resumen de los datos preoperatorios de los pacientes y las características de la lente ICL-V4c

n = 20	Promedio	D. Estándar	Mínimo	Máximo
Esfera (D)	-5,78	± 3,87	-0,50	-15,00
Cilindro R (D)	-2,36	± 1,40	-0,50	-5,00
Equivalente E (D)	-6,96	± 3,89	-2,25	-16,13
K mínima (D)	43,95	± 2,00	40,75	48,00
K máxima (D)	46,78	± 2,19	42,25	51,00
Cilindro Km (D)	2,83	± 1,57	1,00	6,00
Grosor corneal (µm)	507	± 64	407	581
ACD (mm)	3,49	± 0,25	3,00	3,93
WTW (mm)	12,26	± 0,48	11,45	13,27
ATA (mm)	11,94	± 0,42	11,00	13,20
CE (cel/mm <sup>2</sup> )	2.173	± 533	1.527	3.347
PIO (mmHg)	12,65	± 1,66	10,00	16,00
ICL-V4c esférica (D)	-7,93	± 3,98	-16,50	-3,50
ICL-V4c tórica (D)	4,36	± 0,99	+3,5	+6,0
Tamaño de ICL-V4c (mm)	12,86	± 0,49	12,1	13,7

#### 5.4. Parámetros valorados

Antes de la cirugía, los pacientes fueron sometidos a un examen oftalmológico completo, que incluía: UDVA, CDVA (en escala LogMAR), refracción manifiesta, examen con lámpara de hendidura, examen con oftalmoscopia binocular, queratometría, topografía corneal, paquimetría, medida de blanco a blanco horizontal (Sirius, CSO Ophthalmic, Italia), ACD, medida de ángulo a ángulo horizontal y vertical, CLR (OCT Visante, Carl Zeiss Meditec, Alemania; Casia II, Tomey, Japón), medida del CE (SP 3000P, Topcon, Japón), y toma de la PIO por tonometría de aplanamiento de Goldmann.

#### 5.5. Modelos de ICL implantada

En todos los ojos se implantó una lente Visian ICL V4c (modelos miópico y miópico-tórico). Se trata de una lente fáquica de cámara posterior que se posiciona detrás del iris y delante del cristalino, apoyada en el cuerpo ciliar. Tiene un diseño en plato y está compuesta por un material denominado colamero® (patentado) que es

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

flexible, hidrófilo y altamente biocompatible. El cálculo de la potencia de la lente se realizó utilizando la fórmula proporcionada por el propio fabricante (STAAR Surgical Online Calculation & Ordering System-OCOS) con algunas modificaciones derivadas de nuestra experiencia. En 13 ojos se implantó una lente miópico-esférica (65%), y en 7 ojos un modelo miópico-tórico (35%).

El objetivo refractivo fue la emetropía en la mayoría los casos, aunque se programaron hipocorrecciones intencionadas de la esfera y del cilindro en función de la edad, de la refracción del ojo contralateral, y de las necesidades visuales del paciente. La potencia media de la lente implantada en la muestra fue  $-7,93 \pm 3,98$  D de esfera (rango de  $-16,50$  a  $-3,50$  D) y, en las lentes tóricas, la potencia media del cilindro corregido fue de  $4,36 \pm 0,99$  D, (rango de 3,50 a 6,00 D).

El tamaño de la ICL se determinó individualmente, en función de la distancia de blanco a blanco horizontal, la distancia de ángulo a ángulo horizontal, la ACD y el valor del CLR. En relación con el tamaño de la lente, se implantaron 4 ojos (20%) con el modelo de 12,1 mm, 5 ojos (25%) con el modelo de 12,6 y 10 ojos (50%) con el modelo de 13,2 mm y 1 ojo (5%) con el modelo 13,7.

## 5.6. Técnica quirúrgica

Todas las cirugías fueron llevadas a cabo por el mismo cirujano experto (JFA). Los pacientes con un cilindro refractivo por encima de 3,00 D y un astigmatismo topográfico regular se les implantó una lente ICL tórica. En casos de un cilindro refractivo menor de 3,00 D, se implantó una ICL esférica. Cuando se implantaban lentes esféricas, las incisiones se programaron en el meridiano más curvo y en córnea clara receptora, utilizando el sistema Callisto (Carl Zeiss Meditec AG, Alemania) y con un tamaño de 3,0-3,2 mm en función del grado de astigmatismo topográfico que se pretendía corregir: una incisión de 3,0 mm para 1,00 D de astigmatismo, una de 3,2 mm para 1,50 D, 2 de 3,0 mm para 2,00 D y 2 de 3,2 mm para 2,50 D. En todos los casos se realizó una sedación-analgésica por vía intravenosa y bloqueo muscular-anestesia por inyección peribulbar.

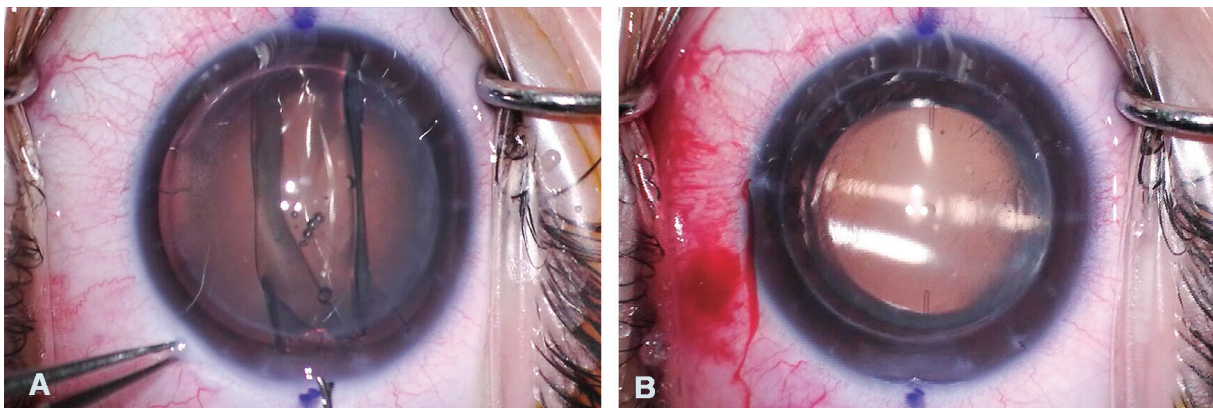
Treinta minutos antes de la cirugía, se comenzó con la dilatación oportuna mediante tropicamida al 1,0% (Alcon Laboratories, Inc, Fort Worth, TX, USA) y fenilefrina al 10% (Bausch&Lomb Inc, Roschester, NY, USA). Tres minutos antes de comenzar la cirugía se aplicó povidona yodada al 5% en la superficie de la córnea y fondos de saco conjun-



11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

tivos, y al 10% en el área periocular. En aquellos casos en los que la povidona iodada estaba contraindicada (alergias como contraindicación absoluta, o hipertiroidismo como contraindicación relativa), se empleó clorhexidina acuosa al 0,05% y al 2% en el área periocular. La povidona yodada al 5% y la clorhexidina al 0,05%, se elaboraron en el Servicio de Farmacia Hospitalaria como fórmula magistral.

En primer lugar, la lente se coloca en el cartucho del inyector, siendo una de las maniobras más delicadas de la cirugía. De esta manera, se mantiene una mayor esterilidad de la lente, y se consigue un desplegado más lento y controlado en la cámara anterior. Una vez preparada la lente, se realiza la incisión principal y se introduce en cámara anterior una solución midriática de Ciclopentolato al 0,1%, Fenilefrina al 1,5%, Lidocaina al 1% y BSS elaborada también en el Servicio de Farmacia Hospitalaria como fórmula magistral. Después, se emplea material viscoelástico cohesivo de alto peso molecular (Provisc, Alcon), que se retira por completo al finalizar la cirugía (fig. 95). La lente debe implantarse por detrás del iris, en el surco ciliar. En todos los casos, al finalizar la cirugía se realizó un control del *vault* intraoperatorio. Para ello, disponemos de dos dispositivos: el RESCAN 700 (Carl Zeiss, Alemania) y el iVue SD-OCT (Optovue, USA). En el caso del primero, la OCT está integrada en el microscopio (OPMI LUMERA 700) y permite hacer una captura en tiempo real, así como evaluar el *vault* dinámico, ángulo camerular y la morfología del iris. En el caso del segundo, se trata de una OCT portátil, que permite tomar una imagen del *vault* al finalizar la cirugía y, a diferencia del primero, medirlo en micras. La principal ventaja de la OCT intraoperatoria reside en la posibilidad de evitar un *vault* excesivamente alto. En ningún caso se observaron complicaciones intraoperatorias ni postoperatorias.

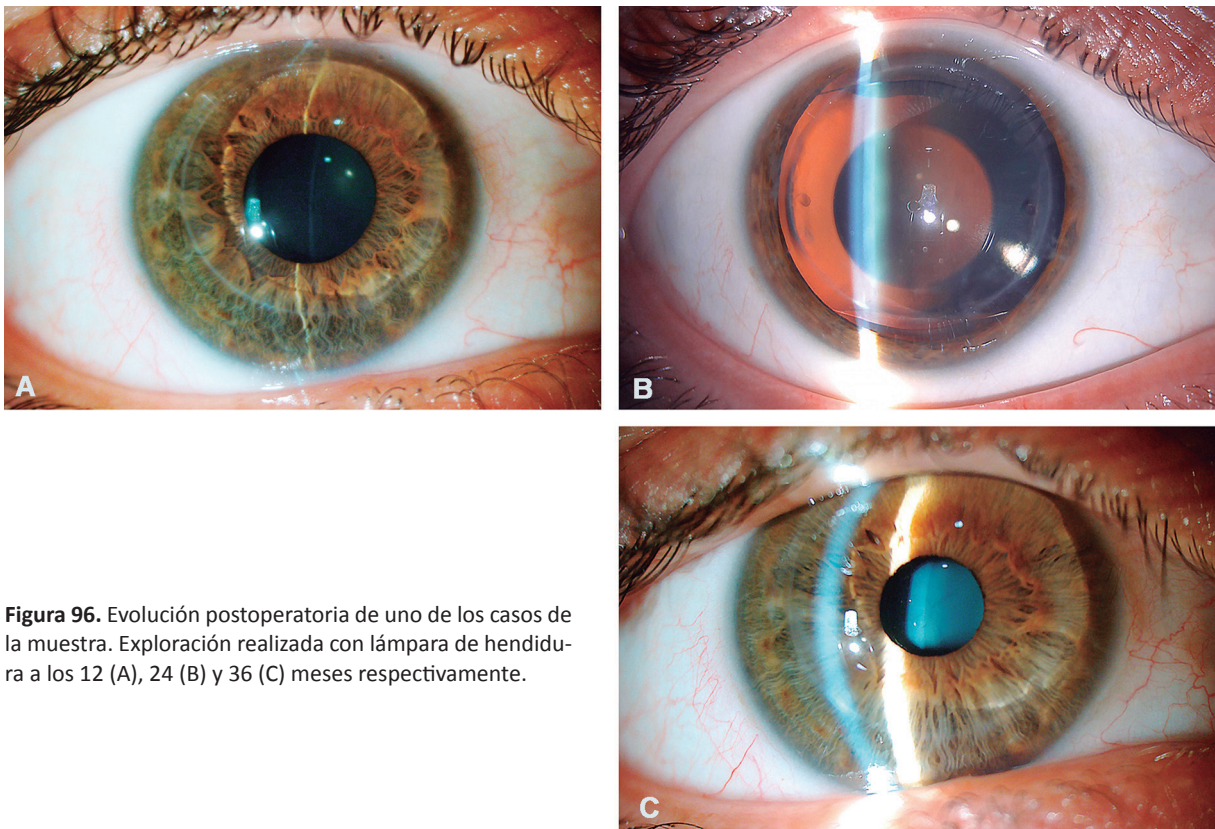


**Figura 95.** Secuencia quirúrgica del implante de una lente ICL en DALK. La incisión se realiza en el meridiano más curvo en la córnea receptora. Al finalizar la cirugía, se comprueba el *vault* final mediante OCT intraoperatoria (A,B).

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

### 5.7. Tratamiento y seguimiento postoperatorio

Como tratamiento postoperatorio se indicaron gotas de Moxifloxacino y Dexametasona al 0,1% (Vigamox y Maxidex: Novartis Pharma GmbH, Roonstrasse 25. Nuremberg, Alemania) cuatro veces al día durante 1 semana, con una pauta descendente para el colirio de Dexametasona; y una gota de Timolol 5%, (Timabak THEA Pharma, S.P.A. Milán. Italia) durante 15 días (fig. 96).



**Figura 96.** Evolución postoperatoria de uno de los casos de la muestra. Exploración realizada con lámpara de hendidura a los 12 (A), 24 (B) y 36 (C) meses respectivamente.

Las visitas de seguimiento se realizaron a las cuatro horas del implante, el día después de la cirugía, a la semana, y a los 1, 3, 6, 9 y 12 meses en todos los casos, para después continuar con revisiones anuales. Los exámenes incluyeron la UDVA, CDVA, refracción manifiesta, examen con lámpara de hendidura, examen con oftalmoscopia binocular, PIO y CE. El *vault*, se evaluó mediante OCT. Se valoró la dinámica pupilar y la presencia de contacto entre la lente y el cristalino (continuo u ocasional). El *vault* se midió desde el centro de la cara posterior de la lente hasta la superficie anterior del cristalino (fig. 97).

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

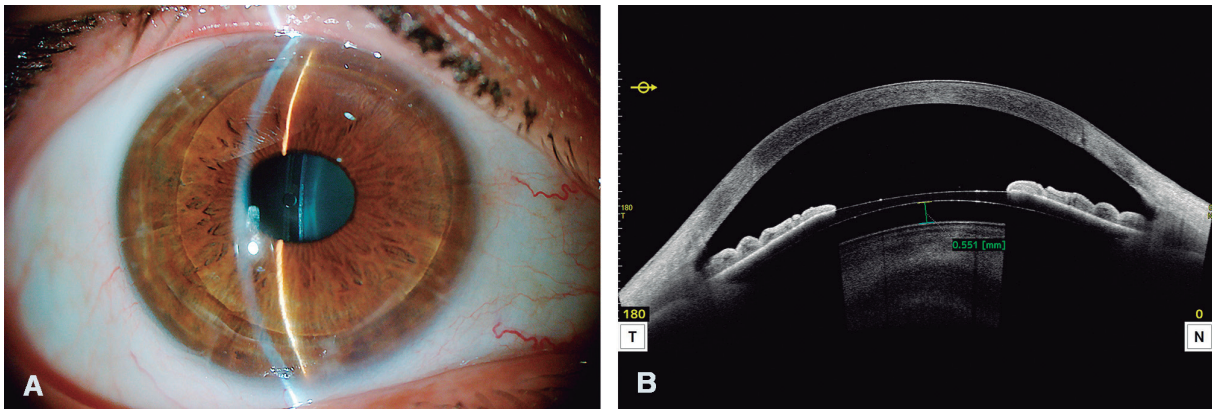


Figura 97. Valoración postoperatoria del *vault* mediante lámpara de hendidura (A) y OCT de segmento anterior (B).

### 5.8. Análisis de datos

La valoración de los resultados se basó en la comparación de las agudezas visuales preoperatorias y postoperatorias, tanto UDVA como CDVA, y en la comparación del objetivo refractivo programado con el logrado (predictibilidad). El índice de eficacia y el índice de seguridad se calcularon en función de los valores de agudeza visual en escala LogMAR. Se crearon gráficos estándar para la evaluación de los resultados de agudeza visual y de refracción.

Para evaluar adecuadamente las ventajas e inconvenientes de este procedimiento, se analizaron, además de lo anterior, la PIO, el CE, el *vault* central, y las posibles complicaciones, eventos adversos y cirugías secundarias.

El análisis de los datos se realizó utilizando SPSS para Windows, versión 14.0 (SPSS Inc., Chicago, IL). La normalidad se comprobó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se realizó un análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA) con una prueba post-hoc de Bonferroni para comparar los resultados. Se consideró que las diferencias eran estadísticamente significativas cuando el valor de *p* era inferior a 0,05.

## 6. Resultados

### 6.1. Agudeza visual: eficacia y seguridad

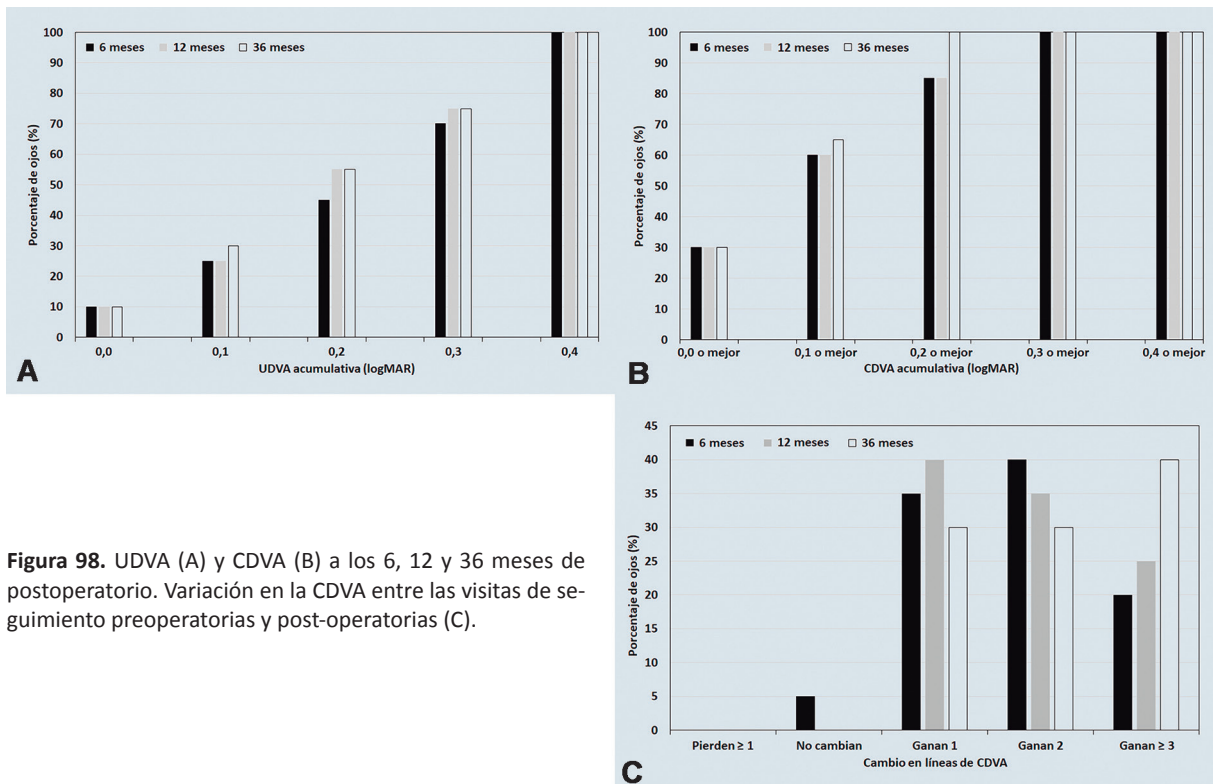
La media de UDVA mejoró de  $1.18 \pm 0,33$  (LogMAR) en el preoperatorio, a  $0,25 \pm 0,14$  LogMAR a los 6 meses de la ciru-



11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

gía ( $P < 0,0001$ ), manteniéndose sin cambios a lo largo de un período de seguimiento de 3 años ( $0,25 \pm 0,13$  LogMAR y  $0,24 \pm 0,13$  LogMAR, a los 12 y 36 meses de la cirugía, respectivamente,  $P = 0,4$ ).

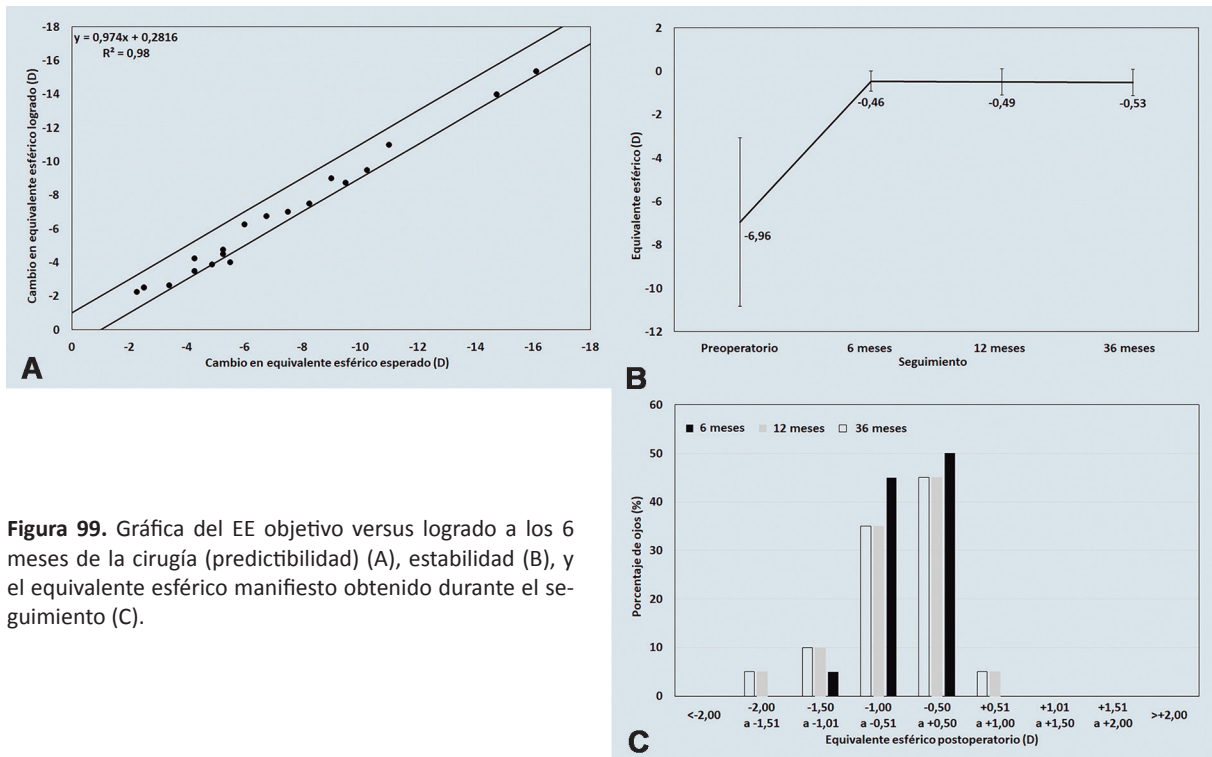
El índice de eficacia fue de 1,06, 1,05 y 1,08 a 6, 12 y 36 meses después de la cirugía, respectivamente. La figura 98A muestra la UDVA acumulada en cada visita de seguimiento. El UDVA fue 0,3 LogMAR (20/40) en 15 ojos (75%) en la última visita de seguimiento. La media de CDVA aumentó del preoperatorio de  $0,28 \pm 0,15$  a  $0,14 \pm 0,09$  LogMAR 6 meses después de la cirugía ( $P = 0,003$ ) y se mantuvo sin cambios durante el período de seguimiento ( $0,13 \pm 0,10$  LogMAR y  $0,11 \pm 0,08$  LogMAR, a 12 y 36 meses, respectivamente,  $p = 0,09$ ). En la última visita de seguimiento, todos los ojos alcanzaron una CDVA de 0,2 LogMAR o mejor ( $\geq 20/32$ ); y 13 ojos (65%) presentaron un valor de 0,1 LogMAR o mejor ( $\geq 20/25$ ) (fig. 98B). Además, todos los ojos ganaron líneas de CDVA en comparación con los valores preoperatorios (fig. 98C). El índice de seguridad fue de 1,40.



**Figura 98.** UDVA (A) y CDVA (B) a los 6, 12 y 36 meses de postoperatorio. Variación en la CDVA entre las visitas de seguimiento preoperatorias y post-operatorias (C).

## 6.2. Predictibilidad y estabilidad

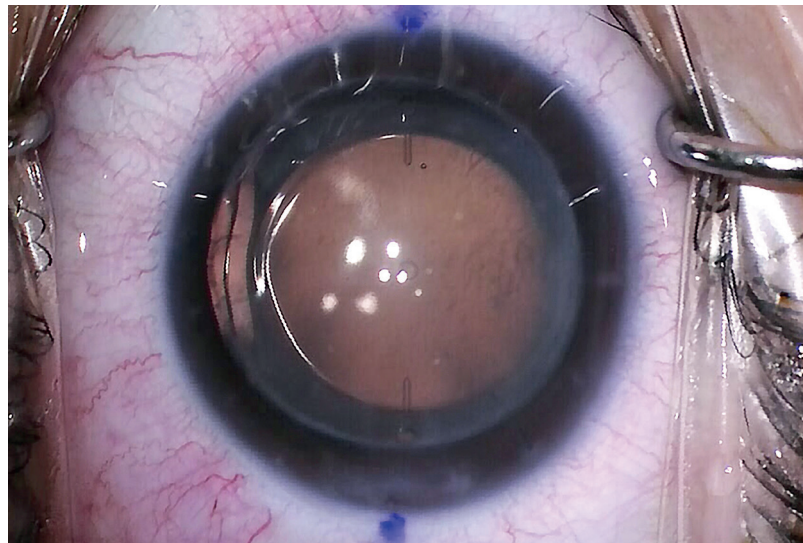
La figura 99A nos muestra el EE objetivo y el logrado a 6 meses de la cirugía. Todos los ojos (100%) tenían un EE dentro de  $\pm 1,50$  D y 19 de ellos (95%) dentro de  $\pm 1,00$  D. El EE manifiesto permanece estable en todo el período de seguimiento postoperatorio ( $P = 0,25$ ) (fig. 99B). A 12 y 36 meses, 17 ojos (85%), tenían un EE dentro de  $\pm 1,00$  D (fig. 99C). En los 7 ojos que te-



**Figura 99.** Gráfica del EE objetivo versus logrado a los 6 meses de la cirugía (predictibilidad) (A), estabilidad (B), y el equivalente esférico manifiesto obtenido durante el seguimiento (C).

nían implantada una ICL tórica (fig. 100), el cilindro refractivo 6 seis meses después de la cirugía fue  $\leq 0,50$  D. En 6 de los 7 ojos, el cilindro refractivo se mantuvo sin cambios durante el periodo de seguimiento. En un ojo (14,8%), observamos una rotación de la lente entre las visitas de seguimiento de 6 y 12 meses. Esta rotación indujo el astigmatismo mixto (+1,50 -2,00 X 20°), lo que produjo una disminución de 2 líneas de visión espontánea (UDVA), pero mantuvo sin cambios la CDVA. Los resultados visuales y refractivos permanecieron sin cambios entre las visitas de seguimiento de 12 y 36 meses.

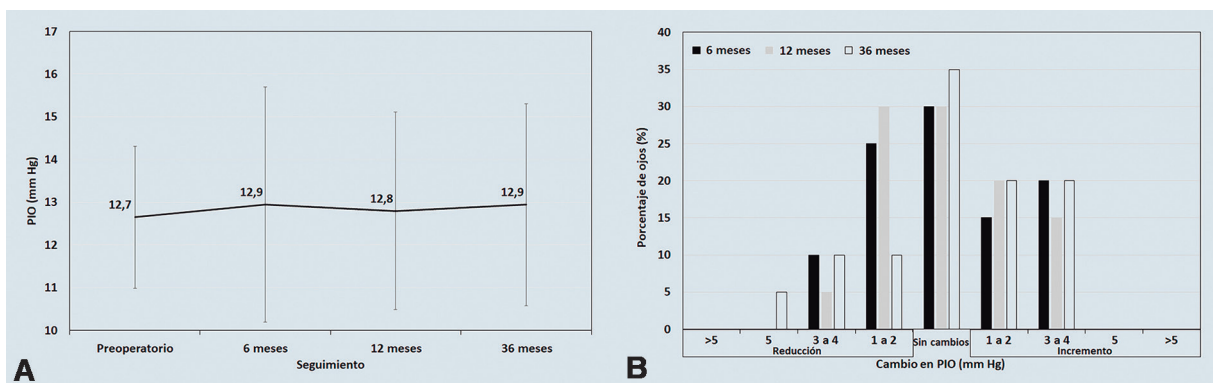
11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.



**Figura 100.** Implante de una lente ICL esférico-tórica en uno de los pacientes de la muestra.

### 6.3. Presión intraocular

La PIO media se mantuvo estable durante todo el periodo de seguimiento:  $12,6 \pm 1,66$  mmHg preoperatoriamente y  $12,9 \pm 1,66$  mmHg,  $12,8 \pm 2,31$  mmHg, y  $12,9 \pm 2,36$  mmHg a los 6, 12 y 36 meses, respectivamente ( $P = 0,25$ ) (fig. 101A). Al final del seguimiento, la mayoría de los ojos redujo o mantuvo el valor de la PIO preoperatoria (12 ojos, 60%), mientras que 4 ojos (20,0%) mostraron un aumento de 1-2 mmHg, y 2 ojos (20%) tuvo un aumento de 3-4 mmHg (fig. 101B). En ningún caso se produjo un aumento significativo de la PIO (>20 mmHg o un aumento superior a 5 mmHg) a lo largo de los 36 meses de seguimiento.

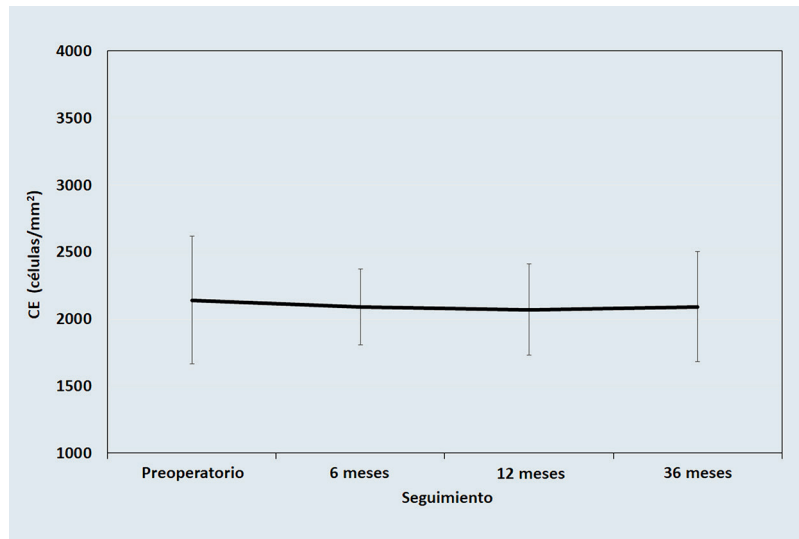


**Figura 101.** Evolución de la PIO media durante todo el período de seguimiento (A) y variación de la PIO entre las visitas de seguimiento preoperatorias y postoperatorias (B).

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

#### 6.4. Contaje endotelial

La figura 102 muestra CE durante el periodo de seguimiento. En ningún momento del postoperatorio se observaron cambios significativos en el CE medio ( $P = 0,1$ ). La pérdida de CE de la línea de base preoperatoria en comparación con la última visita de seguimiento fue del 2,27%.



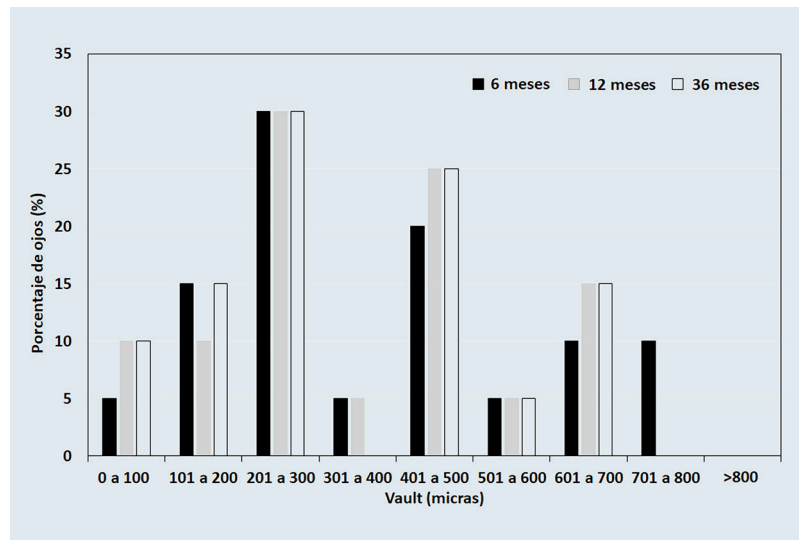
**Figura 102.** Cambio en la densidad media de CE durante todo el periodo de seguimiento.

#### 6.5. Separación entre la lente y el cristalino

El *vault* central medio postoperatorio entre el cristalino y la ICL en condiciones de iluminación mesópica, se redujo ligeramente entre las visitas postoperatorias ( $373 \pm 217 \mu\text{m}$ ,  $361 \pm 207 \mu\text{m}$  y  $345 \pm 193 \mu\text{m}$  a 6, 12 y 36 meses después de la operación, respectivamente). Las comparaciones múltiples mostraron diferencias estadísticamente significativas entre todas las visitas de seguimiento ( $P = 0,03$ ). La figura 103 muestra la distribución postoperatoria del *vault*. Ningún ojo mostró un *vault* por encima de  $800 \mu\text{m}$  en las visitas postoperatorias. Alrededor del 20% de los ojos tenían un *vault* inferior a  $200 \mu\text{m}$  durante el seguimiento.



11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.



**Figura 103.** Distribución de ojos según el *vault*, medido en micras, a los 6, 12 y 36 meses postoperatorios.

## 6.6. Eventos adversos y cirugías secundarias

No se observaron complicaciones intraoperatorias en ninguno de los pacientes, y en ningún caso fue necesario el explante o intercambio de lente. A lo largo de todo el período de seguimiento, tampoco se describieron casos de opacidad subcapsular anterior, cataratas, aumento de tensión por dispersión pigmentaria, bloqueo pupilar u otras complicaciones que pudiesen comprometer la visión. Como se ha detallado anteriormente, en un ojo (14,8%) se produjo una rotación de la lente ICL tórica, entre las visitas de seguimiento de 6 y 12 meses. Aún así, el *vault* en la visita de 12 meses fue de 700  $\mu\text{m}$ , se mantuvo la CDVA, y el astigmatismo mixto inducido (+1,50 -2,00 x 20°) fue bien tolerado con gafas, teniendo una refracción compatible con el ojo contralateral, por lo que no fue necesaria ninguna maniobra de recolocación de lente o intercambio.

## 7. Discusión

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad del implante de las lentes ICL después de la DALK en pacientes con ametropías y anisometropías clínicamente significativas. Ninguno de los casos intervenidos era candidato a tratamientos conservadores (gafas o lentes de contacto) y todos presentaban una refracción residual alta como para realizar alguna técnica de fotoablación corneal (PRK o FemtoLASIK).

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

La lente ICL nos permite corregir ametropías como la miopía, la hipermetropía y el astigmatismo. Durante los últimos años, ha demostrado muy buenos resultados en cuanto a eficacia, seguridad y predictibilidad (todo ello asociado a una excelente calidad visual), siendo numerosas las publicaciones al respecto<sup>287-294</sup>. Se trata de una lente fática de cámara posterior, que se posiciona detrás del iris y delante del cristalino, apoyada en el cuerpo ciliar. Tiene un diseño en plato y está compuesta por un material de colámero (patentado) que es flexible, hidrófilo y altamente biocompatible.

Existen algunas publicaciones que hacen referencia a posibles complicaciones relacionadas con el implante de esta lente en sus modelos iniciales (V4a y V4b)<sup>295</sup> como, por ejemplo, el aumento de la tensión ocular secundario a un bloqueo pupilar agudo<sup>296</sup> o a un síndrome de dispersión pigmentaria<sup>297</sup>. También está descrito el desarrollo de cataratas subcapsulares anteriores, que pueden aparecer cuando se produce un contacto entre la cara posterior de la ICL y la cara anterior del cristalino debido a un *vault* insuficiente<sup>299-302,386</sup>.

El nuevo modelo de lente ICL, conocido como Visian ICL V4c (VIC-MO), presenta un orificio central de 0,36 mm (denominado KS-Aqua-Port o KS-AP) para optimizar el flujo del humor acuoso entre las cámaras posterior y anterior del globo ocular y superar, así, las complicaciones iniciales. El KS-AP debe su nombre a Kimiya Shimizu, quien colaboró en el desarrollo de este nuevo diseño. La tecnología patentada CentraFLOW<sup>®</sup>, elimina la necesidad de realizar iridotomías preoperatorias con láser de Granate de Itrio y aluminio dopado con impurezas de Neodimio (Nd:YAG, acrónimo en inglés de *Neodymium-doped yttrium aluminium garnet*), o iridectomías intraoperatorias, haciendo que el procedimiento sea más cómodo para los pacientes y para los cirujanos. Para las lentes hipermetrópicas, esta tecnología no está disponible<sup>287</sup>. La compañía recibió la aprobación de la marca CE (Europa) para la ICL V4c en abril de 2011. Desde entonces, este avance ha demostrado reducir la incidencia de cataratas<sup>303</sup>. Los análisis de simulación y los estudios realizados en ojos de cerdo, demuestran que este orificio central es capaz de aumentar el volumen de perfusión del humor acuoso en la superficie anterior del cristalino evitando, de esta manera, la formación de opacidades subcapsulares anteriores<sup>304,305</sup>.

En cuanto al uso de la lente ICL (V4b) en pacientes con PKP, Alfonso et al.<sup>308</sup>, publicaron por primera vez en el año 2009 los resultados obtenidos en 15 ojos de 15 pacientes fáticos a los que se les había implantado una ICL (9 esféricas y 6 tóricas), con un seguimien-

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

to de 2 años. El implante se llevó a cabo en casos con una refracción estable de, al menos, dos años tras la queratoplastia. Antes del implante, el error refractivo esférico medio era de  $-7,08 \pm 4,34$  D (rango de  $-2,00$  a  $-17,00$  D) y el cilíndrico de  $-3,45 \pm 1,63$  D (rango de  $-1,50$  a  $-7,00$  D). Tras la cirugía, la agudeza visual con corrección promedio fue de 0,79 en escala decimal, siendo igual o mejor a 0,50 en 12 ojos (80%) y de 0,8 o mejor en 6 ojos (40%). El índice de eficacia fue de 1,02 y el de seguridad de 1,58. En relación al error refractivo tras el implante, encontraron que un 80% de los ojos estaban dentro de un  $\pm 1,00$  D y un 66,6% dentro de un  $\pm 0,50$  D. En el caso del astigmatismo el 100% de los ojos presentaron un valor de J0 dentro de  $\pm 0,50$  D y de J45, el 93,3% dentro de  $\pm 1,00$  D y un 73,3% dentro de  $\pm 0,50$  D. No se observaron problemas intra o postoperatorios. Los resultados obtenidos indican que el uso de las ICL (V4b) en queratoplastia penetrante es un tratamiento viable y aconsejable. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Akcay et al.<sup>307</sup>, a propósito de un caso en un ojo fájico con alto astigmatismo después de una PKP. En este caso el paciente mejora su agudeza visual sin corrección y con corrección desde 0,1 y 0,4, respectivamente, antes del implante (ICL V4b), a 0,8 y 1,0, al año de la cirugía. El error refractivo pasó de  $-8,00$  D  $-1,75$  D x  $170^\circ$  a  $+0,75$  D  $-0,50$  D x  $130^\circ$  tras el implante de la lente.

En 2018, Alfonso et al.<sup>311</sup> evaluaron los resultados del implante adicional de la lente ICL (V4c) en ojos pseudofáquicos con diferentes condiciones corneales. Dentro de los grupos en los que se dividía la muestra analizada, había uno que recogía los datos de 11 ojos que tenían un PKP y otro que recogía los datos de 7 ojos con DALK. En los resultados obtenidos en pacientes con PKP, el error esférico promedio antes de la cirugía era de  $-2,45 \pm 2,72$  D (rango de  $+3,00$  a  $-9,00$  D) y cilíndrico de  $-5,00 \pm 1,83$  D (rango de  $-3,00$  a  $-8,00$  D). La UDVA y CDVA tras la cirugía fue de 0,37 y 0,62, respectivamente. El índice de seguridad fue de 1,17. Al igual que en los otros dos estudios realizados en ojos fájicos, los resultados (con seguimientos promedios mayores de 1 año) confirman la viabilidad de esta técnica en PKP. Los resultados obtenidos en los pacientes intervenidos con DALK fueron también satisfactorios. En este grupo, el error esférico promedio antes de la cirugía era de  $-0,64 \pm 4,00$  D (rango de  $+4,00$  a  $-7,00$  D) y cilíndrico de  $-4,14 \pm 2,79$  D (rango de  $0,00$  a  $-9,00$  D). La UDVA y CDVA tras la cirugía fue de 0,31 y 0,54, respectivamente, y el índice de seguridad fue de 1,23 (tabla 6).

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

**Tabla 6.** Resumen del estado actual del tema a cerca del implante de lentes ICL en pacientes con queratoplastia previa

Autor	ICL implantadas			PKP		DALK	
	total	esféricas	tóricas	fáquicos	pseudo-fáquicos	fáquicos	pseudo-fáquicos
Alfonso 2009 <sup>308</sup>	15	9	6	15			
Akçay 2009 <sup>307</sup>	1		1	1			
Alfonso 2018 <sup>311</sup>	18	18			11		7
Qin 2017 <sup>310</sup>	9		9			9	
Alfonso-Bartolozzi*	20	13	7			20	

\* Lentes implantadas en el presente estudio.

Uno año más tarde, Mehta et al.<sup>378</sup> analizaron tres ojos post-PKP con un seguimiento que osciló entre 3 y 14 meses (V4a y/o V4b), mientras que Iovieno et al.<sup>309</sup>, a su vez, comentaron sus resultados tras el implante de la lente ICL tórica V4b en 6 ojos post-PKP y en 1 ojo post-DALK durante un periodo de seguimiento de entre 4 y 22 meses.

Hasta donde sabemos, sólo hemos encontrado un artículo en el que se analiza la efectividad y seguridad del implante de las lentes ICL en pacientes con DALK previo. Qin et al.<sup>310</sup>, en 2017 analizaron 9 ojos con DALK y un implante de lente ICL esfero-tórica para la corrección de astigmatismos residuales menores o iguales a 6,00 D (límite dióptrico de la lente para la corrección de astigmatismos), asociados o no a una esfera (rango de 0,00 a -7,50 D), con un seguimiento de dos años. La edad promedio de la muestra era de  $22,00 \pm 0,67$  años. Los autores concluyen que la ICL fue capaz de corregir la miopía y el astigmatismo de manera efectiva, aunque describen 2 casos de micro-perforaciones quirúrgicas (sin relevancia en la agudeza visual postoperatoria), y variaciones en la presión intraocular que fueron resueltas con tratamiento médico. A diferencia de los resultados presentados por Qin et al.<sup>310</sup>, nuestro objetivo no fue la emetropía en todos los casos, ya que tuvimos en cuenta la edad del paciente y la refracción del ojo contralateral. En los pacientes con problemas de visión de cerca o con mínimos defectos de refracción en el ojo contralateral se prefirió programar una ligera hipocorrección.

Los resultados visuales en nuestro estudio también fueron buenos. El índice de eficacia del procedimiento fue superior a 1,0 en todas las visitas de seguimiento, lo que implica que la UDVA postoperatoria fue igual o mejor que la CDVA preoperatoria. Además, en la

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

última visita de seguimiento, todos los ojos habían ganado líneas de CDVA en comparación con los valores preoperatorios (fig. 98C). El UDVA fue de 0,3 logMAR (20/40) en 15 ojos (75%) en la última visita de seguimiento, y todos los ojos alcanzaron un CDVA de 0,2 logMAR o mejor ( $\geq 20/32$ ). El índice de seguridad fue de 1,40. Es importante tener en cuenta que después de una DALK, la córnea puede presentar irregularidades ópticas como la presencia de un astigmatismo irregular, o el aumento de aberraciones de alto orden, lo que podría limitar la recuperación visual después del implante de la lente ICL. En esos casos, un procedimiento combinado, como el implante de segmentos de anillos intracorneales para la regularización de la córnea y, posteriormente, una lente ICL para la corrección del error de refracción residual, podría ser una buena alternativa terapéutica. El presente grupo de investigación, encontró esta alternativa muy efectiva en pacientes con queratocono<sup>384</sup>, sin embargo, estaría justificado analizarlo en ojos post-DALK, para poder evaluar su efectividad y seguridad en estos casos.

Los resultados visuales se mantuvieron estables durante todo el seguimiento. Al contrario de lo que encontramos en este estudio en ojos post-DALK, el índice de eficacia del implante de una lente ICL V4c en córneas vírgenes puede empeorar con el tiempo, debido a un aumento de la longitud axial y, en consecuencia, a un aumento de la miopía, lo que implica una disminución de la UDVA<sup>385</sup>. En este caso, el procedimiento se realiza en pacientes de mayor edad, algo habitual cuando realizamos una DALK, por lo que el riesgo de progresión de la miopía es menor. Sin embargo, en pacientes más jóvenes, este aspecto debe valorarse preoperatoriamente. Aunque los métodos de fotoablación corneal han demostrado una buena eficacia y seguridad en pacientes post-DALK<sup>223,227,240,251</sup>, el riesgo de que progrese la miopía debe evaluarse y explicarse a los pacientes.

En cuanto a los resultados refractivos, a los seis meses, el EE medio fue de  $-0,46 \pm 0,46$  D, presentando el 95% de los ojos un EE dentro de  $\pm 1,00$  D. En los 7 ojos implantados con ICL tórica, el cilindro refractivo seis meses después la cirugía fue  $\leq 0,50$  D. Estos resultados muestran que las lentes ICL-V4c esféricas y tóricas son capaces de corregir la miopía y el astigmatismo de forma eficaz en ojos post-DALK. Además, los resultados refractivos se mantuvieron estables durante los 3 años de seguimiento en todos los casos excepto en un ojo donde se había implantado una ICL tórica. En este ojo, la refracción cambió de *afocal* a los 6 meses de la cirugía, a

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

+1,50 –2,00 X 20° a los 12 meses, y la UDVA descendió 2 líneas de visión, mientras que la CDVA se mantuvo sin cambios. Tras la exploración con la lámpara de hendidura, se observó una rotación de la lente de 15° con respecto a su eje original. Como se mantuvo la CDVA y el astigmatismo mixto inducido fue bien tolerado con gafas y con la refracción del ojo contralateral, optamos por una estrategia conservadora, evitando un nuevo procedimiento quirúrgico.

Nuestros criterios para el implante de ICLs tóricas en estos pacientes, es que presenten un astigmatismo regular confirmado mediante topografía. Una ICL tórica rotada en un paciente con un astigmatismo irregular, no solo produciría una disminución de la UDVA sino, también, en la CDVA, requiriendo, en este caso sí, otra intervención quirúrgica para el re-centrado de la lente o, incluso, el intercambio de lente. Hay que tener en cuenta que, a diferencia de los pacientes que presentan una córnea virgen cuyo objetivo debe ser conseguir la emetropía, en los pacientes post-DALK, el principal objetivo debe ser reducir al máximo el error refractivo, para evitar así una posible anisometropía (muy habitual en estos casos) y mejorar la tolerancia de las gafas. Teniendo esto en cuenta, el presente estudio demuestra que el implante de una lente ICL esférica, combinada con incisiones corneales en el meridiano más curvo, es también una buena alternativa para reducir la miopía y el astigmatismo, evitando así las posibles complicaciones relacionadas con la rotación de la lente tórica y/o los posibles cambios que pueda sufrir el injerto en un medio-largo plazo. Según nuestra experiencia, con dos incisiones opuestas perforantes se puede llegar a corregir 1,50 D.

Como se ha presentado anteriormente, todos los estudios previos concluyeron que el implante de una lente ICL reduce significativamente la refracción residual, con una alta tasa de precisión (la mayoría de los ojos dentro de  $\pm 1,00$  D de la refracción deseada), y una mejoría significativa de la UDVA y CDVA. Como cabía esperar, nuestros resultados visuales y refractivos con el nuevo modelo de lente ICL-V4c están en consonancia con los publicados anteriormente, pero gracias al tiempo de seguimiento, también podemos afirmar que estos resultados se mantienen estables durante un período de tiempo más largo que los descritos previamente. A pesar de todo, consideramos que no es posible una comparación directa con dichos estudios previos ya que, hasta donde sabemos, este es el primer estudio que evalúa la ICL en su modelo V4c en ojos con un DALK previo.

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

Sin embargo, debemos ser cautelosos y considerar que cualquier procedimiento intraocular puede tener asociados potenciales eventos adversos. Actualmente sabemos que la tasa de eventos adversos con los modelos anteriores de ICL (como cataratas, pérdida de células endoteliales y/o síndrome de dispersión pigmentaria) aumenta con el tiempo de seguimiento, y el mayor periodo de seguimiento descrito hasta la fecha en pacientes con queratoplastia previa no incluye más de dos años<sup>295,301,379-381</sup>.

La incidencia de complicaciones descritas con el nuevo modelo de la lente ICL-V4c ha disminuido significativamente<sup>295</sup>. Además, su nuevo orificio central ofrece ventajas quirúrgicas sobre los modelos anteriores, sin ser necesario realizar una iridotomía preoperatoria ni una iridectomía intraoperatoria como método preventivo para evitar el aumento de la PIO.

Fernandes et al.<sup>295</sup>, analizaron en el año 2011 las posibles complicaciones asociadas a estos modelos anteriores de ICL, describiendo una prevalencia de cataratas del 5,2%, porcentaje que se redujo casi al 0% (0,17%) con el modelo V4c<sup>386</sup>. El principal factor de riesgo para el desarrollo de cataratas con estas lentes sin orificio central fue un *vault* inferior a 200  $\mu\text{m}$ . En el presente estudio, no hemos encontrado ningún paciente con cataratas durante todo el periodo de seguimiento postoperatorio, aunque, al rededor del 20% de los casos presentaban un *vault* inferior a 200  $\mu\text{m}$ . Recientemente, nuestro grupo de investigación analizó el seguimiento más largo descrito hasta la fecha con el modelo de lente ICL-V4c en pacientes con córneas vírgenes (84 ojos seguidos durante siete años). Se observó que alrededor del 20% de los ojos tenían un *vault* inferior a 200  $\mu\text{m}$ , y no se desarrollaron cataratas en ningún caso a lo largo de todo el seguimiento. Por lo tanto, se puede afirmar que el orificio central del modelo V4c previene el desarrollo de cataratas, incluso cuando presentan *vault* bajos, confirmando la seguridad de este modelo<sup>387</sup>.

Si se comparan los resultados obtenidos en este estudio, con los publicados en el año 2009 por nuestro grupo de investigación, en casos de PKP<sup>308</sup>, llama la atención la diferencia en la magnitud del astigmatismo a corregir. En general, con las técnicas laminares se obtienen cilindros menores que con las penetrantes<sup>163,171</sup>, siendo más viable su corrección postoperatoria. En una primera aproximación, se pueden utilizar estrategias incisionales, como son las incisiones opuestas perforantes durante el implante de la ICL, para



11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

corregir astigmatismos bajos (hasta 1,50 D), e implantar las ICL tóricas para los astigmatismos altos (a partir de 3,00 D). Esto confirma que las técnicas laminares son preferibles a las penetrantes, también en el sentido de ser más factible su corrección refractiva postoperatoria.

Con respecto a la PIO y el CE, nuestros resultados no revelaron un cambio estadísticamente significativo durante el seguimiento. La PIO media se mantuvo estable durante los 36 meses de postoperatorio. Al final del seguimiento, la mayoría de los ojos mostraron una reducción o mantenimiento de la PIO en comparación con el valor preoperatorio, sin que ningún ojo experimentara un aumento significativo de la PIO (>20 mmHg o un aumento superior a 5 mmHg).

Igual que sucede con las lentes tipo Artiflex, una preocupación inicial con el implante de ICL en pacientes sanos, es el porcentaje de pérdidas de células endoteliales que se pierden en relación con el procedimiento. La FDA demostró que la tasa de pérdida de células endoteliales es, aproximadamente, del 3,2% por año, y del 8,4% al 9,7% a los 3 años del implante de una ICL, siendo los datos muy parecidos a los descritos para la cirugía de catarata<sup>306</sup>. Actualmente sabemos que la tasa de pérdida de células endoteliales en pacientes con trasplante de córnea previo es del 7,8% por año entre los 3 y 5 primeros años<sup>388</sup>, y un 4,2% entre los 5 y 10 años siguientes<sup>389</sup>.

En los PKP, la pérdida media de células endoteliales descrita después de 2 años del implante de una ICL está en torno al 8,1% (4,0% al año)<sup>308</sup>. Qin et al.<sup>310</sup>, obtuvieron una tasa de pérdida de células endoteliales del 3,6% en el primer año y del 2,1% en el segundo año, ligeramente superior a la encontrada en ojos sin operar. En nuestro caso, la pérdida de células endoteliales desde el preoperatorio hasta la última visita de seguimiento fue del 2,27%. Este hallazgo concuerda con los publicados previamente, sugiriendo que la ICL no induce una pérdida significativa de el CE a lo largo del tiempo<sup>384</sup>.

En teoría, el número de células endoteliales es más estable en la DALK que en la PKP, aunque también puede sufrir cambios durante y después de la cirugía, independientemente de que se realicen o no procedimientos secundarios. Borderie et al.<sup>277</sup>, describieron en DALK tasas anuales de pérdida de células endoteliales en la fase temprana y tardía de 8,3% y 3,9% por año, respectivamente, y en

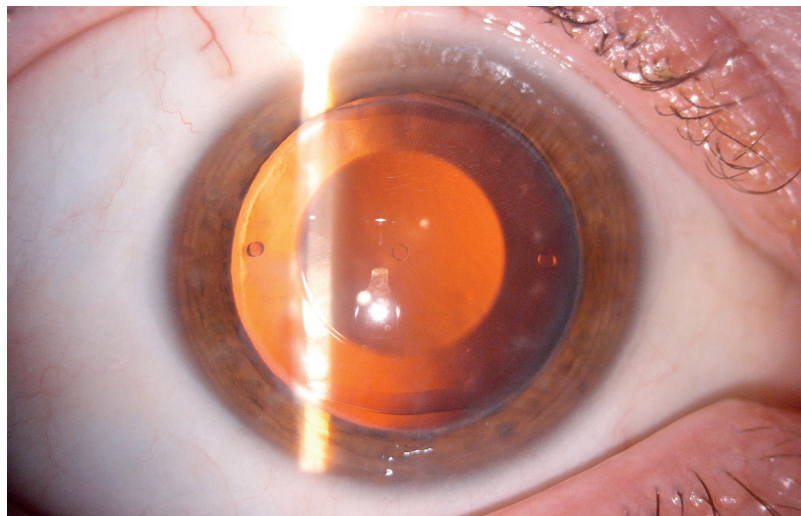
11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

PKP de 15,2% y 7,8%. También Kubaloglu et al.<sup>390</sup>, describen esta diferencia; obtuvieron una pérdida de 5,78% por año en DALK y un 14,12% en PKP. Por último, Van Dooren et al.<sup>127</sup>, han descrito que la pérdida endotelial en los primeros 6 meses para la DALK es del 11%, acercándose, a partir de ese momento, a la pérdida celular fisiológica (1-2% después de 6 meses). Por lo tanto, se puede concluir que el porcentaje de pérdida de células endoteliales en la DALK no supone una contraindicación para el implante de la lente ICL.

En el presente artículo, también se debe tener en cuenta que ningún ojo mostró un *vault* superior a 800  $\mu\text{m}$  en ninguna visita de seguimiento, lo que podría representar un factor de riesgo tanto para la PIO como para el CE<sup>391</sup>.

No hemos encontrado complicaciones intra ni postoperatorias, en relación con el implante de la lente, ni tampoco efectos adversos que pusieran en riesgo la viabilidad del injerto (igual que ocurre en la publicación de Qin et al.<sup>310</sup>). Esto indica que el implante de las lentes ICL para la corrección de ametropías residuales después de la DALK es una opción segura, que puede cumplir con una doble finalidad, refractiva y terapéutica. Además, todos estos hallazgos sugieren que el diseño del orificio central de la ICL-V4c, podría brindar seguridad a los buenos resultados visuales y refractivos previamente descritos con el modelo anterior, algo muy importante en ojos post-queratoplastia.

Este procedimiento es especialmente eficaz si se realiza en pacientes con un injerto transparente y centrado, y que demuestren una estabilidad refractiva de, por lo menos, 6 meses después de la retirada completa de las suturas (fig. 104). Además, se trata de



**Figura 104.** Implante de lente ICL esférica V4c en un paciente de la muestra.

11. Lentes intraoculares de apoyo en cuerpo ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo: 3 años de seguimiento.

un procedimiento quirúrgicamente reversible, y, por lo tanto, son asumibles las modificaciones refractivas que se puedan producir por cambios en el trasplante o por cambios en la longitud axial; teniendo la posibilidad de explantar o intercambiar la lente si fuera necesario. Es pertinente realizar un seguimiento a largo plazo para confirmar la viabilidad del injerto y su estabilidad refractiva.

De todas las opciones refractivas que tenemos a nuestro alcance, estaría indicado el empleo de la lente ICL en pacientes con DALK previo que presenten astigmatismos entre 3,00 y 6,00 D asociados a esferas mayores de 3,00 D. Si queremos emplear lentes tóricas, sería aconsejable que los astigmatismos fueran simétricos y ortogonales. Además, hay recordar que es fundamental la evaluación del ojo contralateral. Obtener la emetropía en un ojo trasplantado podría no ser nuestro objetivo si no se alcanza la emetropía también en el ojo contralateral.

Como podemos ver, las lentes ICL pueden corregir ametropías residuales después de la PKP y de la DALK, y son especialmente útiles en refracciones altas, abarcando esferas entre 0,00 y  $-18,00$  D, y astigmatismos entre 1,50 y 6,00 D. Los resultados son realmente buenos después de 3 años de seguimiento.

Todos estos hallazgos sugieren que el diseño del orificio central de la ICL V4c podría brindar seguridad a los excelentes resultados visuales y refractivos informados anteriormente con el modelo anterior, y es esencial en los ojos con queratoplastia previa. Sin embargo, a pesar de estos resultados alentadores, es importante señalar las limitaciones de nuestro estudio, como el diseño retrospectivo y la falta de un grupo de control. Por tanto, son necesarios más estudios a largo plazo con un diseño prospectivo comparativo aleatorizado que evalúen las posibles complicaciones de esta técnica en ojos post-DALK.

## 8. Conclusiones

El implante de una lente ICL V4c para la corrección de la miopía y el astigmatismo regular en ojos post-DALK cumple con los criterios refractivos de eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad durante los 3 años de seguimiento, por lo que se le puede considerar como un procedimiento aconsejable en estos casos.



## **12. Capítulo 4.**

# **Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.**

### **Índice**

- 1. Resumen**
- 2. Introducción**
- 3. Justificación**
- 4. Objetivo**
- 5. Pacientes, Material y Método**
  - 5.1. Tipo de estudio
  - 5.2. Criterios de inclusión y exclusión
  - 5.3. Muestra
  - 5.4. Parámetros valorados
  - 5.5. Cálculo de la lente intraocular
  - 5.6. Técnica quirúrgica
  - 5.7. Tratamiento y seguimiento postoperatorio
  - 5.8. Análisis de los datos
- 6. Resultados**
  - 6.1. Agudeza visual
  - 6.2. Refracción y Queratometría
  - 6.3. Eventos adversos y cirugías secundarias
- 7. Discusión**
  - 7.1. Planteamiento inicial
  - 7.2. Técnica en caso de mala visualización del cristalino
  - 7.3. Técnica en caso de buena visualización del cristalino
  - 7.4. Cálculo de la lente
- 8. Conclusiones**



12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

## 1. Resumen

### Objetivo

Valorar la eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad durante el tiempo de seguimiento, del triple procedimiento: trasplante laminar anterior profundo asociado a facoemulsificación del cristalino con implante de lente intraocular (LIO), con una estrategia quirúrgica basada en la transparencia corneal.

### Centro

Instituto Universitario Fernández-Vega. Oviedo. España.

### Pacientes y Método

El estudio retrospectivo y observacional, incluye 43 ojos de 43 pacientes con patología corneal significativa asociada a catarata o alta ametropía, que fueron intervenidos de DALK+FACO+LIO en un mismo acto quirúrgico. El cálculo de la potencia de la lente fue sobre una K estimada de 43,50 D en patología no ectásica, y de 44,50 D en patología ectásica. En pacientes con mala visualización del cristalino, se realizó primero la DALK y, después, la cirugía de catarata. Si la transparencia corneal era suficiente, primero se realizó la trepanación parcial, seguidamente la cirugía de catarata, después la disección predescemética, y, por último, la sutura del injerto donante. El seguimiento mínimo fue de 1,5 años y el máximo de 9 años.

### Resultados

El índice de seguridad fue de 2,2. Todos los ojos ganaron líneas de visión; y el 63% alcanzaron una CDVA igual o mejor de 0,30 LogMAR. La predictibilidad de la esfera fue buena, encontrándose el 70% de los casos con esferas entre  $\pm 2,00$  D. Se observó que la queratometría postoperatoria varía en función de la patología previa, con queratometrías más planas en caso de leucomas pre-



12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

vios, y más curvas en queratocono o cirugías refractivas previas. En 6 ojos fue necesario realizar un implante adicional secundario (implante en *piggy-back*) para resolver una refracción residual elevada.

### **Conclusiones**

El triple procedimiento de DALK+FACO+LIO, se puede considerar como eficaz y seguro en la recuperación de la unidad funcional córnea-cristalino. El implante simultáneo de la lente permite que la rehabilitación visual del paciente sea más rápida que la que se obtiene con la cirugía diferida. La predictibilidad que se consigue es suficiente para que la refracción residual sea compatible con una gafa.

## 2. Introducción

Todavía existen muchas dudas con respecto a la estrategia de tratamiento en pacientes con catarata y patologías corneales previas, siendo un problema a resolver no consensuado entre los cirujanos. Esto se debe a que hay diferentes perfiles de paciente. Según el grado de catarata, y lo avanzado de la patología corneal asociada, se podría realizar la cirugía de facoemulsificación del cristalino antes o después de la DALK (cirugía combinada diferida), o se podrían realizar ambas cirugías a la vez (cirugía combinada simultánea). Estas tres situaciones temporales tienen implicaciones clínicas que las hacen diferentes, y que nos definen los tres perfiles de paciente a considerar.

**Perfil 1:** pacientes que presentan opacidades corneales leves o moderadas y catarata asociada. En estos casos, si la visualización de la cámara anterior es buena se podría plantear una facoemulsificación más implante de lente intraocular (Faco+LIO), sin necesidad de hacer una DALK. En caso de que sea necesario realizar el trasplante después de la cirugía de catarata, hay que asumir errores de refracción residuales, ya que la queratometría post-DALK no tiene relación alguna con la que se hizo el cálculo de la lente. Si esta refracción supone una limitación visual (anisometropía), deberá ser abordada mediante técnicas refractivas adicionales, habitualmente con implantes secundarios en cuerpo ciliar<sup>311</sup>.

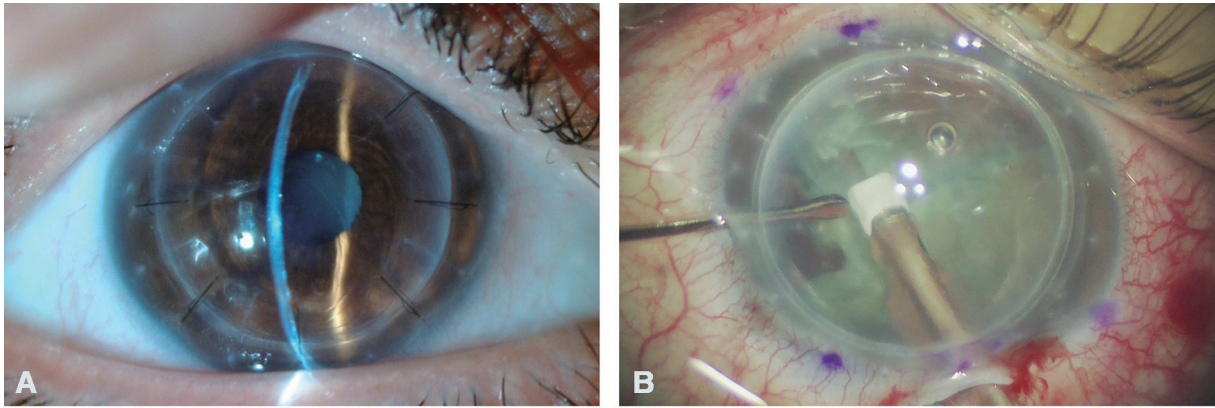
**Perfil 2:** pacientes intervenidos de DALK, que en un corto o largo periodo de tiempo presenten catarata. La catarata puede ser secundaria al uso de corticoides postoperatorios o por inflamación (de evolución rápida y que se debe intervenir de manera precoz), o por el desarrollo de una catarata relacionada con la miopía o con la edad. En estos casos, se habla de abordajes combinados secuenciales<sup>316,317</sup> (fig. 105).

**Perfil 3:** pacientes que presentan dos patologías asociadas que requieran un procedimiento combinado simultáneo: triple procedimiento, DALK + Faco + LIO. Se trata de pacientes con patologías corneales clínicamente significativas asociadas a catarata o a altas ametropías<sup>312-315</sup> (fig. 106).

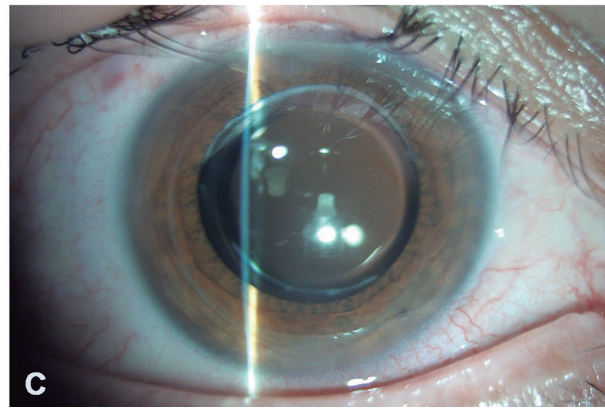
Los resultados anatómicos y funcionales que se obtengan en cada perfil no pueden ser comparables entre sí, porque dependerán de las diferentes situaciones clínicas y de la estrategia seguida para lograr su rehabilitación visual.

Actualmente existen muchas dudas con respecto a realizar una cirugía combinada simultánea en caso de trasplantes laminares

12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

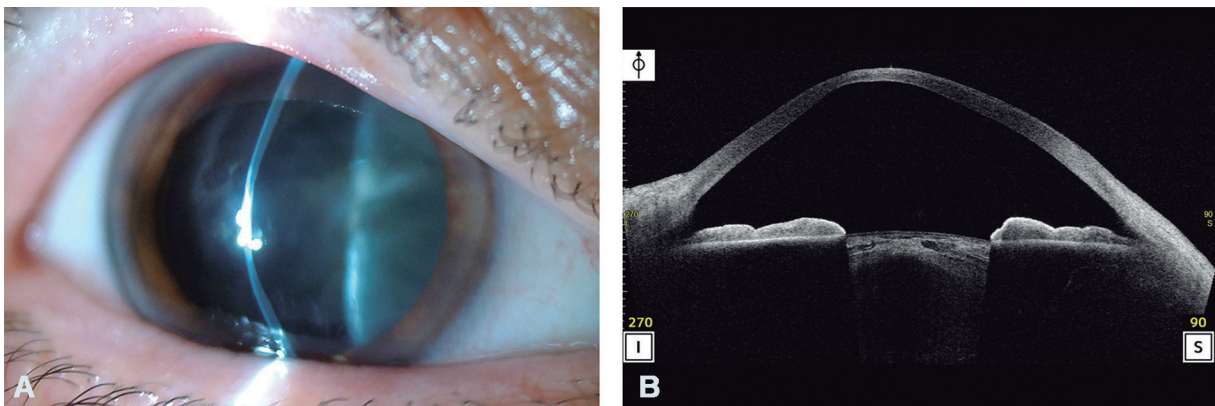


**Figura 105.** Abordaje combinado diferido: DALK - Faco + LIO. A) Primero se realiza la DALK. B) Posteriormente se realiza la cirugía de catarata con implante de la lente. C) Imagen en lámpara de hendidura 6 meses después de las cirugías.



anteriores. La experiencia con los trasplantes penetrantes no es mala, pero el número y la gravedad de las complicaciones que se han descrito, como la hemorragia expulsiva, el daño endotelial o el alto riesgo de rechazo, hacen que sea una técnica prácticamente desestimada<sup>319,390</sup>.

En la revisión bibliográfica, tan solo un artículo publicado por Coelho et al.<sup>315</sup>, describe los resultados visuales obtenidos después



**Figura 106.** Indicación de abordaje combinado simultáneo: DALK + Faco + LIO. Imagen en lámpara de hendidura (A) y tomográfica (B) de un paciente con catarata avanzada y queratocono grado IV.

12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

de un triple procedimiento <sup>315</sup> (DALK+Faco+LIO). La mayoría de las publicaciones hacen referencia a la técnica quirúrgica: el orden para su desarrollo (primero la facoemulsificación o primero la DALK), y el tipo de técnica empleada para el trasplante (disección manual, hidro-delaminación o visco-disección con aguja, técnicas de gran burbuja, o procedimientos más modernos asistidos por láser de FS). Definir cuál es la mejor opción, es un tema, a día de hoy, no consensuado entre los cirujanos<sup>312-315,323</sup>.

Además, están descritas complicaciones intraoperatorias (como perforaciones de la membrana de Descemet), o postoperatorias (como errores en el cálculo de la lente)<sup>314,324</sup>.

### 3. Justificación

La asociación de patología corneal con catarata o alta ametropía, es habitual en nuestra práctica clínica y, sin embargo, su manejo quirúrgico representa un problema que no está resuelto por completo. Por este motivo, estaría justificado analizar una de las posibilidades de tratamiento: el triple procedimiento DALK + Faco + LIO.

### 4. Objetivo

Valorar la eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad durante el tiempo de seguimiento, del procedimiento combinado simultáneo (triple procedimiento: DALK+FACO+LIO), con una estrategia quirúrgica en función de la transparencia corneal..

### 5. Pacientes, Material y Método

#### 5.1. Tipo de estudio

En este estudio, de tipo retrospectivo y longitudinal, se incluyen 43 ojos de 43 pacientes con patología corneal y catarata o alta ametropía, a los que se les realizó una cirugía combinada simultánea (triple procedimiento, DALK + Faco + LIO) en el IUFV, entre junio de 2010 y septiembre de 2019. Todos los pacientes recibieron y firmaron el consentimiento informado de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

## 5.2. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión para realizar un triple procedimiento fueron: pacientes con patología corneal moderada o grave (12 ojos con queratocono, 5 con ectasia post-cirugía refractiva corneal, 17 con opacidad corneal localizada, 2 con distrofia estromal y 7 con queratotomía radial), asociada a una opacidad significativa del cristalino o a una alta ametropía, y que tuvieran un seguimiento postoperatorio de, al menos, 6 meses después de la retirada completa de las suturas.

Como criterios de exclusión se consideraban una historia previa de glaucoma o de desprendimiento de retina, degeneración macular, o enfermedades neuro-oftalmológicas.

## 5.3. Muestra

Con estos criterios se analizaron 43 ojos de 43 pacientes, de los cuales 23 eran hombres y 20 mujeres. La media de edad en el momento de la cirugía era de  $60,7 \pm 11,5$  años (rango entre 33 y 82 años). En todos los ojos se implantó una lente monofocal monobloque hidrófoba en saco capsular, y un anillo tensor de la cápsula. El tiempo de seguimiento medio tras la cirugía combinada fue de  $3,1 \pm 2,14$  años (rango de 1,5 a 9,2 años). Las características preoperatorias de la muestra se resumen en la tabla 7.

**Tabla 7.** Datos preoperatorios de los pacientes intervenidos con el triple procedimiento

	Promedio	D. Estándar	Mínimo	Máximo
Edad (años)	60,74	$\pm 11,47$	33,00	82,00
Esfera R (D)	-5,63	$\pm 9,57$	-32,00	+7,25
Cilindro R (D)	4,23	$\pm 3,92$	-17,00	0,00
Equivalente esférico (D)	-7,74	$\pm 9,87$	-37,00	+5,88
CDVA (Escala LogMAR)	0,86	$\pm 0,56$	2,00	0,50
Queratometría mínima (D)	41,12	$\pm 8,62$	29,00	68,00
Queratometría máxima (D)	46,17	$\pm 9,14$	32,00	78,00
Cilindro Queratométrico (D)	5,04	$\pm 4,38$	0,50	18,00
Longitud Axial (mm)	27,53	$\pm 3,55$	21,01	34,86
Espesor corneal ( $\mu$ )	492,52	$\pm 137,08$	224	823
ACD (mm)	3,14	$\pm 0,66$	3,00	3,93
WTW (mm)	11,94	$\pm 0,56$	10,63	12,82
CE (cel / mm <sup>2</sup> )	2314	$\pm 607$	1134	3497
PIO (mmHg)	12,68	$\pm 4,03$	6,00	19,00

12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

#### 5.4. Parámetros valorados

Antes de la cirugía, los pacientes fueron sometidos a un examen oftalmológico completo que incluía: UDVA, CDVA (en escala LogMAR), refracción manifiesta, examen con lámpara de hendidura, examen con oftalmoscopia binocular, queratometría, topografía corneal, paquimetría, medida de blanco a blanco horizontal (Sirius, CSO Ophthalmic, Italia), ACD y medida de ángulo a ángulo horizontal y vertical (OCT Visante, Carl Zeiss Meditec, Alemania; Casia II, Tomey, Japón), toma de la PIO por tonometría de aplanamiento de Goldmann (Tonómetro de Perkins MK2 Clement Clarke International, Essex, England), CE (SP 3000P, Topocon, Japón) y la longitud axial (IOLMaster 700, Carl Zeiss Meditec, Alemania).

#### 5.5. Cálculo de la lente intraocular

En todos los ojos se implantó una lente monofocal no tórica en saco capsular. El cálculo de la potencia de la lente se realizó utilizando la fórmula SRKT, con algunas modificaciones derivadas de la experiencia del presente grupo de investigación. El objetivo refractivo era evitar en lo posible un defecto hipermetrópico. Para ello se trabajó con una estimación de Kmin, en lugar de Km. Es importante considerar que se tiene que predecir la potencia corneal, ya que no hay una medida directa ni de la Kmin, ni de la Kmax, ni del astigmatismo corneal. Trabajar con la Kmin en lugar de con la Km tiene la ventaja de disminuir la posibilidad de obtener un defecto residual hipermetrópico, ya que tenemos tres escenarios posibles:

- 1) Estimar de manera correcta la Kmin: se obtendría la emetro-pía en caso de que la Kmax sea igual, o se obtendría un astigmatismo miópico simple, en caso de que la Kmax sea mayor.
- 2) Infra-estimar el valor final de la Kmin: en este caso, se obtendría una miopía simple, o un astigmatismo miópico compuesto, dependiendo del valor de la Kmax.
- 3) Sobre-estimar la Kmin que finalmente se obtiene: el resultado sería hipermetrópico, un astigmatismo hipermetrópico simple o compuesto; o un astigmatismo mixto (dependiendo del valor de la Kmax), pero de menor magnitud que si se hubiera trabajado con la Km.



12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

## 5.6. Técnica quirúrgica

Todas las cirugías fueron llevadas a cabo por el mismo cirujano experto (JFA). En primer lugar, se realizó el marcado y la trepanación manual hasta un 60% de profundidad (aproximadamente) con el trépano de Barron (Hessburg-Barron; Katena Products Inc, Den-ville, NJ, USA).

En aquellos casos con buena visualización del cristalino, se realizó la facoemulsificación antes de iniciar la disección estromal. Habitualmente son pacientes con queratocono, queratotomía radial o ectasias post-Lasik que no presenten cicatrices corneales.

Cuando las opacidades corneales impedían una buena visualización (leucomas secundarios a cirugías refractivas o infecciones), se iniciaba la DALK hasta conseguir un plano pre-des-cemético que aportase la transparencia suficiente para realizar la lensectomía.

Las incisiones para la facoemulsificación se realizaron de ma-nera tunelizada en el limbo corneo-escleral, con 2,2 mm de lon-gitud, y se cerraron con un punto de sutura al finalizar la cirugía. En todos los casos, se llevó a cabo sedación y analgesia por vía intravenosa y bloqueo muscular y anestesia mediante inyección peribulbar.

Treinta minutos antes de la cirugía se comenzó con la dilatación oportuna mediante ciclopléjico 1% (Alcon Laboratories, Inc, Fort Worth, TX, USA) y fenilefrina al 10% (Bausch&Lomb Inc, Rosches-ter, NY, USA). Tres minutos antes de comenzar la cirugía se aplicó povidona yodada al 5% en la superficie de la córnea y fondos de saco conjuntivales, y al 10% en el área periocular. En aquellos ca-sos en los que la povidona yodada estaba contraindicada (alergias como contraindicación absoluta, o hipertiroidismo como contrain-dicación relativa), se empleó clorhexidina acuosa al 0,05% y al 2% en el área periocular. La povidona yodada al 5% y la clorhexidina al 0,05%, se elaboraron en el Servicio de Farmacia Hospitalaria del IUFV como fórmula magistral.

La cirugía de catarata se realizó mediante facoemulsificación, teniendo especial cuidado en el manejo del saco capsular: una cap-sulorrexis circular, continua y centrada, de un diámetro de aproxi-madamente 5,0 mm, con una correcta extracción de las fibras cristalínianas y con limpieza de las células de la cápsula anterior. Además, en todos los casos se implantó un anillo tensor de la cáp-



12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

sula de sección redonda (Morcher, Alemania) para estabilizar el saco. Al finalizar la cirugía, se inyecta acetilcolina 10 mg/ml para conseguir miosis y valorar el centrado de la lente.

### **5.7. Tratamiento y seguimiento postoperatorio**

Como tratamiento postoperatorio se indicaron gotas de ciprofloxacino 3% (Oftacilox: Alcon Laboratories, Inc, Fort Worth, TX, USA) y fosfato de dexametasona al 0,1% (Maxidex: Novartis Pharma GmbH, Roonstrasse 25. Nuremberg, Alemania) 4 veces al día durante 1 semana, con una pauta descendente durante, por lo menos, otros 3 meses. Además, los pacientes recibieron lubricantes tópicos 4 veces al día durante al menos 3 meses, asociado a plasma rico en factores de crecimiento (PRGF).

La programación del seguimiento incluía una visita al día siguiente, una visita todas las semanas durante el primer mes, y una a los 3, 6, 9 y 12 meses durante el primer año. Después se pasaba a realizar revisiones anuales. Los exámenes incluyeron la medición de la UDVA, CDVA, refracción manifiesta, examen con lámpara de hendidura, examen con oftalmoscopia binocular, PIO, OCT de segmento anterior y contaje endotelial.

### **5.8. Análisis de los datos**

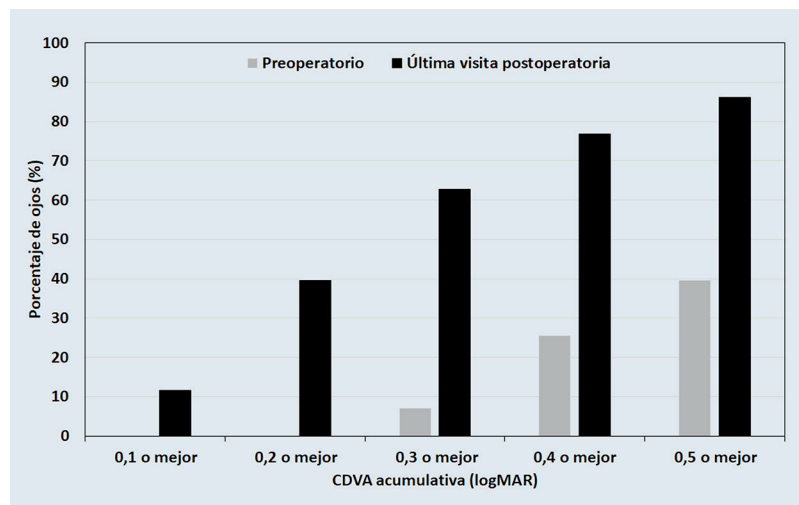
El análisis de los datos se realizó utilizando SPSS para Windows, versión 14.0 (SPSS Inc., Chicago, IL). Los valores medios y desviación estándar o porcentajes fueron empleados para reportar los resultados visuales y refractivos postoperatorios. Los valores de CDVA y UDVA acumulativos fueron calculados en la última visita. Se analizó el índice de eficacia y el índice de seguridad. Tras comprobar la normalidad de la muestra con la prueba de Kolmogorov-Smirnov se realizó la prueba T-student pareada para comparar los valores de CDVA pre y postoperatoria, considerando que las diferencias eran estadísticamente significativas cuando el valor de p era inferior a 0,05.

Para evaluar adecuadamente las ventajas e inconvenientes del procedimiento, se analizaron, además de lo anterior, el contaje endotelial y los posibles eventos adversos y cirugías secundarias.

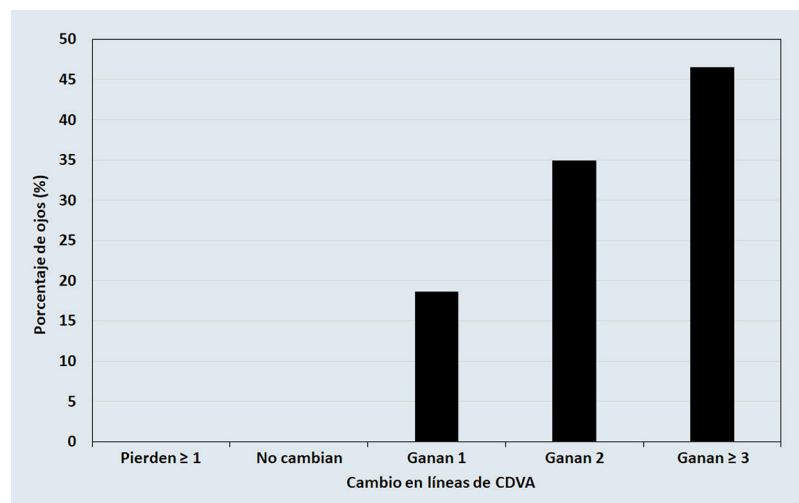
## 6. Resultados

### 6.1. Agudeza visual

La UDVA media en la última visita tras la cirugía fue  $0,95 \pm 0,52$  (escala LogMAR). La CDVA cambió de un valor preoperatorio de  $0,86 \pm 0,56$  (escala LogMAR) a  $0,37 \pm 0,28$  en la última visita ( $p < 0,0001$ ). La figura 107 muestra la CDVA acumulada previa y en la última visita postoperatoria. El porcentaje de ojos con una CDVA mejor o igual a 0,3 (LogMAR) pasó de un 6,9% en el preoperatorio a un 62,8% en la última visita postoperatoria. La figura 108 muestra los cambios postoperatorios en líneas de CDVA; ningún ojo perdió líneas de CDVA tras la cirugía, y el 80% de los ojos experimentó una mejoría de 2 o más líneas. El índice de seguridad fue de 2,2.



**Figura 107.** CDVA acumulada antes de la cirugía, y en la última visita postoperatoria.

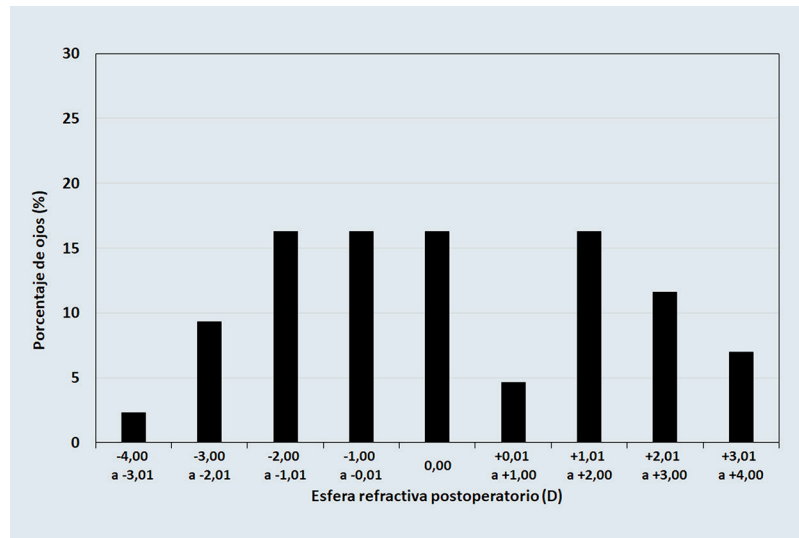


**Figura 108.** Todos los pacientes ganan líneas de CDVA.

12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

## 6.2. Refracción y Queratometría

La esfera refractiva postoperatoria fue  $+0,13 \pm 2,04$  D (rango de  $+4,00$  a  $-3,50$  D) (fig. 109). El 70% de los ojos tuvieron una esfera refractiva postoperatoria en un rango comprendido entre  $\pm 2,00$  D. El 16,3% de los casos no tuvieron esfera, y el 44,2% una esfera miópica, es decir en el 60,5% de los casos se cumplió el objetivo de cálculo para la esfera (emetropía o miopía). El cilindro refractivo obtenido en el postoperatorio fue de  $-4,02 \pm 2,24$  D (rango de  $-11,00$  a  $-0,50$  D).



**Figura 109.** Distribución de la esfera refractiva postoperatoria.

La queratometría plana final fue superior a 43,00 D en el 58% de los casos. En el 100% de estos casos la refracción postoperatoria estuvo en el rango objetivo, es decir, el 72% astigmatismo miópico compuesto, el 16% astigmatismo miópico simple y el 12% astigmatismo mixto. Entre los casos que tuvieron una queratometría inferior o igual a 43,00 D (42%), el 66,7% tuvieron un astigmatismo mixto, el 11,1% astigmatismo miópico simple o compuesto, y el 11,1% astigmatismo hipermetrópico compuesto. Por lo tanto, del total de la muestra, solo dos casos (4,65%) tuvieron un objetivo refractivo no deseado; un astigmatismo hipermetrópico.

## 6.3. Eventos adversos y cirugías secundarias

No se produjeron complicaciones intraoperatorias, y ningún ojo requirió un explante o reposicionamiento de la lente. En 5 ojos fue

12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

necesario un ajuste refractivo con láser de Excímero para corregir una refracción residual (astigmatismo miópico bajo); en 9 ojos fue necesario el implante de segmentos intraestromales para la corrección del astigmatismo postoperatorio (astigmatismos altos, entre 6,00 y 11,00 D), y en 6 casos se realizó el implante secundario (*piggy-back*) de una lente ICL-V4c en el cuerpo ciliar (con el objetivo de ajustar la anisometropía).

## 7. Discusión

### 7.1. Planteamiento inicial

La cirugía combinada simultánea en comparación con la diferida, puede aportar una rehabilitación visual más rápida, especialmente cuando el paciente presenta una comorbilidad como una catarata significativa o una alta ametropía axial. El empleo de técnicas laminares en estos triples procedimientos, elimina los riesgos inherentes a la cirugía a «cielo abierto».

Existen dos técnicas quirúrgicas posibles para llevar a cabo el procedimiento combinado simultáneo en estos pacientes: 1) primero realizar la trepanación y la disección estromal profunda del receptor, después realizar la Facó+LIO y, por último, colocar y suturar la córnea donante; 2) primero realizar la Facó+LIO y posteriormente la trepanación, la disección estromal profunda, y la fijación del injerto. Cualquiera de los dos abordajes presenta sus ventajas y limitaciones.

### 7.2. Técnica en caso de mala visualización del cristalino

La mayoría de los autores prefieren iniciar el trasplante, después realizar la facoemulsificación y por último completar el trasplante<sup>312-314,323</sup>.

Muraine et al.<sup>312</sup>, publicaron en el año 2002, un triple procedimiento llevado a cabo en 4 pacientes con opacidades corneales. En primer lugar, comenzaron la DALK mediante viscodisección hasta la DM, después la cirugía de la catarata y, por último, la sutura del injerto. Recomiendan realizar trepanaciones menores de 8 mm para poder hacer las incisiones de la cirugía de catarata en la córnea

12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

receptora, así como emplear parámetros de facoemulsificación con vacío bajo. Aunque la membrana de Descemet tiene un espesor menor de 15  $\mu\text{m}$ , estos autores fueron los primeros en demostrar su gran resistencia a la rotura, al poder completar la cirugía de la catarata sin complicaciones. Se pudo conseguir una buena visualización en un sistema cerrado y estanco.

En 2011, Panda et al.<sup>313</sup>, evaluaron la técnica y los resultados del triple procedimiento iniciando la DALK (con la técnica de *big bubble*) y después la facoemulsificación. Analizaron 20 ojos, y describieron nuevos factores para mejorar la seguridad de la técnica como son el empleo de viscoelásticos de alta densidad sobre el lecho estromal residual para mejorar la visualización y protegerlo, el empleo de tinciones capsulares para la capsulorrexia, el control de los parámetros de flujo y aspiración para evitar colapsos de la cámara anterior y el uso de la técnica de divide y vencerás para la facoemulsificación, además de confirmar los ya expuestos por Muraine et al.<sup>312</sup>.

Realizar primero la trepanación y la disección estromal, y después la facoemulsificación, es una buena opción si la córnea no permite la visualización suficiente del cristalino. En estos casos, realizar una técnica DALK segura, es fundamental para lograr el objetivo de evitar un trasplante penetrante. Todas las publicaciones revisadas, defienden técnicas de visco-disección y aire-disección, a pesar de que describen un gran número de complicaciones.

Con la técnica *big bubble*, si se crea una burbuja tipo 1, la facoemulsificación se puede realizar en teoría sin complicaciones, ya que, actualmente, se considera que la presencia de la capa de Dua aumenta la resistencia del lecho residual. Sin embargo, si se obtiene una burbuja de tipo 2, la DM se puede romper con más facilidad por los cambios de presión que se producen durante la cirugía de la catarata, acabando el trasplante en una PKP<sup>314</sup>.

Está descrito que la incidencia de la burbuja tipo 2 en pacientes con queratocono es del 2,6%, aumentando a un 15,6% en pacientes con leucomas corneales y hasta un 31,3% en distrofias corneales<sup>392</sup>, llegando a unas tasas de reconversión a PKP en estos casos de hasta el 86%<sup>393</sup>.

Por el contrario, la disección manual del estroma, capa por capa, disminuye el riesgo de perforación de la MD<sup>394,395</sup>, aunque algunos autores opinan que la calidad y recuperación visual es peor debi-

12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

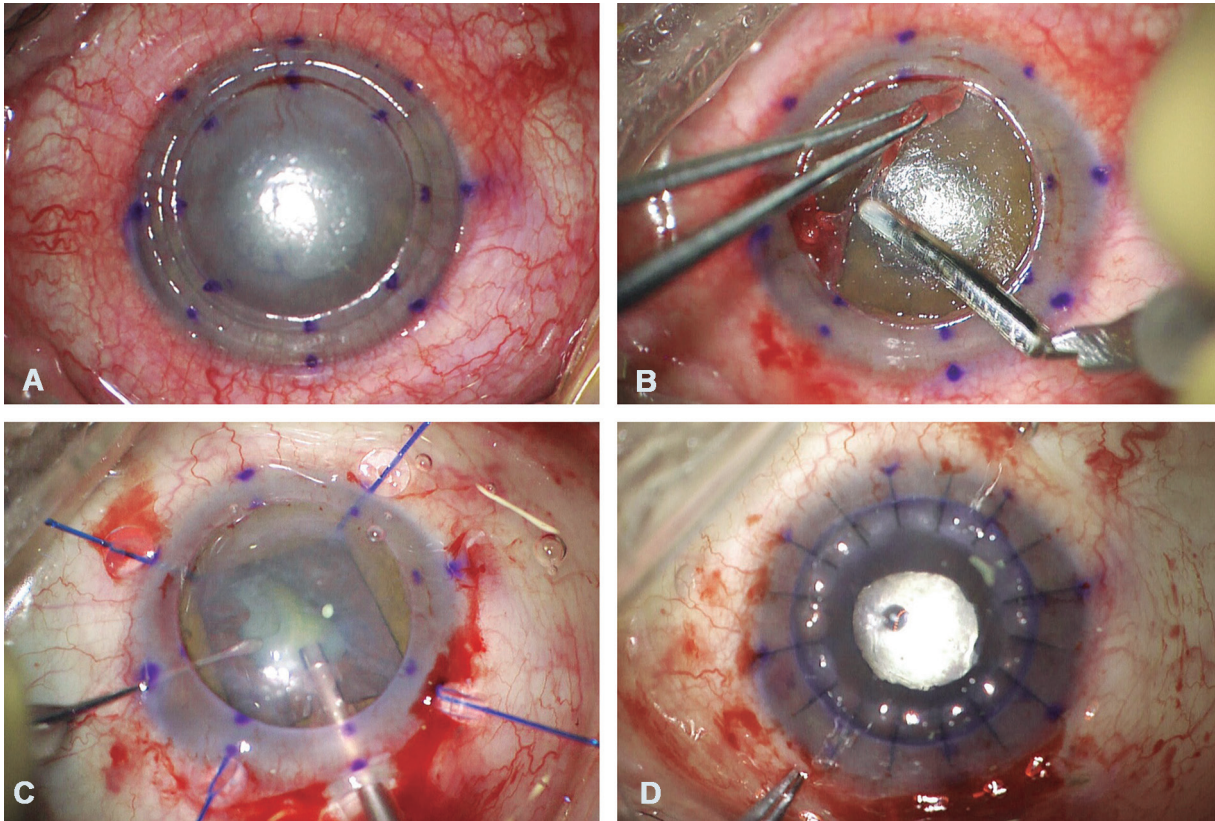
do al mayor espesor del lecho estromal residual (técnicas pre-des-ceméticas).

Akdemir et al.<sup>79</sup>, han publicado recientemente que la disección manual pre-des-cemética no es una desventaja frente a las técnicas desceméticas en cuanto a los valores de histéresis corneal y al factor de resistencia corneal, obteniéndose con ambas técnicas unas buenas propiedades biomecánicas. En esta misma línea, Feizi et al.<sup>89</sup>, aseguran que los resultados obtenidos con ambas técnicas son comparables en cuanto al equivalente esférico postoperatorio, la queratometría media y el astigmatismo keratométrico. La clave para que no existan diferencias es conseguir lechos residuales menores de 75  $\mu\text{m}$ .

Cuando el triple procedimiento se inicia con la DALK, están descritas fugas de fluido durante la facoemulsificación por una incisión realizada demasiado próxima a la trepanación. Esta complicación puede producir edema en el lecho receptor y dificultar la visualización<sup>312</sup>. También están descritas otras complicaciones, pero ya propias de la cirugía de la catarata, como la rotura de la cápsula posterior, o la persistencia de restos corticales<sup>313</sup>.

El procedimiento habitual del presente grupo de investigación, si la visualización del cristalino no es suficiente para realizar la facoemulsificación con seguridad, se puede resumir de la siguiente manera. En primer lugar, se realiza la trepanación parcial de la córnea receptora; después se sigue con la disección estromal mediante técnicas manuales, hasta llegar a niveles pre-des-ceméticos (50-75  $\mu\text{m}$ ); se coloca viscoelástico de alta densidad sobre el lecho estromal, se realiza la cirugía de catarata y el implante de la lente, y, por último, se completa la DALK colocando y suturando el injerto. Para la cirugía de la catarata se realiza la incisión a nivel escleral, a 1 mm del limbo, de 2,2 mm de longitud y tunelizada 1,5 mm. De esta manera se mantienen independientes el límite de la trepanación y la incisión para la cirugía de catarata (fig. 110).

12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.



**Figura 110.** Secuencia quirúrgica cuando la opacidad corneal es significativa: A) Trepanación parcial. B) Disección laminar pre-descemética. C) Cirugía de catarata. D) Sutura del injerto.

### 7.3. Técnica en caso de buena visualización del cristalino

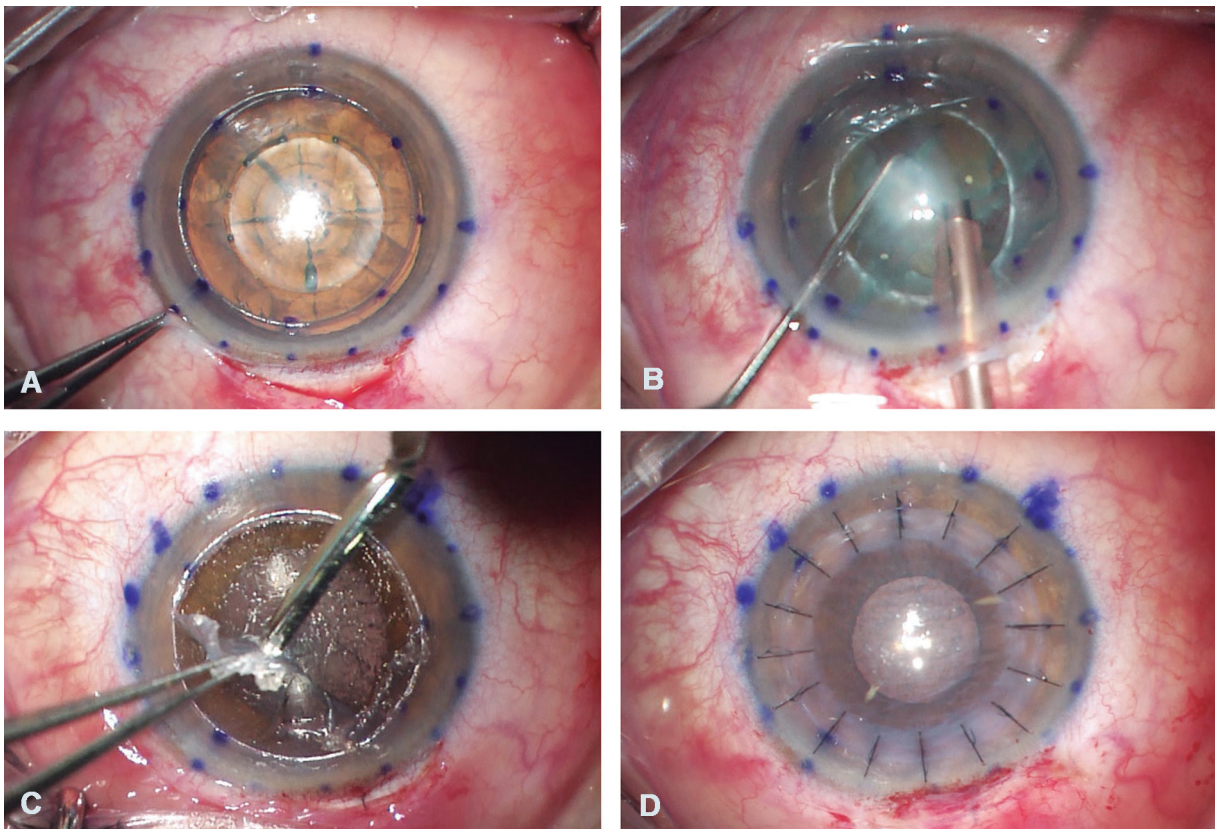
Coelho et al. en 2019<sup>315</sup>, describen por primera vez una técnica de triple procedimiento modificada, donde primero se realiza la facoemulsificación y posteriormente la DALK. Analizaron el procedimiento en 5 pacientes con ectasias avanzadas y catarata. La ventaja principal es que el cirujano puede mantener sus parámetros de facoemulsificación, al no haber actuado todavía sobre la córnea. Sin embargo, a la hora de realizar el trasplante, se necesita suturar bien la incisión principal de la cirugía de catarata y mantener un buen tono en la cámara anterior con solución salina balanceada. Aún así, los autores describen una ligera sensación de hipotonía en el momento de la trepanación. En todos los casos se realizó la técnica *big bubble*, obteniéndose una burbuja tipo 1. No están descritas complicaciones intra ni postoperatorias, pero es importante lograr burbujas centrales menores de 9 mm para evitar que el aire se escape a través de las incisiones de la facoemulsificación. Como limitaciones de esta técnica, debemos destacar la dificultad de rea-



12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

lizar la cirugía de catarata en casos de córneas muy deformadas y/o no transparentes.

En la práctica habitual del presente grupo de investigación, si la visualización del cristalino a través de la córnea patológica es suficiente para permitir la cirugía, se comienza la técnica marcando la córnea receptora y realizando únicamente la trepanación parcial, es decir, sin disecar el estroma. Se continúa con la cirugía de catarata, realizada a través de una incisión escleral a 1 mm del limbo, que al finalizar se sutura con un punto de Nylon de 10/0. Luego se retoma la DALK, con la disección del estroma mediante técnica manual con las espátulas de Melles, hasta llegar a un plano pre-descemético. El lecho residual debe tener entre 50 y 75  $\mu\text{m}$  de espesor para que los resultados visuales sean óptimos. Este espesor residual máximo debe confirmarse mediante paquimetría intraoperatoria directa o mediante OCT de segmento anterior incorporada al microscopio quirúrgico. Finalmente se posiciona y se sutura el injerto. Con esta secuencia quirúrgica se evita una incorrecta trepanación de la córnea receptora debido a la hipotonía post-facoemulsificación (fig. 111).

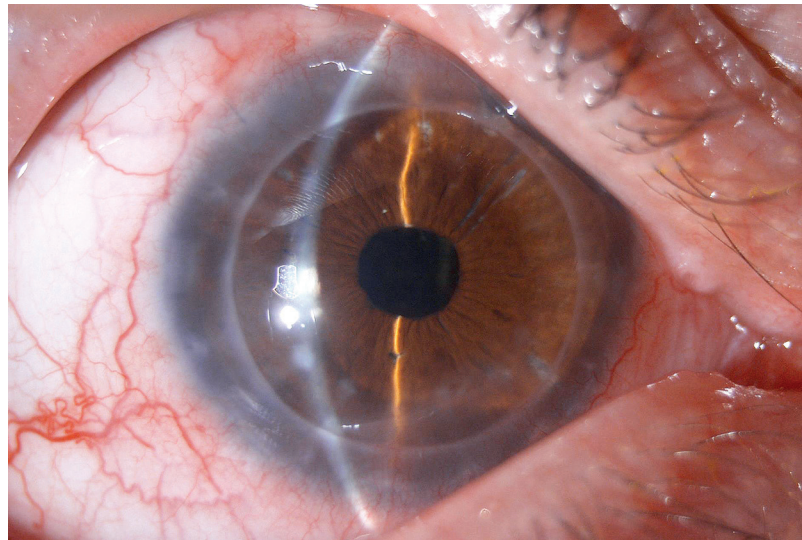


**Figura 111.** Secuencia quirúrgica cuando la opacidad corneal no es significativa: A) Trepanación parcial. B) Cirugía de catarata. C) Disección laminar. D) Sutura del injerto.

12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

#### 7.4. Cálculo de la lente

Uno de los mayores problemas que existe al realizar un triple procedimiento, independientemente de la técnica quirúrgica empleada, es la falta de precisión en el cálculo de la potencia de la lente, y, por lo tanto, en el resultado refractivo postoperatorio. En estos casos, no se puede saber cual será la queratometría definitiva después de la retirada completa de las suturas. En una cirugía de catarata aislada, la longitud axial y la potencia corneal postoperatoria permanecen relativamente constantes antes y después de la operación, mientras que los trasplantes de córnea pueden producir grandes cambios en la curvatura corneal. Por este motivo, varios autores han estudiado cuales son los valores queratométricos más habituales después de un trasplante penetrante, para realizar el cálculo de la potencia de la lente cuando se realizan cirugías simultáneas (fig. 112).



**Figura 112.** Cirugía combinada simultánea de DALK más cirugía de catarata con implante de lente intraocular monofocal (Clareon® IOL, CNAOTO, Alcon, Fort Worth, Texas, USA) en un paciente con leucoma corneal secundario a infección por *Acanthamoeba*.

De Bernardo et al.<sup>324</sup>, estudiaron la correlación entre la queratometría y la LAx del ojo derecho y del ojo izquierdo en una muestra de sujetos normales. Incluyeron 4.516 ojos de 2.258 pacientes, y observaron que el 19,2% tenían diferencias en la LAx  $\geq 0,4$  mm (que corresponde a una diferencia de, aproximadamente, 1,00 D en la potencia de la LIO), y un 4,5% presentaron diferencias en el poder corneal  $\geq 1,00$  D (que corresponde a una diferencia de, aproximadamente, 1,50 D en el poder de la LIO). Por lo tanto, en ojos patológicos y potencialmente asimétricos, la referencia del ojo contralateral

12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

puede no ser efectiva, ya que la queratometría preoperatoria no puede predecir la postoperatoria después del trasplante.

Abdel-Hakim et al.<sup>396</sup>, observaron una relación entre el poder corneal postoperatorio y el poder corneal del donante en 24 pacientes intervenidos de queratoplastia penetrante. Además, encontraron que los cambios en la longitud axial eran demasiado pequeños como para producir errores en el cálculo. Los autores consideran que este hallazgo es aplicable cuando la córnea receptora no tiene muchas cicatrices y se usa un trépano de 7,5 mm para el botón donante y de 7 mm para el receptor.

Otros estudios afirman que la variable más importante para definir el poder esférico corneal final después de una queratoplastia penetrante es la disparidad de diámetros entre el botón donante y el receptor, sin demostrarse que exista una influencia de la patología subyacente o la presencia de neovascularización corneal<sup>397</sup>.

En esa misma línea, Mattax et al.<sup>398</sup>, consideran que si la cirugía se realiza por el mismo cirujano experto y de manera estandarizada (misma técnica quirúrgica, mismos tamaños de trepanación en donante y receptor, y misma técnica de sutura) los resultados refractivos obtenidos serán buenos, ya que podrá emplearse un valor queratométrico propio estandarizado (43,00 D en el caso de Mattax), mientras que Viestenz et al.<sup>399</sup>, desarrollaron en 2015 un término de corrección para la predicción del poder dióptrico de la lente intraocular en queratoplastias penetrantes, basado en un ajuste de regresión múltiple.

Como podemos ver, existen diferentes opciones para predecir la refracción final del paciente en estos casos de triple procedimiento que incluyen trasplantes penetrantes. Sin embargo, **no** hemos encontrado fórmulas de cálculo en la bibliografía que hagan referencia a las cirugías combinadas simultáneas con DALK.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio muestran que el 70% de los casos tuvieron una esfera refractiva postoperatoria en un rango comprendido entre  $\pm 2,00$  D, que es una magnitud compatible con el uso de una gafa. Además, aproximadamente en el 95% de los casos la refracción postoperatoria final fue un astigmatismo miópico o mixto.

Estos resultados tan solo son comparables con los descritos parcialmente por Coelho et al.<sup>315</sup>. En los 5 ojos que incluía el estudio, obtuvieron un equivalente esférico medio de  $-2,00 \pm 0,90$  D (rango  $-3,75$  a  $+0,50$  D). La agudeza visual de lejos corregida fue de

12. Triple procedimiento simultáneo de trasplante laminar anterior profundo y lensectomía con implante de lente intraocular: 1 año de seguimiento.

$1,5 \pm 0,20$  antes de la cirugía y  $0,27 \pm 0,04$  logMAR, después de la cirugía ( $P = 0,0045$ ). Para el cálculo de la lente se estimó una queratometría media postoperatoria de 45,00/45,00 D.

Es importante destacar que, en aquellos casos en los que el error refractivo residual no sea bien tolerado por el paciente, se puede corregir empleando técnicas refractivas. Debido a la limitada predictibilidad del cálculo de la lente, a la posibilidad de cambios en el astigmatismo corneal a lo largo del tiempo, o a la necesidad de cambiar el injerto en un hipotético fracaso, los ajustes refractivos post-queratoplastia están claramente justificados<sup>311</sup>. El láser de Excímero, los segmentos intracorneales, los implantes adicionales en cuerpo ciliar o los intercambios de lente, son técnicas refractivas que nos ayudan a obtener el objetivo terapéutico en su máxima expresión. A pesar de los resultados obtenidos, es importante resaltar las limitaciones de nuestro estudio, como el carácter retrospectivo, y la pérdida de seguimiento por algunos pacientes de la muestra en algunas de las visitas postoperatorias. Además, para validar estos resultados son pertinentes más estudios prospectivos a largo plazo, con mayor número de muestra y agrupados según la patología previa que ha originado el trasplante.

## 8. Conclusiones

El triple procedimiento de DALK+FACO+LIO, se puede considerar como eficaz y seguro en la recuperación de la unidad funcional córnea-cristalino. El implante simultáneo de la lente permite que la rehabilitación visual del paciente sea más rápida que la que se obtiene con la cirugía diferida. La predictibilidad que se consigue es suficiente para que la refracción residual sea compatible con una gafa, tratándose, además, de un procedimiento estable durante el tiempo de seguimiento estudiado.

Si la córnea es transparente, se recomienda realizar solo la trepanación parcial (sin iniciar la disección estromal), después proceder con la facoemulsificación (a través de una incisión escleral), y luego completar el trasplante. Si hay leucomas que impidan o dificulten la visualización de la cámara anterior, se recomienda primero realizar la trepanación parcial y la disección laminar mediante técnicas pre-desceméticas, después, proceder con la facoemulsificación (también a través de una incisión escleral) y, por último, colocar y suturar el injerto donante.



# **13. Capítulo 5.**

## **Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.**

### **Índice**

- 1. Resumen**
- 2. Introducción**
- 3. Justificación**
- 4. Objetivos**
- 5. Pacientes, Material y Método**
  - 5.1. Tipo de estudio
  - 5.2. Criterios de inclusión y exclusión
  - 5.3. Muestra
  - 5.4. Parámetros valorados
  - 5.5. Anillo corneal pre-descemético Neoring
  - 5.6. Técnica quirúrgica
  - 5.7. Tratamiento y seguimiento postoperatorio
  - 5.8. Análisis de los datos
- 6. Resultados**
  - 6.1. Agudeza visual
  - 6.2. Refracción esférica
  - 6.3. Refracción cilíndrica, queratometría y aberraciones
  - 6.4. Congruencia de espesores
  - 6.5. Densidad de células endoteliales
  - 6.6. Paquimetría corneal
  - 6.7. Complicaciones, eventos adversos o cirugías secundarias
- 7. Discusión**
- 8. Conclusiones**





## 1. Resumen

### Objetivos

Valorar los resultados funcionales y morfológicos que se obtienen al asociar un anillo corneal pre-descemético de polimetilmetacrilato (Neoring; AJL Ophthalmic, España) a la DALK realizada en casos de queratocono avanzado.

### Centro

Instituto Universitario Fernández-Vega. Oviedo. España.

### Pacientes y método

Estudio prospectivo que incluye 10 ojos de 10 pacientes en los que se realizó una DALK por motivo de queratocono. La edad media de los pacientes fue de  $36,9 \pm 2,28$  años (rango entre 34 y 40). Durante la cirugía y antes de suturar el injerto, se implantó un anillo de PMMA (Neoring) en un bolsillo pre-descemético creado en la periferia de la córnea receptora. En todos los casos, el diámetro de la trepanación parcial de la córnea receptora fue de 8,0 mm, el diámetro del injerto de 8,25 mm, y el diámetro del anillo de 8,5 mm. Las cirugías fueron realizadas entre enero de 2018 y enero de 2019 por el mismo cirujano (JFA). Entre los 6 y los 15 meses del postoperatorio, se realizó la retirada selectiva de los puntos de sutura. Se valoraron los siguientes parámetros: CDVA, refracción manifiesta (esfera y cilindro), astigmatismo topográfico, CE, paquimetría corneal, complicaciones y efectos adversos. Además, se evaluó la raíz cuadrada media (RMS) para aberraciones de tipo coma y aberración esférica para un tamaño de pupila de 4,5 mm. Se midió el grosor del injerto en la unión donante-receptor, (Tg Acrónimo en inglés de *Junctional Graft Thickness*) y en el receptor (Th, Acrónimo en inglés de *Junctional Host Thickness*). El seguimiento postoperatorio fue de 24 meses.

13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

## Resultados

La CDVA postoperatoria fue de  $0,09 \pm 0,07$  (escala LogMAR), el 100% de los ojos alcanzó un CDVA igual o mejor de 0,2 (escala LogMAR). El cilindro refractivo fue de  $-2,86 \pm 1,65$  D a los dos años de la cirugía. Ningún ojo tuvo un cilindro refractivo postoperatorio  $\geq 5,00$  D y en 5 ojos (50%) fue  $\leq 2,50$  D. En la última visita, la queratometría media fue  $45,64 \pm 1,96$  D, el RMS para aberraciones tipo coma fue  $0,30 \pm 0,15$   $\mu\text{m}$  y la aberración esférica  $0,22 \pm 0,09$   $\mu\text{m}$ . El CE medio permanece sin cambios durante el seguimiento ( $P = 0,07$ ). En la última visita, Tg y Th fueron  $679,9 \pm 39,0$   $\mu\text{m}$  y  $634,8 \pm 41,2$   $\mu\text{m}$ , respectivamente. El espesor donde se encuentra la córnea receptora más el Neoring fue de  $740,6 \pm 35,6$   $\mu\text{m}$ . En todos los casos, este espesor fue más grueso que Tg.

## Conclusiones

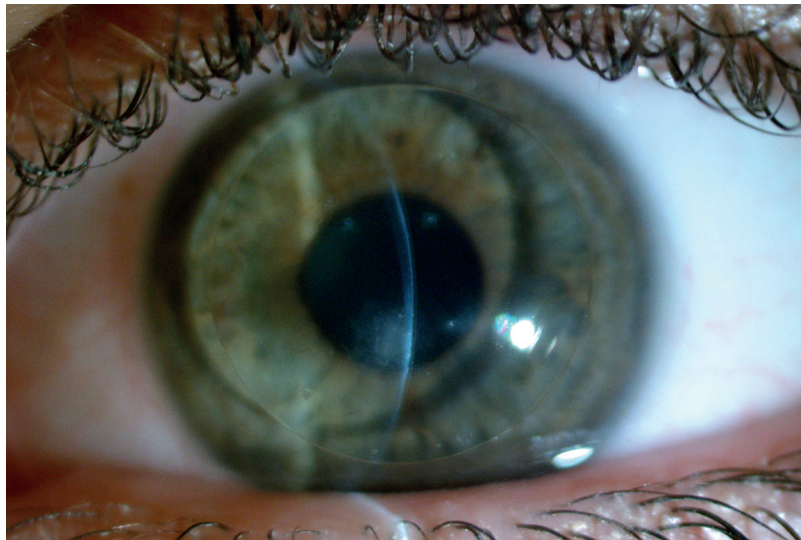
El implante de un anillo corneal pre-descemético de PMMA durante la realización de una DALK en casos de queratocono, es un procedimiento eficaz y seguro para optimizar los resultados postoperatorios del queratocono moderado-grave. Además, permite evitar complicaciones postoperatorias precoces y obtener buenos resultados morfológicos y funcionales.

13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

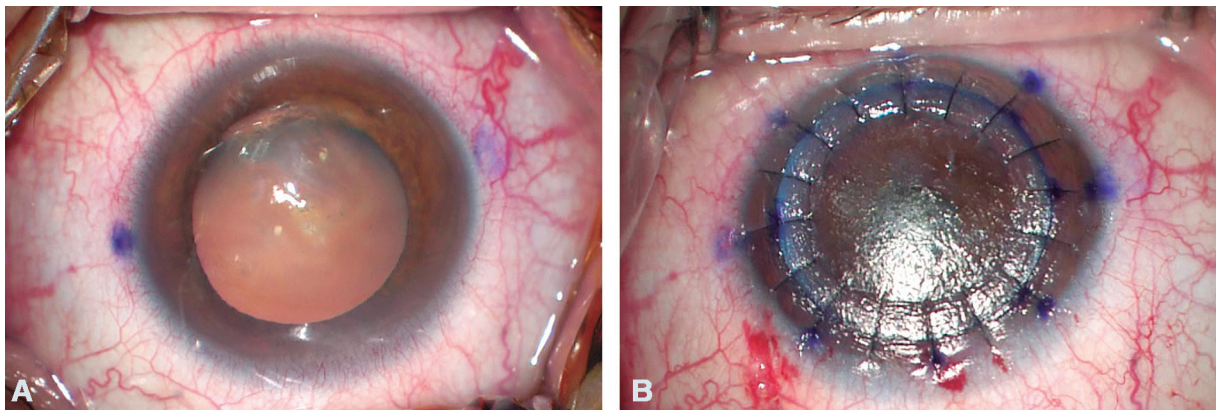
## 2. Introducción

La DALK realizada en casos de queratocono, especialmente si están muy evolucionados, presenta una serie de problemas quirúrgicos y postoperatorios que requieren una atención especial. De hecho, alguno de ellos todavía está sin resolver.

La corrección óptica del queratocono depende del estadio de la enfermedad en el momento del diagnóstico. En etapas iniciales, existen diversas opciones de tratamiento que van desde el uso de lentes de contacto (fig. 113), hasta el empleo de técnicas como son el CXL, o los ICRS. En los casos más avanzados tenemos que recurrir a los trasplantes de córnea, ya sean penetrantes o laminares anteriores (fig. 114).



**Figura 113.** Lente de contacto rígida en paciente con queratocono.



**Figura 114.** Imágenes quirúrgicas de un queratocono muy evolucionado (A) donde se realiza una DALK (B).

13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

La PKP ha sido la técnica empleada para el tratamiento del queratocono avanzado durante décadas<sup>400,401</sup>. Sin embargo, la técnica DALK ha ido ganando en popularidad en los últimos años, gracias a los buenos resultados tanto morfológicos como funcionales que se obtienen en estos casos<sup>89</sup>.

Dentro de la DALK, existen dos variantes de la técnica quirúrgica: la técnica pre-descemética, realizada mediante disección con espátulas, dejando entre 50 y 75  $\mu\text{m}$  de lecho residual (estroma posterior con membrana de Descemet y endotelio), y la técnica descemética, realizada con aire o viscoelástico, dejando únicamente la membrana de Descemet y el endotelio. Considerando la técnica DALK y combinando sus indicaciones principales con las dos variantes quirúrgicas citadas, se obtiene una sencilla tabla que nos permite distinguir cuatro posibilidades (tabla 8). En la revisión bibliográfica es importante centrar bien la búsqueda, ya que los resultados pueden no ser comparables según las características de la muestra.

**Tabla 8.** Se presentan las diferentes combinaciones según las indicaciones principales para la DALK y sus posibles variantes quirúrgicas

DALK	Técnica descemética	Técnica pre-descemética
Queratocono	<b>Opción 1</b>	<b>Opción 2</b>
No queratocono	<b>Opción 3</b>	<b>Opción 4</b>

### Complicaciones intraoperatorias

La complicación intraoperatoria más significativa de la DALK en el queratocono, es la micro o macro-perforación del lecho residual que obliga, en ocasiones, a transformar la técnica a penetrante. Se puede producir tanto con la técnica descemética como con la pre-descemética, pero en mayor proporción con la primera<sup>142</sup>.

### Complicaciones postoperatorias

Las complicaciones postoperatorias descritas son múltiples y muy relacionadas entre sí. Se pueden distinguir dos grupos, el primero, relacionado con el grado de evolución del queratocono en el momento del trasplante, y el segundo, relacionado con la evolución del queratocono después del trasplante. En el primer grupo tenemos las complicaciones precoces: incongruencia de espesores

13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

donante-receptor; curvatura elevada de la córnea donante; y pliegues en la membrana de Descemet de la córnea receptora. En el segundo grupo tenemos las complicaciones tardías: recidiva del queratocono en la córnea donante; y progresión del queratocono en la córnea receptora.

*Complicaciones precoces*

La incongruencia de espesores entre la córnea receptora y donante produce, inevitablemente, un escalón en la cara anterior o posterior de la córnea. Es habitual cuando la ectasia de la córnea receptora se limita al cuadrante temporal inferior. Al retirar los puntos de sutura, el problema se puede manifestar en forma de un escalón, anterior o posterior, y/o de un astigmatismo precoz, habitualmente inverso.

Se sabe por numerosos estudios<sup>171-184</sup>, que el astigmatismo precoz es de origen multifactorial, y, además, que las causas se pueden asociar negativa o positivamente en un mismo caso. El astigmatismo precoz, a corto plazo (2 años), es el que habitualmente se analiza en la bibliografía. El astigmatismo a largo plazo, y su evolución, no se recoge todavía en las publicaciones por falta de seguimiento.

Según Feizi et al.<sup>163</sup>, el promedio del astigmatismo queratométrico residual para la técnica DALK en casos de queratocono es de 3,49 D, con un rango entre 0,50 y 6,50 D, siendo estos datos resultados concordantes con los de otros autores, que informan de rangos entre 0,00 y 10,0 D, en periodos de seguimiento menores de 10 años<sup>164-166,192</sup>.

Por otro lado, la curvatura elevada (queratometría residual) de la córnea donante y los pliegues de la membrana de Descemet (lineales o concéntricos), son dos complicaciones que tienen su origen en un mismo problema: la ectasia generalizada de la córnea receptora cuando se realiza el injerto en los estadios más avanzados de la enfermedad.

Para evitarlas, es necesario encontrar un equilibrio entre el diámetro de la córnea donante y el diámetro de la trepanación en la córnea receptora<sup>402</sup> y, en este sentido, lo habitual es que el diámetro de la córnea donante se programe 0,25 mm mayor que la trepanación en la córnea receptora. Si se elige un mismo diámetro, se podría disminuir la queratometría residual, pero aumentarían los pliegues en la membrana de Descemet<sup>200</sup>. Si se elige un diámetro 0,5 mm mayor, se mejorarían los pliegues, pero aumentaría la queratometría. Ante esta situación, hay estudios que proponen realizar injertos amplios, mayores de 8,50 mm, con la idea de resolver

13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

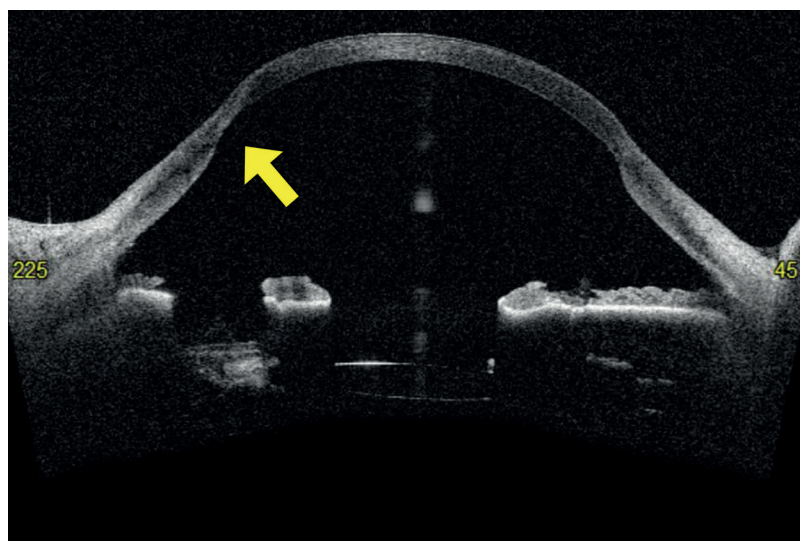
ambos problemas a la vez<sup>202</sup>; sin embargo, la técnica quirúrgica es más complicada y la reacción inmunológica se ve favorecida. Otros autores, sugieren perforaciones controladas de la membrana de Descemet para eliminar los pliegues<sup>143</sup>.

Recientemente, Li et al.<sup>147</sup>, después de analizar de manera retrospectiva 179 ojos de 166 pacientes con queratocono avanzado y DALK, concluyen que una edad mayor de 20,5 años, una duración de la enfermedad mayor de 5,5 años y una longitud axial corta, podrían ser factores de riesgo adicionales para la aparición de los pliegues de la membrana de Descemet, independientemente de la relación de curvatura entre córnea receptora y donante.

#### *Complicaciones tardías*

En cuanto a la recidiva del queratocono en la córnea donante, actualmente se sabe que se produce por la invasión de los queratocitos de la córnea receptora hacia la córnea donante. Esta recidiva se produce a largo plazo, considerado como tal, más de 10 años, y está descrita tanto en trasplantes penetrantes<sup>403-405</sup>, como en laminares<sup>157,158</sup>.

De la misma manera, la progresión del queratocono en la córnea receptora, también es una complicación que se produce a largo plazo. En este caso, aparece un debilitamiento-ectasia de la unión donante-receptor y un astigmatismo tardío y progresivo, que puede llegar a valores entre 10,00 y 20,00 D (macro-astigmatismo). Este debilitamiento-ectasia de la córnea a nivel de la cicatriz, está descrita en PKP entre 20-30 años después de la cirugía<sup>152,406</sup> (fig. 115),



**Figura 115.** Debilitamiento-ectasia de la córnea a nivel de la cicatriz en un paciente con PKP previo de más de 20 años de evolución.



13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado:  
2 años de seguimiento.

pero todavía no se ha descrito en la DALK. En teoría, la dehiscencia de la cicatriz no dependería del tipo de trasplante, si no de la incongruencia de espesores (escalón posterior), por lo que es de esperar que también se produzca en los laminares con el paso del tiempo.

### **Aberraciones de alto orden**

Algunos autores han considerado que la aparición de aberraciones ópticas corneales en el postoperatorio de una DALK es un factor importante a tener en cuenta para la rehabilitación visual de los pacientes. Se sabe que las HOA representan en torno al 16% de las aberraciones totales en córneas con PKP<sup>187</sup>. Pocos son los autores que han estudiado estas HOA después de la DALK. Actualmente está descrito que los componentes de aberración más dominantes de la superficie corneal anterior fueron el trefoil en los ojos con PKP, y el coma y trefoil en los ojos con DALK<sup>189</sup> observándose que, aunque la magnitud de los HOA totales de la superficie corneal posterior es comparable entre ambas técnicas, los que surgen de la superficie corneal anterior son significativamente menores en los ojos con DALK, sugiriendo una mejor calidad óptica en este tipo de pacientes. También está demostrado que, el uso de la técnica de Anwar para la disección laminar en la DALK aporta una mejor sensibilidad al contraste en comparación con la técnica de Melles<sup>191</sup>. Por todo esto, la evaluación post-operatoria de los HOA corneales es un factor importante a tener en cuenta para la rehabilitación visual después de la DALK.

### **Opciones quirúrgicas propuestas para mejorar los resultados a corto y largo plazo**

Los problemas de la DALK en el queratocono se han intentado evitar con el Láser de FS. Esta tecnología permite el tallado, tanto de la córnea donante como de la córnea receptora, desde la cara epitelial, obteniendo así, unos cortes homogéneos, perpendiculares y, sobre todo, congruentes<sup>407</sup>. Sin embargo, el inconveniente que se ha descrito al utilizar esta tecnología, es la deformidad de la córnea que se produce con el cono de fijación, especialmente en estadios avanzados de la enfermedad. Podría ser útil en los casos

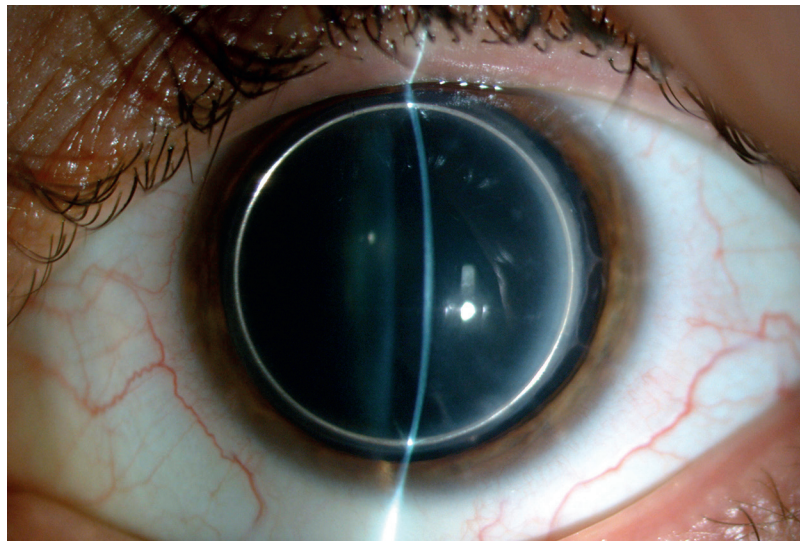


13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

menos avanzados, pero precisamente en éstos, la primera indicación sería el implante de ICRS.

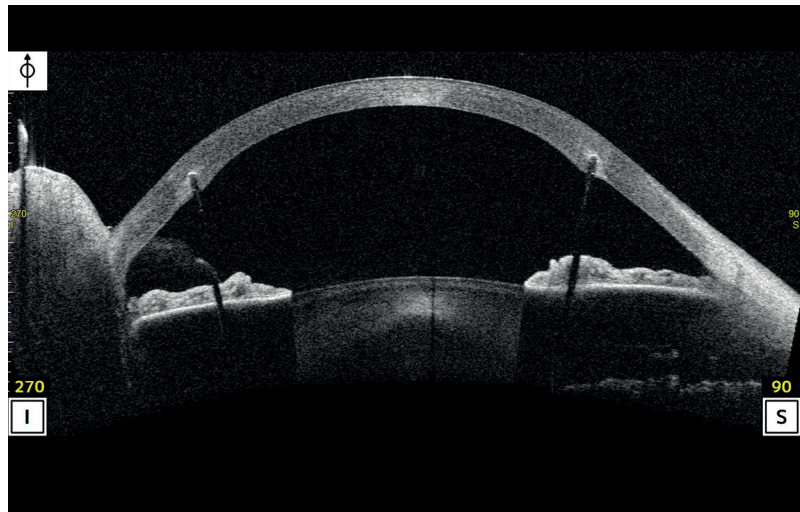
Otra opción que se puede plantear es asociar anillos corneales, a modo de refuerzo, durante la cirugía de la DALK. Krumeich et al.<sup>408</sup>, en el año 1999, con la idea de modular la cicatrización de los PKP, publicaron los primeros resultados del implante de un anillo de cobalto-titanio-molibdeno en la interfase donante-receptor. Es la primera vez que se utilizaba un anillo rígido entre las dos córneas, y perseguía un doble objetivo: reducir la reacción inmunológica y disminuir el astigmatismo final. En 2006, este mismo autor, realizó un estudio comparativo entre dos grupos intervenidos mediante PKP, 179 con anillo y 101 sin anillo, observando una protección eficaz frente a la penetración de neovasos en el injerto (dato significativo), y una reducción del astigmatismo final entre 1,00 y 1,50 D (dato que no consideraba significativo)<sup>409</sup>. Otros autores también han estudiado esta posibilidad, sin resultados concluyentes<sup>410</sup>.

Recientemente, Calatayud et al.<sup>411</sup>, publicaron sus resultados tras el empleo del anillo de Krumeich en pacientes intervenidos de DALK. En el IUFV, también se tiene experiencia con el implante del anillo de Krumeich en DALK por queratocono. En el año 2015, se intervinieron 5 casos, consiguiendo unos resultados satisfactorios en términos de astigmatismo residual (datos no publicados). La variante de la técnica que se desarrolló, fue la de implantar el anillo en un bolsillo pre-descemético tallado en la periferia del lecho estromal receptor (figs. 116 y 117). Los inconvenientes que motivaron el no



**Figura 116.** Anillo de Krumeich en DALK por queratocono. Experiencia IUFV.

13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.



**Figura 117.** Imagen mediante OCT de segmento anterior donde se observa una sombra acústica posterior hipoeocogénica secundaria al anillo de Krumeich.

seguir utilizando este anillo, fueron estéticos y económicos, pero su manejo ha servido como base para diseñar un anillo similar, pero fabricado en PMMA.

### 3. Justificación

Teniendo en cuenta las complicaciones postoperatorias descritas en la DALK por queratocono, como son la incongruencia de espesores entre donante y receptor, la presencia de pliegues en la membrana de Descemet, la queratometría elevada y el alto astigmatismo (entre otras), está justificado desarrollar métodos de prevención que permitan mejorar la rehabilitación visual de los pacientes a corto y largo plazo.

### 4. Objetivos

1. Valorar las ventajas e inconvenientes de implantar un anillo de polimetil-metacrilato (PMMA) a nivel predescemético en una DALK en casos de queratocono avanzado (estadio IV de la Clasificación de Amsler-Krumeich).
2. Comprobar la viabilidad y seguridad de la técnica quirúrgica.
3. Valorar la seguridad del implante durante el postoperatorio.
4. Evaluar los beneficios morfológicos y funcionales del procedimiento en su conjunto.

13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

## 5. Pacientes, Material y Método

### 5.1. Tipo de estudio

Se trata de una investigación clínica basada en el análisis de una serie de casos, realizado de manera prospectiva en el IUFV, Oviedo, España. Se incluyeron 10 ojos que fueron intervenidos de DALK más implante de un anillo corneal pre-descemético Neoring.

### 5.2. Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron en el estudio pacientes diagnosticados de queratocono en los que se había indicado la realización de un trasplante de córnea laminar por motivos morfológicos o funcionales. Los criterios que se debían cumplir para la selección eran los siguientes: queratocono grados II, III o IV de Amsler-Krumeich; intolerancia a las lentes de contacto; K media mayor o igual a 50,00 D, Kmin mayor de 48,00 D, y Kmax mayor de 52,00 D; paquimetría corneal central (3,00 mm centrales) menor o igual a 450  $\mu\text{m}$ ; CDVA con gafas (0,30 LogMAR) y LAX del globo ocular mayor o igual a 23,50 mm.

Como criterios de exclusión se consideraron las enfermedades asociadas o cirugías del globo ocular que pudieran influir en la evaluación de los resultados (presencia de catarata, historia de glaucoma, desprendimiento de retina, degeneración macular, enfermedad neuro-oftalmológica, o inflamación ocular).

### 5.3. Muestra

La muestra incluye 10 ojos de 10 pacientes (8 hombres y 2 mujeres) con una edad media de  $36,90 \pm 2,28$  (rango de 34 a 40). Todos los casos fueron intervenidos entre enero de 2018 y enero de 2019, y completaron el periodo de seguimiento de dos años, asistiendo a todas las visitas de seguimiento.

Todos ellos fueron informados sobre las posibles complicaciones intraoperatorias y postoperatorias, y dieron su consentimiento informado por escrito de acuerdo con las directrices institucionales y la Declaración de Helsinki. El estudio fue aprobado por la comisión

13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

ética del Principado de Asturias (España), y por las comisiones de investigación del IUFV y de la Fundación de Investigación Oftalmológica (FIO).

#### 5.4. Parámetros valorados

Para evaluar los resultados del procedimiento, se programó recoger la siguiente información antes y después de la cirugía: UDVA, CDVA (en escala LogMAR), refracción manifiesta (esfera y cilindro); imagen fotográfica con lámpara de hendidura; topografía y tomografía corneal (Sirius, CSO Ophtalmic, Italia); OCT del segmento anterior (Carl Zeiss Meditec, Alemania y OCT Casia II, Tomey, Japón); PIO por tonometría de aplanación Goldman (Tonómetro de Perkins MK2 Clement Clarke International, Essex, England); CE (microscopio especular SP 3000P, Topcon, Japón); paquimetría corneal (ultrasonidos y OCT); complicaciones intra y post-operatorias; y eventos adversos y cirugías secundarias.

#### 5.5. Anillo corneal pre-descemético Neoring

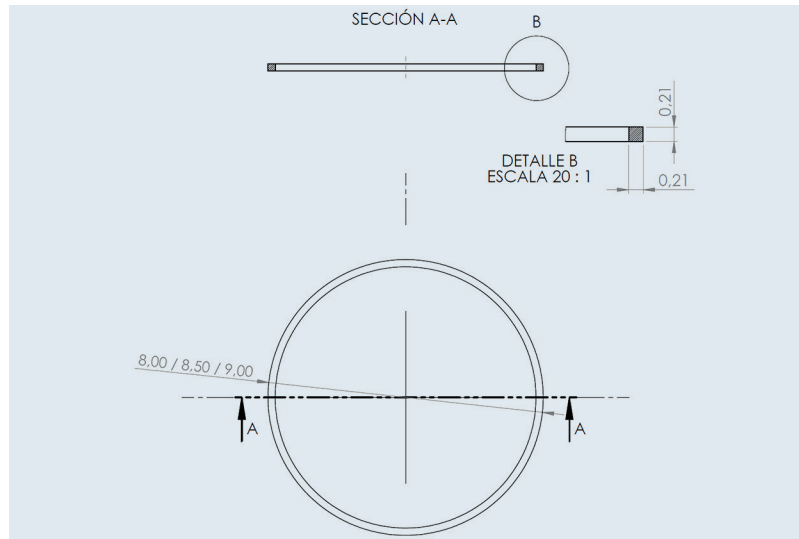
El Neoring se define como un anillo corneal cerrado de 360° pre-descemético que se asocia a las queratoplastias tipo DALK (fig. 118). El material del anillo es PMMA, y tiene filtro ultravioleta (UV). La sección es circular de 0,21 mm de espesor. La empresa AJL



**Figura 118.** Corte transversal del anillo Neoring en el bolsillo pre-descemético de la DALK.

13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

Ophthalmic (Vitoria, España) fabrica tres modelos, AQ080, AQ085 y AQ090, con diámetros de 8,0, 8,5 y 9,0 mm respectivamente, con el objetivo de que se pueda personalizar el implante (fig. 119). El diámetro de Neoring a implantar deberá ser siempre 0,50 mm mayor que el diámetro de la trepanación de la córnea receptora, para que encaje correctamente en el bolsillo periférico.



**Figura 119.** Descripción de las dimensiones del anillo en estudio en plano.

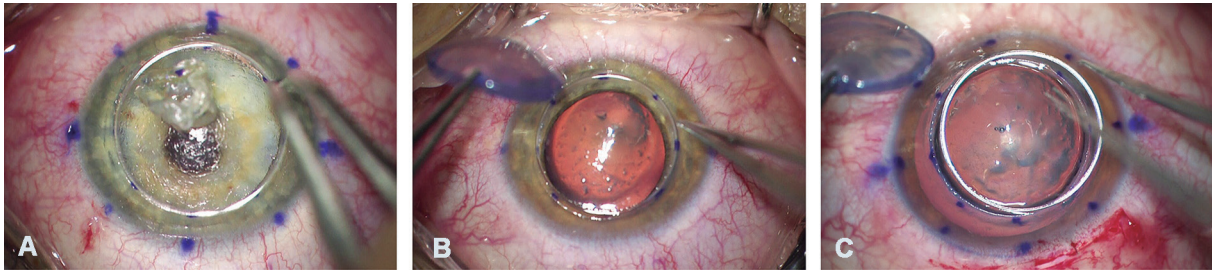
## 5.6. Técnica quirúrgica

Todos los casos fueron intervenidos de DALK por el mismo cirujano experto (JFA), mediante la técnica de disección manual pre-descemética descrita por Anwar en 1972<sup>53</sup>. Los pasos más relevantes de la técnica son los siguientes: trepanación parcial de la córnea receptora de 8,00 mm; diámetro de la córnea donante de 8,25 mm; disección manual del lecho estromal receptor, partiendo del borde de la trepanación, mediante espátulas de Melles; obtención de un lecho estromal residual entre 50 y 75  $\mu$ m, comprobado mediante paquimetría intraoperatoria con ultrasonidos (SonoGage, Cleveland, USA); creación de un bolsillo corneal periférico pre-descemético, 0,25 mm por fuera de la trepanación del receptor; implante del anillo Neoring de 8,5 mm en el bolsillo, y fijación del mismo mediante dos puntos de sutura de seda de 8/0 a las 12 y a las 6 horas; sutura inicial del injerto con 4 puntos de nylon de 10/0, pasando la aguja a una profundidad del 90% en el

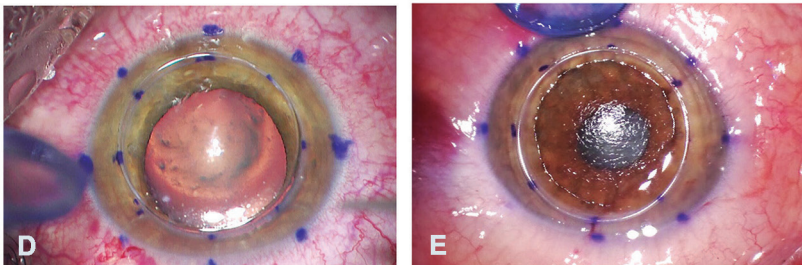


13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado:  
2 años de seguimiento.

botón donante y a nivel del bolsillo pre-descemético de la córnea receptora, siempre por encima del anillo; retirada de los puntos de fijación del anillo NeoRing; sutura completa del injerto con los habituales 16 puntos. La cirugía se realizó con sedación y anestesia loco-regional (fig. 120A-J).



**Figura 120.** Iconografía quirúrgica de todos los casos intervenidos durante el estudio (A-E).



**Figura 120.** Iconografía quirúrgica de todos los casos intervenidos durante el estudio (F-J).

### 5.7. Tratamiento y seguimiento postoperatorio

El tratamiento postoperatorio consistió en colirios de dexametasona al 1% (Maxidex: Novartis Pharma GmbH, Nuremberg, Alemania), más ciprofloxacino al 0,3% (Cetraflux: Laboratorios SALVAT, S.A. Esplugues de Llobregat, Barcelona) 4 veces al día durante una semana; con

13. Anillo corneal pre-desquemático en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

una pauta descendente de dexametasona durante otros 3 meses, y una dosis de mantenimiento incluso durante el primer año. Además, los pacientes recibieron lubricantes tópicos 4 veces al día durante al menos 3 meses con PRGF (PRGF® Endoret®, BTI, MedicalMix, S.L.U, Barcelona), como terapia regenerativa de la superficie corneal.

Las revisiones postoperatorias se realizaron a los 1 y 7 días, y después al mes 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18 y 24 meses. El tiempo mínimo de seguimiento en todos los pacientes fue de 2 años. La retirada selectiva de los puntos se inició a los 6 meses y se finalizó por completo a los 15 meses.

En cada visita de control se realizaron mediciones de agudeza visual, refracción, topografía y tomografía corneal, evaluación en lámpara de hendidura y contaje endotelial. Además, en la última visita de seguimiento (24 meses), evaluamos el RMS para las aberraciones del coma (calculada para los polinomios de Zernike Z (3, 1) y Z (3, -1)) y la aberración esférica (Zernike coeficiente z (4,0)), evaluados para un tamaño pupilar de 4,5 mm. Finalmente, en la última visita, utilizamos el Casia II-OCT (OCT Visante, Carl Zeiss Meditec, Alemania; Casia II, Tomey, Japón) para medir el Tg y Th y así, calcular el valor absoluto de la diferencia entre Tg y Th (Tg-Th), de acuerdo con el estudio de Zhao et al.<sup>207</sup>. También se midió el grosor corneal del complejo receptor + Neoring.

## 5.8. Análisis de los datos

El análisis estadístico se realizó utilizando el software SPSS para Windows (versión 15.0, SPSS, INC). Los datos preoperatorios y postoperatorios se compararon utilizando la prueba de Friedman. El valor de P inferior a 0,05 se consideró estadísticamente significativo. Los datos se informan como la media  $\pm$  DE.

## 6. Resultados

### 6.1. Agudeza visual

Los datos clínicos preoperatorios de los pacientes se resumen en la tabla 9. En ningún caso se desarrollaron complicaciones intra o postoperatorias.



13. Anillo corneal pre-desquemático en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado:  
2 años de seguimiento.

**Tabla 9.** Datos demográficos y refractivos preoperatorios de los casos con Neoring

	Media ± DE	Rango (Min; Max)
Edad (años)	36,90 ± 2,28	(34; 40)
Esfera refractiva (D)	-7,80 ± 3,79	(-14,00; -3,00)
Cilindro refractivo	-8,40 ± 4,12	(-16,00; -4,00)
CDVA (Escala LogMAR)	0,36 ± 0,07	(0,30; 0,50)
Longitud Axial (mm)	25,45 ± 1,41	(23,51; 26,94)
K min (D)	51,85 ± 3,41	(48,12; 57,56)
K max (D)	59,55 ± 5,20	(53,18; 66,75)
Queratometría media (D)	55,70 ± 3,98	(50,65; 61,50)
Espesor corneal (µm)	390 ± 52	(299; 444)
CE (cel/mm <sup>2</sup> )	2450 ± 543	(1674; 3522)

En la tabla 10 se observan los resultados clínicos preoperatorios y postoperatorios. Todos los parámetros visuales y refractivos mejoraron significativamente después de la DALK y con el inicio de la retirada selectiva de puntos. La CDVA fue mejorando progresivamente en cada visita durante el periodo de seguimiento. La figura 121 muestra los cambios en la CDVA para cada caso estudiado durante el postoperatorio. En la última visita, el 100% de los ojos lograron una CDVA de 0,2 o mejor (escala LogMAR) y un 50% de 0,1 (escala LogMAR) o mejor. El índice de seguridad fue de 1,87.

**Tabla 10.** Resultados clínicos preoperatorios y postoperatorios

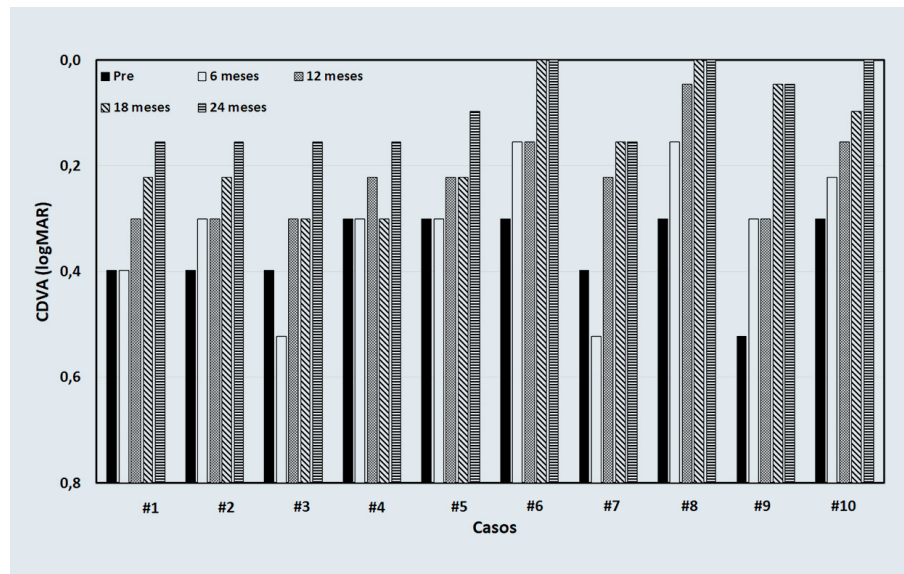
	Preoperatorio	6 meses*	12 meses	18 meses**	24 meses
Esfera (D) Rango	-7,80 ± 3,79 (-14,00 a -3,00)	1,90 ± 3,90 <sup>#</sup> (-9,00 a +4,00)	-1,75 ± 2,20 (-5,00 a +1,00)	-3,03 ± 2,42 <sup>#</sup> (-7,00 a 0,00)	-3,39 ± 2,58 (-8,00 a -0,50)
Cilindro refractivo (D) Rango	-8,40 ± 4,12 (-16,00 a -4,00)	-3,40 ± 1,71 <sup>#</sup> (-6,00 a -0,50)	-3,65 ± 1,80 (-6,00 a -1,50)	-2,75 ± 2,01 <sup>#</sup> (-5,50 a -0,25)	-2,86 ± 1,65 (-5,00 a -1,00)
CDVA (Escala LogMAR) Rango	0,36 ± 0,07 (0,30 a 0,50)	0,29 ± 0,09 <sup>#</sup> (0,10 a 0,40)	0,22 ± 0,08 <sup>#</sup> (0,10 a 0,30)	0,15 ± 0,11 <sup>#</sup> (0,30 a 0,10)	0,09 ± 0,07 <sup>#</sup> (0,20 a 0,00)
Cilindro queratométrico (D) Rango	7,70 ± 3,73 (2,25 a 14,49)	4,09 ± 2,92 <sup>#</sup> (0,49 a 8,39)	3,56 ± 1,44 (2,08 a 5,59)	3,12 ± 1,43 (1,04 a 4,82)	3,19 ± 1,26 (1,04 a 4,87)
Queratometría mínima (D) Rango	51,85 ± 3,41 (48,12 a 57,56)	42,19 ± 4,00 <sup>#</sup> (35,62 a 48,78)	43,14 ± 2,88 (38,66 a 47,91)	43,88 ± 2,36 (39,83 a 47,21)	44,05 ± 1,89 (42,13 a 47,21)
Queratometría máxima (D) Rango	59,55 ± 5,20 (53,18 a 66,75)	46,27 ± 3,13 <sup>#</sup> (42,41 a 51,34)	46,70 ± 2,01 (44,18 a 50,88)	47,00 ± 2,40 (44,23 a 52,03)	47,22 ± 2,19 (44,80 a 51,92)
Queratometría media (D) Rango	55,70 ± 3,98 (50,65 a 61,50)	44,23 ± 3,28 <sup>#</sup> (39,02 a 50,06)	44,92 ± 2,37 (41,46 a 49,40)	45,44 ± 2,27 (42,01 a 49,62)	45,64 ± 1,94 (43,47 a 49,57)
Grosor corneal (µm) Rango	389,50 ± 51,58 (294 a 444)	541,70 ± 34,60 <sup>#</sup> (502 a 595)	550,50 ± 30,17 (501 a 589)	554,56 ± 21,89 (510 a 580)	566,56 ± 30,65 (520 a 620)
CE (cel/mm <sup>2</sup> ) Rango	2450 ± 543 (1674 a 3522)	2396 ± 399 (1874 a 3157)	2498 ± 277 (2162 a 3101)	2591 ± 444 (2065 a 3210)	2584 ± 283 (2185 a 3104)

\* Inicio de la retirada de suturas (16 puntos sueltos con nylon de 10-0).

\*\* 3 meses después de la retirada completa de las suturas.

# Diferencias estadísticamente significativas con la visita de seguimiento previa.

13. Anillo corneal pre-desmembrado en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

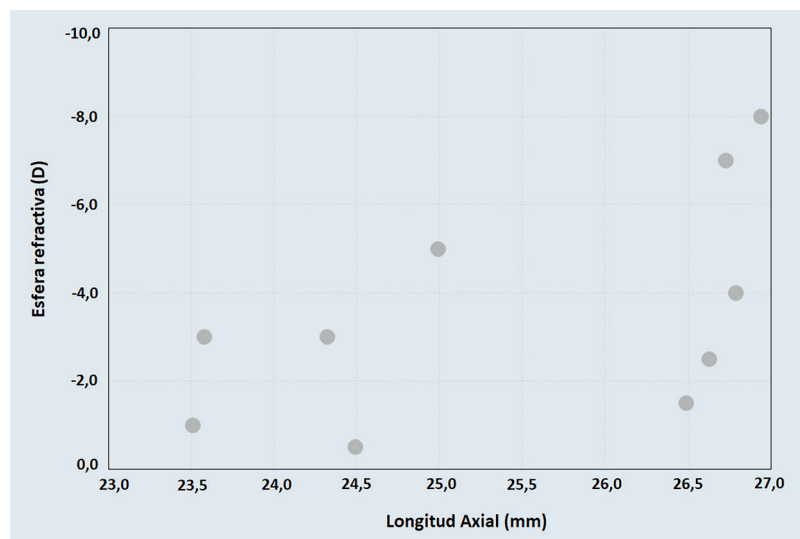


**Figura 121.** Se muestran los cambios en la CDVA para cada caso estudiado durante el postoperatorio.

## 6.2. Refracción esférica

La esfera refractiva media post-operatoria a los 24 meses fue de  $-3,39 \pm 2,58$  D ( $p = 0,0001$ ), mientras que en el preoperatorio era de  $-7,80 \pm 3,79$  D. Hay que recordar que la esfera residual depende de la queratometría y de la longitud axial.

En la última visita, solo 4 ojos tenían un error de refracción esférico mayor o igual a 4,00 D. En estos casos, la longitud axial era superior a 25 mm (fig. 122).



**Figura 122.** Grafico representativo de los valores de LAx en la muestra analizada, frente al error refractivo esférico postoperatorio.

13. Anillo corneal pre-desquemático en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

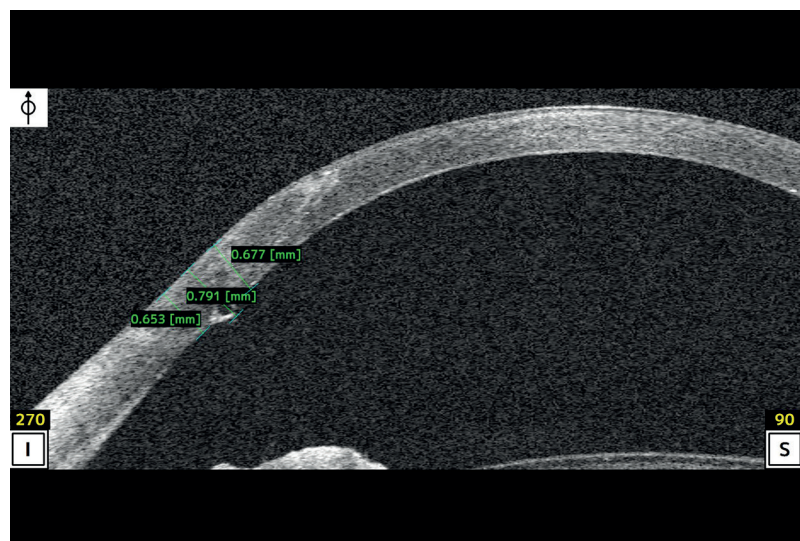
### 6.3. Refracción cilíndrica, queratometría y aberraciones

El cilindro refractivo varió de  $-8,40 \pm 4,12$  D en el pre-operatorio, a  $-2,86 \pm 1,65$ , dos años después de la cirugía ( $P < 0,001$ ). En la última visita, ningún ojo tenía un cilindro refractivo post-operatorio mayor o igual a 5,00 D, y en 5 ojos (50%) fue menor o igual a 2,50 D. Todos los valores queratométricos disminuyeron significativamente después de la cirugía. En la última visita, la queratometría media fue de  $45,64 \pm 1,94$  D (rango de 43,47 a 49,57 D).

En cuanto a la aberrometría corneal, el RMS postoperatorio a los 24 meses para las aberraciones esféricas y de tipo coma de la superficie corneal posterior fue de  $0,12 \pm 0,09$   $\mu\text{m}$  y  $0,08 \pm 0,18$   $\mu\text{m}$ , respectivamente. A su vez, el RMS para las aberraciones tipo coma de la córnea total fue de  $0,30 \pm 0,15$   $\mu\text{m}$  y la aberración esférica fue de  $0,22 \pm 0,09$   $\mu\text{m}$ .

### 6.4. Congruencia de espesores

En la tabla 11, se especifica el espesor de la córnea receptora en la zona de implante del anillo, el espesor de la córnea receptora por detrás del anillo, y el espesor de la córnea donante por delante del anillo (fig. 123). Como se puede apreciar, la suma de la córnea receptora más el anillo, es siempre superior al espesor de la córnea donante, por lo que se evita la incongruencia de espesores. De no haberse implantado el anillo, el espesor de la córnea donante



**Figura 123.** Imagen tomográfica de la congruencia de espesores tras el implante de Neoring: el receptor más el anillo es mayor que el donante.

13. Anillo corneal pre-desquemático en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

**Tabla 11.** Tabla de la congruencia de espesores: el receptor más el Neoring es siempre mayor que el donante, evitándose así el escalón posterior

Receptor ( $\mu\text{m}$ )	Neoring ( $\mu\text{m}$ )	Donante ( $\mu\text{m}$ )
657	799	740
691	830	744
583	696	663
601	690	653
653	738	673
567	644	628
653	791	677
654	734	682
613	722	638
676	762	701
634,8	740,6	673,7

hubiera sido siempre superior al espesor de la córnea receptora. Como consecuencia de ello, no se han podido evidenciar escalones anteriores o posteriores significativos.

En la última visita, Tg y Th eran de  $679,9 \pm 39,0 \mu\text{m}$  y  $634,8 \pm 41,2 \mu\text{m}$ , respectivamente. En consecuencia, el (Tg-Th) fue de  $45,1 \pm 24,02 \mu\text{m}$ . El espesor del complejo receptor + Neoring fue de  $740,6 \pm 35,6 \mu\text{m}$ , y en todos los casos este espesor fue superior a la Tg (tabla 11).

### 6.5. Contaje endotelial

A los 24 meses de seguimiento, el CE postoperatorio medio fue de  $2.584 \pm 283 \text{ células/mm}^2$ , con un rango entre 2.185 y 3.104 células/mm<sup>2</sup>. No hubo cambios significativos en el CE medio en ningún momento del postoperatorio (P = 0,07).

### 6.6. Paquimetría corneal

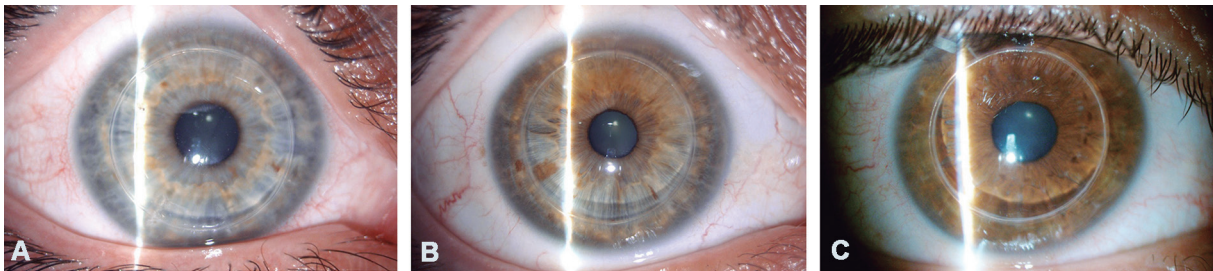
El grosor corneal central medio aumentó de  $389,5 \pm 51,58 \mu\text{m}$  antes de la operación a  $541,7 \pm 34,6 \mu\text{m}$  6 meses después de la cirugía (p = 0,0006). Durante el periodo de seguimiento permanece sin cambios ( $566,56 \pm 30,65 \mu\text{m}$  en la última visita).



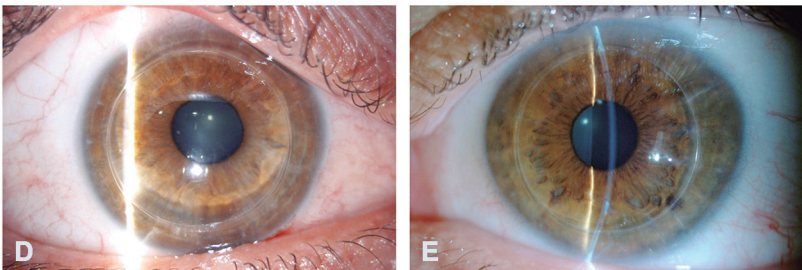
13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

### 6.7. Complicaciones, eventos adversos o cirugías secundarias

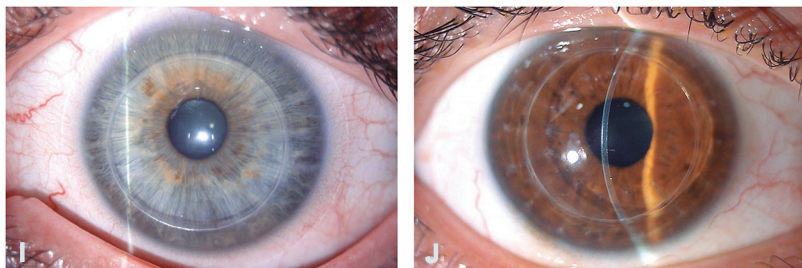
No se produjeron complicaciones intraoperatorias: la disección laminar del lecho receptor se completó en todas las ocasiones, así como el implante del anillo Neoring. Ningún caso requirió una conversión a trasplante penetrante. Durante los dos años de seguimiento, no se produjo la extrusión del anillo ni fue necesario su explante en ningún caso; su tolerancia fue la esperada. No se produjeron tampoco defectos de epitelización, infecciones o ectasias de la cicatriz (tabla 12). La retirada de la sutura se realizó sin complicaciones en el periodo de tiempo programado (fig. 124A-J).



**Figura 124.** Imagen en lámpara de hendidura de los 10 casos tras la retirada completa de las suturas (A-E).



**Figura 124.** Imagen en lámpara de hendidura de los 10 casos tras la retirada completa de las suturas (F-J).



13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

**Tabla 12.** Complicaciones posibles a corto y largo plazo de la DALK, y su comparativa cuando se implanta un anillo corneal Neoring con los pacientes del estudio. No se observaron complicaciones intra ni post-operatorias significativas a corto plazo

	DALK	DALK + Neoring
<b>corto plazo (2 años)</b>	escalones anteriores o posteriores	no
	astigmatismo elevado	2 casos con 5,00 D
	queratometría elevada	45,64 ± 1,96
	pliegues en Descemet	no
<b>largo plazo</b>	recidiva KC en donante	no valorado
	progresión KC en receptor	no valorado

## 7. Discusión

El queratocono avanzado es una enfermedad de la córnea que causa una importante discapacidad visual siendo, además, una de las principales indicaciones para el trasplante de córnea<sup>412,413</sup>. Es importante destacar también que el queratocono, incluso en los casos más avanzados, afecta habitualmente a pacientes jóvenes; por lo que lograr una buena calidad visual que se mantenga en el tiempo, debe ser el objetivo principal.

La DALK en pacientes con queratocono, tiene como objetivo mejorar la calidad visual restaurando la morfología corneal. La compatibilidad entre el donante y el receptor es un factor clave para poder lograr unos buenos resultados visuales y refractivos<sup>207</sup>. El factor limitante en cuanto a la recuperación visual después de la DALK es el grosor del lecho residual, considerándose que un grosor en el receptor de más de 80 µm reduce la agudeza visual postoperatoria<sup>1</sup>. A su vez, debemos recordar que los pacientes con queratocono presentan aberraciones importantes en la cara posterior de la córnea<sup>414</sup>. Esto es importante porque cuando realizamos la DALK, el injerto se implanta sobre un lecho receptor que permanece intacto y corresponde a la membrana de Descemet con o sin estroma asociado, por lo tanto, los cambios e irregularidades inducidos por el queratocono en esa superficie corneal posterior podrían contribuir a empeorar la calidad óptica del injerto corneal.

El antecedente de implantar un anillo corneal en los trasplantes de córnea, está en la publicación de Krumeich. Este autor, implantaba un anillo metálico (aleación de cobalto-titanio-molibdeno)

13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

en la interfase de un trasplante penetrante, es decir, incluido en la cicatriz<sup>409</sup>. Según Krumeich, proporcionaba una mejor estabilidad al trasplante y una barrera a la entrada de neovasos en el estroma donante. Sin embargo, no se conseguía reducir de manera significativa el astigmatismo refractivo, ni mejorar la agudeza visual con corrección. En el año 2017, Calatayud et al.<sup>411</sup>, publican dos casos de DALK en los que se implantó este anillo metálico en el estroma profundo. El objetivo era reducir el uso de corticoides postoperatorios y prevenir el crecimiento vascular en pacientes con leucoma corneal unilateral traumático y astigmatismo irregular.

El objetivo principal de este estudio es valorar los resultados funcionales y morfológicos que se obtienen al asociar un nuevo dispositivo, Neoring, a una DALK realizada en pacientes con queratocono. A diferencia del anillo de Krumeich, Neoring persigue los siguientes objetivos, todos ellos relacionados entre sí: aportar espesor a la córnea receptora, regularizar las fuerzas tensionales producidas por los puntos de sutura, disminuir la magnitud del astigmatismo, mejorar la simetría del astigmatismo, acelerar el proceso de integración y cicatrización, y aumentar la rigidez de la córnea receptora a largo plazo.

En el presente estudio, se evaluaron los resultados clínicos tras el implante de este nuevo anillo (Neoring). La muestra de 10 ojos es muy homogénea, con unos criterios de inclusión bien definidos. Uno de estos criterios, la longitud axial, nos permite evaluar correctamente el componente esférico de la refracción residual de la muestra y diferenciarlo del componente astigmático. En el estudio preoperatorio hay que destacar dos hechos: la falta de correlación entre los astigmatismos refractivo, queratométrico (Javal a 3 mm) y topográfico (SIRIUS a 3 mm), y la CDVA en gafa, que era de  $0,36 \pm 0,07$  LogMAR. No se comprobó la visión que se podría haber obtenido con una lente de contacto escleral.

La técnica quirúrgica de la DALK que se aconseja para el implante de Neoring es la técnica predescemética. La disección laminar del estroma se realiza mediante espátulas de Melles, comenzando la disección por dentro de la trepanación inicial. En todos los casos, el diámetro de la trepanación se realizó de 8,0 mm, el diámetro de la córnea donante fue de 8,25 mm, y el diámetro del anillo implantado, de 8,5 mm.

Esta técnica en pacientes con queratocono, puede proporcionar resultados de CDVA comparables a las técnicas desceméticas



13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

(D-DALK)<sup>415-419</sup> siempre que, como se expuso anteriormente, el grosor del lecho residual sea inferior a  $80 \mu\text{m}^1$ . Akdemir et al.<sup>79</sup>, han publicado recientemente que la técnica de disección manual predescemética no es peor que la técnica descemética, en cuanto a los datos de histéresis corneal y al factor de resistencia corneal; con ambas técnicas se consiguen unas buenas propiedades biomecánicas de la córnea. En esta misma línea, Feizi et al.<sup>89</sup>, aseguran que los resultados obtenidos con ambas técnicas son comparables en cuanto a la queratometría media y al astigmatismo queratométrico.

Teniendo estas consideraciones en cuenta, en nuestro estudio, el lecho residual fue inferior a  $70 \mu\text{m}$  en la zona central en todos los casos. Además, el implante de Neoring tuvo como objetivo restaurar la morfología corneal aumentando el grosor de la córnea receptora periférica, regularizando el lecho residual.

Los resultados mostraron una buena agudeza visual postoperatoria. En la última visita, el CDVA fue de  $0,09 \pm 0,07$  (escala LogMAR) (rango de 0,20 a 0,00), el 100% de los ojos alcanzó un CDVA de 0,20 (escala LogMAR) y el 50% un CDVA de 0,10 (escala LogMAR) o mejor. Además, es importante señalar que 3 de los 5 ojos con un CDVA de 0,20 (escala LogMAR) tenían una longitud axial mayor de 26,5 mm y un estafiloma posterior con inclinación del plano macular. Por lo tanto, es posible que estos casos hayan alcanzado su máxima agudeza visual. Para conocer la verdadera influencia de la córnea o de la retina en los resultados de agudeza visual, se tendría que haber realizado una valoración de la misma con una lente de contacto de apoyo escleral.

Analizando la evolución de la CDVA, se ve como a los 12 meses todos los casos tenían un valor igual o mejor que antes de la cirugía, a los 18 meses en todos los casos era mejor, y a los 24 meses se alcanzaba el valor máximo. Estos datos permiten informar al paciente sobre la duración del proceso de rehabilitación visual que se espera.

El índice de seguridad fue de 1,87. Los resultados visuales del estudio fueron mejores que los publicados previamente en queratocono avanzado. En el estudio de Feizi et al.<sup>89</sup>, el CDVA fue de 0,19 y 0,20 logMAR (en torno a 0,6 en escala decimal) para los pacientes en estadio III y IV de queratocono según la clasificación de Amsler Krumeich, respectivamente. Javadi et al.<sup>420</sup>, a su vez, observaron un CDVA de 0,16 y 0,18 logMAR (en torno a 0,7 en escala decimal) para pacientes con queratocono moderado y severo

13. Anillo corneal pre-desquemático en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

utilizando la técnica descemética, y un CDVA significativamente peor para el queratocono severo con la técnica pre-desquemática de 0,29 logMAR; (en torno a 0,6 en escala decimal). Hay que analizar estas comparaciones con cautela, porque, aunque los casos del estudio fueron analizados prospectivamente, se trata de un estudio piloto que incluye diez ojos. Sin embargo, parece que el implante de Neoring podría mejorar la agudeza visual, como se explicará a continuación.

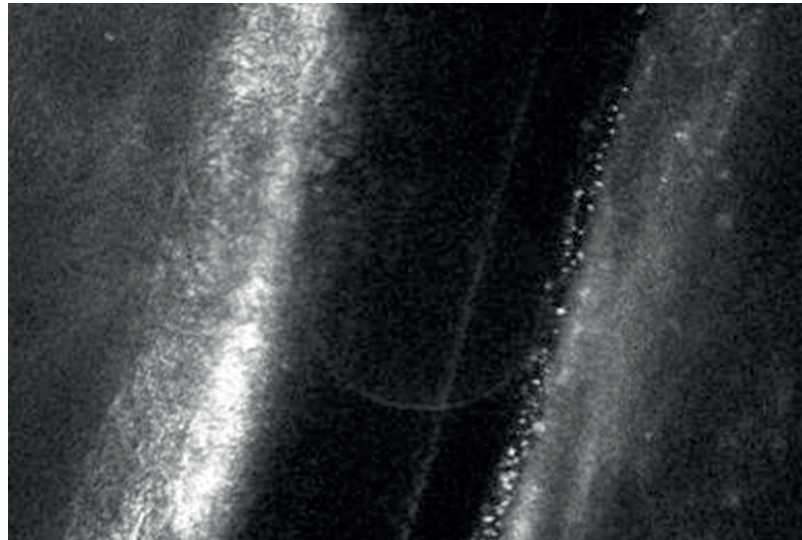
En cuanto a los resultados refractivos, en la última visita, solo 4 ojos tenían un error de refracción esférico  $\geq 4,00$  D. En estos casos, la longitud axial era superior a 25 mm. Además, la queratometría media en la última visita fue de  $45,64 \pm 1,94$  D. Estos resultados indican que la refracción de la esfera postoperatoria se asocia principalmente con la longitud axial, y no con una alta queratometría postoperatoria. El cilindro refractivo cambió de  $-8,40 \pm 4,12$  D antes de la operación a  $-2,86 \pm 1,65$  dos años después de la cirugía ( $P < 0,001$ ). El cilindro promedio postoperatorio después de una DALK por queratocono puede variar entre 2,50 y 5,00 D, según los datos publicados<sup>92,350,415</sup>. Sin embargo, en pacientes con queratocono moderado-grave, el astigmatismo después de la DALK que se puede obtener está en torno a 3,50 D, pudiendo alcanzar valores de hasta 10,00 D<sup>89</sup>. Analizando los resultados del estudio, en la última visita ningún ojo presentaba un cilindro refractivo postoperatorio  $\geq 5,00$  D; y en 5 ojos (50%) era  $\leq 2,50$  D. Por esta razón, la regularidad que se obtiene en el lecho receptor podría mejorar los resultados visuales y refractivos postoperatorios.

Con el implante de Neoring se ha conseguido, en todos los casos de la muestra, alcanzar un astigmatismo refractivo compatible con una corrección óptica en gafa. Antes de la cirugía, la distribución de astigmatismos directos, oblicuos e inversos era de 1, 7 y 2 casos respectivamente. A los 24 meses, la distribución había cambiado a 7, 2 y 1; la mayoría de los astigmatismos a los 24 meses eran a favor de la regla. Esto permite que, en el caso de que exista una anisometropía significativa, se pueda plantear la corrección quirúrgica del astigmatismo con cualquiera de las técnicas habituales. La fotoablación refractiva mediante FemtoLASIK, el moldeado corneal mediante ICRS y la corrección refractiva mediante lentes intraoculares fáquicas de apoyo en cuerpo ciliar, son técnicas eficaces en estos rangos de astigmatismo. Elegir una u otra depende de la simetría obtenida en la morfología topográ-

13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

fica del astigmatismo. En caso de asimetría, estaría más indicado el implante de ICRS. En los tres pacientes que presentaban una miopía elevada, se tiene previsto implantar una lente fáquica de apoyo en cuerpo ciliar.

El hecho de implantar un dispositivo de PMMA, podría producir un proceso de cicatrización mediado por queratocitos activados, de forma similar a lo que ocurre tras el implante de ICRS<sup>421</sup> (fig. 125).



**Figura 125.** Imagen de microscopia confocal de ICRS.

Este proceso de cicatrización a nivel pre-descemético, podría producir una contracción en la córnea receptora, y dar lugar a un aplanamiento del lecho residual. En consecuencia, y considerando que los radios de curvatura en la córnea receptora son un factor que influye en los radios de curvatura del donante<sup>163</sup>, podría resultar en una queratometría menos pronunciada del injerto. La queratometría media postoperatoria del estudio fue de  $45,64 \pm 1,94$  D, sin que ningún caso superase las 50,00 D. Por el contrario, la queratometría media postoperatoria informada por Feizi et al.<sup>89</sup> en los estadios III y IV de AK fue de alrededor de 1,00 D y 1,50 D más pronunciada respectivamente, obteniendo una Km de hasta 53,50 y 56,50 D, respectivamente, en algunos casos.

Además, el implante de Neoring podría disminuir las irregularidades del lecho receptor inducidas por el queratocono avanzado y, como consecuencia, las aberraciones corneales totales. A los 24 meses, el RMS postoperatorio para las aberracio-

13. Anillo corneal pre-desquemático en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

nes esféricas y el coma de la superficie corneal posterior fue de  $0,12 \pm 0,09 \mu\text{m}$  y  $0,08 \pm 0,18 \mu\text{m}$ , respectivamente. A su vez, el RMS para las aberraciones comáticas de la córnea total fue de  $0,30 \pm 0,15 \mu\text{m}$  y la aberración esférica fue de  $0,22 \pm 0,09 \mu\text{m}$ . Aunque no se puede comparar con los valores preoperatorios, considerando que las aberraciones corneales de la cara posterior aumentan en los pacientes con queratocono avanzado, se debe esperar que las aberraciones esféricas y comáticas fueran significativamente mayores antes de la cirugía. Además, nuestro grupo de investigación ha demostrado que el implante de un ICRS de 300 grados de arco, proporciona cambios significativos en la morfología de la superficie corneal anterior y posterior en el queratocono moderado-grave, haciendo que ambas superficies sean más regulares<sup>373</sup>.

Aunque los ICRS y el Neoring tienen indicaciones y mecanismos de acción diferentes, parece lógico pensar que el Neoring también puede tener un efecto de regularización en el lecho receptor. Por otra parte, la mejora continua en la CDVA durante el seguimiento de los pacientes (tabla 10) podría estar relacionada, además de con la retirada de las suturas, con un proceso de regularización en curso que, a su vez, estaría influenciado por el proceso de cicatrización alrededor del anillo corneal predescemático explicado anteriormente.

Otro de los problemas descritos de la DALK en el queratocono, es la falta de congruencia entre el espesor de la córnea receptora y el espesor de la córnea donante, problema que origina alteraciones en la superficie, en la córnea donante y en la cicatriz. En este sentido, Neoring aporta 0,21 mm de espesor a la córnea receptora, por lo que facilita la congruencia de espesores con independencia de la localización de la zona más delgada. En nuestra serie de casos no se han presentado complicaciones en la superficie corneal ni en la cicatrización del trasplante. Zhao et al.<sup>207</sup> encontraron que cuanto mayor es el valor absoluto de la diferencia (Tg-Th) entre el espesor del donante (Tg) y el espesor del receptor (Th) en la unión donante-receptor, peores resultados visuales y refractivos. El valor de (Tg-Th) fue menor en nuestro estudio que el publicado por Zhao et al.<sup>207</sup> ( $45,10 \mu\text{m}$  y  $85,74 \mu\text{m}$ , respectivamente). Además, el espesor que aporta el receptor más el Neoring fue más grueso que Tg en todos los casos. Todos estos hallazgos sugieren que el implante de este anillo predescemático en la DALK, proporcionaría una superficie posterior de la córnea más regularizada y aplanada postoperatoriamente, y

13. Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

una transición más suave de la unión donante-receptor, proporcionando unos buenos resultados en el queratocono avanzado.

En el estudio actual, no se produjeron complicaciones durante la cirugía ni durante todo el periodo de seguimiento. La complicación intraoperatoria más frecuente y significativa es la perforación de DM, que puede ocurrir entre el 0 y el 50% de los casos según los diferentes estudios<sup>415-417,422</sup>. Esta complicación depende de la patología previa (queratocono u otra diferente) y de la técnica quirúrgica (descemética o predescemética). La incidencia de perforación durante la DALK en queratocono utilizando técnicas desceméticas no se conoce con exactitud. En nuestra muestra, y con la técnica quirúrgica descrita anteriormente, no se produjeron micro o macro-perforaciones del lecho receptor en ninguno de los casos.

El contaje endotelial se mantuvo estable durante el seguimiento, sugiriendo que el implante de Neoring no produce alteraciones en el endotelio. Es necesario un seguimiento a más largo plazo para conocer los efectos sobre el endotelio de un anillo de PMMA colocado a un nivel tan profundo, predescemético. En cuanto al espesor corneal, la paquimetría se mantuvo muy estable a partir de los tres meses.

Una complicación postoperatoria tardía después de la DALK es la progresión del queratocono, o ectasia de la cicatriz<sup>157,158,415</sup>. La diferencia entre Tg y Th podría provocar un adelgazamiento progresivo de la unión donante-receptor con el tiempo, lo que podría inducir un astigmatismo irregular importante. Como se explicó anteriormente, el implante aporta volumen a la córnea receptora periférica, disminuyendo la diferencia entre Tg y Th y haciendo que el espesor del complejo receptor más Neoring sea más grueso que Tg.

Esta complicación se produce tanto en el trasplante penetrante como en la DALK, y aparece a largo plazo, entre 20 y 30 años después de la cirugía. Representa un verdadero problema para el paciente, ya que se caracteriza por la presencia de un macro-astigmatismo de difícil corrección óptica. La técnica de resección en cuña de la cicatriz puede ser una solución, aunque se considera transitoria. Además, el implante de un anillo podría asegurar la estabilidad de la herida. Por lo tanto, el enfoque de implantar el Neoring podría disminuir el riesgo de progresión del queratocono. Sin embargo, se necesitan más estudios con una muestra más grande y seguimientos más prolongados para abordar estos posibles beneficios.

A pesar de los buenos resultados obtenidos en este estudio prospectivo, hay que reconocer que se trata de un estudio piloto

13. Anillo corneal pre-desquemático en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono avanzado: 2 años de seguimiento.

que incluye diez casos y representa una experiencia en un único centro. También es importante tener en cuenta que todas las cirugías fueron realizadas por un cirujano experimentado. Por lo tanto, se requieren más estudios prospectivos y multicéntricos con una muestra más grande y seguimientos más prolongados para abordar en profundidad los beneficios potenciales de este procedimiento.

Cabe destacar que Neoring se concibió inicialmente para la técnica DALK pre-desquemática manual, implantándose en un bolsillo de la córnea receptora. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el láser de FS se puede utilizar de forma segura y eficaz para crear patrones de corte tanto en la córnea receptora como donante, pudiendo también permitir el implante de Neoring en un bolsillo periférico. Por lo tanto, consideramos interesante evaluar los resultados del implante de Neoring en DALK asistido por láser de FS, utilizando esos patrones de corte en estudios futuros<sup>423</sup>.

## 8. Conclusiones

Los hallazgos de este estudio sugieren que el implante de un anillo de PMMA (Neoring) a nivel predesquemático durante la DALK, puede representar una opción viable para optimizar los resultados postoperatorios en el queratocono avanzado.

Además, se trata de una técnica quirúrgica segura a corto plazo (24 meses), ya que no se han producido complicaciones intra ni postoperatorias, sin describirse perforaciones durante la cirugía, ni extrusiones del anillo en el postoperatorio. Tampoco se han descrito ectasias de la cicatriz, y se ha observado que dicho implante aporta espesor al lecho estromal receptor, lo que facilita la integración y estabilización de la córnea donante.

También se han obtenido unos resultados aceptables en cuanto al astigmatismo refractivo y topográfico lo que permite, en caso necesario, una corrección óptica o quirúrgica en un segundo tiempo, aportando una buena agudeza visual con corrección. El seguimiento a 5 años permitiría comprobar la estabilidad del astigmatismo, referencia indirecta de la estabilidad de la cicatriz.

Se puede afirmar que el implante del anillo Neoring aporta buenos resultados morfológicos y funcionales, pudiendo considerarse un procedimiento seguro, durante la cirugía y durante el postoperatorio.





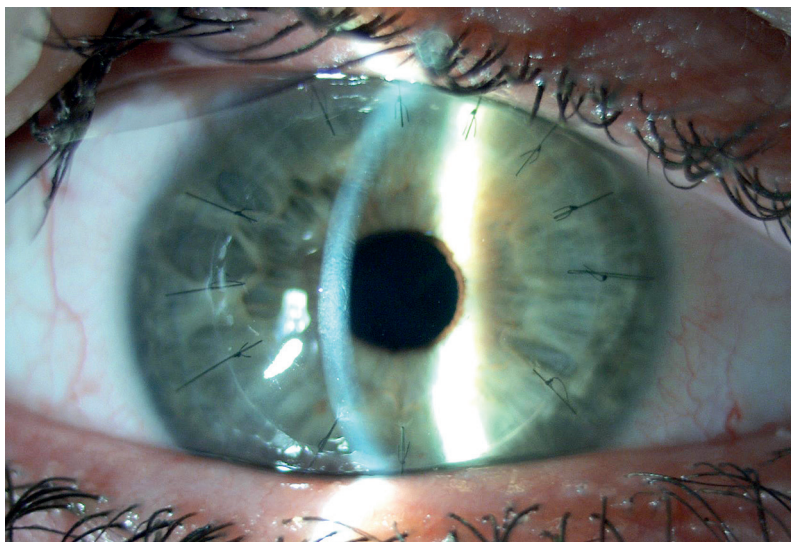
## 14. Discusión

### 14.1. Refracción residual en la DALK

A un paciente intervenido de DALK hace dos años, sin puntos de sutura desde hace 6 meses, se le debería considerar rehabilitado de su patología inicial. La valoración del resultado final se debe centrar en estudios morfológicos y funcionales. Por un lado, la transparencia del injerto, la población endotelial de la córnea, la paquimetría corneal y la queratometría. Por otro lado, la UDVA, la refracción residual y la CDVA. Junto a todo esto, es fundamental también, valorar el estado refractivo del ojo contralateral, y pensar en las medidas necesarias que debemos tomar para conseguir una buena visión binocular.

Como se viene referenciando a lo largo del presente proyecto de investigación, no es lo mismo una patología bilateral, como puede ser el queratocono, que una patología unilateral relacionada con cicatrices corneales o cirugías refractivas previas. Por esta razón, la evaluación del ojo contralateral, y su necesidad o no de corrección óptica, será un factor determinante a la hora de plantear una cirugía refractivo-terapéutica en un paciente con un trasplante tipo DALK. En numerosas ocasiones, será necesario también actuar quirúrgicamente en el ojo adelfo. Una vez se haya evaluado el estado de la visión binocular del paciente, se realizará el oportuno estudio oftalmológico para poder determinar la mejor estrategia médica o quirúrgica a seguir.

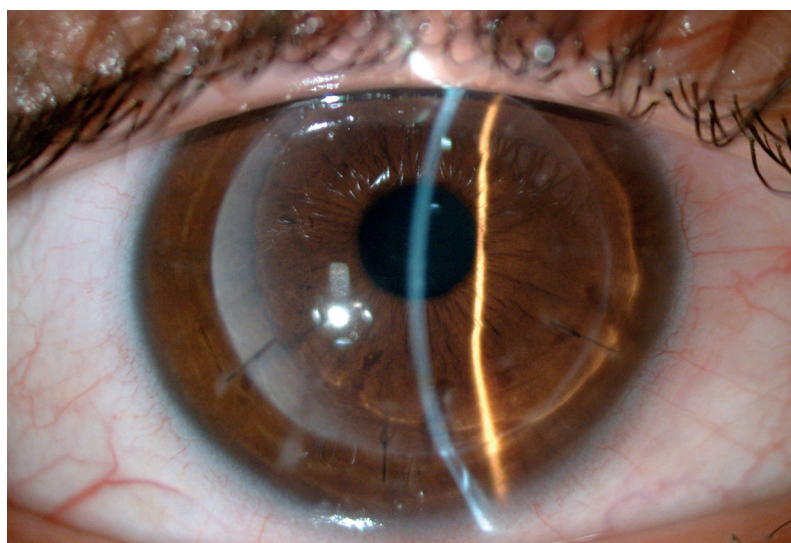
También se sabe que la causa del astigmatismo residual se encuentra muy relacionada con la técnica quirúrgica empleada en la DALK. En una primera aproximación, se pueden diferenciar causas relacionadas con la trepanación del receptor, con la trepanación del donante o con la técnica de sutura. También hay que introducir en la ecuación, el proceso de cicatrización, muy influenciado por todo lo anterior, pero con un componente individual muy marcado.



**Figura 126.** Descentramiento en la trepanación de la córnea receptora.

La trepanación del receptor puede estar descentrada (fig. 126), intencionada o inadvertidamente. Por ejemplo, en el caso del queratocono se pueden originar descentramientos u ovalizaciones de la trepanación por las propias condiciones de la córnea, al igual que en casos de queratotomía radial o leucomas previos. Un descentramiento en la trepanación del receptor puede hacer que aparezcan astigmatismos residuales altos e irregulares. Habitualmente, en estos casos la topografía y la refracción son incongruentes, aunque tienden a ser estables una vez retiradas por completo las suturas.

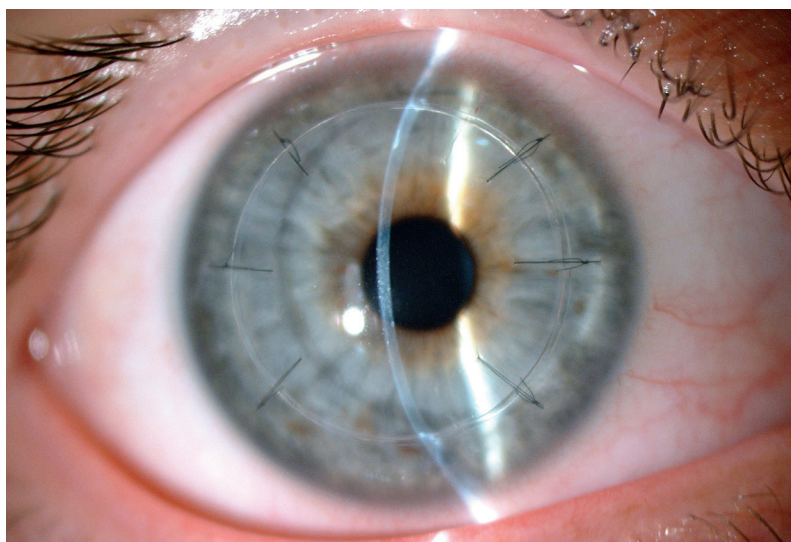
También influye la trepanación del donante (fig. 127). Un corte oval en el donante, suele dar un astigmatismo regular, pero se asocia con frecuencia a problemas de superficie, con alteraciones



**Figura 127.** Descentramiento en la trepanación de la córnea donante.

postoperatorias de la sutura y con inestabilidad refractiva tras la retirada completa de los puntos.

Y, por último, el tipo de sutura (continua o puntos sueltos) y el momento de retirarla. En este caso, se prefiere el uso de puntos sueltos, y quitarlos a partir del 6.º mes por parejas opuestas (fig. 128). A los 12 meses suelen haberse retirado por completo, y a los 18 meses se pueden plantear las correcciones refractivas. A partir de los 24 meses, se suele alcanzar la máxima agudeza visual. En la tabla 13, se sugieren diferentes modificaciones quirúrgicas para prevenir la refracción residual según la patología previa del paciente.



**Figura 128.** Retirada selectiva de las suturas.

**Tabla 13.** Prevención de la refracción residual en la DALK teniendo en cuenta la patología que ha condicionado el trasplante

Prevención de la refracción residual post-DALK			
Patología de base	Trepanación córnea receptora	Trepanación córnea donante	Modificaciones quirúrgicas a incorporar
Queratocono	evitar trepanación descentrada trepanación de 8 mm aprox.	trepanación sobredimensionada 0,25 mm (sin endotelio) corte circular y homogéneo corte desde la cara epitelial láser de Femtosegundo (?)	técnicas pre-desceméticas implante de Neoring
Q. Radial			técnicas pre-desceméticas desepitelización de los cortes puntos tangenciales en los cortes puntos sueltos en el trasplante
Post-LASIK Leucomas Distrofias			controversia entre el empleo de técnicas desceméticas vs pre-desceméticas

Las técnicas de corrección quirúrgicas de la refracción residual en la DALK dependen del resultado refractivo obtenido. Este puede incluir defectos esféricos (miópicos o hipermetrópicos) o cilíndri-

cos. Las diferentes técnicas quirúrgicas de las que se dispone actualmente, se basan en cirugías sobre la córnea (fotoablación corneal o moldeado corneal) o en el implante de lentes intraoculares (cirugía aditiva o sustitutiva del cristalino). La elección de una técnica u otra depende de muchos factores, muchos de ellos circunstanciales, como pueden ser las preferencias del cirujano, su experiencia con cada una de las técnicas, o la disponibilidad tecnológica de un determinado centro hospitalario para realizarlas. Para ofrecer la mejor opción a nuestros pacientes, será necesario conocer y manejar todas ellas.

La elección de la técnica también puede venir condicionada por la patología de base que ha originado la necesidad de la DALK, ya que esta patología puede influir en el comportamiento biomecánico de la córnea receptora frente a la técnica elegida.

Como se ha visto también, podemos afirmar que existe un consenso en cuanto al tiempo mínimo que debe pasar antes de realizar cualquier tipo de cirugía post-DALK. Se considera que hay que esperar al menos 6 meses desde la retirada completa de la sutura<sup>215</sup>.

### **14.1.1. Problemática refractiva de la DALK en el Queratocono**

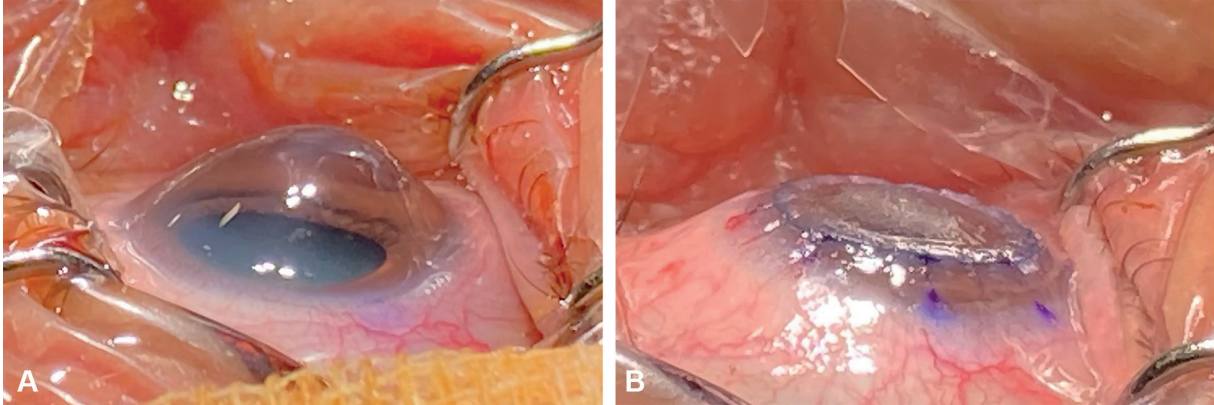
El queratocono se caracteriza por ser una enfermedad corneal crónica, progresiva, de evolución irregular y bilateral, con una presentación asimétrica. La córnea adquiere una forma cónica y, generalmente, se produce un adelgazamiento o ectasia en la zona central o paracentral temporal inferior que se asocia a un astigmatismo irregular y, con frecuencia, a una ametropía miópica. Secundario a la irregularidad de la córnea, se produce un descenso en la agudeza visual que no puede ser corregido por completo con gafa ni con lente de contacto.

Pero también existen algunos casos de queratocono sin un adelgazamiento localizado. Son pacientes que solo tienen el aumento de la curvatura corneal, aunque conllevan los mismos problemas visuales.

Existen diferentes estadios de queratocono y diferentes fenotipos clínicos. Cada estadio debe considerarse dentro de cada fenotipo, ya que los resultados después de la DALK podrían tener el sesgo de incluir córneas con diferentes estadios y fenotipos. En el IUFV, debido a la utilización habitual de las técnicas de moldeado corneal con ICRS,

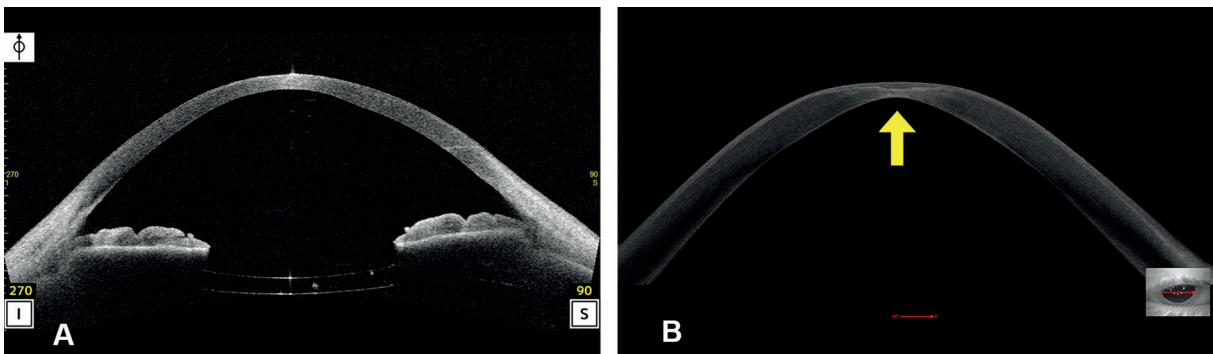


los trasplantes de tipo DALK que se realizan son, en la mayoría de los casos, en queratocono grado IV de la clasificación de Amsler-Krumeich (fig. 129). La localización del menor espesor y/o de la mayor curvatura, condicionará el diámetro de la trepanación de la córnea y, como consecuencia, el resultado refractivo post-operatorio.



**Figura 129.** Queratocono grado IV. Imagen quirúrgica antes (A) y después de la DALK (B).

En un queratocono central (figs. 130A, 130B y 131), donde la córnea periférica no se encuentre adelgazada en exceso, la unión donante-receptor puede tener unas características morfológicas congruentes en cuanto a su espesor. Por lo tanto, no deberíamos tener problemas post-operatorios relacionados con escalones anteriores o posteriores, ni tampoco macro-astigmatismos. Pero, por otro lado, como en el cono central la curvatura suele ser muy elevada, es habitual que tengamos ángulos irido-corneales muy abiertos, mayores de  $35^\circ$ , lo que podría dar lugar a queratometrías post-DALK altas, mayores de 45,00 D. Este dato es muy importante a la hora de programar una cirugía de catarata, especialmente si programamos un procedimiento combinado simultáneo.



**Figura 130.** Imagen tomográfica (A), y de alta resolución (B) de un queratocono central.



14. Discusión

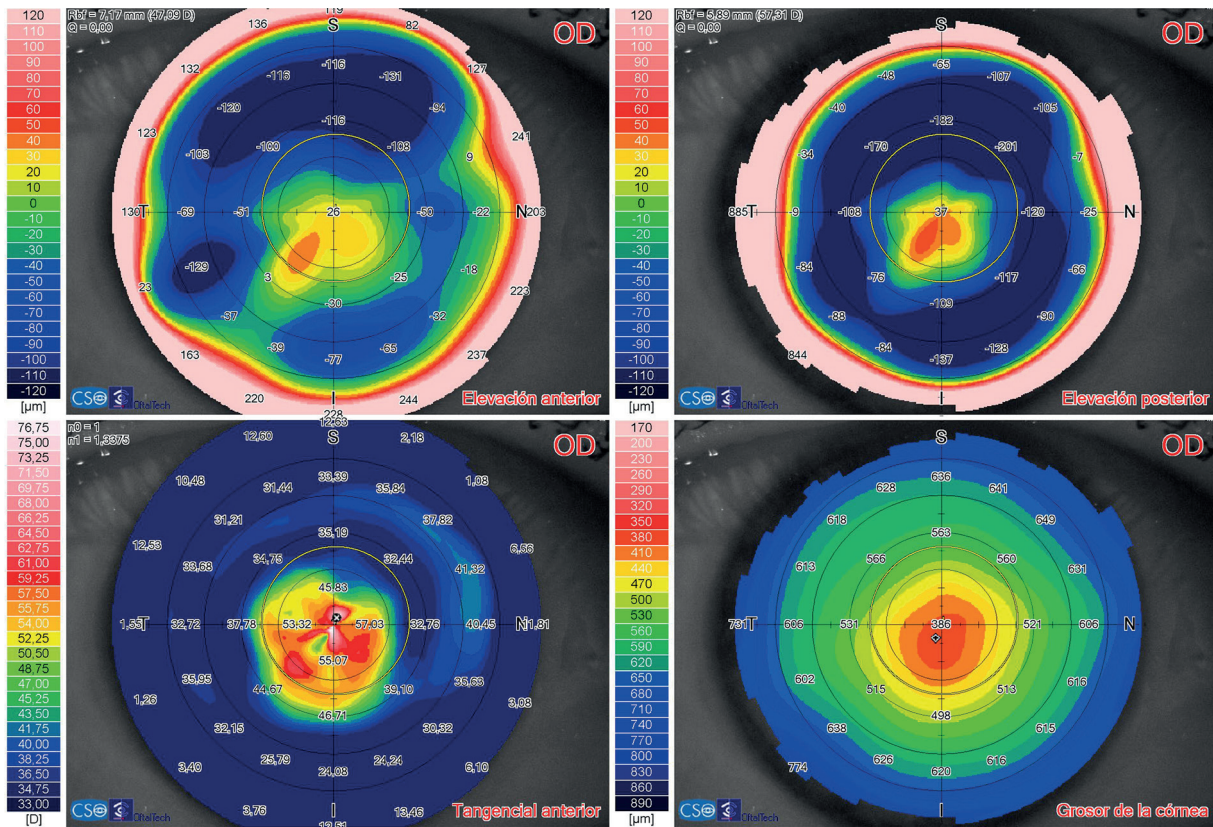


Figura 131. Imagen topográfica de un queratocono central con un grosor de córnea normal en la periferia.

En un queratocono periférico (paracentral o pericentral) (fig. 132), con adelgazamiento corneal pronunciado en el cuadrante temporal inferior, el comportamiento postoperatorio de la DALK será diferente. En este caso es habitual que se produzca una incongruencia de espesores entre ambas córneas (escalón

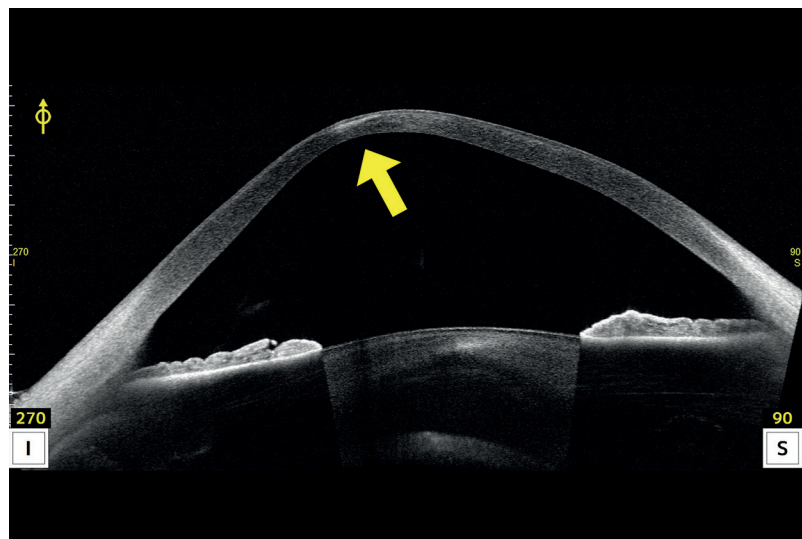


Figura 132. Imagen tomográfica de un queratocono paracentral.

anterior o posterior), y un debilitamiento en la cicatriz en esa zona. Es probable que, con el paso de los años, se pueda producir una ectasia de la cicatriz, como sucede y está ampliamente descrito en los trasplantes penetrantes<sup>152,271</sup>. Solo el tiempo podrá afirmar la realidad o no de esta complicación en casos intervenidos de DALK.

Como métodos de prevención de la esfera y del cilindro queratométrico, se han propuesto ligeros cambios en cuanto a la técnica quirúrgica. Fundamentalmente, estos cambios están orientados a aumentar el diámetro de la trepanación y a utilizar nuevas tecnologías de corte, como el Láser de FS. También se ha planteado la posibilidad de realizar la trepanación, tanto en el receptor como en el donante, por la cara epitelial, con la intención de mejorar los bordes del corte y la congruencia de espesores.

Con el fin de aportar un nuevo método para prevenir el astigmatismo, y favorecer la congruencia de espesores en pacientes con queratocono, el grupo de investigación que soporta esta tesis, ha desarrollado el anillo intracorneal pre-descemético (NeoRing). Se piensa que la presencia de este anillo introducido en un bolsillo periférico pre-descemético en la córnea receptora, favorece la congruencia de espesores entre donante y receptor, y refuerza la periferia del lecho receptor. En el ensayo clínico realizado, se obtiene una magnitud y un rango del astigmatismo residual bastante aceptables, estando en todos los casos por debajo de 4,00 D, y, además, con una queratometría media dentro de límites normales. Por otro lado, se ha podido observar como el implante de este anillo mejora las HOA, y los valores de Trefoil, Coma y Aberración esférica en comparación con lo publicado en la literatura (tabla 14). Además, con este anillo, no es necesario realizar trasplantes de gran diámetro para obtener buenos resultados. Como el implante de NeoRing no exige cambios sustanciales en la técnica quirúrgica de la DALK, y su presencia en el lecho receptor aporta resultados preliminares muy positivos, se piensa que el procedimiento puede consolidarse como parte de la técnica. En principio, se reforzaría de manera eficaz y segura la córnea receptora, tanto a corto como a largo plazo.

En cuanto a la corrección refractiva en estos casos, se consideran todas las opciones quirúrgicas posibles. Los ICRS, las lentes fáquicas de apoyo en cuerpo ciliar, y la lensectomía+LIO simultánea

**Tabla 14.** Comparativa entre los valores de aberraciones corneales publicados en la literatura y los obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Artículo	Baradaran-Rafii A. et al. <sup>191</sup>		Salvetat ML. et al. <sup>189</sup>		Alfonso et al.*	
	Anwar 5 mm	Melles 5 mm	Predescemética 4 mm	Predescemética 6 mm	Pred. con Neoring 4,5 mm	Pred. sin Neoring 4,5 mm
<b>HOA total</b>	2.16 ± 0.99 (0.94-5.01)	2.42 ± 0.92 (1.29-4.92)	0.57 ± 0.29 (0.38-0.75)	1.97 ± 1.59 (1.25-5.02)	0.91 ± 0.35 (0.43-1.58)	1.79 ± 1.10 (0.70-4.28)
<b>Coma RMS</b>	1.20 ± 0.66 (0.40-2.71)	1.23 ± 0.69 (0.08-2.70)	0.20 ± 0.24 (0.11-0.32)	1.03 ± 1.44 (0.30-5.82)	0.30 ± 0.15 (0.11-0.53)	0.77 ± 0.70 (0.10-2.30)
<b>Aberración esférica</b>	0.60 ± 10.36 (0.05-1.24)	0.71 ± 0.42 (0.12-2.07)	0.14 ± 0.08 (0.12-0.20)	0.60 ± 0.54 (0.16-2.56)	0.22 ± 0.09 (0.01-0.37)	0.52 ± 0.43 (0.09-1.58)
<b>Trefoil RMS</b>	1.34 ± 0.83 (0.11-3.89)	1.61 ± 1.00 (0.40-4.83)	0.25 ± 0.14 (0.12-0.67)	0.91 ± 0.82 (0.06-2.92)	0.77 ± 0.38 (0.28-1.52)	1.41 ± 0.95 (0.65-3.68)

\* Resultados del capítulo 5 de la presente tesis doctoral. Los datos sin Neoring no están publicados.

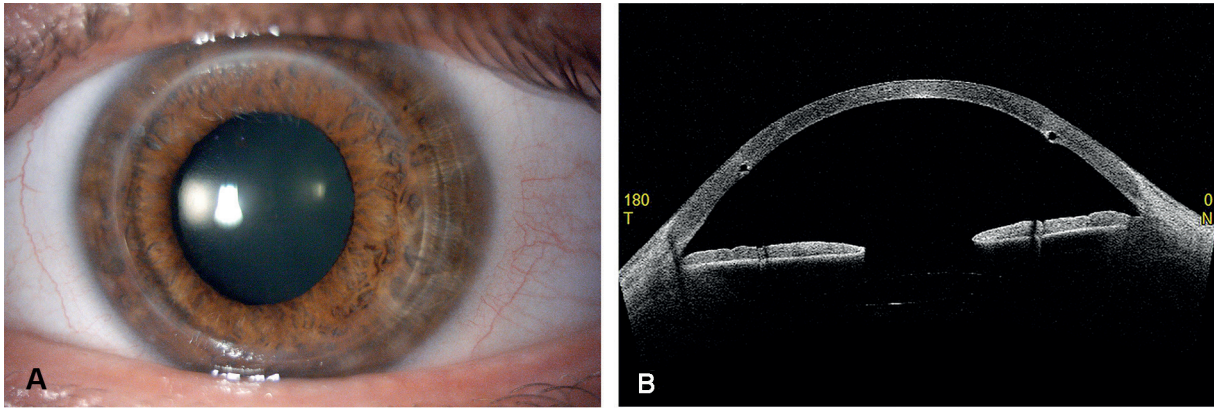
con el trasplante, son las más frecuentes. La habitual asociación entre queratocono y miopía predispone a la utilización de lentes intraoculares para corregir la esfera.

#### 14.1.2. Problemática refractiva de la DALK en la ectasia post-LASIK

Otra situación posible, es la relacionada con pacientes intervenidos previamente de LASIK y que desarrollan al cabo del tiempo una ectasia corneal. El origen de esta patología puede ser un corte laminar profundo o una fotoablación excesiva, realizadas en una córnea sana inicialmente; o también, una técnica llevada a cabo en una córnea con queratocono (subclínico o inicial) no diagnosticado. En estos casos, el comportamiento estructural de la córnea será similar al queratocono primario, y de ahí, que la DALK sea una opción terapéutica a valorar (fig. 133).

En el primer escenario, cuando la DALK se realiza por un corte profundo o una ablación excesiva, el astigmatismo suele ser bajo o moderado (3,00-6,00 D). Como la córnea periférica, en principio, está sana, cualquier técnica corneal para la corrección del astigmatismo tendría cabida. Si la LAx es elevada y después de la DALK reaparecen dioptrías esféricas (acordes a la LAx), será necesario combinar cirugías para la corrección del cilindro y de la esfera.

En pacientes con LASIK realizado sobre un queratocono frustrado, es lógico pensar que el comportamiento de la córnea post-DALK



**Figura 133.** DALK en ectasia post-LASIK en lámpara de hendidura (A) y mediante OCT de segmento anterior (B). Observar el correcto centrado de la DALK.

será similar a aquellos pacientes intervenidos por queratocono, aunque probablemente no será comparable con un queratocono grado IV de Amsler-Krumeich.

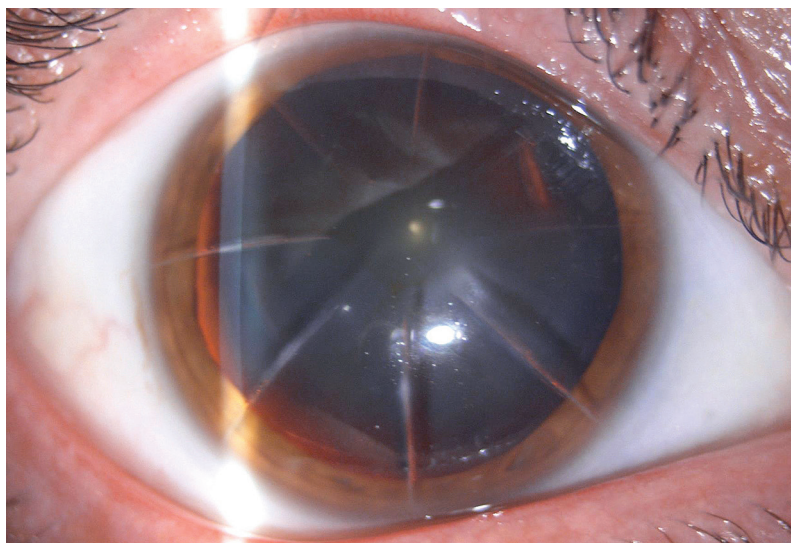
#### 14.1.3. Problemática refractiva de la DALK en la queratotomía radial

La queratotomía radial fue una técnica para la corrección de la miopía que se extendió durante el último tercio del siglo pasado<sup>424</sup>. Consistía en realizar unos cortes radiales en la cara anterior de la córnea, en función de las dioptrías que se querían corregir (4, 8, 12, hasta 24 cortes en algunos casos). Actualmente se sabe que su efecto estaba condicionado por la queratometría previa, la profundidad y el número de incisiones, la rigidez de la esclera, y la zona óptica dejada libre. El objetivo principal de la técnica era aplanar la córnea central para reducir la miopía, aunque también se asociaron cortes tangenciales (entre los cortes radiales), para corregir el astigmatismo.

Las complicaciones de la técnica, además de la calidad visual comprometida, se pueden resumir en dos: el aplanamiento progresivo de la córnea (con su correspondiente hipermetropía asociada), y la ectasia progresiva (con el astigmatismo irregular asociado). La inestabilidad refractiva es la norma en ésta técnica, con queratometrías que pueden alcanzar valores por debajo de las 30,00 D, o con ectasias que terminan incluso en *hydrops* agudo<sup>425-427</sup>.



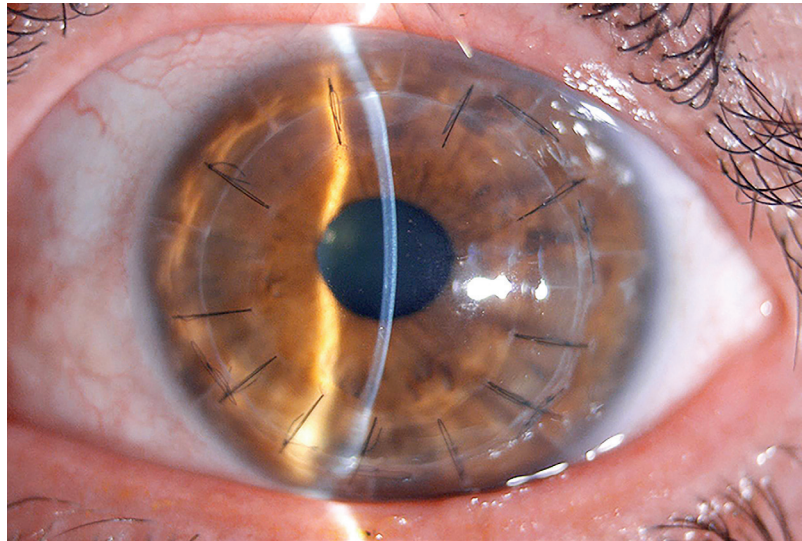
Por ello, una de las opciones terapéuticas más utilizadas en la queratotomía radial es la DALK. En estos casos, la córnea periférica tiene un espesor normal, pero su biomecánica se encuentra alterada por la presencia de los cortes radiales que se extienden desde los 3 mm centrales hasta el limbo corneo-escleral (cortes verticales, variables en número y profundidad). Además, pueden estar epitelizados en su interior, hecho que favorece su apertura progresiva con el paso del tiempo (fig. 134).



**Figura 134.** Queratotomía radial con cortes profundos y epitelizados.

Todos los factores descritos, condicionan la técnica quirúrgica de la DALK. Respecto a la disección laminar, se han descrito mejores resultados con técnicas pre-desceméticas<sup>352</sup>, y en cuanto al tipo de sutura, es aconsejable dar puntos sueltos entre las incisiones radiales (que permanecen en parte, por fuera de la trepanación). Además, en muchas ocasiones, se tiene que quitar el epitelio que se ha introducido en las incisiones y dar puntos tangenciales para cerrarlas, para poder suturar correctamente la córnea donante (fig. 135).

Como los cortes radiales que quedan por fuera de la trepanación, alteran la cicatrización del trasplante, es habitual encontrar astigmatismos elevados e inestabilidad refractiva, a corto y largo plazo. Por este motivo, es aconsejable el empleo de técnicas quirúrgicas correctoras que sean potencialmente reversibles, como los ICRS o las lentes esférico-tóricas de apoyo en cuerpo ciliar (con independencia de que sean pacientes fáquicos o pseudofáquicos).

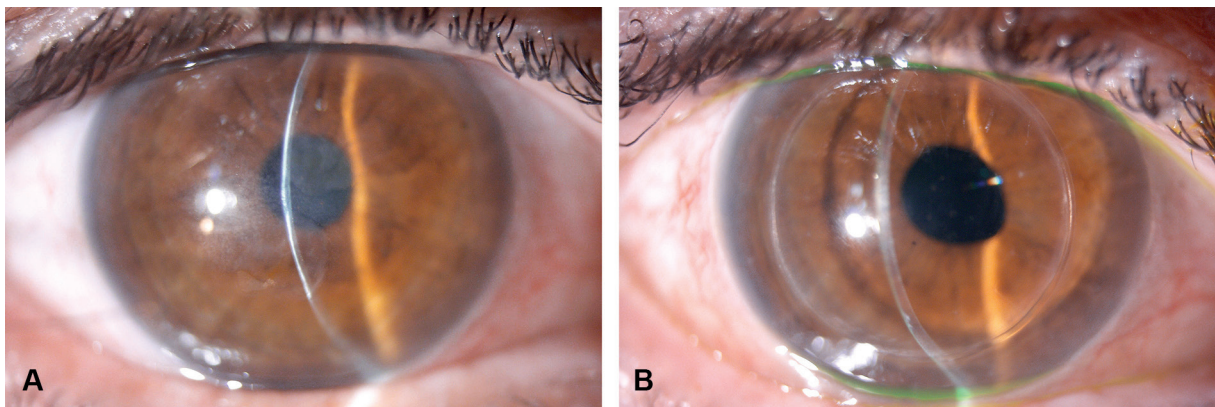


**Figura 135.** DALK en queratotomía radial con suturas tangenciales en los cortes de la córnea receptora.

#### 14.1.4. Problemática refractiva de la DALK en leucomas o en distrofias

En los pacientes en los que el leucoma o la distrofia afecte únicamente al centro de la córnea, la periferia es, en principio, biomecánicamente estable, y suele tener un espesor y una curvatura normales. En estos casos, no es frecuente encontrar macro-astigmatismos en el postoperatorio, como consecuencia de que la cicatriz suele coaptar correctamente en los 360° (fig. 136).

La posibilidad de que se presente una recidiva de la patología inicial que afecte a la cicatriz (por ejemplo, herpes) o al estroma donante (algunas distrofias), condiciona la técnica refractiva post-DALK a programar. En estos casos, y gracias a los resultados obtenidos en este proyecto de investigación, se prefiere el empleo de len-



**Figura 136.** Leucoma corneal (A) intervenido de DALK (B) con una buena congruencia de espesores.



tes intraoculares (fáquicas o pseudofáquicas en función del estado del cristalino o de la ametropía asociada), antes que cualquier otra técnica de fotoablación o moldeado corneal. En caso de lensectomía, tampoco se aconseja el implante de lentes tóricas, aunque en determinados casos, muy controlados en su evolución, se pueden implantar. En caso de hacerlo, la cirugía debe incluir el implante de un anillo tensor de la cápsula y una limpieza exhaustiva de la cápsula anterior, con idea de facilitar un posible intercambio de lente.

Aquellos pacientes con un leucoma central muy marcado secundario a PRK (habitual en ablaciones excesivas o retratamientos), el defecto cilíndrico post-DALK se podría corregir mediante técnicas de fotoablación o moldeado (la periferia corneal es estable), pero como se restaura la curvatura corneal inicial y, además, la miopía ha podido progresar desde que se hizo la PRK, la corrección del defecto esférico también es importante. Por lo tanto, en este grupo de pacientes, es habitual programar procedimientos combinados, y tener muy en cuenta la refracción del ojo contralateral, probablemente tratado previamente también con láser de Excímero.

Por último, en los casos de leucomas no centrales con pérdida de espesor, en los que la trepanación coincida con la zona afecta; si no son de origen herpético (por ejemplo, de origen bacteriano o traumático), se crea un problema simple de espesores entre ambas córneas, que se podría resolver con un implante sectorial de Neo-Ring. Si es de origen herpético, el problema es peor porque a la incongruencia de espesores se añadiría la posibilidad de una recidiva. La corrección refractiva se debe basar, en ambos casos, en técnicas no corneales, es decir en el implante de lentes intraoculares.

#### 14.2. Corrección de la refracción residual en la DALK

En la corrección refractiva de la DALK la preocupación inicial es la corrección del astigmatismo (regular o irregular), y después, la corrección de la esfera. Si en el caso concreto que se tiene que solucionar, se puede aplicar una técnica que nos resuelva los dos problemas en la misma cirugía, se convertiría en la **técnica de elección**.

En la tabla 15, se muestra un resumen de las opciones quirúrgicas para la corrección refractiva de la DALK. En función de la patología de base, del tipo y magnitud del astigmatismo, y de la magnitud de la esfera (relacionada con la presencia de catarata o de alta

ametropía), se toma la decisión de escoger una técnica u otra. En las tablas siguientes (16 a 25) se especifica cada una de las posibilidades de tratamiento.

**Tabla 15.** Resumen de las opciones quirúrgicas para la corrección refractiva de la DALK teniendo en cuenta la patología de base, el astigmatismo y la esfera, en relación con la presencia o no de catarata o alta ametropía.

Corrección refractiva de la queratoplastia (DALK)							
Patología de base	Astigmatismo	Dioptrías	Técnica	Esfera	Dioptrías	Técnica	
Queratocono Post-LASIK Leucomas	regular	0-3	femtoLASIK	sin catarata	0-3	femtoLASIK	
		3-6	ICRS ICL tórica		>3	ICL	
		6-9	ICRS incisiones				
	irregular	–	ICRS	con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO	
Q. Radial Distrofias	regular	3-6	ICRS ICL tórica	con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO	
	irregular	–	ICRS				

**Tabla 16.** La indicación de la corrección refractiva del astigmatismo regular bajo en la DALK por queratocono, Lasik previo o leucoma corneal, sería mediante FemtoLASIK.

Corrección refractiva de la queratoplastia (DALK)							
Patología de base	Astigmatismo	Dioptrías	Técnica	Esfera	Dioptrías	Técnica	
Queratocono Post-LASIK Leucomas	regular	0-3	femtoLASIK	sin catarata	0-3	femtoLASIK	
		3-6	ICRS ICL tórica		>3	ICL	
		6-9	ICRS incisiones				
	irregular	–	ICRS	con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO	
Q. Radial Distrofias	regular	3-6	ICRS ICL tórica	con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO	
	irregular	–	ICRS				

**Tabla 17.** Las indicaciones de la corrección refractiva del astigmatismo regular medio en la DALK por queratocono, Lasik previo o leucoma corneal, serían ICRS o ICL tórica.

Corrección refractiva de la queratoplastia (DALK)							
Patología de base	Astigmatismo	Dioptrías	Técnica	Esfera	Dioptrías	Técnica	
Queratocono Post-LASIK Leucomas	regular	0-3	femtoLASIK	sin catarata	0-3	femtoLASIK	
		3-6	ICRS ICL tórica		>3	ICL	
		6-9	ICRS incisiones				
	irregular	–	ICRS	con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO	
Q. Radial Distrofias	regular	3-6	ICRS ICL tórica	con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO	
	irregular	–	ICRS				

**Tabla 18.** Las indicaciones de la corrección refractiva del astigmatismo regular alto en la DALK por queratocono, Lasik previo o leucoma corneal, serían ICRS o incisiones arqueadas.

Corrección refractiva de la queratoplastia (DALK)							
Patología de base	Astigmatismo	Dioptrías	Técnica		Esfera	Dioptrías	Técnica
Queratocono Post-LASIK Leucomas	regular	0-3	femtoLASIK		sin catarata	0-3	femtoLASIK
		3-6	ICRS ICL tórica			>3	ICL
		6-9	ICRS incisiones				
	irregular	–	ICRS		con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO
Q. Radial Distrofias	regular	3-6	ICRS ICL tórica				
	irregular	–	ICRS				

**Tabla 19.** La indicación de la corrección refractiva del astigmatismo irregular en la DALK por queratocono, Lasik previo o leucoma corneal, sería ICRS.

Corrección refractiva de la queratoplastia (DALK)							
Patología de base	Astigmatismo	Dioptrías	Técnica		Esfera	Dioptrías	Técnica
Queratocono Post-LASIK Leucomas	regular	0-3	femtoLASIK		sin catarata	0-3	femtoLASIK
		3-6	ICRS ICL tórica			>3	ICL
		6-9	ICRS incisiones				
	irregular	–	ICRS		con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO
Q. Radial Distrofias	regular	3-6	ICRS ICL tórica				
	irregular	–	ICRS				

**Tabla 20.** Las indicaciones de la corrección refractiva del astigmatismo regular en la DALK por RK o distrofia corneal serían ICRS o ICL tórica.

Corrección refractiva de la queratoplastia (DALK)							
Patología de base	Astigmatismo	Dioptrías	Técnica		Esfera	Dioptrías	Técnica
Queratocono Post-LASIK Leucomas	regular	0-3	femtoLASIK		sin catarata	0-3	femtoLASIK
		3-6	ICRS ICL tórica			>3	ICL
		6-9	ICRS incisiones				
	irregular	–	ICRS		con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO
Q. Radial Distrofias	regular	3-6	ICRS ICL tórica				
	irregular	–	ICRS				

**Tabla 21.** La indicación de la corrección refractiva del astigmatismo irregular en la DALK por RK o distrofia corneal, sería ICRS.

Corrección refractiva de la queratoplastia (DALK)							
Patología de base	Astigmatismo	Dioptrías	Técnica		Esfera	Dioptrías	Técnica
Queratocono Post-LASIK Leucomas	regular	0-3	femtoLASIK		sin catarata	0-3	femtoLASIK
		3-6	ICRS ICL tórica			>3	ICL
		6-9	ICRS incisiones				
	irregular	–	ICRS		con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO
Q. Radial Distrofias	regular	3-6	ICRS ICL tórica		con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO
	irregular	–	ICRS				

**Tabla 22.** Indicaciones de la corrección refractiva de la esfera residual en la DALK por queratocono, Lasik previo o leucoma corneal en pacientes sin catarata.

Corrección refractiva de la queratoplastia (DALK)							
Patología de base	Astigmatismo	Dioptrías	Técnica		Esfera	Dioptrías	Técnica
Queratocono Post-LASIK Leucomas	regular	0-3	femtoLASIK		sin catarata	0-3	femtoLASIK
		3-6	ICRS ICL tórica			>3	ICL
		6-9	ICRS incisiones				
	irregular	–	ICRS		con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO
Q. Radial Distrofias	regular	3-6	ICRS ICL tórica		con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO
	irregular	–	ICRS				

**Tabla 23.** Indicaciones de la corrección refractiva de la esfera residual en la DALK por queratocono, Lasik previo o leucoma corneal en pacientes con catarata o altas ametropías.

Corrección refractiva de la queratoplastia (DALK)							
Patología de base	Astigmatismo	Dioptrías	Técnica		Esfera	Dioptrías	Técnica
Queratocono Post-LASIK Leucomas	regular	0-3	femtoLASIK		sin catarata	0-3	femtoLASIK
		3-6	ICRS ICL tórica			>3	ICL
		6-9	ICRS incisiones				
	irregular	–	ICRS		con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO
Q. Radial Distrofias	regular	3-6	ICRS ICL tórica		con catarata o alta ametropía	según rango de la lente	lensectomía + LIO
	irregular	–	ICRS				

**Tabla 24.** Indicaciones de la corrección refractiva de la esfera residual en la DALK por RK o distrofia corneal en pacientes sin catarata.

Corrección refractiva de la queratoplastia (DALK)								
Patología de base		Astigmatismo	Dioptías	Técnica		Esfera	Dioptías	Técnica
Queratocono Post-LASIK Leucomas		<i>regular</i>	0-3	femtoLASIK		<i>sin catarata</i>	0-3	femtoLASIK
			3-6	ICRS ICL tórica			>3	ICL
			6-9	ICRS incisiones				
		<i>irregular</i>	–	ICRS				
Q. Radial Distrofias		<i>regular</i>	3-6	ICRS ICL tórica		<i>con catarata o alta ametropía</i>	según rango de la lente	lensectomía + LIO
		<i>irregular</i>	–	ICRS				

**Tabla 25.** Indicaciones de la corrección refractiva de la esfera residual en la DALK por RK o distrofia corneal en pacientes con catarata o altas ametropías.

Corrección refractiva de la queratoplastia (DALK)								
Patología de base		Astigmatismo	Dioptías	Técnica		Esfera	Dioptías	Técnica
Queratocono Post-LASIK Leucomas		<i>regular</i>	0-3	femtoLASIK		<i>sin catarata</i>	0-3	femtoLASIK
			3-6	ICRS ICL tórica			>3	ICL
			6-9	ICRS incisiones				
		<i>irregular</i>	–	ICRS				
Q. Radial Distrofias		<i>regular</i>	3-6	ICRS ICL tórica		<i>con catarata o alta ametropía</i>	según rango de la lente	lensectomía + LIO
		<i>irregular</i>	–	ICRS				

### 14.2.1. Láser de Excímero

Según la experiencia del grupo de investigación que soporta esta tesis, cuando el espesor de la córnea periférica receptora es normal, y siempre que tengamos un astigmatismo regular, igual o inferior a 3,00 D, se pueden emplear técnicas de fotoablación corneal. En general, se prefiere evitar el empleo de la técnica PRK, debido a las molestias postoperatorias que conlleva y a la reacción estromal postoperatoria que se puede producir, factor favorecedor del rechazo del injerto. Por este motivo, la técnica de elección sería el FemtoLASIK. Como se ha comentado en el capítulo 1, con esta tecnología se puede centrar el diámetro del corte por dentro de la cicatriz del injerto, y se consiguen cortes más homogéneos y más

predecibles que con el microqueratomo mecánico. La cicatriz del trasplante se mantiene estable y hay menos posibilidades de que se produzca una epitelización de la interfase.

Si se tiene una esfera miópica menor de 3,00 D, o hipermetrópica menor de 2,00 D, sin astigmatismo asociado, también se puede utilizar el FemtoLASIK como técnica de corrección. Esta situación, aunque posible, no suele ser frecuente. Si los valores de esfera que hemos comentado se asocian con un valor de cilindro de menor magnitud, se podría seguir optando por la técnica FemtoLASIK como método de corrección.

#### **14.2.2. Segmentos intracorneales**

Si, a diferencia de la situación anterior, estamos ante un astigmatismo regular de magnitud entre 4,00 y 10,00 D, o si el astigmatismo es fundamentalmente irregular, es preferible aplicar técnicas de moldeado corneal. En este segundo supuesto, la córnea trasplantada se asemeja en su morfología a una ectasia, por lo que debemos regularizarla para obtener la máxima agudeza visual posible con corrección.

El empleo de ICRS ayuda a homogeneizar la cara anterior de la córnea trasplantada, reduciendo, como se ha visto, el astigmatismo queratométrico y/o el refractivo. Además, se trata de una técnica muy versátil, que se puede personalizar según el eje y la magnitud del astigmatismo, seleccionando diferentes arcos y espesores de los segmentos. La bisectriz del segmento debe coincidir siempre con el eje del hemi-meridiano más plano.

#### **14.2.3. Cirugía incisional**

Dentro de las técnicas de moldeado corneal para la corrección del astigmatismo post-trasplante, está también la cirugía incisional, y dentro de ella, existen dos opciones: las incisiones arqueadas por dentro de la cicatriz del trasplante, y la reapertura parcial de la propia cicatriz (ambas opciones, con la bisectriz del arco localizada en el meridiano más curvo).

La experiencia del presente grupo de investigación es que las incisiones arqueadas se deben realizar con Láser de FS, siguiendo



los nomogramas desarrollados en función de la plataforma láser que se utilice y de la experiencia del cirujano (tabla 26). La zona óptica debe ser entre 6,0 y 7,0 mm (siempre por dentro de la cicatriz); la profundidad del corte, el 80% de la menor paquimetría corneal donde se van a localizar las incisiones; y el arco, entre 60° y 90°. Con una zona óptica menor y con un arco mayor, se obtiene una mayor corrección del astigmatismo.

**Tabla 26.** Nomograma para incisiones arqueadas en DALK utilizando el Láser de FS.

Arqueadas post-DALK / Nomograma con Láser de Femtosegundo			
Astigmatismo (D)	Zona óptica (mm)	Profundidad de corte (%)	Ángulo
2,50 a 3,50	7,00	70%	60°
4,00 a 5,00	6,75	70%	60°
5,50 a 6,50	6,50	70%	60°
7,00 a 8,00	6,25	70%	60°
8,50 a 9,50	6,00	70%	60°

Con esta técnica es relativamente fácil corregir entre 4,00 y 10,00 D de astigmatismo. Además, se pueden realizar incisiones opuestas asimétricas para corregir astigmatismos también asimétricos. Los inconvenientes que se tienen que asumir con esta técnica son, la relativa baja predictibilidad refractiva, la falta de estabilidad a largo plazo y la irreversibilidad. Por este motivo, se escogerá para astigmatismos superiores a 6,00 D, cuando el FemtoLASIK y las lentes fáquicas están fuera de rango, y como alternativa a los segmentos intracorneales en casos muy concretos.

En un intento de conseguir una mayor predictibilidad de las incisiones, pero a costa de una menor eficacia, se aconseja no abrirlas al final. El Láser de FS corta el estroma, la membrana de Bowman y el epitelio, pero el cirujano no abre la incisión con una espátula o un manipulador. De esta forma, se evita la entrada del epitelio en la incisión y se previene, por lo tanto, la inestabilidad de las mismas y las hipercorrecciones a largo plazo. Es probable que se consiga una menor reducción de astigmatismo, pero el efecto corrector es más estable y congruente en el tiempo.

La otra opción, dentro de esta cirugía incisional, es la reapertura de la cicatriz. Se considera que se trata de un procedimiento sencillo y eficaz, aunque menos predecible que las incisiones arqueadas con Láser de FS. Es aconsejable realizarla en ambiente de quirófano

y con un microscopio que lleve incorporado un queratoscopio. De esta forma, se puede comprobar, *in situ*, el efecto que se consigue. La cicatriz se abre con una aguja de 27g y después se profundiza con una espátula o manipulador romo, para evitar el riesgo de perforación. El arco de apertura no debe superar los 60°, y la profundidad no debe superar el 80%, para evitar que la cicatriz se abra demasiado, y que sea necesario dar puntos de aproximación. Con esta técnica se pueden corregir pequeños astigmatismos aprovechando el implante de una LIO.

#### **14.2.4. Lente fática de apoyo en cuerpo ciliar**

En la corrección quirúrgica de la esfera post-DALK, una de las principales opciones es el implante de lentes fáticas de apoyo en cuerpo ciliar. Entre estas lentes, se destacan, por méritos reconocidos, las ICL. Estas lentes son importantes por doble motivo. El primero, por el gran rango de potencia de la lente esférica que permite una corrección de hasta 20,00 D de miopía y hasta 10,00 D de hipermetropía, aproximadamente. El segundo, por la corrección cilíndrica que se puede asociar a la corrección esférica, que puede alcanzar hasta las 6,00 D.

Efectivamente, una refracción frecuente después de una DALK, es, por ejemplo, un astigmatismo entre 3,00 y 6,00 D asociado a una esfera miópica alta, o a una hipermetrópica baja. Esta situación refractiva es fácil de corregir con la ICL en una sola intervención, por lo que está considerada como una herramienta muy potente en la corrección refractiva de la DALK.

Además, el implante de una ICL se puede asociar con cualquier técnica refractiva corneal de las comentadas, como son el Femto-LASIK, los ICRS, y las incisiones (tanto en el donante como en la cicatriz). Si interesa, se puede corregir al máximo el astigmatismo (regular o irregular) con estas técnicas, y después completar la corrección con la lente (esférica o esfero-tórica).

Es importante recordar que la indicación de una ICL no se limita a los pacientes fáticos, sino que se extiende también a los pacientes pseudofáticos en forma de implante adicional. Esta segunda posibilidad permite, en casos de DALK y catarata, dejar la ICL como una técnica de ajuste postoperatoria. Así evitamos el implante primario de una lente tórica en la cirugía de la catarata, lente que po-

dría entrar en conflicto, en el futuro, con una posible evolución no deseada de la DALK.

Entre las ventajas refractivas de la ICL, reconocidas en numerosas publicaciones, se incluyen la eficacia y predictibilidad de la lente, así como la seguridad del procedimiento, en cuanto a la baja inducción de catarata, hipertensión ocular o pérdida de células endoteliales. El índice de complicaciones es realmente muy bajo. En el caso de su implante en DALK, la gran ventaja que aporta es la reversibilidad de la técnica; si la refracción del trasplante cambia o se necesita realizar una lensectomía, se puede cambiar o explantar la lente. Entre las limitaciones de la ICL, están las relacionadas con las condiciones o requisitos para su implante, entre las que cabe destacar la necesidad de una profundidad de cámara anterior superior a 2,8 mm, para las lentes miópicas, y de 3,0 mm para las lentes hipermetrópicas.

Como última puntualización, y muy importante, señalar que el parámetro que marca la indicación de una ICL, es la CDVA. Si la agudeza visual que se obtiene con gafa a los 6 meses de la retirada de los puntos de la DALK, cumple las necesidades o expectativas visuales del paciente, se puede plantear el implante de una ICL. Si no es así, habría que plantear otra estrategia.

En este momento, conviene hacer dos aclaraciones. Si después de una DALK, no se alcanza con gafa (en monocular), la agudeza visual deseada, se tiene que encontrar un motivo que justifique el problema. El motivo puede ser de origen funcional, en referencia a una ambliopía de larga o corta evolución, o de origen morfológico, por un problema en la córnea, en el cristalino o en retina/nervio óptico.

Con una DALK transparente y un cristalino transparente, el problema suele estar relacionado con la presencia de un astigmatismo irregular en el trasplante. Una vez que se ha comprobado que la refracción es la correcta, y que con ella no se alcanza la visión esperada, la exploración con agujero estenopéico y con una lente de contacto escleral, se hace imprescindible. Si la agudeza visual mejora con estos métodos, se deben aplicar técnicas de moldeado corneal antes de implantar una ICL, y entre ellas, como primera opción, el implante de ICRS. Con una DALK transparente y una catarata, deberíamos optar directamente por una lensectomía.

#### **14.2.5. Lensectomía con implante de lente intraocular**

La catarata, o mejor, la lensectomía en el contexto de una DALK, es un problema complejo que requiere una estrategia personalizada. Como las posibles combinaciones quirúrgicas para solucionar el problema refractivo que se produce son varias (cirugías simultáneas y/o diferidas), no se pueden establecer normas generales, excepto una: no implantar lentes intraoculares tóricas; los posibles cambios a corto o largo plazo del trasplante, desaconsejan esta opción. Los cambios habituales y normales en la refracción de la DALK con el paso del tiempo, por no mencionar las posibles complicaciones inmunológicas o inflamatorias del trasplante, pueden ser origen de situaciones refractivas muy incongruentes si implantamos una lente tórica. Si en algún caso consideramos su implante, se debe facilitar un posible intercambio futuro de la lente mediante acciones quirúrgicas concretas, como son el implante de un anillo tensor de cápsula y la limpieza exhaustiva de las células epiteliales de la cápsula anterior. En casos de astigmatismo significativo y catarata, la estrategia recomendada a seguir sería actuar primero sobre la córnea con técnicas de moldeado y, después, el implante de una lente intraocular esférica en saco capsular.

#### **14.2.6. Combinación de técnicas**

Como se ha presentado previamente, se consideran 5 opciones básicas en la corrección refractiva de la DALK. Cada una tiene sus ventajas y sus inconvenientes, y también sus limitaciones. Por este motivo, se pueden plantear diferentes combinaciones quirúrgicas en función de las características del caso. En la tabla 27, se especifican las combinaciones que no se pueden dar nunca (implante de una ICL esférica, más una ICL tórica en un mismo caso), las combinaciones teóricas, pero no lógicas (por ejemplo, FemtoLASIK con ICRS), y las combinaciones reales y lógicas y, además, frecuentes (ICRS con lentes de apoyo en cuerpo ciliar). En estas últimas, se especifican el número de intervenciones realizadas de cada combinación en la muestra analizada y una iconografía de las más representativas (figs. 137-142).

**Tabla 27.** Diferentes combinaciones quirúrgicas para la corrección de la refracción residual post-DALK.

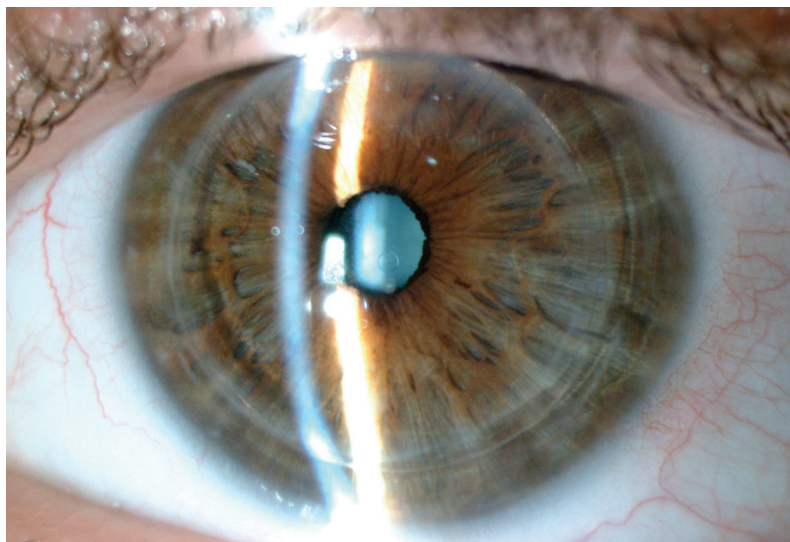
Estrategias utilizadas: 15	2.ª cirugía	FemtoLASIK	ICRS	Cirugía insisional	ICL esférica	ICL tórica	ICL esfero+tórica	Lensectomía + LIO esférica
<b>1ª cirugía</b>								
FemtoLASIK	no ha lugar	no utilizadas			1			2
ICRS	no lógicas				3		4	5
Cirugía insisional					6			7
ICL esférica	8		9					
ICL tórica								
ICL esfero-tórica								
Lensectomía + LIO esférica	10	11	12	13	14	15		

Azul: combinaciones que no se pueden dar nunca.

Amarillo: combinaciones no utilizadas.

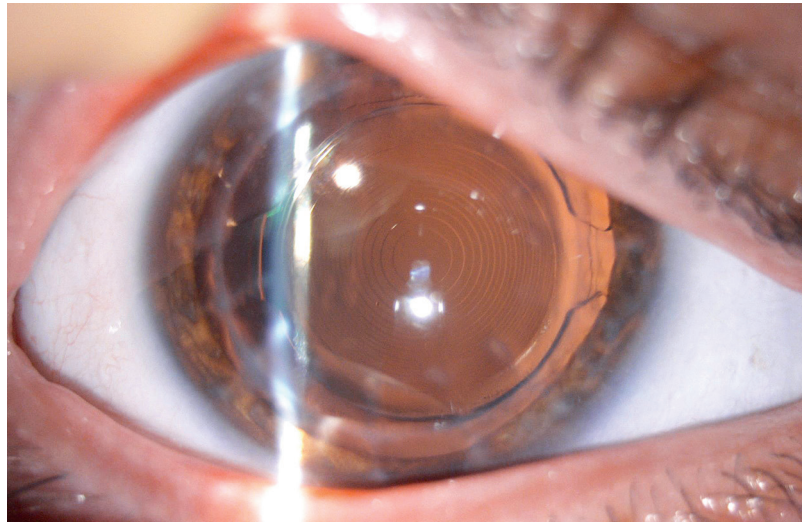
Blanco: combinaciones teóricas, pero no lógicas.

Verde: combinaciones reales, lógicas y frecuentes.

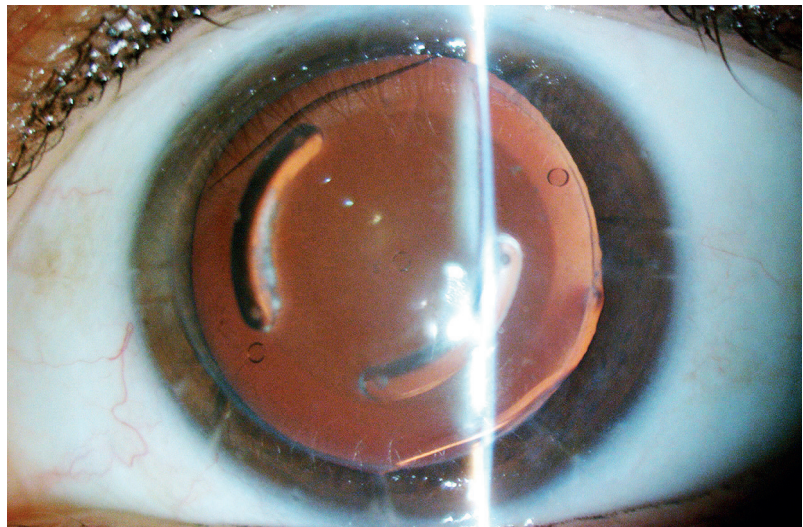


**Figura 137.** FemtoLASIK en DALK más implante de ICL esférica.

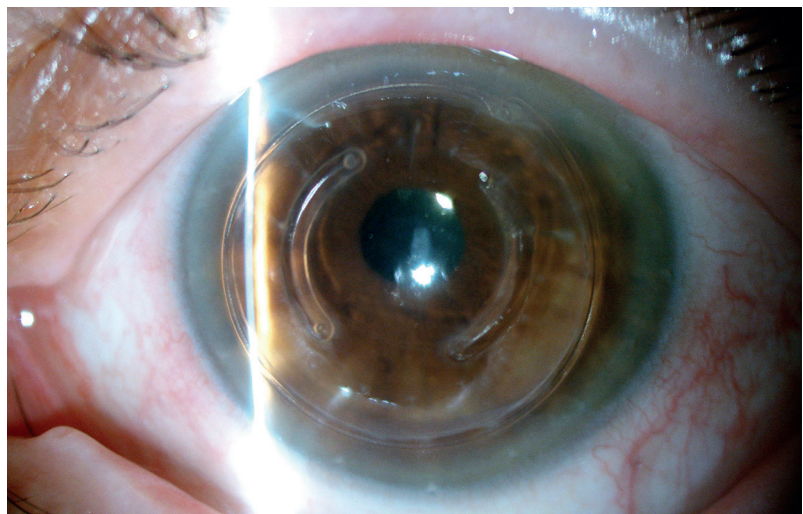




**Figura 138.** FemtoLASIK en DALK con implante de lente trifocal.

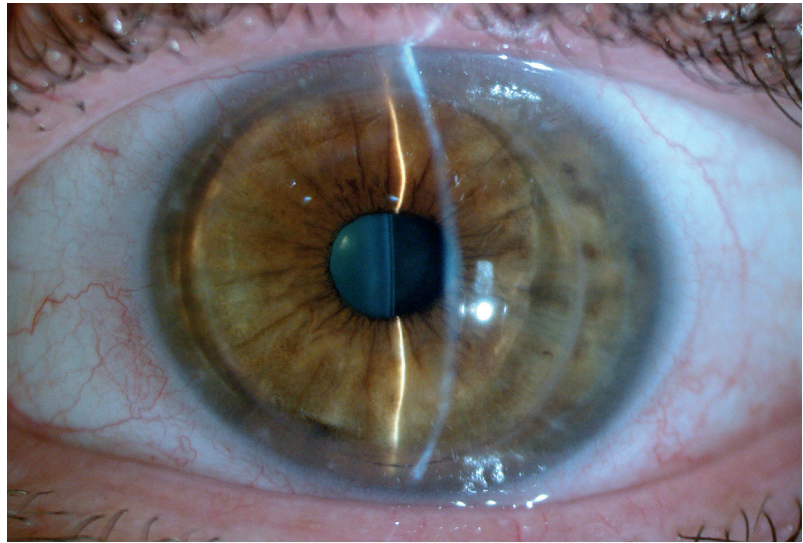


**Figura 139.** ICRS en DALK más implante de ICL esférica.

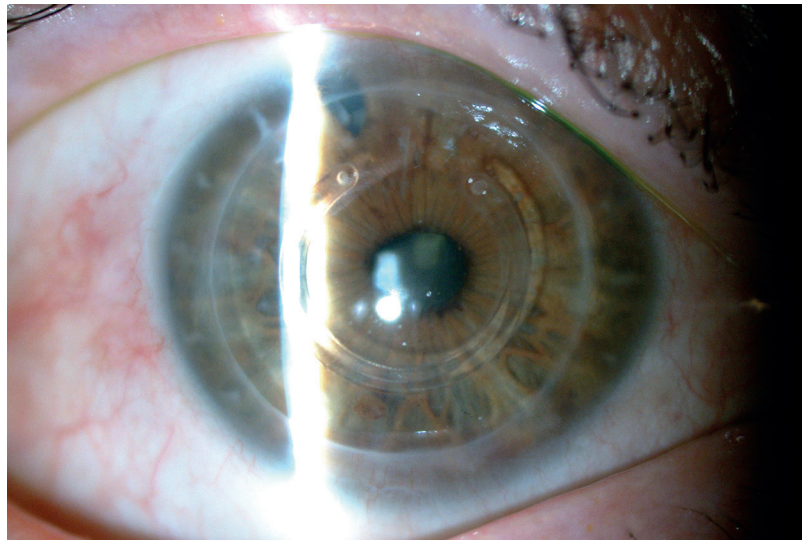


**Figura 140.** ICRS en DALK con anillo pre-descentrético más lensectomía con implante de lente monofocal.





**Figura 141.** Cirugía incisional en DALK más implante de ICL esférica.



**Figura 142.** ICRS en DALK más lensectomía e implante secundario de ICL esférica.

#### 14.2.7. Limitaciones de la tesis

Finalmente, a pesar de los interesantes resultados obtenidos en este trabajo de investigación, es importante tener en consideración algunas limitaciones importantes.

En los capítulos 1, 2, 3 y 4, se deberían realizar más estudios prospectivos a largo plazo que incluyan un mayor número de pacientes, para poder evaluar las posibles complicaciones y la estabilidad de los diferentes procedimientos con el paso del tiempo.

Además, en el capítulo 3, sería interesante realizar un diseño prospectivo comparativo y aleatorizado para evaluar las posibles complicaciones de la técnica.

Por otro lado, en el capítulo 4 sería pertinente aumentar el tamaño de muestra y analizar los resultados por subgrupos, teniendo en cuenta la patología previa que motiva la realización de un triple procedimiento de manera prospectiva.

En el capítulo 5, la limitación más importante es que se trata de una investigación clínica que incluye una muestra limitada (diez casos) y representa la experiencia en un único centro. Además, todas las cirugías fueron realizadas por el mismo cirujano experto. Por lo tanto, sería interesante realizar un estudio multicéntrico con una muestra más grande y un seguimiento más largo.

Por otro lado, consideramos importante evaluar la eficacia, seguridad, predictibilidad y estabilidad de las incisiones arqueadas en pacientes con DALK previo. Este estudio se encuentra dentro de los futuros proyectos de la presente tesis doctoral y, pensamos que es esencial para poder abordar todas las opciones quirúrgicas en este tipo de pacientes.

Valorar métricas subjetivas del paciente mediante cuestionarios subjetivos validados y no en métricas objetivas.

Grupo control no tratado comparables.



## 15. Futuros proyectos de investigación

### 1. Evolución a largo plazo de Neoring en DALK

En el estudio donde se evalúan los resultados obtenidos con el implante de anillo intracorneal predescemético de PMMA, presentamos un tiempo de seguimiento máximo de dos años, cuando ya hemos realizado la retirada completa de las suturas. Por este motivo, creemos conveniente continuar analizando los resultados obtenidos a largo plazo, así como la seguridad y la estabilidad de la refracción con el paso de los años.

### 2. Láser de FS en DALK como prevención: corte epitelial en ambas córneas

Un estudio interesante sería evaluar el uso del láser de Femtosegundo en la cara epitelial de ambas córneas (donante y receptora) durante la trepanación, como prevención de los errores de refracción postoperatorios, así como la estabilidad a largo plazo de los resultados obtenidos con esta modificación de la técnica quirúrgica en casos de no queratocono.

### 3. Lentes de alta tecnología en DALK

Sería recomendable realizar un trabajo de investigación donde evaluásemos los resultados visuales con el implante de lentes multifocales, ya sean bifocales, trifocales o de profundidad de foco alargado en pacientes intervenidos de cirugía combinada diferida (DALK-Faco+LIO).

#### 4. DALK en queratotomía radial

Consideramos pertinente estudiar específicamente los resultados anatómicos y visuales de la técnica DALK en pacientes intervenidos con Queratotomía Radial previa, pudiendo ser una buena alternativa a los trasplantes penetrantes.

#### 5. Segmentos intracorneales de 300° de arco en DALK

Dados los buenos resultados obtenidos con estos anillos en córneas con queratocono, sería interesante analizar sus resultados refractivos en los trasplantes tipo DALK.

#### 6. Cirugías refractivo-terapéuticas combinadas en DALK

Dados los resultados que hemos obtenido con cada técnica de forma individual, consideramos pertinente evaluar los resultados visuales y refractivos finales cuando se combinan diferentes técnicas refractivas en pacientes con DALK previo, comenzando primero con la corrección del astigmatismo residual corneal (FemtoLASIK o ICRS) y, más tarde, por una corrección de la esfera con lentes intraoculares, ya sean aditivas (fáquicas) o sustitutivas (pseudofáquicas) del cristalino.

#### 7. DALK en *hydrops*

El *hydrops* corneal sigue siendo a día de hoy una patología relativamente frecuente en pacientes con queratocono avanzado; y es más habitual que suceda en pacientes con Síndrome de Down. Por este motivo, es pertinente el estudio de la DALK en estos casos, a pesar de tener ya una rotura en la membrana de Descemet.

#### 8. Estudio de las aberraciones de la cara anterior y posterior de la córnea en DALK

Gracias a las nuevas tecnologías que nos permiten estudiar con mayor precisión la cara posterior de la córnea, sería interesante va-

lorarla en pacientes con DALK, pudiendo determinar su influencia en la calidad óptica y cantidad visual de los pacientes.

### 9. Cirugía combinada diferida y *Ray-Tracing* en el calculo de la lente

La selección de la potencia de la lente en pacientes con alteraciones corneales es un tema complejo para los cirujanos oftalmológicos. El error de cálculo en casos seleccionados todavía es alto, a pesar de la optimización de las constantes. Con la aparición del trazado de rayos (*Ray-Tracing*) para el cálculo de la lente, se consigue crear un modelo de ojo personalizado, estudiándose también la repercusión de las aberraciones monocromáticas corneales y la aberración comática del ojo, lo que podría mejorar la selección de la lente en pacientes intervenidos de DALK previo.

### 10. Resultados refractivos, efectos adversos y cirugías secundarias en la DALK pre-descemética

Gracias a la base de datos donde disponemos de más de 300 ojos intervenidos de DALK, es posible evaluar en futuros proyectos los diferentes parámetros refractivos, aberrométricos y/o eventos adversos relacionados con la DALK predescemética, pudiendo orientar los resultados según la patología previa del paciente.

### 11. Influencia del estafiloma posterior en pacientes intervenidos de DALK

Según la experiencia del presente grupo de investigación, los pacientes con estafiloma posterior que presentan una inclinación del plano macular mayor de 30° y que, además, asocian cirugías fotoablativas corneales pueden perder líneas de visión cuando se intervienen con determinados tipos de lentes intraoculares. Sería interesante determinar si existe alguna influencia en pacientes con estas mismas características retinianas y con una DALK; pudiendo ser este el condicionante que limite la mejora de la agudeza visual en el postoperatorio, fundamentalmente si se asocian alteraciones aberrométricas corneales significativas.



## **12. Estabilidad refractiva a largo plazo de la DALK**

Dados los resultados obtenidos en la presente tesis doctoral, sería interesante evaluar en los pacientes intervenidos de DALK sin cirugías secundarias postoperatorias, la evolución refractiva y queratométrica de la DALK a largo plazo, teniendo en cuenta la patología previa.

## **13. Estudio del centrado del injerto en la DALK**

Con la ayuda de la OCT de segmento anterior, se puede evaluar el centrado del injerto y relacionarlo con las características del astigmatismo post-operatorio.

## **14. Paquimetría corneal periférica y ángulo irido-corneal en DALK**

Con estos dos parámetros se podría establecer la indicación del diámetro del trasplante y valorar la queratometría postoperatoria.

## **15. Resultados de la cirugía incisional en la corrección refractiva de la DALK**

Este estudio sería el que nos faltaría para completar las opciones quirúrgicas refractivas después de la DALK. En este sentido, ya se dispone de suficiente información para llevarlo a cabo, siendo pertinente estudiar las incisiones opuestas perforantes, las incisiones arqueadas realizadas con láser de Femtosegundo, y la apertura de la cicatriz.

## 16. Conclusiones

1. La corrección del astigmatismo corneal mediante FemtoLASIK es un procedimiento eficaz y seguro en términos de agudeza visual sin o con corrección, y predecible, siempre que el astigmatismo sea regular y esté por debajo de 4 dioptrías. Además, el empleo del láser de Femtosegundo aporta seguridad y precisión a la hora de la creación del flap, reduciendo el número de complicaciones intra y post-operatorias.

2. La corrección del astigmatismo corneal mediante el empleo de segmentos intracorneales es un procedimiento eficaz, seguro, predecible y estable durante el periodo de seguimiento estudiado. El hecho de que se trate de una técnica de moldeado corneal, preserva la córnea donante sin ablacionarla. Además, es un tratamiento quirúrgicamente reversible, y se puede personalizar según el tipo de astigmatismo que presente el paciente (regular o irregular).

3. El empleo de lentes fásicas epicapsulares de apoyo en cuerpo ciliar para la corrección de la refracción residual post-DALK (esférica y cilíndrica) es una técnica eficaz, segura, predecible y estable durante el periodo de seguimiento estudiado. Además, se trata de un procedimiento quirúrgicamente reversible, y que evita la manipulación del injerto.

4. La técnica combinada simultánea de DALK + Faco + LIO es un procedimiento eficaz y seguro. El cálculo de la lente tiene limitaciones, debido a la complejidad de predecir adecuadamente la queratometría final después del trasplante. Aún así, la predictibilidad es suficiente para que la refracción residual sea compatible con una gafa, tratándose, además, de un procedimiento estable durante el tiempo de seguimiento estudiado. La técnica quirúrgica debe personalizarse según el grado de transparencia corneal en el momento de la cirugía.

5. El implante de un anillo de PMMA a nivel predecemético durante la DALK en pacientes con queratocono, es una modificación quirúrgica viable de la técnica habitual de disección manual del lecho estromal receptor. Este anillo, aporta buenos resultados morfológicos y funcionales, pudiendo considerarse un procedimiento seguro, durante la cirugía y durante el postoperatorio de la DALK.

6. Es posible definir una estrategia quirúrgica para la corrección y prevención de los defectos de refracción asociados a la DALK. Para ello, se debe tener en cuenta la patología previa al trasplante, la técnica quirúrgica empleada, y el defecto de refracción que presente el paciente (esférico y/o astigmático).

A la hora de planificar una corrección refractiva terapéutica en una DALK, se debe comenzar planteando la corrección del astigmatismo para, en un segundo tiempo, solucionar la esfera residual. En aquellos pacientes que tengan un cristalino sano, la opción de combinar lentes aditivas al cristalino, que puedan corregir ambas ametropías a la vez, será el método preferido.

## 17. Bibliografía

1. Ardjomand N, Hau S, McAlister JC, Bunce C, Galaretta D, Tuft SJ, et al. Quality of vision and graft thickness in deep anterior lamellar and penetrating corneal allografts. *Am J Ophthalmol.* 2007; 143: 228-235.
2. Rafael I. Barraquer, Juan Álvarez de Toledo. Queratoplastias: nuevas técnicas para el siglo XXI. Ponencia oficial de la Sociedad Española de Oftalmología 2016. Sección 5, Capítulo 5.1, páginas 271-274.
3. Von Hippel A. Eine neue Methode der Hornhauttransplantation. *Graefes Arch Ophthalmol.* 1888; 34: 108-130.
4. Zirm E. Eine erfolgreiche totale Keratoplastik. *Arch Ophthalmol.* 1906; 64: 580-593.
5. Filatov V. Transplantation of the cornea. *Arch Ophthalmol.* 1935; 13: 321-347.
6. Isabel Valcayo Peñalva. Ramón Castroviejo: trayectoria científica e intelectual de un oftalmólogo del siglo XX. [Tesis Doctoral]. Madrid. Universidad Complutense de Madrid. 2016.
7. Castroviejo R. Corneal transplantation. *Am J Nurs.* 1946 Jan; 46: 31-34.
8. Castroviejo R. Lamellar keratoplasty technique and results; comparative study with penetrating keratoplasties and keratectomies. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1949; 47: 183-197.
9. Castroviejo R. Lamellar keratoplasty; comparative study of perforating keratoplasties and keratectomies. *Ann Ocul (Paris).* 1950 Aug; 183: 641-659.
10. Barraquer JI Jr. Technique of penetrating keratoplasty. *Am J Ophthalmol.* 1950; 33: 6-17.
11. Barraquer J. Total penetrating keratoplasty. *Proc R Soc Med.* 1961; 54: 1116-1118.
12. Barraquer JI. Lamellar keratoplasty (Special techniques). *Ann Ophthalmol.* 1972; 4: 437-469.
13. Barraquer J. Twenty-five years of experience with corneal grafts. *Klin Monbl Augenheilkd.* 1977; 170: 499-516.
14. Sugita, J., Kondo, J. Deep lamellar Keratoplasty with complete removal of pathological stroma for vision improvement. *Br. J. Ophthalmol.* 1997; 81: 184-188.

## 17. Bibliografía

15. Shimazaki J, Shimmura S, Ishioka M, Tsubota K. Randomized clinical trial of deep lamellar Keratoplasty versus penetrating Keratoplasty. *Am. J. Ophthalmol.* 2002; 134: 159-165.
16. Watson S.L., Ramsay A., Dart J.K.G., Bunce C, Craig E. Comparison of deep lamellar Keratoplasty and penetrating Keratoplasty in patients with Keratoconus. *Ophthalmology* 2004; 111: 1676-1682.
17. Thanitcul C, Mathews P, Woreta FA, Akpek EK, Varadaraj V, Srikumaran D. Surgeon Preference for Keratoplasty Techniques and Barriers to Performing Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Cornea* 2021; 40: 1406-1412.
18. Melles GR, Lander F, Rietveld FJ, Remeijer L, Beekhuis WH, Binder PS. A new surgical technique for deep stromal anterior lamellar keratoplasty. *Br J Ophthalmol.* 1999; 83: 327-333.
19. Barraquer RI, Alvarez de Toledo JP. Queratoplastias: nuevas técnicas para el siglo XXI. Ponencia oficial de la Sociedad Española de Oftalmología 2016. Sección 4, Capítulo 4.2, Páginas 233-236.
20. Li JY, Mannis MJ. Eye banking and the changing trends in contemporary corneal surgery. *Int Ophthalmol Clin.* 2010; 50: 101-112.
21. Magalhaes OA, Marafon SB, Ferreira RC. Gender differences in keratoconus keratoplasty: a 25-year study in Southern Brazil and global perspective. *Int Ophthalmol.* 2018; 38: 1627-1633.
22. Gonzalez-Secades P. Trasplantes de córnea en el IUFV: periodo 2010-2018. [Trabajo Fin de Grado]. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2018.
23. Röck T, Landenberger J, Bramkamp M, Bartz-Schmidt KU, Röck D. The Evolution of Corneal Transplantation. *Ann Transplant.* 2017; 22: 749-754.
24. Robert MC, Choronzey ME, Lapointe J, Gauvin Meunier LP, Harisi-Dagher M, Germain M, Mabon M, Brunette I. Evolution of Corneal Transplantation in the Province of Quebec from 2000 to 2011. *Cornea.* 2015; 34: 880-887.
25. Tan JC, Holland SP, Dubord PJ, Moloney G, McCarthy M, Yeung SN. Evolving indications for and trends in keratoplasty in British Columbia, Canada, from 2002 to 2011: a 10-year review. *Cornea.* 2014; 33: 252-256.
26. Bigan G, Puyraveau M, Saleh M, Gain P, Martinache I, Delbosc B, Gauthier AS. Corneal transplantation trends in France from 2004 to 2015: A 12-year review. *Eur J Ophthalmol.* 2018; 28: 535-540.
27. Boimer C, Lee K, Sharpen L, Mashour RS, Slomovic AR. Evolving surgical techniques of and indications for corneal transplantation in Ontario from 2000 to 2009. *Can J Ophthalmol.* 2011; 46: 360-366.
28. Fasolo A, Frigo AC, Böhm E, Genisi C, Rama P, Spadea L, Mastropirro B, Fornea M, Ponzin D, Grigoletto F, CORTES Group. The CORTES study: corneal transplant indications and graft survival in an Italian cohort of patients. *Cornea.* 2006; 25: 507-515.

## 17. Bibliografia

29. Módis L Jr, Szalai E, Facskó A, Fodor M, Komár T, Berta A. Corneal transplantation in Hungary (1946-2009). *Clin Experiment Ophthalmol.* 2011; 39: 520-525.
30. Cunningham WJ, Brookes NH, Twohill HC, Moffatt SL, Pendergrast DGC, Stewart JM, McGhee CNJ. Trends in the distribution of donor corneal tissue and indications for corneal transplantation: The New Zealand National Eye Bank Study 2000-2009. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2011; 40: 141-147.
31. Ting DSJ, Sau CY, Srinivasan S, Ramaesh K, Mantry S, Roberts F. Changing trends in keratoplasty in the West of Scotland: a 10-year review. *Br J Ophthalmol.* 2012; 96: 405-408.
32. Zare M, Javadi M, Einollahi B, Karimian F, Rafie ARB, Feizi S, Azimzadeh A. Changing indications and surgical techniques for corneal transplantation between 2004 and 2009 at a tertiary referral center. *Middle East Afr J Ophthalmol.* 2012; 19: 323-329.
33. Wang J, Hasenpus A, Schirra F, Bohle RM, Seitz B, Szentmáry N. Changing indications for penetrating keratoplasty in homburg/Saar from 2001 to 2010 –histopathology of 1,200 corneal buttons. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2013; 251: 797-802.
34. Park CY, Lee JK, Gore PK, Lim CY, Chuck RS. Keratoplasty in the United States: a 10-year review from 2005 through 2014. *Ophthalmology.* 2015; 122: 2432-2442.
35. Frigo AC, Fasolo A, Capuzzo C, Fornea M, Bellucci R, Busin M, Marchini G, Pedrotti E, Ponzin D, CORTES Study Group. Corneal transplantation activity over 7 years: changing trends for indications, patient demographics and surgical techniques from the corneal transplant epidemiological study (CORTES). *Transplant Proc.* 2015; 47: 528-535.
36. Kwitko S, Severo NS. Ferrara intracorneal ring segments for keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2004 Apr; 30: 812-820.
37. Seiler TG, Fischinger I, Senfft T, Schmidinger G, Seiler T. Intrastromal application of riboflavin for corneal crosslinking. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014 Jun 10; 55: 4261-4265.
38. Carriazo C, Cosentino MJ. A Novel Corneal Remodeling Technique for the Management of Keratoconus. *J Refract Surg.* 2017 Dec 1; 33: 854-856.
39. Nishino T, Kobayashi A, Yokogawa H, Mori N, Sugiyama K. Changing indications and surgical techniques for keratoplasty during a 16 year period (2003-2018) at a tertiary referral hospital in Japan. *Clin Ophthalmol.* 2019; 13: 1499-1509.
40. Keenan TD, Jones MN, Rushton S, Carley FM, National Health Service Blood and Transplant Ocular Tissue Advisory Group and Contributing Ophthalmologists (Ocular Tissue Advisory Group Audit Study 8). Trends in the indications for corneal graft surgery in the United Kingdom: 1999 through 2009. *Arch Ophthalmol.* 2012; 130: 621-628.



## 17. Bibliografía

41. Zhang AQ, Rubenstein D, Price AJ, Côté E, Levitt M, Sharpen L, Slo-movic A. Evolving surgical techniques of and indications for corneal transplanta-tion in Ontario: 2000-2012. *Can J Ophthalmol*. 2013; 48: 153-159.
42. Eye Banking Statistical Report 2009. Eye Bank Association of America [Internet]. Available from: [http://www.corneas.org/repository/ima-ges/pressimages/EBAA%202009%20statistical%20report%20-%20final.pdf](http://www.corneas.org/repository/images/pressimages/EBAA%202009%20statistical%20report%20-%20final.pdf).
43. Eye Bank Association of America, 2019 Eye Banking Statistical Re-port, Eye Bank Association of America, Washington, DC, USA, 2019, <https://restoresight.org/wpcontent/uploads/2020/04/2019-EBAA-Stat-Report-FINAL.pdf>.
44. Eye Bank Association of America. 2008 Eye banking statistical report. Washington, DC, April 2009.
45. Al-Kharashi SA, Al-Obailan MM, Almohaimeed M, Al-Torbak AA. Deep anterior lamellar Keratoplasty. *Saudi J Ophthalmol*. 2009; 23: 203-209.
46. Morrison, J.C., Swan, K.C. Full-thickness lamellar Keratoplasty. A his-tologic study in human eyes. *Ophthalmology* 1982; 89: 715-719.
47. Archila EA. Deep lamellar keratoplasty dissection of host tissue with intrastromal air injection. *Cornea*. 1984-1985; 3: 217-218.
48. Price Jr. FW. Air lamellar Keratoplasty. *Refract. Corneal Surg*. 1989; 5: 240-243.
49. Melles, G.R.J., Remeijer, L., Geerards, A.J.M., Beekhuis WH. A quick surgical technique for deep, anterior lamellar Keratoplasty using vis-co-dissection. *Cornea*. 2000; 19: 427-432.
50. Anwar, M., Teichmann, K.D. Big-bubble technique to bare Desce-met's membrane in anterior lamellar Keratoplasty. *J. Cataract Refract. Surg*. 2002b; 28: 398-403.
51. Fogla R. Deep anterior lamellar keratoplasty in the management of keratoconus. *Indian J Ophthalmol*. 2013; 61: 465-468.
52. Genc S, Sucu ME, Çakmak S, Yildirim Y, Yıldız BK, Ağca A. Deep an-terior lamellar keratoplasty techniques; predescemetic versus big bubble: Anterior segment optical coherence tomography study. *J Fr Ophtalmol*. 2020; 43: 222-227.
53. Anwar M. Dissection technique in lamellar keratoplasty. *Br J Oph-thalmol*. 1972; 56: 711-713.
54. Marchini G, Mastropasqua L, Pedrotti E, Nubile M, Ciancaglini M, et al. Deep lamellar Keratoplasty by intracorneal dissection. *Ophthal-mology*. 2006; 113: 1289-1300.
55. Tan DT, Mehta JS. Future directions in lamellar corneal transplanta-tion. *Cornea*. 2007; 26 (9 Suppl 1): S21-S28.
56. Sarayba, M. Effectiveness of Femtosecond laser through opaque corneas. Presented at: American Society of Cataract and Refractive Surgeons Annual Meeting, San Francisco, CA. 2003.

## 17. Bibliografia

57. Lubatschowski, H., Maatz, G., Heisterkamp, A., Hetzel U, Drommer W, Welling H, Ertmer W. Application of ultrashort laser pulses for intrastromal refractive surgery. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2000; 238: 33-39.
58. Seitz, B., Langenbacher, A., Hofmann-Rummelt, C., Schlötzer-Schrehardt U, Naumann GOH. Nonmechanical posterior lamellar Keratoplasty using the Femtosecond laser (femto-PLAK) for corneal endothelial decompensation. *Am. J. Ophthalmol.* 2003; 136: 769-772.
59. Jones YJ, Goins KM, Sutphin JE, Mullins R, Skeie JM. Comparison of the femtosecond laser (IntraLase) versus manual microkeratome (Moria ALTK) in dissection of the donor in endothelial keratoplasty: initial study in eye bank eyes. *Cornea.* 2008; 27: 88-93.
60. Flanagan GW, Binder PS. Precision of flap measurements for laser in situ keratomileusis in 4428 eyes. *J Refract Surg.* 2003; 19: 113-123.
61. Kezirian GM, Stonecipher KG. Comparison of the IntraLase femtosecond laser and mechanical keratomes for laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2004; 30: 804-811.
62. Binder PS. Flap dimensions created with the IntraLase FS laser. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 26-32.
63. Spadea L, De Rosa V. Current techniques of lamellar keratoplasty for keratoconus. *Saudi Med J.* 2016; 37: 127-136.
64. Hafez MS, Hamza I, El-Zawahry WM, Soliman AH. Comparison of the effects of femtosecond laser energy on corneal endothelium at two different dissection levels in femtosecond laser-assisted deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus. *Int Ophthalmol.* 2021; 41: 1167-1177.
65. Chew AC, Mehta JS, Tan DT. Deep lamellar keratoplasty after resolution of hydrops in keratoconus. *Cornea.* 2011; 30: 454-459.
66. Anwar HM, Anwar M. Predescemet dissection for healed hydrops-judicious use of air and fluid. *Cornea.* 2011; 30: 1502-1509.
67. Senoo T, Chiba K, Terada O, Mori J, Kusama M, Hasegawa K, Obara Y. Deep lamellar Keratoplasty by deep parenchyma Detachment from the corneal limbs. *Br. J. Ophthalmol.* 2005; 89: 1597-1600.
68. Manche E.E., Holland, G.N., Maloney, R.K. Deep lamellar Keratoplasty using viscoelastic dissection. *Arch. Ophthalmol.* 1999; 111: 1561-1565.
69. Livny E, Bahar I, Hammel N, Nahum Y. 'Blue bubble' technique: an ab interno approach for Descemet separation in deep anterior lamellar keratoplasty using trypan blue stained viscoelastic device. *Clin Exp Ophthalmol.* 2018; 46: 275-279.
70. Tsubota K, Kaido M, Monden Y, Satake Y, Bissen-Miyajima H, Shimazaki J. A new surgical technique for deep lamellar keratoplasty with single running suture adjustment. *Am J Ophthalmol* 1998; 126: 1-8.
71. Farid M, Steinert RF. Deep anterior lamellar keratoplasty performed with the femtosecond laser zigzag incision for the treatment of stro-

## 17. Bibliografia

- mal corneal pathology and ectatic disease. *J Cataract Refract Surg.* 2009; 35: 809-813.
72. Buzzonetti L, Laborante A, Petrocelli G. Standardized big-bubble technique in deep anterior lamellar keratoplasty assisted by the femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg.* 2010; 36: 1631-1636.
  73. Buzzonetti L, Petrocelli G, Valente P. Femtosecond laser and big-bubble deep anterior lamellar keratoplasty: a new chance. *J Ophthalmol* 2012; 2012: 264590.
  74. Scorcio V, Lucisano A, Pietropaolo R, Savoca Corona V, Scorcio G, Busin M. Red reflex-guided big-bubble Deep anterior lamellar keratoplasty. *Cornea.* 2015; 34: 1035-1038.
  75. Dua HS, Faraj LA, Said DG, Gray T, Lowe J. Human corneal anatomy redefined: a novel pre-Descemet's layer (Dua's layer). *Ophthalmology.* 2013; 120: 1778-1785.
  76. Dua HS, Katamish T, Said DG, Faraj LA. Differentiating type 1 from type 2 big bubbles in deep anterior lamellar keratoplasty. *Clin Ophthalmol.* 2015; 9: 1155-1157.
  77. Goweida MB, Abuelkheir A, El-Menawy W, Mahmoud S. Dynamics of Big Bubble Formation During Deep Anterior Lamellar Keratoplasty in Eyes with Advanced Keratoconus. *Clin Ophthalmol.* 2020; 14: 4305-4310.
  78. Fogla R, Indumathy TR, Fontana L. Modified big bubble technique of deep anterior lamellar keratoplasty. *J Cataract Refract Surg.* 2021; 47: 6-9.
  79. Akdemir MO, Acar BT, Acar S. Biomechanics in DALK: Big bubble vs manual lamellar dissection. *Arq Bras Oftalmol.* 2020; 83: 87-91.
  80. Bahar I, Kaiserman I, Srinivasan S, Ya-Ping J, Slomovic AR, Rootman DS. Comparison of three different techniques of corneal transplantation for keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 2008; 146: 905-912.
  81. Sarnicola V, Toro P. Blunt cannula for descemetec deep anterior lamellar keratoplasty. *Cornea.* 2011; 30: 985-988.
  82. Feizi S, Javadi MA, Jamali H, Mirbabaee F. Deep anterior lamellar keratoplasty in patients with keratoconus: big-bubble technique. *Cornea.* 2010; 29: 177-182.
  83. Sarnicola E, Sarnicola C, Cheung AY, Holland EJ, Sarnicola V. Surgical Corneal Anatomy in Deep Anterior Lamellar Keratoplasty: Suggestion of New Acronyms. *Cornea.* 2019 Apr; 38: 515-522.
  84. Moura T, Muller R, Rayes T, Hirai FE, Barbosa de Sousa L. Visual outcomes after deep anterior lamellar keratoplasty using donor corneas without removal of Descemet membrane and endothelium. *Arq Bras Oftalmol.* 2016; 79: 366-368.
  85. Feizi S, Javadi MA, Kanavi MR. Cellular changes of donor corneal tissue after deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty in eyes with keratoconus: a confocal study. *Cornea.* 2010; 29: 866-870.

## 17. Bibliografia

86. Feizi S, Zare M, Hosseini SB, Kanavi MR, Yazdani S. Donor Descemet-off versus Descemet-on deep anterior lamellar keratoplasty: a confocal scan study. *Eur J Ophthalmol.* 2015; 25: 90-95.
87. Zare M, Feizi S, Hasani H, Silbert D. Comparison of descemet-on versus descemet-off deep anterior lamellar keratoplasty. *Cornea.* 2013; 32: 1437-1440.
88. Jhanji V, Sharma N, Vajpayee RB. Management of keratoconus: current scenario. *Br J Ophthalmol.* 2011; 95: 1044-1050.
89. Feizi S, Javadi MA, Kheiri B. Effect of Keratoconus Severity on Clinical Outcomes After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Am J Ophthalmol.* 2019; 202: 15-22.
90. Chan CC, Ritenour RJ, Kumar NL, Sansanayudh W, Rootman DS. Femtosecond laser-assisted mushroom configuration deep anterior lamellar keratoplasty. *Cornea.* 2010; 29: 290-295.
91. Myerscough J, Roberts H, Yu AC, Elkadim M, Bovone C, Busin M. 5-year Outcomes of Converted Mushroom Keratoplasty from Intended DALK Mandate 9 mm Diameter DALK as the Optimal Approach to Keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 2020; S0002-9394: 30360-30363.
92. Song Y, Zhang J, Pan Z. Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical Outcomes of Penetrating Keratoplasty Versus Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Keratoconus. *Exp Clin Transplant.* 2020; 18: 417-428.
93. Sarezky D, Orlin SE, Pan W, VanderBeek BL. Trends in corneal transplantation in keratoconus. *Cornea.* 2017; 36: 131-137.
94. Feizi S, Javadi MA, Khajuee-Kermani P, Jafari R. Repeat keratoplasty for failed deep anterior lamellar keratoplasty in keratoconus: incidence, indications, and outcomes. *Cornea.* 2017; 36: 535-540.
95. Huang T, Zhang X, Wang Y, Zhang H, Huand A, Gao N. Outcomes of deep anterior lamellar keratoplasty using the big-bubble technique in various corneal diseases. *Am J Ophthalmol.* 2012; 154: 282-289.
96. Wang J, Zhao G, Xie L, Chen M, Zhao J. Therapeutic effect of deep anterior lamellar keratoplasty for active or quiescent herpetic stromal keratitis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2012; 250: 1187-1194.
97. Lyall D, Tarafdar S, Gilhooly MJ, Roberts F, Ramaesh K. Long term visual outcomes, graft survival and complications of deep anterior lamellar keratoplasty in patients with herpes simplex related corneal scarring. *Br J Ophthalmol.* 2012; 96: 1200-1203.
98. Sarnicola V, Toro P. Deep anterior lamellar keratoplasty in herpes simplex corneal opacities. *Cornea.* 2010; 29: 60-64.
99. Unal M, Arslan OS, Atalay E, Mangan MS, Bilgin AB. Deep anterior lamellar keratoplasty for the treatment of stromal corneal dystrophies. *Cornea.* 2013; 32: 301-305.
100. Ziaei M, Vellara HR, Gokul A, Ali NQ, McGhee CNJ, Patel DV. Comparison of corneal biomechanical properties following penetrating keratoplasty and deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus. *Clin Exp Ophthalmol.* 2020; 48: 174-182.

## 17. Bibliografía

101. Peris C, del Buey MA, Lanchares E. Biomecánica y arquitectura corneal. Monografía de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto-Refractiva 2014. Sección 1, Capítulo 2, páginas 11-22.
102. Newton RH, Meek KM. The integration of the corneal and limbal fibrils in the human eye. *Biophys J.* 1998; 75: 2508-2512.
103. Kotecha A. What biomechanical properties of the cornea are relevant for the clinician? *Surv Ophthalmol.* 2007; 52: 109-114.
104. Ortiz D, Piñero D, Shabayek MH, Arnalich-Montiel F, Alió JL. Corneal biomechanical properties in normal, post-laser in situ keratomileusis, and keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2007; 33: 1371-1375.
105. Pastor Pacual F, Peris Martínez C, Fernández López E, Ruiz Mesa R, Hernández Díaz M. Monografía SECOIR 2014: Biomecánica y arquitectura corneal. Ed: Peris C, del Buey MA. Capítulo 25.A. Biomecánica: queratoplastias lamelares versus penetrantes.
106. Abdelkader A. Corneal biomechanical properties and their correlates with healing process after Descemetec versus pre-Descemetec lamellar keratoplasty. *Eur J Ophthalmol.* 2013; 23: 652-657.
107. Jiang MS, Zhu JY, Li X, Zhang NN, Zhang XD. Corneal Biomechanical Properties After Penetrating Keratoplasty or Deep Anterior Lamellar Keratoplasty Using the Ocular Response Analyzer: A Meta-Analysis. *Cornea.* 2017; 36: 310-316.
108. Shin JY, Choi JS, Oh JY, Kim MK, Lee JH, Wee WR. Evaluation of corneal biomechanical properties following penetrating keratoplasty using the ocular response analyzer. *Korean J Ophthalmol.* 2010; 24: 139-142.
109. Acar BT, Akdemir MO, Acar S. Corneal biomechanical properties in eyes with no previous surgery, with previous penetrating keratoplasty and with deep anterior lamellar keratoplasty. *Jpn J Ophthalmol.* 2013; 57: 85-89.
110. Yenerel NM, Kucumen RB, Gorgun E. Changes in corneal biomechanics in patients with keratoconus after Penetrating keratoplasty. *Cornea.* 2010; 29: 1247-1251.
111. Jafarinasab MR, Sepehr F, Javadi MA, Hashemloo A. Graft biomechanical properties after penetrating keratoplasty versus deep anterior lamellar keratoplasty. *Curr Eye Res.* 2011; 36: 417-421.
112. Hosny M, Hassaballa MA, Shalaby A. Changes in corneal biomechanics following different keratoplasty techniques. *Clin Ophthalmol.* 2011; 5: 767-770.
113. Feizi S, Einollahi B, Yazdani S, Hashemloo A. Graft biomechanical properties after penetrating keratoplasty in keratoconus. *Cornea.* 2012; 31: 855-858.
114. Muraine M, Toubreau D, Gueudry J, Brasseur G. Impact of new lamellar techniques of keratoplasty on eye bank activity. *Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2007; 245: 32-38.

## 17. Bibliografía

115. Arnalich-Montiel F, Alió Del Barrio J, Alió J. Corneal surgery in keratoconus: which type, which technique, ¿which outcomes? *Eye Vis (Lond)*. 2016; 3: 2.
116. van Dijk K, Liarakos VS, Parker J, Ham L, Lie JT, Groeneveld-van Beek EA, et al. Bowman layer transplantation to reduce and stabilize progressive, advanced keratoconus. *Ophthalmology*. 2015; 122: 909-917.
117. Parker JS, Dockery PW, Melles G. Bowman Layer Transplantation-A Review. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2020; 9: 565-570.
118. Kaushal S, Jhanji V, Sharma N, Tandon R, Titiyal JS, Vajpayee RB. Tuck In” Lamellar Keratoplasty (TILK) for corneal ectasias involving corneal periphery. *Br J Ophthalmol*. 2008; 92: 286-290.
119. Nagpal R, Sharma N, Kumar R, Muraleekrishna M, Vajpayee RB. Tuck-in deep anterior lamellar keratoplasty for the management of post-radial keratotomy keratectasia. *J Cataract Refract Surg*. 2022; 48: 937-941.
120. Sharma VK, Sati A, Kaushik J, Kumar S, Agarwal M. Tuck in Femtosecond Laser Assisted Anterior Lamellar Keratoplasty (T-FALK) for the Management of Superficial Anterior Corneal Scars-A Modified Technique. *Cornea*. 2021; 40: 125-130.
121. Arnalich-Montiel F, Pastor S, Blazquez-Martinez A, Fernandez-Delgado J, Nistal M, Alio JL, De Miguel MP. Adipose-derived stem cells are a source for cell therapy of the corneal stroma. *Stem Cells*. 2008; 26: 570-579.
122. Alió del Barrio JL, Chiesa M, Gallego Ferrer G, Garagorri N, Briz N, Fernandez-Delgado J, Valls MS, Botella CC, García-Tuñón I, Bataille L, Rodriguez A, Arnalich-Montiel F, Gómez Ribelles JL, Antolinos-Turpín CM, Gómez-Tejedor JA, Alió JL, De Miguel MP. Biointegration of corneal macroporous membranes based on poly-ethyl-acrylate copolymers in an experimental animal model. *J Biomed Mater Res A*. 2015; 103: 1106-1118.
123. Gómez-Benlloch A, Montesel A, Pareja-Aricò L, Mingo-Botín D, Michael R, Barraquer RI, Alió J. Causes of corneal transplant failure: a multicentric study. *Acta Ophthalmol*. 2021.
124. Liu H, Chen Y, Wang P, Li B, Wang W, Su Y, Sheng M. Efficacy and safety of deep anterior lamellar keratoplasty vs. penetrating keratoplasty for keratoconus: a meta-analysis. *PLoS One*. 2015; 10: e0113332.
125. Chen G, Tzekov R, Li W, Jiang F, Mao S, Tong Y. Deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Cornea*. 2016; 35: 169-174.
126. 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: 438-450.
127. Dooren B, Mulder P, Nieuwendaal C, Beekhuis WH, Melles G. Endothelial cell density after deep anterior lamellar keratoplasty (Melles technique). *Am J Ophthalmol*. 2004; 137: 397-400.



## 17. Bibliografía

128. Bourne WM, Nelson LR, Maguire LJ, Baratz KH, Hodgeen DO. Comparison of Chen Medium and Optisol-GS for human corneal preservation at 4 degrees C: results of transplantation. *Cornea*. 2001; 20: 683-686.
129. Arundhati A, Chew M, Li L, Mehta JS, Lang SS, Htoon HM, Tan D. Comparative Study of Long-term Graft Survival between Penetrating Keratoplasty and Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Am J Ophthalmol*. 2020; S0002-9394 (20): 30635-30638.
130. MacIntyre R, Chow SP, Chan E, Poon A. Long-term outcomes of deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty in Australian keratoconus patients. *Cornea*. 2014; 33: 6-9.
131. Coombes AG, Kinwan JF, Rostron CK. Deep lamellar keratoplasty using lyophilized tissue in the management of keratoconus. *Br J Ophthalmol*. 2001; 85: 788-791.
132. Olson RJ, Pingreen M, Ridges R, Lundergan ML, Alldredge C Jr, Clinch TE. Penetrating keratoplasty for keratoconus-a long term review of results and complications. *J Cataract Refract Surg*. 2000; 26: 987-991.
133. Lim L, Pseudovs K, Coster DJ. Penetrating keratoplasty for keratoconus: visual outcomes and success. *Ophthalmology*. 2000; 107: 1125-1131.
134. Kim SE, Lim SA, Byun YS, Joo CK. Comparison of long-term clinical outcomes between Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty and penetrating keratoplasty in patients with bullous keratopathy. *Korean J Ophthalmol*. 2016; 30: 443-450.
135. Okumura N, Inoue R, Nakano S, Imai H, Matsumoto D, Kayukawa K, Wakimasu K, Kitazawa K, Koizumi N, Kinoshita S. Immune cells on the donor corneal endothelium after corneal transplantation. *Cornea*. 2018; 37: 1081-1086.
136. Abdelkader A. Influence of different keratoplasty techniques on the biomechanical properties of the cornea. *Acta Ophthalmol*. 2013; 91: e567-e572.
137. Gonzalez A, Price MO, Feng MT, Lee C, Arbelaez JG, Price FW, Jr. Immunologic rejection episodes after deep anterior lamellar keratoplasty: incidence and risk factors. *Cornea*. 2017; 36: 1076-1082.
138. Kodavoor SK, Deb B, Ramamurthy D. Outcome of deep anterior lamellar keratoplasty patients with intraoperative Descemet's membrane perforation: A retrospective cross-sectional study. *Indian J Ophthalmol*. 2018; 66: 1574-1579.
139. Zarei-Ghanavati M, Davoodabadi M, Shahbazi A. Amniotic Membrane Patch Graft in Management of Double Chamber after Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Case Reports. J Ophthalmic Vis Res*. 2020; 15: 571-573.
140. Myerscough J, Bovone C, Mimouni M, Elkadim M, Rimondi E, Busin M. Factors Predictive of Double Anterior Chamber Formation

## 17. Bibliografia

- Following Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Am J Ophthalmol.* 2019; 205: 11-16.
141. Dua HS, Faraj LA, Branch MJ, Yeung AM, Elalfy MS, Said DG, Gray T, Lowe J. The collagen matrix of the human trabecular meshwork is an extension of the novel pre-Descemet's layer (Dua's Layer). *Br J Ophthalmol.* 2014; 98: 691-697.
142. Myerscough J, Friehmann A, Bovone C, Mimouni M, Busin M. Evaluation of the risk factors associated with conversion of intended deep anterior lamellar keratoplasty to penetrating keratoplasty. *Br J Ophthalmol.* 2020; 104: 764-767.
143. Khakshoor H, Eslampoor A, Rad SS, Vejdani A. Modified deep anterior lamellar keratoplasty for the treatment of advanced keratoconus with steep corneal curvature to help in eliminating the wrinkles in the Descemet's membrane. *Indian J Ophthalmol.* 2014; 62: 392-395.
144. Shi W, Li S, Gao H, Wang T, Xie L. Modified deep lamellar keratoplasty for the treatment of advanced-stage keratoconus with steep curvature. *Ophthalmology.* 2010; 117: 226-231.
145. Johnson DH, Bourne WM, Campbell RJ. The ultrastructure of Descemet's membrane: I. Changes with age in normal corneas. *Arch Ophthalmol.* 1982; 100: 1942-1947.
146. Suzuki N, Yamaguchi T, Tomida D, Tsubota K, Shimazaki J. Impact of Corneal Higher-Order Aberrations on Visual Acuity After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty in Treating Keratoconus. *Eye Contact Lens.* 2019; 45: 238-245.
147. Li X, Zhao Y, Chen H, Li Y, Hong J, Xu J. Clinical Properties and Risk Factors for Descemet Membrane Folds After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty in Patients with Keratoconus. *Cornea.* 2019; 38: 1222-1227.
148. Fernandes BF, Logan P, Zajdenweber ME, Santos LN, Cheema DP, Burnier Jr MN. Histopathological study of 49 cases of keratoconus. *Pathology.* 2008; 40: 623-626.
149. Genc S, Esen F, Guler E, Çakir H. A theoretical model for graft punch size calculations to prevent Descemet's membrane folds following deep anterior lamellar keratoplasty. *Arq Bras Oftalmol.* 2020; 83: 366-371.
150. Neri A, Moramarco A, Iovieno A, Fontana L. Management of Descemet Membrane's Folds After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty: Descemet Membrane-Tucking Technique. *Cornea.* 2019 Jun; 38: 772-774.
151. Szczotka-Flynn L, McMahon TT, Lass JH, Sugar J, Weissman BA, Stiegemeyer MJ, Reinhard WJ. Late-stage progressive corneal astigmatism after penetrating keratoplasty for keratoconus. *Eye Contact Lens.* 2004; 30: 105-110.
152. 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: 317-323.

## 17. Bibliografía

153. Unal M, Yucel I, Akar Y, Akkoyunlu G, Ustünel I. Recurrence of keratoconus in two corneal grafts after penetrating keratoplasty. *Cornea*. 2007; 26: 362-364.
154. Agarwal S, Peck T, Golen J, Karcioğlu ZA. Macular corneal dystrophy: A review. *Surv Ophthalmol*. 2018; 63: 609-617.
155. David P Roncone. Granular corneal dystrophy: a novel approach to classification and treatment. *Optom Vis Sci*. 2014; 91: e63-71.
156. Qiu WY, Zheng LB, Pan F, Wang BB, Yao YF. New histopathologic and ultrastructural findings in Reis-Bücklers corneal dystrophy caused by the Arg124Leu mutation of TGFBI gene. *BMC Ophthalmol*. 2016; 16: 158.
157. Feizi S, Javadi MA, Rezaei KM. Recurrent keratoconus in a corneal graft after deep anterior lamellar keratoplasty. *J Ophthalmic Vis Res*. 2012; 7: 328-331.
158. Patel N, Mearza A, Rostron CK, Chow J. Corneal ectasia following deep lamellar keratoplasty. *Br J Ophthalmol*. 2003; 87: 799-800.
159. Romano V, Iovieno A, Parente G, Soldani AM, Fontana L. Long-term clinical outcomes of deep anterior lamellar keratoplasty in patients with keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2015; 159: 505-511.
160. Feizi S, Karjou Z, Masoudi A, Moshtaghion SM, Azari AA. Peripheral Hypertrophic Subepithelial Opacities of Corneal Grafts After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Cornea*. 2020; 39: 271-276.
161. Geggel HS. Effect of peripheral subepithelial fibrosis on corneal transplant topography. *J Cataract Refract Surg*. 1996; 22: 135-138.
162. Williams KA, Lowe MT, Bartlett CM, Kelly L, Coster DJ. The Australian Corneal Graft Registry. 2007 Report. Adelaide, Australia, Flinders University Press, 2007.
163. Feizi S, Javadi MA. Factors Predicting Refractive Outcomes After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty in Keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2015; 160: 648-653.
164. Cohen AW, Goins KM, Sutphin JE, Wandling GR, Wagoner MD. Penetrating keratoplasty versus deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus. *Int Ophthalmol*. 2010; 30: 675-681.
165. 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: 93-97.
166. Jones MN, Armitage WJ, Ayliffe W, Larkin DF, Kaye SB. Penetrating and deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus: a comparison of graft outcomes in the United Kingdom. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009; 50: 5625-5629.
167. Noble BA, Agrawal A, Collins C, Saldana M, Brogden PR, Zuberbuhler B. Deep Anterior Lamellar Keratoplasty (DALK): visual outcome and complications for a heterogeneous group of corneal pathologies. *Cornea*. 2007; 26: 59-64.
168. Lockington D, Wang EF, Patel DV, Moore SP, McGhee CN. Effectiveness of cataract phacoemulsification with toric intraocular lenses in

## 17. Bibliografia

- addressing astigmatism after keratoplasty. *J Cataract Refract Surg.* 2014; 40: 2044-2049.
169. Yildiz E, Toklu M, Turan Vural E. Vision-Related Quality of Life Before and After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Eye Contact Lens.* 2018; 44: 144-148.
170. Wu E. Femtosecond-assisted astigmatic keratotomy. *Int Ophthalmol Clin.* 2011; 51: 77-85.
171. Fares U, Sarhan AR, Dua HS. Management of post-keratoplasty astigmatism. *J Cataract Refract Surg.* 2012; 38: 2029-2039.
172. Koenig S, Graul E, Kaufman HE. Ocular refraction after penetrating keratoplasty with infant donor corneas. *Am J Ophthalmol.* 1982; 94: 534-539.
173. Palay DA, Kangas TA, Stulting RD, Winchester K, Litoff D, Krachmer JH. The effects of donor age on the outcome of penetrating keratoplasty in adults. *Ophthalmology.* 1997; 104: 1576-1579.
174. Feizi S, Najafi M, Rahmani S, Javadi MA. An analysis of factors associated with graft topographic outcomes after deep anterior lamellar keratoplasty. *Int Ophthalmol.* 2020; 40: 2449-2459.
175. Feizi S, Javadi MA, Kanavi MR, Javadi F. Effect of donor graft quality on clinical outcomes after deep anterior lamellar keratoplasty. *Cornea.* 2014; 33: 795-800.
176. Feizi S, Masoudi A, Rahimi B, Karimian F, Javadi MA. Geometric properties of donor corneas after mechanical trephination in deep anterior lamellar keratoplasty. *Cornea.* 2019; 38: 35-41.
177. Van Rij G, Cornell FM, Waring GO 3rd, Wilson LA, Beekhuis WH. Postoperative astigmatism after central vs eccentric penetrating keratoplasties. *Am J Ophthalmol.* 1985; 99: 317-320.
178. Langenbucher A, Seitz B, Kus MM, Vilchis E, Naumann GO. Graft decentration in penetrating keratoplasty: nonmechanical trephination with the excimer laser (193 nm) versus the motor trephine. *Ophthalmic Surg Lasers.* 1998; 29: 106-113.
179. Troutman RC. Astigmatic considerations in corneal graft. *Ophthalmic Surg.* 1979; 10: 21-26.
180. Seitz B, Langenbucher A, Naumann GOH. Trephination in penetrating keratoplasty. In: Reinhard T, Larkin DF, eds. *Essentials in Ophthalmology: Corneal and External Eye Disease.* Berlin, Germany: Springer; 2006: 123-152.
181. Seitz B, Langenbucher A, Kus MM, Küchle M, Naumann GO. Nonmechanical corneal trephination with the excimer laser improves outcome after penetrating keratoplasty. *Ophthalmology.* 1999; 106: 1156-1164.
182. Moshirfar M, Calvo CM, Kinard KI, Williams LI B, Sikder S, Neuffer MC. Comparison of Hanna and Hessburg-Barron trephine and punch systems using histological, anterior segment optical coherence tomography, and elliptical curve fitting models. *Clin Ophthalmol.* 2011; 5: 1121-1125.

## 17. Bibliografía

183. Olson RJ. Variation in corneal graft size related to trephine technique. *Arch Ophthalmol*. 1979; 97: 1323-1325.
184. Feizi S, Javadi MA, Behnaz N, Fani-Hanife S, Jafarinasab MR. Effect of suture removal on refraction and graft curvature after deep anterior lamellar keratoplasty in patients with keratoconus. *Cornea*. 2018; 37: 39-44.
185. Barbero S, Marcos S, Merayo-Llodes J. Corneal and total optical aberrations in a unilateral aphakic patient. *J Cataract Refract Surg*. 2002; 28: 1594-1600.
186. Llorente L, Barbero S, Merayo J, Marcos S. Total and corneal optical aberrations induced by laser in situ keratomileusis for hyperopia. *J Refract Surg*. 2004; 20: 203-216.
187. Pantanelli S, MacRae S, Jeong TM, Yoon G. Characterizing the wave aberration in eyes with keratoconus or penetrating keratoplasty using a high-dynamic range wavefront sensor. *Ophthalmology*. 2007; 114: 2013-2021.
188. Fdez-Sanchez V, Ponce ME, Lara F, Montes-Mico R, Castejon-Mochon JF, Lopez-Gil N. Effect of 3rd-order aberrations on human vision. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 1339-1344.
189. Salvat ML, Brusini P, Pedrotti E, Zeppieri M, Miani F, Marcigaglia M, Passilongo M, Marchinilos G. Higher order aberrations after keratoplasty for keratoconus. *Optom Vis Sci*. 2013 Mar; 90: 293-301.
190. Pesudovs K, Coster DJ. Penetrating keratoplasty for keratoconus: the nexus between corneal wavefront aberrations and visual performance. *J Refract Surg* 2006; 22: 926-931.
191. Baradaran-Rafii, A., Eslani, M., Sadoughi, M.-M., Esfandiari, H., & Karimian, F. Anwar versus Melles Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Keratoconus. *Ophthalmology*, 2013; 120: 252-259.
192. Khattak A, Nakhli FR, Al-Arfaj KM, Cheema AA. Comparison of outcomes and complications of deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty performed in a large group of patients with keratoconus. *Int Ophthalmol*. 2018; 38: 985-992.
193. Han DC, Mehta JS, Por YM, Htoon HM, Tan DTH. Comparison of outcomes of lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty in keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2009; 148: 744-751.
194. Alzahrani K, Dardin SF, Carley F, Brahma A, Morley D, Hillarby MC. Corneal clarity measurements in patients with keratoconus undergoing either penetrating or deep anterior lamellar keratoplasty. *Clin Ophthalmol*. 2018; 12: 577-585.
195. Wang BH, Xu YS, Xie WJ, Yao YF. Effects of corneal thickness distribution and apex position on postoperative refractive status after full-bed deep anterior lamellar keratoplasty. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2018; 19: 863-870.
196. Elkadim M, Myerscough J, Bovone C, Busin M. Astigmatism Orientation After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Keratoconus and

## 17. Bibliografia

- Its Correlation with Preoperative Peripheral Corneal Astigmatism. *Cornea*. 2020; 39: 192-195.
197. Touzeau O, Scheer S, Allouch C, Borderie V, Laroche L. The relationship between keratoconus and axial myopia. *J Fr Ophtalmol*. 2004; 27: 765-771.
198. Ernst BJ, Hsu HY. Keratoconus association with axial myopia: a prospective biometric study. *Eye Contact Lens*. 2011; 37: 2-5.
199. Feizi S, Javadi MA, Kheiri B. Effect of Keratoconus Severity on Clinical Outcomes After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Am J Ophthalmol*. 2019; 202: 15-22.
200. Huang T, Ouyang C, Hou C, Wu Q, Hu Y. Outcomes of Same-Size Host and Donor Trephine in Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2016; 166: 8-13.
201. Oh BL, Kim MK, Wee WR. Comparison of clinical outcomes of same-size grafting between deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty for keratoconus. *Korean J Ophthalmol*. 2013; 27: 322-330.
202. Huang T, Hu Y, Gui M, Zhang H, Wang Y, Hou C. Large-diameter deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus: visual and refractive outcomes. *Br J Ophthalmol*. 2015; 99: 1196-1200.
203. Bhatt UK, Fares U, Rahman I, Said DG, Maharajan SV, Dua HS. Outcomes of deep anterior lamellar keratoplasty following successful and failed "big bubble". *Br J Ophthalmol*. 2012; 96: 564-569.
204. Vinciguerra P, Epstein D, Albè E, Spada F, Incarnato N, Orzalesi N, Rosetta P. Corneal topography-Guided penetrating keratoplasty and suture adjustment new approach for astigmatism control. *Cornea*. 2007; 26: 675-682.
205. Giannaccare G, Lucisano S, Pellegrini M, Bernabei F, Scuteri G, Scoria V. Automated digital analysis of intraoperative keratoscopy and its correlation with postoperative astigmatism after big-bubble deep anterior lamellar keratoplasty. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2021; 259: 469-474.
206. Jhanji V, Constantinou M, Beltz J, Vajpayee RB. Evaluation of posterior wound profile after penetrating keratoplasty using anterior segment optical coherence tomography. *Cornea*. 2011; 30: 277-280.
207. Zhao Y, Zhuang H, Hong J, Tian L, Xu J. Malapposition of graft-host interface after penetrating keratoplasty (PK) and deep anterior lamellar keratoplasty (DALK): an optical coherence tomography study. *BMC Ophthalmol*. 2020; 20: 41.
208. Kaiserman I, Bahar I, Rootman DS. Corneal wound malapposition after penetrating keratoplasty: an optical coherence tomography study. *Br J Ophthalmol*. 2008; 92: 1103-1107.
209. Yenerel NM, Kucumen RB, Gorgun E. The complementary benefit of anterior segment optical coherence tomography in penetrating keratoplasty. *Clin Ophthalmol*. 2013; 7: 1515-1523.



## 17. Bibliografia

210. Ogawa A, Yamaguchi T, Mitamura H, Tomida D, Shimazaki-Den S, Murat D, Satake Y, Shimazaki J. Aetiology-specific comparison of long-term outcome of deep anterior lamellar keratoplasty for corneal diseases. *Br J Ophthalmol.* 2016; 100: 1176-1182.
211. Awan MA, Roberts F, Hegarty B, Ramaesh K. The outcome of deep anterior lamellar keratoplasty in herpes simplex virus-related corneal scarring, complications and graft survival. *Br J Ophthalmol.* 2010; 94: 1300-1303.
212. Leccisotti A. Air-assisted manual deep anterior lamellar keratoplasty for treatment of herpetic corneal scars. *Cornea.* 2009; 28: 728-731.
213. Alfonso JF. Surgery of the Optical System of the Eye. *Journal of Emmetropia: Journal of Cataract, Refractive and Corneal Surgery.* 2012; 3:175-176.
214. Dan Z Reinstein. Therapeutic refractive surgery. *J Refract Surg.* 2015 Jan; 31: 6-8.
215. Javadi MA, Feizi S, Rahmani S, Khajuee-Kermani P. Refractive Stability After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Keratoconus. *Cornea.* 2018 Dec; 37: 1506-1510.
216. De Rosa G, Boccia R, Santamaria C, Fabbozzi L, De Rosa L, Lanza M. Customized photorefractive keratectomy to correct high ametropia after penetrating keratoplasty: A pilot study. *J Optom.* Jul-Sep 2015; 8: 174-179.
217. Forseto AS, Marques JC, Nosé W. Photorefractive keratectomy with mitomycin C after penetrating (n=34) and lamellar (n=2) keratoplasty. *Cornea.* 2010; 29: 1103-1108.
218. Bilgihan K, Ozdek SC, Akata F, Hasanreisoglu B. Photorefractive keratectomy for post-penetrating keratoplasty myopia and astigmatism. *J Cataract Refract Surg.* 2000; 26: 1590-1595.
219. Pöschl ME, El-Shabrawi Y, Ardjomand N. Central corneal haze after wedge resection following penetrating keratoplasty and photorefractive keratectomy. *Eye (Lond).* 2013 May; 27: 679-680.
220. Hodge C, Sutton G, Lawless M, Rogers C. Photorefractive keratectomy with mitomycin-C after corneal transplantation for keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2011 Oct; 37: 1884-1894.
221. Silva FB, Hazarbassanov RM, Martines E, Güell JL, Hofling-Lima A. Visual Outcomes and Aberrometric Changes with Topography-Guided Photorefractive Keratectomy Treatment of Irregular Astigmatism After Penetrating Keratoplasty. *Cornea.* 2018 Mar; 37: 283-289.
222. Pedrotti E, Sbabo A, Marchini G. Customized transepithelial photorefractive keratectomy for iatrogenic ametropia after penetrating or deep lamellar keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32: 1288-1291.
223. Leccisotti A. Photorefractive keratectomy with mitomycin C after deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus. *Cornea* 2008; 27: 417-420.

## 17. Bibliografia

224. Camellin M, Mosquera SA. Simultaneous aspheric wavefront-guided transepithelial photorefractive keratectomy and phototherapeutic keratectomy to correct aberrations and refractive errors after corneal surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2010; 36: 1173-1180.
225. Sorkin N, Kreimei M, Einan-Lifshitz A, Mednick Z, Belkin A, Chan CC, Slomovic AR, Rootman DS. Wavefront-Guided Photorefractive Keratectomy in the Treatment of High Astigmatism Following Keratoplasty. *Cornea.* 2019 Mar; 38: 285-289.
226. Shen E, Tsai L, Muniz Castro H, Wade M, Farid M. Femtosecond Laser-Assisted in Situ Keratomileusis Treatment of Residual Refractive Error following Femtosecond Laser-Enabled Keratoplasty. *J Ophthalmol.* 2019 Aug 29; 2019: 8520183.
227. Sorkin N, Einan-Lifshitz A, Abelson S, Boutin T, Showail M, Borovik A, Ashkenazy Z, Chan CC, Rootman DS. Stepwise Guided Photorefractive Keratectomy in Treatment of Irregular Astigmatism After Penetrating Keratoplasty and Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Cornea* 2017 Nov; 36: 1308-1315.
228. Donnenfeld ED, Kornstein HS, Amin A, Speaker MD, Seedor JA, Sforza PD, Landrio LM, Perry HD. Laser in situ keratomileusis for correction of myopia and astigmatism after penetrating keratoplasty. *Ophthalmology.* 1999 Oct; 106: 1966-1974.
229. Forseto AS, Francesconi CM, Nosé RA, Nosé W. Laser in situ keratomileusis to correct refractive errors after keratoplasty. *J Cataract Refract Surg.* 1999 Apr; 25: 479-485.
230. Alió JL, Javaloy J, Osman AA, Galvis V, Tello A, Haroun HE. Laser in situ keratomileusis to correct post-keratoplasty astigmatism; 1-step versus 2-step procedure. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 2303-2310.
231. Buzard K, Febraro J-L, Fundingsland BR. Laser in situ keratomileusis for the correction of residual ametropia after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 1006-1013.
232. Vajpayee RB, Sharma N, Sinha R, Bhartiya P, Titiyal JS, Tandon R. Laser in-situ keratomileusis after penetrating keratoplasty. *Surv Ophthalmol* 2003; 48: 503-514.
233. Colin J, Abdelkefi A. Two-step laser in situ keratomileusis to correct high astigmatism after corneal autograft. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32: 1966-1967.
234. Rashad KM. Laser in situ keratomileusis for correction of high astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg* 2000; 16: 701-710.
235. Malecha MA, Holland EJ. Correction of myopia and astigmatism after penetrating keratoplasty with laser in situ keratomileusis. *Cornea,* 2002 Aug; 21: 564-569.
236. Kollias AN, Schaumberger MM, Kreutzer TC, Ulbig MW, Lackerbauer CA. Two-step LASIK after penetrating keratoplasty. *Clin Ophthalmol* 2009; 3: 581-586. Available at: [http:// www.dovepress.com/getfile.php?fileIDZ5382](http://www.dovepress.com/getfile.php?fileIDZ5382). Accessed February.

## 17. Bibliografía

237. Kwitko S, Marinho DR, Rymer S, Ramos Filho S. Laser in situ keratomileusis after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27: 374-379.
238. Roberts C. The cornea is not a piece of plastic. *J Refract Surg* 2000; 16: 407-413.
239. Dada T, Vajpayee RB, Gupta V, Sharma N, Dada VK. Microkeratome-induced reduction of astigmatism after penetrating keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 2001; 131: 507-508.
240. Acar BT, Utine CA, Acar S, Ferda Ciftci F. Laser in situ keratomileusis to manage refractive errors after deep anterior lamellar keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 1020-1027.
241. Uyar OM, Kaya V, Demircan A. Laser in situ keratomileusis after deep anterior lamellar keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2013 Mar; 39: 482.
242. Hardten DR, Chittcharus A, Lindstrom RL. Long term analysis of LASIK for the correction of refractive errors after penetrating keratoplasty. *Cornea*. 2004; 23: 479-489.
243. Alió JL, Javaloy J. Corneal inflammation following corneal photoablative refractive surgery with excimer laser. *Surv Ophthalmol*. 2013; 58: 11-25.
244. Binder PS. One thousand consecutive IntraLase laser in situ keratomileusis flaps. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32: 958-961.
245. Hardten DR, Chittcharus A, Lindstrom RL. Long-term analysis of LASIK for the correction of refractive errors after penetrating keratoplasty. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2002; 100: 143-150.
246. Barequet IS, Hirsh A, Levinger S. Femtosecond thin-flap LASIK for the correction of ametropia after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg*. 2010 Mar; 26: 191-196.
247. Kucumen RB, Yenerel NM, Gorgun E, Alimgil ML. Management of postkeratoplasty ametropia: IntraLASIK after penetrating keratoplasty. *Eur J Ophthalmol*. 2008 Nov-Dec; 18: 877-885.
248. Marinho DR, Kwitko S. Femto-Lasik after corneal transplantation. in *Proceedings of the VII World Cornea Congress, San Diego, CA, USA, April 2015*.
249. Ghoreishi M, Naderi Beni A, Naderi Beni Z. Visual outcomes of Femto-LASIK for correction of residual refractive error after corneal graft. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2013; 251: 2601-2608.
250. Bahar I, Kaiserman I, Mashor RS, McAllum P, Slomovic A, Rootman D. Femtosecond LASIK combined with astigmatic keratotomy for the correction of refractive errors after penetrating keratoplasty. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*. 2010 Mar-Apr; 41: 242-249.
251. Balestrazzi A, Menicacci F, Cartocci G, Menicacci F, Michieletto P, Balestrazzi E. Femtosecond laser-assisted in situ keratomileusis for the correction of residual ametropia after deep anterior lamellar keratoplasty: a pilot investigation. *Eye (Lond)*. 2017; 31: 1168-1175.

## 17. Bibliografia

252. Mastropasqua L, Calienno R, Lanzini M, Nubile M. Small Incision Lenticule Extraction After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *J Refract Surg.* 2015; 31: 634-637.
253. Hashemi H, Aghamirsalim M, Asgari S. Stromal Rejection After SMILE for the Correction of Astigmatism After Graft. *J Refract Surg.* 2019 Nov 1; 35: 737-739.
254. Huang D, Stulting RD, Carr JD, Thompson KP, Waring GO III. Multiple regression and vector analysis of laser in situ keratomileusis for myopia and astigmatism. *J Refract Surg* 1999; 15: 538-549.
255. Day AC, Stevens JD. Predictors of femtosecond laser intrastromal astigmatic keratotomy efficacy for astigmatism management in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 251-257.
256. Alexander C, Day AC, Stevens JD. Predictors of femtosecond laser intrastromal astigmatic keratotomy efficacy for astigmatism management in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 251-257.
257. Jafarinasab MR, Feizi S, Javadi MA, Hashemloo A. Graft biomechanical properties after penetrating keratoplasty versus deep anterior lamellar keratoplasty. *Curr Eye Res* 2011; 36: 417-442.
258. Wilkins MR, Mehta JS, Larkin DFP. Standardized arcuate keratotomy for postkeratoplasty astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 297-301.
259. Nubile M, Carpineto P, Lanzini M, Calienno R, Agnifili L, Ciancaglini M, Mastropasqua L. Femtosecond laser arcuate keratotomy for the correction of high astigmatism after keratoplasty. *Ophthalmology.* 2009; 116: 1083-1092.
260. Hoffart L, Proust H, Matonti F, Conrath J, Ridings B. Correction of postkeratoplasty astigmatism by femtosecond laser compared with mechanized astigmatic keratotomy. *Am J Ophthalmol* 2009; 147: 779-787.
261. Kymionis George D, Yoo Sonia H, Ide Takeshi, Culbertson William W MD. Femtosecond-assisted astigmatic keratotomy for post-keratoplasty irregular astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 11-13.
262. Fadlallah A, Mehanna C, Saragoussi JJ, Chelala E, Amari B, Legeais JM. Safety and efficacy of femtosecond laser-assisted arcuate keratotomy to treat irregular astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 1168-1175.
263. Sorkin N, Mimouni M, Santaella G, Kreimei M, Trinh T, Yang Y, Saeed D, Cohen E, Rootman DS, Chan CC, Slomovic AR. Comparison of manual and femtosecond astigmatic keratotomy in the treatment of postkeratoplasty astigmatism. *Acta Ophthalmol.* 2021; 99: e747-e752.
264. Clair RM, Sharma A, Huang D, Yu F, Goldich Y, Rootman D, Yoo S, Cabot F, Jun J, Zhang L, Aldave AJ. Development of a nomogram for femtosecond laser astigmatic keratotomy for astigmatism after keratoplasty. *J Cataract Refract Surg.* 2016; 42: 556-562.

## 17. Bibliografía

265. AnNakhli F, Khattak A. Vector analysis of femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy after deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty. *Int Ophthalmol* 2019; 39: 189-198.
266. Kubaloglu A, Coskun E, Sari E, Gunes, A, Cinar Y, Piñero D, Kutluturk I, Ozerturk Y. Comparison of astigmatic keratotomy results in deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty in keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2011; 151: 637-643.
267. Javadi MA, Feizi S, Mirbabae F, Fekri Y. Office-based Relaxing Incision Procedure for Correction of Astigmatism after Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *J Ophthalmic Vis Res* 2017; 12: 156.
268. Elkadim M, Myerscough J, Bovone C, Busin M. A novel blunt dissection technique to treat modified deep anterior lamellar keratoplasty associated high astigmatism. *Eye (Lond)*. 2020 Aug; 34: 1432-1437.
269. Troutman RC. *Microsurgery of the Anterior Segment of the Eye*. St. Louis, MO: Mosby; 1997: 263-286.
270. Mejía LF, Gil JC, Naranjo S. Long-term Results of Corneal Wedge Resection for High Postkeratoplasty Astigmatism. *Cornea*. 2020 May; 39: 535-539.
271. Alvarez de Toledo Elizalde JP. Evolución a largo plazo del astigmatismo tras queratoplastia penetrante en queratocono: Evidencia de recurrencia tardía. [Tesis Doctoral]. Barcelona. Universidad Autónoma de Barcelona. 2015.
272. Arriola-Villalobos P, Díaz-Valle D, Güell JL, Iradier-Urrutia MT, Jiménez-Alfaro I, Cuiña-Sardiña R, Benítez-del-Castillo JM. Intrastromal corneal ring segment implantation for high astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 1878-1884.
273. Prazeres TM, Souza AC, Pereira NC, Ursulino F, Grubenmacher L, de Souza LB. Intrastromal corneal ring segment implantation by femtosecond laser for the correction of residual astigmatism after penetrating keratoplasty. *Cornea*. 2011; 30: 1293-1297.
274. Coscarelli S, Ferrara G, Alfonso JF, Ferrara P, Merayo-Llodes J, Araújo LP, Machado AP, Lyra JM, Torquetti L. Intrastromal corneal ring segment implantation to correct astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 1006-1013.
275. Lisa C, García-Fernández D, Madrid-Costa D, Torquetti L, Merayo-Llodes J, Alfonso JF. Femtosecond laser-assisted intrastromal corneal ring segment implantation for high astigmatism correction after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 1660-1667.
276. Arantes JCD, Coscarelli S, Ferrara P, Araújo LPN, Ávila M, Torquetti L. Intrastromal Corneal Ring Segments for Astigmatism Correction after Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *J Ophthalmol* 2017: 8689017.

277. 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: 249-255.
278. aniszewska-Bil D, Czarnota-Nowakowska B, Krysik K, Lyssek-Boroń A, Dobrowolski D, Grabarek BO, Wylęgała E. Comparison of Long-Term Outcomes of the Lamellar and Penetrating Keratoplasty Approaches in Patients with Keratoconus. *J Clin Med*. 2021; 10: 2421.
279. Güell JL, Vázquez M, Malecaze F, Manero F, Gris O, Velasco F, Hulin H, Pujol J. Artisan toric phakic intraocular lens for the correction of high astigmatism. *Am J Ophthalmol* 2003; 136: 442-447.
280. Tehrani M, Dick HB, Schwenn O, Blom E, Schmidt AH, Koch HR. Postoperative astigmatism and rotational stability after Artisan toric phakic intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 1761-1766.
281. Jonker SMR, Berendschot TTJM, Ronden AE, Saelens IEY, Bauer NJC, Nuijts RMMA. Long-Term Endothelial Cell Loss in Patients with Artisan Myopia and Artisan Toric Phakic Intraocular Lenses: 5- and 10-Year Results. *Ophthalmology*. 2018; 125: 486-494.
282. Tahzib NG, Cheng YY, Nuijts RM. Three-year follow-up analysis of Artisan toric lens implantation for correction of postkeratoplasty ametropia in phakic and pseudophakic eyes. *Ophthalmology* 2006; 113: 976-984.
283. Moshirfar M, Barsam CA, Parker JW. Implantation of an Artisan phakic intraocular lens for the correction of high myopia after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 1578-1581.
284. Al-Dreihy MG, Louka BI, Anbari AA. Artisan iris-fixated toric phakic intraocular lens for the correction of high astigmatism after deep anterior lamellar keratoplasty. *Digit J Ophthalmol*. 2013; 19: 39-41.
285. Tiveron MC Jr, Alió Del Barrio JL, Kara-Junior N, Plaza-Puche AB, Abu-Mustafa SK, Zein G, Alió JL. Outcomes of Toric Iris-Claw Phakic Intraocular Lens Implantation After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Keratoconus. *J Refract Surg*. 2017; 33: 538-544.
286. Malheiro L, Coelho J, Neves MM, Gomes M, Oliveira L. Phakic Intraocular Lens Implantation After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty: Retrospective Case Series Analysis with Long-Term Follow-Up. *Clin Ophthalmol*. 2019 Oct 17; 13: 2043-2052.
287. Fernández-Vega-Cueto L, Lisa C, Esteve-Taboada J, Montés-Micó R, Alfonso JF. Implantable collamer lens with central hole: 3-year follow-up. *Clin Ophthalmol*. 2018; 12: 2015-2029.
288. Park SC, Kwun YK, Chung ES, Ahn K, Chung TY. Postoperative astigmatism and axis stability after implantation of the STAAR toric implantable collamer lens. *J Refract Surg*. 2009; 25: 403-409.
289. Alfonso JF, Baamonde B, Madrid-Costa D, Fernandes P, Jorge J, Montés-Micó R. Collagen copolymer toric posterior chamber phakic intraocular lenses to correct high myopic astigmatism. *J Cataract Refract Surg*. 2010; 36: 1349-1357.



## 17. Bibliografía

290. Alfonso JF, Fernández-Vega L, Fernandes P, González-Méijome JM, Montés-Micó R. Collagen copolymer toric posterior chamber phakic intraocular lens for myopic astigmatism: one-year follow-up. *J Cataract Refract Surg.* 2010; 36: 568-576.
291. Bhikoo R, Rayner S, Gray T. Toric implantable collamer lens for patients with moderate to severe myopic astigmatism: 12-month follow-up. *Clin Exp Ophthalmol.* 2010; 38: 467-474.
292. Kamiya K, Shimizu K, Aizawa D, Igarashi A, Komatsu M, Nakamura A. One-year follow-up of posterior chamber toric phakic intraocular lens implantation for moderate to high myopic astigmatism. *Ophthalmology.* 2010; 117: 2287-2294.
293. Mertens EL. Toric phakic implantable collamer lens for correction of astigmatism: 1-year outcomes. *Clin Ophthalmol.* 2011; 5: 369-375.
294. Alfonso JF, Lisa C, Alfonso-Bartolozzi B, Pérez-Vives C, Montés-Micó R. Collagen copolymer toric phakic intraocular lens for myopic astigmatism: one-year follow-up. *J Cataract Refract Surg.* 2014; 40: 1155-1162.
295. Fernandes P, González-Méijome JM, Madrid-Costa D, Ferrer-Blasco T, Jorge J, Montés-Micó R. Implantable collamer posterior chamber intraocular lenses: a review of potential complications. *J Refract Surg.* 2011; 27: 765-776.
296. Sánchez-Galeana CA, Zadok D, Montes M, Cortés MA, Chayet AS. Refractory intraocular pressure increases after phakic posterior chamber intraocular lens implantation. *Am J Ophthalmol.* 2002; 134: 121-123.
297. Bylsma SS, Zalta AH, Foley E, Osher RH. Phakic posterior chamber intraocular lens pupillary block. *J Cataract Refract Surg.* 2002; 28: 2222-2228.
298. Gonvers M, Bornet C, Othenin-Girard P. Implantable contact lens for moderate to high myopia: relationship of vaulting to cataract formation. *J Cataract Refract Surg.* 2003; 29: 918-924.
299. Sánchez-Galeana CA, Smith RJ, Sanders DR, Rodríguez FX, Litwak S, Montes M, Chayet AS. Lens opacities after posterior chamber phakic intraocular lens implantation. *Ophthalmology.* 2003; 110: 781-785.
300. Lackner B, Pieh S, Schmidinger G, Simader C, Franz C, Dejaco-Ruhwurm I, Skorpik C. Long-term results of implantation of phakic posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2004; 30: 2269-2276.
301. Sanders DR. Anterior subcapsular opacities and cataracts 5 years after surgery in the Visian implantable collamer lens FDA trial. *J Refract Surg.* 2008; 24: 566-570.
302. Alfonso JF, Lisa C, Abdelhamid A, Fernandes P, Jorge J, Montés-Micó R. Three-year follow-up of subjective vault following myopic implantable collamer lens implantation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2010; 248: 1827-1835.

303. Tang Y, Ye J. Phakic Posterior Chamber Intraocular Lens with a Central Hole in Treating Patients with Moderate to High Myopia: A Meta-Analysis. *J Ophthalmol.* 2019; 2019: 9496326.
304. Kawamorita T, Uozato H, Shimizu K. Fluid dynamics simulation of aqueous humour in a posterior-chamber phakic intraocular lens with a central perforation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2012; 250: 935-939.
305. Shiratani T, Shimizu K, Fujisawa K, Uga S, Nagano K, Murakami Y. Crystalline lens changes in porcine eyes with implanted phakic IOL (ICL) with a central hole. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2008; 246: 719-728.
306. Sanders DR, Doney K, POCO M. United States Food and Drug Administration clinical trial of the Implantable Collamer Lens (ICL) for moderate to high myopia: three-year follow-up. *Ophthalmology* 2004; 111: 1683-1692.
307. Akcay L, Kaplan AT, Kandemir B, Gunaydin NT, Dogan OK. Toric intraocular Collamer lens for high myopic astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 2161-2163.
308. Alfonso JF, Lisa C, Abdelhamid A, Montés-Micó R, Poo- López A, Ferrer-Blasco T. Posterior chamber phakic intraocular lenses after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 1166-1173.
309. Iovieno A, Guglielmetti S, Capuano V, Allan B, Maurino V. Correction of postkeratoplasty ametropia in keratoconus patients using a toric implantable Collamer lens. *Eur J Ophthalmol.* 2013; 23: 361-367.
310. Qin Q, Yang L, He Z, Huang Z. Clinical application of TICL implantation for ametropia following deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus: a consort-compliant article. *Medicine (Baltimore).* 2017; 96: e6118.
311. Alfonso JF, Lisa C, Alfonso-Bartolozzi B, Fernández-Vega-Cueto L, Montés-Micó R. Implantable Collamer Lens® for Management of Pseudophakic Ametropia in Eyes with a Spectrum of Previous Corneal Surgery. *J Refract Surg.* 2018; 34: 654-663.
312. Muraine MC, Collet A, Brasseur G. Deep lamellar keratoplasty combined with cataract surgery. *Arch Ophthalmol.* 2002; 120: 812-815.
313. Panda A, Sethi HS, Jain M, Nindra Krishna S, Gupta AK. Deep anterior lamellar keratoplasty with phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 2011; 37: 122-126.
314. Zaki AA, Elalfy MS, Said DG, Dua HS. Deep anterior lamellar keratoplasty-triple procedure: a useful clinical application of the pre-Desemet's layer (Dua's layer). *Eye (Lond).* 2015; 29: 323-326.
315. Coelho RP, Messias A. Phacoemulsification with big-bubble deep anterior lamellar keratoplasty: Variant of the triple procedure. *J Cataract Refract Surg.* 2019; 45: 1064-1066.
316. Leccisotti A, Islam T, McGilligan VE, Moore TC. Phacoemulsification after deep anterior lamellar keratoplasty. *Eur J Ophthalmol.* 2010; 20: 680-683.

## 17. Bibliografía

317. Den S, Shimmura S, Shimazaki J. Cataract surgery after deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty in age- and disease-matched eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2018; 44: 496-503.
318. Acar BT, Buttanri IB, Sevim MS, Acar S. Corneal endothelial cell loss in postpenetrating keratoplasty patients after cataract surgery: phacoemulsification versus planned extracapsular cataract extraction. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 1512-1516.
319. Shimmura S, Ohashi Y, Shiroma H, Shimazaki J, Tsubota K. Corneal opacity and cataract: triple procedure versus secondary approach. *Cornea* 2003; 22: 234-238.
320. Acar BT, Vural ET, Acar S. Changes in endothelial cell density following penetrating keratoplasty and deep anterior lamellar keratoplasty. *Int J Ophthalmol.* 2011; 4: 644-647.
321. Mannan R, Jhanji V, Sharma N, Titiyal JS, Vajpayee RB. Intracameral C(3)F(8) injection for descemet membrane detachment after phacoemulsification in deep anterior lamellar keratoplasty. *Cornea.* 2007; 26: 636-638.
322. Lin H, Zhang J, Niu GZ, Huang XY, Zhang YS, Liu CY, Zheng CY, Bi YL. Phacoemulsification in eyes with corneal opacities after deep anterior lamellar keratoplasty. *Int J Ophthalmol.* 2019; 12: 1344-1347.
323. Senoo T. Combined surgery with deep lamellar keratoplasty. *Semin Ophthalmol.* 2001; 16: 126-136.
324. De Bernardo M, Zeppa L, Forte R, Cennamo M, Caliendo L, Zeppa L, Rosa N. Can We Use the Fellow Eye Biometric Data to Predict IOL Power? *Semin Ophthalmol.* 2017; 32: 363-370.
325. Sun X-Y, Vicary D, Montgomery P, Griffiths M. Toric intraocular lenses for correcting astigmatism in 130 eyes. *Ophthalmology* 2000; 107: 1776-1781.
326. Ng HR, Goh CH, Ngim YS, Juliana J. Evaluation of visual outcomes after toric intraocular lens implantation. *Med J Malaysia.* 2017; 72: 356-359.
327. Statham M, Apel A, Stephensen D. Correction of astigmatism after penetrating keratoplasty using the Acri. Comfort toric intraocular lens. *Clin Exp Optom* 2010; 93: 42-44.
328. McMullan TFW, Goldsmith C, Illingworth CD. Toric posterior chamber (in-the-bag) intraocular lens implantation to correct postpenetrating keratoplasty astigmatism [letter]. *Eye* 2007; 21: 150-152.
329. Gupta N, Ram J, Chaudhary M. AcrySof toric intraocular lens for post-keratoplasty astigmatism. *Indian J Ophthalmol* 2012; 60: 213-215.
330. De Sanctis U, Eandi C, Grignolo F. Phacoemulsification and customized toric intraocular lens implantation in eyes with cataract and high astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 781-785.
331. Kersey JP, O'Donnell A, Illingworth CD. Cataract surgery with toric intraocular lenses can optimize uncorrected postoperative visual

## 17. Bibliografia

- acuity in patients with marked corneal astigmatism. *Cornea* 2007; 26: 133-135.
332. Schiano D, Savini G K, Colabelli-Gisoldi RM, Bono V, Pocobelli A. Customized Toric Intraocular Lens Implantation in Eyes with Cataract and Corneal Astigmatism after Deep Anterior Lamellar Keratoplasty: A Prospective Study. *J Ophthalmol*. 2018; 3: 1649576.
333. Falzon K, Stewart OG. Correction of undesirable pseudophakic refractive error with the sulcoflex intraocular lens. *J Refract Surg*. 2012; 28: 614-619.
334. McLintock CA, McKelvie J, Gatzoufas Z, Wilson JJ, Stephenson DC, Apel AJG. Outcomes of toric supplementary intraocular lenses for residual astigmatic refractive error in pseudophakic eyes. *Int Ophthalmol*. 2019; 39: 1965-1972.
335. Paul RA, Chew HF, Singal N, Rootman DS, Slomovic AR. Piggyback intraocular lens implantation to correct myopic pseudophakic refractive error after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2004; 30: 821-825.
336. Srinivasan S, Ting DS, Lyall DA. Implantation of a customized toric intraocular lens for correction of post-keratoplasty astigmatism. *Eye (Lond)*. 2013; 27: 531-537.
337. Linz K, Auffarth GU, Kretz FT. Implantation of a sulcus-fixated toric additive intraocular lens in a case of high astigmatism after a triple procedure. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2014; 231: 788-792.
338. Thomas BC1, Auffarth GU, Reiter J, Holzer MP, Rabsilber TM. Implantation of three-piece silicone toric additive IOLs in challenging clinical cases with high astigmatism. *J Refract Surg*. 2013; 29: 187-193.
339. Meyer JJ, McGhee CN. Supplementary, Sulcus-fixated intraocular lens in the treatment of spherical and astigmatic refractive errors in pseudophakic eyes after keratoplasty. *Cornea* 2015; 34: 1052-1056.
340. Reinhart WJ, Musch DC, Jacobs DS, Lee WB, Kaufman SC, Shtein RM. Deep anterior lamellar keratoplasty as an alternative to penetrating keratoplasty: a report by the American academy of ophthalmology. *Ophthalmology*. 2011; 118: 209-218.
341. Nagy ZZ. Laser in situ keratomileusis combined with topography-supported customized ablation after repeated penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 792-794.
342. Koay PYP, McGhee CNJ, Weed KH, Craig JP. Laser in situ keratomileusis for ametropia after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg* 2000; 16: 140-147.
343. Solomon R, Donnenfeld ED, Thimons S, Stein J, Perry HD. Hyperopic photorefractive keratectomy with adjunctive topical mitomycin C for refractive error after penetrating keratoplasty for keratoconus. *Eye Contact Lens*. 2004; 30: 156-158.
344. Rajan MS, O'Brart DP, Patel P, Falcon MG, Marshall J. Topography-guided customized laser-assisted subepithelial keratectomy for the

## 17. Bibliografía

- treatment of postkeratoplasty astigmatism. *J Cataract Refract Surg.* 2006; 32: 949-957.
345. Arenas E, Maglione A. Laser in situ keratomileusis for astigmatism and myopia after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg* 1997; 13: 27-32.
346. Spadea L, Mosca L, Balestrazzi E. Effectiveness of LASIK to correct refractive error after penetrating keratoplasty. *Ophthalmic Surg Lasers* 2000; 31: 111-120.
347. Alessio G, Boscia F, La Tegola MG, Sborgia C. Corneal interactive programmed topographic ablation customized photorefractive keratectomy for the correction of postkeratoplasty astigmatism. *Ophthalmology.* 2001; 108: 2029-2037.
348. Mularoni A, Laffi GL, Bassein L, Tassinari G. Two-step LASIK with topography guided ablation to correct astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg.* 2006; 22: 67-74.
349. Thibos LN, Horner D. Power vector analysis of the optical outcome of refractive surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2001 Jan; 27: 80-85.
350. Henein C, Nanavaty MA. Systematic review comparing penetrating keratoplasty and deep anterior lamellar keratoplasty for management of keratoconus. *Cont Lens Anterior Eye.* 2017; 40: 3-14.
351. Oral D, Awwad ST, Seward MS, Bowman RW, McCulley JP, Cavanagh HD. Hyperopic laser in situ keratomileusis in eyes with previous radial keratotomies. *J Cataract Refract Surg.* 2005; 31: 1561-1568.
352. Einan-Lifshitz A, Belkin A, Sorkin N, Mednick Z, Boutin T, Kreimei M, Chan CC, Rootman DS. Evaluation of Big Bubble Technique for Deep Anterior Lamellar Keratoplasty in Patients with Radial Keratotomy. *Cornea.* 2019; 38: 194-197.
353. Alfonso JF, Fernández-Vega L, Montés-Micó R, Valcárcel B. Femtosecond laser for residual refractive error correction after refractive lens exchange with multifocal intraocular lens implantation. *Am J Ophthalmol.* 2008; 146: 244-250.
354. Muñoz G, Albarrán-Diego C, Sakla HF, Ferrer-Blasco T, Javaloy J. Effects of LASIK on corneal endothelium using the 15-kHz IntraLase femtosecond laser. *J Refract Surg.* 2011; 27: 672-677.
355. Fernández-Vega-Cueto L, Lisa C, Naveiras M, Madrid-Costa D, Alfonso JF. FemtoLASIK After Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea.* 2020; 39: 468-472.
356. Cheng YYY, Visser N, Schouten JS, Wijdh RJ, Pels E, van Cleynenbreugel H, Eggink CA, Zaai MJW, Rijnveld WJ, Nuijts R. Endothelial Cell loss and visual outcome of deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty: A randomized multicenter clinical trial. *Ophthalmology.* 2011;118: 302-309.
357. Sorkin N, Kreimei M, Einan-Lifshitz A, Mednick Z, Telli A, Trinh A, Santaella G, Chan CC, Rootman DS. Stepwise combination of femtosecond astigmatic keratotomies with phacoemulsification and toric

- intraocular lens implantation in treatment of very high postkeratoplasty astigmatism. *Cornea*. 2020; 39: 71-76.
358. Tzelikis PF, Jácome AHGM, Rocha GAN, Hida WT, Barbosa de Souza L. Clinical outcomes after femtosecond laser-assisted implantation of an intrastromal corneal ring segment with a 340-degree arc length in postkeratoplasty patients: 12-month follow-up. *J Cataract Refract Surg*. 2020; 46: 78-85.
359. Lisa C, Fernández-Vega Cueto L, Poo-López A, Madrid-Costa D, Alfonso JF. Long-Term Follow-up of Intrastromal Corneal Ring Segments (210-Degree Arc Length) in Central Keratoconus with High Corneal Asphericity. *Cornea*. 2017; 36: 1325-1330.
360. Fernández-Vega Cueto L, Lisa C, Madrid-Costa D, Merayo-Llodes J, Alfonso JF. Long-Term Follow-Up of Intrastromal Corneal Ring Segments in Paracentral Keratoconus with Coincident Corneal Keratometric, Comatic, and Refractive Axes: Stability of the Procedure. *J Ophthalmol*. 2017; 2017: 4058026.
361. Fernández-Vega-Cueto L, Lisa C, Alfonso-Bartolozzi B, Madrid-Costa D, Alfonso JF. Intrastromal corneal ring segment implantation in paracentral keratoconus with perpendicular topographic astigmatism and comatic axis. *Eur J Ophthalmol*. 2020 Aug 24;1120672120952346.
362. Alfonso JF, Fernández-Vega-Cueto L, Lisa C, Monteiro T, Madrid-Costa D. Long-Term Follow-up of Intrastromal Corneal Ring Segment Implantation in Pediatric Keratoconus. *Cornea*. 2019; 38: 840-846.
363. Fernández-Vega Cueto L, Lisa C, Poo-López A, Madrid-Costa D, Merayo-Llodes J, Alfonso JF. Intrastromal Corneal Ring Segment Implantation in 409 Paracentral Keratoconic Eyes. *Cornea*. 2016; 35: 1421-1426.
364. Piñero DP, Alió JL, Teus MA, Barraquer RI, Michael R, Jimenez R. Modification and refinement of astigmatism in keratoconic eyes with intrastromal corneal ring segments. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 1562-1572.
365. Alfonso JF, Lisa C, Fernández-Vega L, Madrid-Costa D, Montés-Micó R. Intrastromal corneal ring segment implantation in 219 keratoconic eyes at different stages. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2011; 249: 1705-1712.
366. David P Piñero, Jorge L Alio. Intracorneal ring segments in ectatic corneal disease - a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2010; 38: 154-167.
367. Yildirim A, Cakir H, Kara N, Uslu H. Long-term outcomes of intrastromal corneal ring segment implantation for post-LASIK ectasia. *Cont Lens Anterior Eye*. 2014; 37: 469-472.
368. Brenner LF, Alió JL, Vega-Estrada A, Baviera J, Beltrán J, Cobo-Soriano R. Indications for intrastromal corneal ring segments in ectasia after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 2012; 38: 2117-2124.
369. Ertan A, Kamburoglu G. Intacs implantation using a femtosecond laser for management of keratoconus: comparison of 306 cases in different stages. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 1521-1526.



## 17. Bibliografía

370. Coskunseven E, Kymionis GD, Tsiklis NS, Atun S, Arslan E, Jankov MR, Pallikaris IG. One-year results of intrastromal corneal ring segment implantation (KeraRing) using femtosecond laser in patients with keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2008; 145: 775-779.
371. ShabayekMH, Alió JL. Intrastromalcornealringsegment implantation by femtosecond laser for keratoconus correction. *Ophthalmology* 2007; 114: 1643-1652.
372. Monteiro T, Alfonso JF, Freitas R, Franqueira N, Faria-Correira F, Ambrósio R, Madrid-Costa D. Comparison of Complication Rates between Manual and Femtosecond Laser-Assisted Techniques for Intrastromal Corneal Ring Segments Implantation in Keratoconus. *Curr Eye Res.* 2019 Dec; 44: 1291-1298.
373. Alfonso JF, Torquetti L, Fernández-Vega-Cueto L, Allan B, Poo-López A, Alfonso-Bartolozzi B, de la Cruz J, Monteiro T, Madrid-Costa D. Visual and Tomographic Outcomes of a 300° Arc-length ICRS Implantation in Moderate to Advanced Central Keratoconus. *J Refract Surg.* 2021; 37: 249-255.
374. Li H, Chen M, Zhou Q, Pan X, Cheng J, Cong L, Zhang T, Dong Y, Xie L. Biomechanical Effects of Deep Anterior Lamellar Keratoplasty and Penetrating Keratoplasty for Keratoconus: A Finite Element Analysis. *Transl Vis Sci Technol.* 2021; 10: 15.
375. Brooks SE, Johnson D, Fischer N. Anisometropia and binocularity. *Ophthalmology*, 1996; 103: 1139-1143.
376. Chang DH, Hardten DR. Refractive surgery after corneal transplantation. *Curr Opin Ophthalmol.* 2005; 16: 251-255.
377. Alshamrani AA, Alharbi SS. Phakic intraocular lens implantation for the correction of hyperopia. *J Cataract Refract Surg.* 2019; 45: 1503-1511.
378. Mehta JS, Yuen LH, Mengher LS, Papathanassiou M, Allan BD. Correcting post-keratoplasty anisometropia with the implantable collamer phakic intraocular lens. *Clin Exp Ophthalmol.* 2010; 38: 764-767.
379. Guber I, Mouvet V, Bergin C, Perritaz S, Othenin-Girard P, Majo F. Clinical outcomes and cataract formation rates in eyes 10 years after posterior phakic lens implantation for myopia. *JAMA Ophthalmol.* 2016;134: 487-494.
380. Nakamura T, Isogai N, Kojima T, Yoshida Y, Sugiyama Y. Posterior chamber phakic intraocular lens implantation for the correction of myopia and myopic astigmatism: a retrospective 10-year follow-up study. *Am J Ophthalmol.* 2019; 206: 1-10.
381. Gonvers M, Bornet C, Othenin-Girard P. Implantable contact lens for moderate to high myopia: relationship of vaulting to cataract formation. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29: 918-924.
382. Fernandez-Vigo JI, Macarro-Merino A, Fernandez-Francos J, De-Pablo-Gómez-de-Liaño L, María Martínez-de-la-Casa J, García-Feijóo J, Ángel Fernández-Vigo J. Computational study of aqueous humor

- dynamics assessing the vault and the pupil diameter in two posterior-chamber phakic lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2016;57: 4625-4631.
383. Kawamorita T, Shimizu K, Shoji N. Effect of hole size on fluid dynamics of a posterior-chamber phakic intraocular lens with a central perforation by using computational fluid dynamics. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2016;254: 739-744.
384. Alfonso JF, Lisa C, Fernández-Vega L, Madrid-Costa D, Poo-López A, Montés-Micó R. Intrastromal corneal ring segments and posterior chamber phakic intraocular lens implantation for keratoconus correction. *J Cataract Refract Surg.* 2011; 37: 706-713.
385. Fernández-Vega-Cueto L, Alfonso-Bartolozzi B, Lisa C, Madrid-Costa D, Alfonso JF. Seven-year follow-up of posterior chamber phakic intraocular lens with central port design. *Eye Vis (Lond).* 2021; 8: 23.
386. Montés-Micó R, Ruiz-Mesa R, Rodríguez-Prats JL, Tañá-Rivero P. Posterior-chamber phakic implantable collamer lenses with a central port: a review. *Acta Ophthalmol.* 2021; 99: e288-e301.
387. Gonzalez-Lopez F, Bouza-Miguens C, Tejerina V, Mompean B, Ortega-Usobiaga J, Bilbao-Calabuig R. Long-term assessment of crystalline lens transparency in eyes implanted with a central-hole phakic collamer lens developing low postoperative vault. *J Cataract Refract Surg* 2021; 47: 204-210.
388. Bourne WM, Hodge DO, Nelson LR. Corneal endothelium five years after transplantation. *Am J Ophthalmol.* 1994; 118: 185-196.
389. Ing JJ, Ing HH, Nelson LR, Hodge DO, Bourne WM. Ten-year postoperative results of penetrating keratoplasty. *Ophthalmology.* 1998; 105: 1855-1865.
390. Kubaloglu A, Koytak A, Sari ES, Akyol S, Kurnaz E, Ozerturk Y. Corneal endothelium after deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty for keratoconus: A four-year comparative study. *Indian J Ophthalmol.* 2012; 60: 35-40.
391. Yang W, Zhao J, Sun L, Zhao J, Niu L, Wang X, Zhou X. Four-year observation of the changes in corneal endothelium cell density and correlated factors after Implantable Collamer Lens V4c implantation. *Br J Ophthalmol.* 2021; 105: 625-630.
392. Li J, Chen W, Zhao Z, Wang H, Gui Q, Jhanji V, Zheng Q. Factors Affecting Formation of Type-1 and Type-2 Big Bubble during Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Curr Eye Res.* 2019; 44: 701-706.
393. Goweida MB. Intraoperative review of different bubble types formed during pneumodissection (big-bubble) deep anterior lamellar keratoplasty. *Cornea.* 2015; 34: 621-624.
394. Knutsson KA, Rama P, Paganoni G. Modified big-bubble technique compared to manual dissection deep anterior lamellar keratoplasty in the treatment of keratoconus. *Acta Ophthalmol.* 2015; 93: 431-438.

## 17. Bibliografía

395. Elbaz U, Kirwan C, Shen C, Ali A. Avoiding big bubble complications: outcomes of layer-by-layer deep anterior lamellar keratoplasty in children. *Br J Ophthalmol*. 2018; 102: 1103-1108.
396. Abdel-Hakim AS, Khalil A. Intraocular lens power calculations in the triple procedure. *Br J Ophthalmol*. 1989; 73: 709-713.
397. Duran JA, Malvar A, Diez E. Corneal dioptric power after penetrating keratoplasty. *Br J Ophthalmol*. 1989; 73: 657-660.
398. Mattax JB, McCulley JP. The effect of standardized keratoplasty technique on IOL power calculation for the triple procedure. *Acta Ophthalmol Suppl (Oxf)*. 1989; 192: 24-29.
399. Viestenz A, Seitz B, Langenbucher A. Intraocular lens power prediction for triple procedures in Fuchs' dystrophy using multiple regression analysis. *Acta Ophthalmol Scand*. 2005; 83: 312-315.
400. Castroviejo R. Keratoplasty in treatment of keratoconus. *Arch. Ophthalmol*. 1949; 42: 776-800.
401. Coster DJ, Lowe MT, Keane MC, Williams KA. Australian Corneal Graft Registry Contributors. A comparison of lamellar and penetrating keratoplasty outcomes: a registry study. *Ophthalmology*. 2014; 121: 979-987.
402. Mohamed SR, Manna A, Amissah-Arthur K, McDonnell PJ. Non-resolving Descemet folds 2 years following deep anterior lamellar keratoplasty. *Cont Lens Anterior Eye*. 2009; 32: 300-302.
403. Abelson MB, Collin HB, Gillette TE, Dohlman CH. Recurrent keratoconus after keratoplasty. *Am J Ophthalmol*. 1980; 90: 672-676.
404. Nirankari VS, Karesh J, Bastion F, Lakhanpal V, Billings E. Recurrence of keratoconus in donor cornea 22 years after successful keratoplasty. *Br J Ophthalmol*. 1983; 67: 23-28.
405. Thalasselis A, Etchepareborda J. Recurrent keratoconus 40 years after keratoplasty. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2002; 22: 330-332.
406. Lim L, Pesudovs K, Goggin M, Coster DJ. Late onset post-keratoplasty astigmatism in patients with keratoconus. *Br J Ophthalmol*. 2004; 88: 371-376.
407. Buzzonetti L, Petrocelli G, Valente P, Iarossi G, Ardia R, Petroni S, Parrilla R. The Big-Bubble Full Femtosecond Laser-Assisted Technique in Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *J Refract Surg*. 2015; 31: 830-834.
408. Krumeich JH, Daniel J. Perforating keratoplasty with an intracorneal ring. *Cornea*. 1999; 18: 277-281.
409. Krumeich JH, Duncker G. Intrastromal corneal ring in penetrating keratoplasty: evidence-based update 4 years after implantation. *J Cataract Refract Surg*. 2006; 32: 993-998.
410. Birnbaum F, Schwartzkopff J, Böhringer D, Reinhard T. Penetrating keratoplasty with intrastromal corneal ring. A prospective randomized study. *Ophthalmologe*. 2008; 105: 452-456.
411. Calatayud-Pinuaga M, Martin-Nalda S, Romera M. Intrastromal corneal ring in deep anterior lamellar keratoplasty. *JCRS Online Case Reports*. Volume 5, Issue 4, October 2017, Pages 61-63.

## 17. Bibliografia

412. Ali Javadi M, Kanavi MR, Safi S. A 27-Year Report from the Central Eye Bank of Iran. *J Ophthalmic Vis Res.* 2020; 15: 149-159.
413. Zare M, Javadi MA, Einollahi B, Baradaran-Rafii A, Ghanavati SZ, Farsani MJ, Mohammadi P, Feizi S. Indications for corneal transplantation at a tertiary referral center in tehran. *J Ophthalmic Vis Res.* 2010; 5: 82-86.
414. Tomidokoro A, Oshika T, Amano S, Higaki S, Maeda N, Miyata K. Changes in Anterior and Posterior Corneal. Curvatures in Keratoconus. *Ophthalmology.* 2000; 107: 1328-1332.
415. Feizi S, Javadi MA, Karimian F, Abolhosseini M, Moshtaghion SM, Naderi A, Esfandiari H. Penetrating keratoplasty versus deep anterior lamellar keratoplasty in children and adolescents with keratoconus. *Comparative Study Am J Ophthalmol.* 2021; 226: 13-21.
416. Sarnicola V, Toro P, Gentile D, Hannush SB. Descemetik DALK and pre-descemetik DALK: outcomes in 236 cases of keratoconus. *Cornea.* 2010; 29: 53-59.
417. Abdelkader A, Kaufman HE. Descemetik versus pre-descemetik lamellar keratoplasty: clinical and confocal study. *Cornea.* 2011; 30: 1244-1252.
418. Schiano-Lomoriello D, Colabelli-Gisoldi RA, Nubile M, Oddone F, Ducoli G, Villani CM, Mastropasqua L, Pocobelli A. Descemetik and pre-descemetik DALK in keratoconus patients: a clinical and confocal perspective study. *Biomed Res Int.* 2014; 2014: 123156.
419. Lu Y, Grisolia AB, Ge YR, Xue CY, Cao Q, Yang LP, Huang ZP. Comparison of femtosecond laser-assisted descemetik and pre-descemetik lamellar keratoplasty for keratoconus. *Indian J Ophthalmol.* 2017; 65: 19-23.
420. Javadi MA, Mohammad-Rabei H, Feizi S, Daryabari SH. Visual Outcomes of Successful versus Failed Big-Bubble Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Keratoconus. *J Ophthalmic Vis Res.* 2016; 11: 32-36.
421. Ibares-Frías L, Gallego P, Cantalapedra-Rodríguez R, Valsero MC, Mar S, Merayo-Lloves J, Martínez-García MC. Tissue reaction after intrastromal corneal ring implantation in an experimental animal model. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2015; 253: 1071-1083.
422. Anwar M, Teichmann KD. Deep lamellar keratoplasty: surgical techniques for anterior lamellar keratoplasty with and without baring of Descemet's membrane. *Cornea.* 2002; 21: 374-383.
423. Gadhvi KA, Romano V, Fernández-Vega Cueto L, Aiello F, Day AC, Gore DM, Allan B. Femtosecond laser-assisted deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus: multi-surgeon results. *Am J Ophthalmol.* (2020) 220: 191-202.
424. Sato T, Akiyama K, Shibata H. A new surgical approach to myopia. *Am J Ophthalmol.* 1953;36: 823-829.

## 17. Bibliografia

425. Shaikh S, Shaikh NM, Manche E. Iatrogenic keratoconus as a complication of radial keratotomy. *J Cataract Refract Surg.* 2002; 28: 553-555.
426. Ferreira TB, Marques EF, Filipe HP. Combined corneal collagen cross-linking and secondary intraocular lens implantation for keratectasia after radial keratotomy. *J Cataract Refract Surg.* 2014; 40: 143-147.
427. Sharma N, Sachdev R, Jindal A, Titiyal JS. Acute hydrops in keratectasia after radial keratotomy. *Eye Contact Lens.* 2010; 36: 185-187.

## 18. Glosario

<b><i>Aberración:</i></b>	Alteración inherente a determinados sistemas ópticos, debida a algunos defectos de diseño, o imperfecciones en las lentes u otros componentes.
<b><i>Declaración de Helsinki:</i></b>	Promulgada por la Asociación Médica Mundial como propuesta de principios éticos que sirven para guiar a la comunidad médica y otras personas que realizan investigación en seres humanos.
<b><i>Dioptría:</i></b>	Unidad que con valores positivos o negativos expresa el poder de refracción o potencia de una lente, y equivale al valor recíproco o inverso de su distancia focal expresada en metros.
<b><i>Distrofia:</i></b>	Trastorno o estado patológico que se caracteriza por una pérdida de volumen o de las capacidades funcionales de un órgano o tejido.
<b><i>Disecar:</i></b>	Cortar o seccionar.
<b><i>Eficacia, Índice de:</i></b>	Agudeza visual sin corrección postoperatoria entre agudeza visual con corrección preoperatoria.
<b><i>Endotelio Corneal:</i></b>	Capa más interna de la córnea, formada por una monocapa de células que está en contacto directo con el humor acuoso, y su función es mantener la córnea sin edema.
<b><i>Epitelio Corneal:</i></b>	Capa más externa de la córnea que actúa como barrera protectora.
<b><i>Escala logMAR:</i></b>	Forma de expresión de la agudeza visual comúnmente usado en oftalmología.



<b><i>Estrategia:</i></b>	En un proceso regulable, conjunto de las reglas que aseguran una decisión óptima en cada momento.
<b><i>Estroma Corneal:</i></b>	Capa más gruesa de la córnea formada por fibras de colágeno ordenadas en láminas paralelas a la superficie.
<b><i>Flap corneal:</i></b>	Pequeña lámina de tejido de la córnea superficial generada con un microqueratomo láser y que se mantiene unida al resto de la córnea mediante una pequeña zona denominada bisagra.
<b><i>Fotoablación corneal:</i></b>	Es la eliminación de tejido corneal tras la ablación con láser de Excímero. Se produce por la ruptura de los enlaces intra-moleculares debido a la alta energía transmitida por el fotón que emite dicho láser.
<b><i>Haze (en español_opacidad):</i></b>	Opacidad reticulada del estroma anterior corneal.
<b><i>Hydrops (en español_hidropesía corneal):</i></b>	Edema en el estroma corneal debido a la entrada de humor acuoso por la ruptura en la membrana de Descemet.
<b><i>Injerto:</i></b>	Órgano o fragmento de tejido vivo que se implanta en una parte del cuerpo para reparar una lesión.
<b><i>Leucoma corneal:</i></b>	Alteración en la córnea que afecta a gran parte del espesor disminuyendo la transparencia lo que conlleva a una disminución de la agudeza visual del paciente.
<b><i>Longitud axial (LAX):</i></b>	Medida del diámetro antero-posterior del globo ocular.
<b><i>Membrana de Bowman:</i></b>	Capa de la córnea que está justo debajo del epitelio, que es la porción más externa de la córnea. Está compuesta principalmente de fibras de colágeno, una proteína que refuerza estructuralmente la córnea.
<b><i>Membrana de Descemet:</i></b>	Es una capa acelular integrante de la córnea, situada entre la capa de Dua y el endotelio.
<b><i>Paquimetría corneal:</i></b>	Medida del grosor corneal.
<b><i>Piggy-back en LIO:</i></b>	Implante secundario de una lente en cuerpo ciliar en un paciente pseudofáquico.

<b><i>Queratocono:</i></b>	Patología corneal crónica, bilateral y asimétrica, en la cual la córnea se hace más fina y adopta forma cónica.
<b><i>Queratometría:</i></b>	Medida de los radios de curvatura de la superficie corneal.
<b><i>Queratoplastia corneal:</i></b>	Sustitución parcial o total del tejido corneal dañado por tejido corneal sano obtenido de un donante generalmente cadavérico.
<b><i>Rango:</i></b>	Intervalo entre el valor máximo y mínimo.
<b><i>Seguridad, Índice de:</i></b>	Agudeza visual con corrección postoperatoria entre agudeza visual con corrección preoperatoria.
<b><i>Vault (en español_bóveda):</i></b>	Distancia en micras ( $\mu\text{m}$ ) entre la cara posterior de la lente epicristaliniana y la cara anterior del cristalino.



## 19. Índice de abreviaturas y acrónimos

### A

**ACD:** Profundidad de Cámara Anterior. Acrónimo en inglés de *Anterior Chamber Depth*

**ALTK:** Queratoplastia terapéutica laminar automatizada. Acrónimo en inglés de *Automatic Lamellar Therapeutic Keratoplasty*

**ATA:** Distancia ángulo-ángulo. Acrónimo en inglés de *Angle to angle*

### B

**BB:** Gran burbuja. Acrónimo en inglés de *Big bubble*

### C

**CCT:** Espesor corneal central. Acrónimo en inglés de *Corneal Central Thickness*

**CE:** Contaje endotelial

**CDVA:** Agudeza visual con corrección. Acrónimo en inglés de *Corrected Distance Visual Acuity*

**CH:** Histéresis corneal. Acrónimo en inglés de *Corneal Hysteresis*

**CLR:** Elevación del cristalino por encima del plano del iris. Acrónimo en inglés *Crystalline lens rise*

**CR:** Remodelación corneal. Acrónimo en inglés de *Corneal Remodeling*

**CRF:** Resistencia corneal. Acrónimo en inglés de *Corneal Resistance Factor*

**CXL:** Entrecruzamiento de colágeno. Acrónimo en inglés de *Cross-Linking*

### D

**D:** Dioptría

**DALK:** Queratoplastia laminar anterior profunda. Acrónimo en inglés de *Deep Anterior Lamellar Keratoplasty*

**d-DALK:** Queratoplastia laminar anterior profunda descemético. Acrónimo en inglés de descemetic *Deep Anterior Lamellar Keratoplasty*

**DE:** Desviación estándar

**DL:** Capa de Dua. Acrónimo en inglés de *Dua Layer*

**DM:** Membrana de Descemet. Acrónimo en inglés de *Descemet Membrane*

**DME:** Disección manual estromal

**DMEK:** Trasplante endotelial de la membrana de Descemet. Acrónimo en inglés de *Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty*

## E

**EE:** Equivalente esférico

## F

**Faco+LIO:** Facoemulsificación más implante de lente intraocular

**FDA:** Administración de alimentos y medicamentos de los Estados Unidos. Acrónimo en inglés de Food and Drug Administration

**Femto-LASIK:** LASIK asistido por Láser de Femtosegundo

**FIO:** Fundación de investigación oftalmológica

**FS:** Femtosegundo

## H

**H:** Hombre

**HOA:** Aberraciones de alto orden. Acrónimo en inglés de *Higher Order Aberrations*

## I

**ICL:** Lente de colámero implantable. Acrónimo en inglés de *Implantable Collamer Lens*

**ICRS:** Segmentos de anillos corneales intraestromales. Acrónimo en inglés de *Intrastomal Corneal Ring Segment*

**IUFV:** Instituto Universitario Fernández-Vega

## J

**JCR:** Informes sobre citas en revistas científicas. Acrónimo en inglés de *Journal Citation Reports*

## K

**K:** Queratometría

**K<sub>min</sub>:** Queratometría mínima correspondiente a K<sub>1</sub>

**K<sub>max</sub>:** Queratometría máxima correspondiente a K<sub>2</sub>

**K<sub>m</sub>:** Queratometría media

## L

**LASIK:** Queratomileusis in Situ Asistida con Láser de Excímero.  
Acrónimo en inglés de *Laser Assisted In Situ Keratomileusis*

**LAx:** Longitud axial

**LIO:** Lente Intraocular

## M

**M:** Mujer

**MMC:** Mitomicina C

## N

**Nd:YAG:** Granate de Itrio y aluminio dopado con impurezas de Neodimio. Acrónimo en inglés de *Neodymium-doped yttrium aluminium garnet*

## O

**OCT:** Tomografía de coherencia óptica. Acrónimo en inglés de *Optical Coherence Tomography*

## P

**pd-DALK:** Queratoplastia laminar anterior profunda pre-descemético. Acrónimo en inglés de *pre-descemetiic Deep Anterior Lamellar Keratoplasty*

**PIO:** Presión intraocular

**PKP:** Trasplante de espesor total o queratoplastia penetrante.  
Acrónimo en inglés de *Penetrating Keratoplasty*

**PMMA:** Polimetil-metacrilato

**PRGF:** Plasma rico en factores de crecimiento. Acrónimo en inglés de *Plasm Rich in Growth Factors*

**PRK:** Queratectomía fotorrefractiva. Acrónimo en inglés de *Photo-refractive Keratectomy*

## R

**RK:** Queratotomía radial. Acrónimo en inglés de *Radial Keratotomy*

**RMS:** Valor cuadrático medio. Acrónimo en inglés de *Root mean square*

## S

**SALK:** Queratoplastia laminar anterior superficial. Acrónimo en inglés de *Superficial Anterior Lamellar Keratoplasty*

**SECOIR:** Sociedad Española de Cirugía Implanto-Refractiva

**SMILE:** Tallado con fines refractivos mediante láser de FS de un lentículo estromal y posterior extracción a través de una pequeña incisión. Acrónimo en inglés de *Small Incision Lenticule Extraction*

**STALK:** Queratoplastia laminar anterior sub-total. Acrónimo en inglés de *Sub-total Anterior Lamellar Keratoplasty*

## T

**TALK:** Queratoplastia laminar anterior total. Acrónimo en inglés de *Total Anterior Lamellar Keratoplasty*

**TCT:** Grosor corneal más delgado. Acrónimo en inglés de *Thinnest Corneal Thickness*

**Tg:** Punto de unión más delgado del donante. Acrónimo en inglés de *Junctional Graft Thickness*

**Th:** Punto más delgado del receptor. Acrónimo en inglés de *Junctional Host Thickness*

**TILK.** Técnica «*Tuck in*» en queratoplastia laminar anterior profunda. Acrónimo en inglés de *Tuck In Lamellar Keratoplasty*

## U

**UDVA:** Agudeza visual sin corrección. Acrónimo en inglés *Uncorrected Distance Visual Acuity*

**UV:** Ultravioleta

## W

**WTW:** Distancia blanco – blanco. Acrónimo en inglés de *White to white*



## 20. Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Trasplante laminar anterior profundo .....	31
<b>Figura 2.</b> Ramón Castroviejo Briones .....	32
<b>Figura 3.</b> A: Luis Fernández-Vega Diego. B: De izqda. a dcha. Rafael Bartolozzi, Ramón Castroviejo y Luis Fernández-Vega Diego .....	33
<b>Figura 4.</b> Distrofia corneal anterior .....	35
<b>Figura 5.</b> Opacidades secundarias a cirugía refractiva de superficie ( <i>haze</i> ) .....	35
<b>Figura 6.</b> A. Tinción con Fluoresceína de las dendritas herpéticas. B. Leucoma corneal inactivo secundario a patología herpética .....	36
<b>Figura 7.</b> Imagen de pérdida de sustancia tras infección herpética con OCT de segmento anterior (A), y con lámpara de hendidura (B).....	36
<b>Figura 8.</b> Adelgazamiento corneal en paciente con queratocono avanzado. Diferentes cortes tomográficos (A y B).....	36
<b>Figura 9.</b> Ectasia secundaria a queratotomía radial. Imágenes topográficas (A), tomográficas (B), y de lámpara de hendidura (C) donde se aprecian los cortes y el aplanamiento corneal .....	37
<b>Figura 10.</b> Evolución en las técnicas quirúrgicas a lo largo de los años en el IUFV.....	38
<b>Figura 11.</b> Número de trasplantes de córnea realizados en el IUFV entre 2010 y 2021. Observamos la creciente subida de las queratoplastias laminares en los últimos años frente a las PKP.....	38
<b>Figura 12.</b> Variaciones en las indicaciones más frecuentes del trasplante de córnea a lo largo de los años en el IUFV .....	38
<b>Figura 13.</b> Técnica de Anwar. La disección manual del estroma profundo se inicia en el borde de la trepanación .....	43
<b>Figura 14.</b> Técnica de Melles: disección laminar anterior profunda con espátula .....	44
<b>Figura 15.</b> Trasplante laminar anterior profundo asistido por láser de FS .....	45
<b>Figura 16.</b> Hydrops corneal. Se observa la rotura de la DM con OCT de segmento anterior (A) y en la lámpara de hendidura (B) .....	46
<b>Figura 17.</b> Técnica quirúrgica en <i>hydrops</i> corneal: la disección laminar se inicia en la periferia (A), dejando la zona más adelgazada para el final (B), donde se encuentra la perforación corneal (C)	46
<b>Figura 18.</b> Técnica de visco-disección de las capas más profundas (A y B).....	48
<b>Figura 19.</b> Técnica de la gran burbuja. Imágenes intraoperatorias con OCT Reescan 700 de Zeiss.	49
<b>Figura 20.</b> Esquema de los diferentes tipos de burbuja que se pueden obtener con la técnica <i>Big-Bubble</i> : tipo 1 (A), tipo 2 (B) y mixta (C).....	51
<b>Figura 21.</b> Adelgazamiento corneal en queratocono grado IV de la clasificación de Amsler Krumeich	54

<b>Figura 22.</b> A. Cicatrices herpéticas corneales que limitan la agudeza visual. B. Restauración de la transparencia corneal mediante una DALK .....	56
<b>Figura 23.</b> Distrofia estromal (A) intervenida mediante DALK. Se observa una recidiva de la distrofia en el injerto durante el postoperatorio tardío (B) .....	57
<b>Figura 24.</b> Parámetros de biomecánica corneal en un queratocono avanzado obtenidos con el Oculus-CorVis ST (CST: Oculus,Wetzlar, Germany) .....	58
<b>Figura 25.</b> Tecnología Sheimpflug para la evaluación de la respuesta biomecánica corneal, tonometría y paquimetría.....	61
<b>Figura 26.</b> Imagen modificada de la literatura <sup>118</sup> donde se describe la técnica « <i>tuck-in</i> » para las patologías ectásicas que involucran a la periferia (A y B).....	63
<b>Figura 27.</b> Glaucoma maligno tras PKP.....	65
<b>Figura 28.</b> Rechazo del injerto que se manifiesta mediante infiltrados sub-epiteliales (A), y su posterior recuperación tras el tratamiento médico (B).....	67
<b>Figura 29.</b> Retirada selectiva de las suturas según el astigmatismo postoperatorio .....	68
<b>Figura 30.</b> Perforación de la membrana de Descemet que no requiere reconversión a PKP. A. OCT intraoperatorio Rescan 700 de Zeiss. B. OCT de segmento anterior en el postoperatorio inmediato donde se observa la rotura. C. OCT de segmento anterior al mes de la cirugía con la DM completamente adherida.....	69
<b>Figura 31.</b> Edema del injerto secundario a la formación de una pseudocámara. A. Imagen en lámpara de hendidura. B. OCT de segmento anterior.....	70
<b>Figura 32.</b> Presencia de una doble cámara en el postoperatorio de la DALK, en diferentes cortes tomográficos (A-D) .....	71
<b>Figura 33.</b> Pliegues en la membrana de Descemet después de la DALK vistos en lámpara de hendidura .....	72
<b>Figura 34.</b> Pliegues en la membrana de Descemet después de la DALK mediante OCT de alta resolución. A. Lecho residual fino con pliegues menos significativos. B. Lecho residual grueso con pliegues más significativos .....	72
<b>Figura 35.</b> Cortes tomográficos donde se aprecia un adelgazamiento ínfero-temporal de la cicatriz y ectasia de la misma en un PKP .....	74
<b>Figura 36.</b> Problemas de superficie en el postoperatorio de la DALK .....	75
<b>Figura 37.</b> Queratocono avanzado grado IV de la clasificación de Amsler-Krumeich, analizado mediante OCT de segmento anterior .....	78
<b>Figura 38.</b> Centrado de la trepanación en el receptor mediante el sistema Callisto (Carl Zeiss, Oberkochen, Germany). Primero se marcan los ejes cardinales (A) y después la zona de trepanación (B) .....	79
<b>Figura 39.</b> Trepanación de la córnea donante antes (A) y después (B) .....	80
<b>Figura 40.</b> Injerto pequeño, menor de 8,00 mm. Más posibilidad de descentramiento y de astigmatismo alto .....	81
<b>Figura 41.</b> Injerto grande, mayor de 8,00 mm. Habitualmente mejor centrado y menor astigmatismo, aunque aumenta la complejidad quirúrgica.....	82
<b>Figura 42.</b> Mapa paquimétrico (A) y de elevación posterior (B) de una ectasia central, y su imagen tomográfica mediante OCT de segmento anterior (C) .....	87

<b>Figura 43.</b> Comparativa de los patrones de alineamiento entre el donante y el receptor en pacientes con PKP y DALK. Imagen tomada del artículo de Zhao Y et al. <sup>207</sup> .....	90
<b>Figura 44.</b> Aposición regular, escalón (del donante o del receptor), protrusión (sólo de la membrana de Descemet o también del estroma corneal profundo) y apertura. Principales tipos de mal-posiciones que se encuentran en la unión injerto-huésped. (A) congruencia de espesores: aposición regular. (B) espacios internos en la unión injerto-huésped. (C) escalón del injerto. (D) escalón del huésped. (E) Protuberancias. (F) Apertura. Imagen tomada del artículo de Kaiserman I et al. <sup>208</sup> .....	91
<b>Figura 45.</b> Métodos conservadores: lente de contacto escleral en DALK. Imágenes en lámpara de hendidura .....	94
<b>Figura 46.</b> Lente de contacto de apoyo escleral en DALK. Al no estar en contacto con la córnea se puede apreciar la capa de lágrima entre la cara posterior de la lente y el epitelio corneal. Imagen de OCT de segmento anterior: corte horizontal (A) y vertical (B).....	94
<b>Figura 47.</b> Queratotomía astigmática asistida mediante Láser de FS dentro del injerto.....	100
<b>Figura 48.</b> Apertura de la cicatriz en la DALK para corregir el astigmatismo antes de empezar la cirugía de catarata. Se realiza en ambiente de quirófano y con control queratoscópico. Obsérvese el cambio en la imagen queratoscópica (A y B).....	102
<b>Figura 49.</b> Resección en cuña en dos pacientes con queratoplastia penetrante (A y B) .....	102
<b>Figura 50.</b> ICRS tipo Ferrara en DALK: dos segmentos simétricos de 120° de arco y 200 µm de altura, implantados en zona óptica de 5 mm .....	104
<b>Figura 51.</b> Implante de ICRS de 300° de arco y 250 µm de altura, asistido mediante Láser de Femtosegundo en PKP .....	104
<b>Figura 52.</b> La lente Artisan® (Ophtec BV, Groningen, The Netherlands) de fijación iridiana .....	106
<b>Figura 53.</b> Diseño mejorado de la lente Artisan®: apertura más grande y ovalada entre la óptica y las hápticas. A. Worst Iris Claw. B. Artisan afaquia .....	106
<b>Figura 54.</b> Lente fáquica de apoyo en cuerpo ciliar V4c (ICL, STAAR Surgical, Suiza) .....	108
<b>Figura 55.</b> Lente ICL V4c de cámara posterior implantada en el cuerpo ciliar, en un paciente con DALK .....	108
<b>Figura 56.</b> Catarata subcapsular anterior secundaria a <i>vault</i> bajo en un implante de un modelo inicial de ICL (V4a) .....	109
<b>Figura 57.</b> Desarrollo de una catarata avanzada durante el postoperatorio de una DALK, que debe ser operada cuando todavía no se había completado la retirada de las suturas .....	112
<b>Figura 58.</b> Imagen en lámpara de hendidura (A) y OCT de segmento anterior (B) de un paciente con catarata y queratocono avanzado, antes de realizarse un triple procedimiento .....	112
<b>Figura 59.</b> ICL como implante secundario. En la imagen de OCT de segmento anterior se puede observar la separación que existe entre la ICL y la lente intraocular .....	115
<b>Figura 60.</b> ICL como implante secundario en pseudofaquia en PKP (A) y DALK (B) .....	116
<b>Figura 61.</b> Láser de FS IntraLase FS60 (Advanced Medical Optics, Inc, Santa Ana, California, EE.UU.) .	134
<b>Figura 62.</b> Láser de Excímero VISX Star S4 (Advanced Medical Optics, Inc Santa Ana, California EE.UU.)	134
<b>Figura 63.</b> Secuencia quirúrgica de la cirugía de FemtoLASIK en DALK (A-B). El diámetro del corte y la ablación se realiza dentro de los límites del injerto.....	135
<b>Figura 64.</b> Imagen clínica del postoperatorio inmediato.....	136
<b>Figura 65.</b> Distribución de la UDVA acumulada.....	138

<b>Figura 66.</b> Variación en CDVA 6 meses después de FemtoLASIK. Todos los casos mantienen o ganan líneas de visión .....	138
<b>Figura 67.</b> Imagen en lámpara de hendidura (A) y OCT de segmento anterior (B) de un procedimiento combinado en dos tiempos: FemtoLASIK más implante de ICL .....	139
<b>Figura 68.</b> Diagrama de dispersión del componente de astigmatismo (predictibilidad) J0 (A) y J45 (B), seis meses después de FemtoLASIK .....	139
<b>Figura 69.</b> Análisis vectorial de Thibos para cada caso analizado.....	139
<b>Figura 70.</b> FemtoLASIK en DALK por RK.....	140
<b>Figura 71.</b> Topografías donde se observan los cambios queratométricos y paquimétricos obtenidos en el preoperatorio (A y B) y postoperatorio (C y D) de un paciente de la muestra .....	141
<b>Figura 72.</b> Contaje endotelial postoperatorio sin alteración morfológica .....	142
<b>Figura 73.</b> Iconografía del Caso 5 de la muestra (A y B) .....	145
<b>Figura 74.</b> Iconografía del Caso 10 de la muestra.....	146
<b>Figura 75.</b> Iconografía del Caso 15 de la muestra.....	146
<b>Figura 76.</b> Iconografía del Caso 7 de la muestra.....	147
<b>Figura 77.</b> Implante simétrico de dos ICRS en una queratoplastia penetrante .....	156
<b>Figura 78.</b> Diseño de los ICRS de Ferrara de zona óptica de 5,0 (A) y 6,0 mm (B). Alturas disponibles: 150, 200, 250 y 300 $\mu$ m .....	159
<b>Figura 79.</b> Secuencia quirúrgica del implante de los ICRS en uno de los pacientes de la muestra (A,B,C,D). Obsérvese como después del implante, la luz del queratoscopio se regulariza formando un círculo.....	161
<b>Figura 80.</b> Implante de ICRS en uno de los pacientes de la muestra .....	162
<b>Figura 81.</b> Cambios y estabilidad en la UDVA durante el periodo de seguimiento .....	163
<b>Figura 82.</b> Cambios y estabilidad en la CDVA durante el periodo de seguimiento.....	164
<b>Figura 83.</b> Cambios en las líneas de visión a los 6, 12, 36 y 60 meses.....	164
<b>Figura 84.</b> Porcentaje de ojos en función de la CDVA acumulada .....	164
<b>Figura 85.</b> Cambios refractivos del equivalente esférico manifiesto y su estabilidad a lo largo del estudio.....	165
<b>Figura 86.</b> Cambios del astigmatismo refractivo y su estabilidad a lo largo del estudio .....	165
<b>Figura 87.</b> Representación del vector de astigmatismo (J0 y J45) 6 meses después del implante en el grupo de dos ICRS de 120° de arco con diámetro de 5,00 mm .....	166
<b>Figura 88.</b> Representación del vector de astigmatismo (J0 y J45) 6 meses después del implante en el grupo de dos ICRS de 90° de arco con diámetro de 6,00 mm .....	166
<b>Figura 89.</b> Representación del vector de astigmatismo (J0 y J45) 6 meses después del implante en el grupo de dos ICRS de 120° de arco con diámetro de 6,00 mm .....	167
<b>Figura 90.</b> Cambios y estabilidad de la K máxima durante todo el período de seguimiento.....	167
<b>Figura 91.</b> Cambios y estabilidad de la K mínima durante todo el período de seguimiento .....	168
<b>Figura 92.</b> Cambios en la escala de Belin Ambrosio tras el implante de ICRS en un paciente con queratocono A) Preoperatorio. B) Postoperatorio .....	169
<b>Figura 93.</b> Implante de una lente ICL esfero-tórica en una PKP y cristalino transparente. A) Imagen en lámpara de hendidura. B) Imagen de OCT de segmento anterior donde se puede observar el <i>vault</i> , el escalón posterior del trasplante en el eje 0-180°, y el descentramiento .....	180
<b>Figura 94.</b> Implante de una lente ICL esfero-tórica en PKP con pseudofaquia .....	180

<b>Figura 95.</b> Secuencia quirúrgica del implante de una lente ICL en DALK. La incisión se realiza en el meridiano más curvo en la córnea receptora. Al finalizar la cirugía, se comprueba el <i>vault</i> final mediante OCT intraoperatoria (A,B).....	185
<b>Figura 96.</b> Evolución postoperatoria de uno de los casos de la muestra. Exploración realizada con lámpara de hendidura a los 12 (A), 24 (B) y 36 (C) meses respectivamente .....	186
<b>Figura 97.</b> Valoración postoperatoria del <i>vault</i> mediante lámpara de hendidura (A) y OCT de segmento anterior (B).....	187
<b>Figura 98.</b> UDVA (A) y CDVA (B) a los 6, 12 y 36 meses de postoperatorio. Variación en la CDVA entre las visitas de seguimiento preoperatorias y post-operatorias (C) .....	188
<b>Figura 99.</b> Gráfica del EE objetivo versus logrado a los 6 meses de la cirugía (predictibilidad) (A), estabilidad (B), y el equivalente esférico manifiesto obtenido durante el seguimiento (C) .....	189
<b>Figura 100.</b> Implante de una lente ICL esférico-tórica en uno de los pacientes de la muestra .....	190
<b>Figura 101.</b> Evolución de la PIO media durante todo el período de seguimiento (A) y variación de la PIO entre las visitas de seguimiento preoperatorias y postoperatorias (B) .....	190
<b>Figura 102.</b> Cambio en la densidad media de CE durante todo el período de seguimiento .....	191
<b>Figura 103.</b> Distribución de ojos según el <i>vault</i> , medido en micras, a los 6, 12 y 36 meses postoperatorios .....	192
<b>Figura 104.</b> Implante de lente ICL esférica V4c en un paciente de la muestra .....	200
<b>Figura 105.</b> Abordaje combinado diferido: DALK - Faco + LIO. A) Primero se realiza la DALK. B) Posteriormente se realiza la cirugía de catarata con implante de la lente. C) Imagen en lámpara de hendidura 6 meses después de las cirugías.....	208
<b>Figura 106.</b> Indicación de abordaje combinado simultáneo: DALK + Faco + LIO. Imagen en lámpara de hendidura (A) y tomográfica (B) de un paciente con catarata avanzada y queratocono grado IV .	208
<b>Figura 107.</b> CDVA acumulada antes de la cirugía, y en la última visita postoperatoria .....	214
<b>Figura 108.</b> Todos los pacientes ganan líneas de CDVA .....	214
<b>Figura 109.</b> Distribución de la esfera refractiva postoperatoria .....	215
<b>Figura 110.</b> Secuencia quirúrgica cuando la opacidad corneal es significativa: A) Trepanación parcial. B) Disección laminar pre-descemética. C) Cirugía de catarata. D) Sutura del injerto .....	219
<b>Figura 111.</b> Secuencia quirúrgica cuando la opacidad corneal no es significativa: A) Trepanación parcial. B) Cirugía de catarata. C) Disección laminar. D) Sutura del injerto .....	220
<b>Figura 112.</b> Cirugía combinada simultánea de DALK más cirugía de catarata con implante de lente intraocular monofocal (Clareon® IOL, CNAOTO, Alcon, Fort Worth, Texas, USA) en un paciente con leucoma corneal secundario a infección por <i>Acanthamoeba</i> .....	221
<b>Figura 113.</b> Lente de contacto rígida en paciente con queratocono .....	229
<b>Figura 114.</b> Imágenes quirúrgicas de un queratocono muy evolucionado (A) donde se realiza una DALK (B).....	229
<b>Figura 115.</b> Debilitamiento-ectasia de la córnea a nivel de la cicatriz en un paciente con PKP previo de más de 20 años de evolución.....	232
<b>Figura 116.</b> Anillo de Krumeich en DALK por queratocono. Experiencia IUFV .....	234
<b>Figura 117.</b> Imagen mediante OCT de segmento anterior donde se observa una sombra acústica posterior hipoecogénica secundaria al anillo de Krumeich.....	235
<b>Figura 118.</b> Corte transversal del anillo Neoring en el bolsillo pre-descemético de la DALK .....	237
<b>Figura 119.</b> Descripción de las dimensiones anillo en estudio en plano .....	238

<b>Figura 120.</b> Iconografía quirúrgica de todos los casos intervenidos durante el estudio (A-J) .....	239
<b>Figura 121.</b> Se muestran los cambios en la CDVA para cada caso estudiado durante el postoperatorio.....	242
<b>Figura 122.</b> Grafico representativo de los valores de LAx en la muestra analizada, frente al error refractivo esférico postoperatorio.....	242
<b>Figura 123.</b> Imagen tomográfica de la congruencia de espesores tras el implante de Neoring: el receptor más el anillo es mayor que el donante .....	243
<b>Figura 124.</b> Imagen en lámpara de hendidura de los 10 casos tras la retirada completa de las suturas (A-J).....	245
<b>Figura 125.</b> Imagen de microscopia confocal de ICRS .....	250
<b>Figura 126.</b> Descentramiento en la trepanación de la córnea receptora .....	256
<b>Figura 127.</b> Descentramiento en la trepanación de la córnea donante .....	256
<b>Figura 128.</b> Retirada selectiva de las suturas .....	257
<b>Figura 129.</b> Queratocono grado IV. Imagen quirúrgica antes (A) y después de la DALK (B) .....	259
<b>Figura 130.</b> Imagen tomográfica (A), y de alta resolución (B) de un queratocono central.....	259
<b>Figura 131.</b> Imagen topográfica de un queratocono central con un grosor de córnea normal en la periferia .....	260
<b>Figura 132.</b> Imagen tomográfica de un queratocono paracentral.....	260
<b>Figura 133.</b> DALK en ectasia post-LASIK en lámpara de hendidura (A) y mediante OCT de segmento anterior (B).....	263
<b>Figura 134.</b> Queratotomía radial con cortes profundos y epitelizados .....	264
<b>Figura 135.</b> DALK en queratotomía radial con suturas tangenciales en los cortes de la córnea receptora .....	265
<b>Figura 136.</b> Leucoma corneal (A) intervenido de DALK (B) con una buena congruencia de espesores (C) .....	265
<b>Figura 137.</b> FemtoLASIK en DALK más implante de ICL esférica.....	276
<b>Figura 138.</b> FemtoLASIK en DALK con implante de lente trifocal .....	277
<b>Figura 139.</b> ICRS en DALK más implante de ICL esférica.....	277
<b>Figura 140.</b> ICRS en DALK con anillo predescemético más lensectomía con implante de lente monofocal .....	277
<b>Figura 141.</b> Cirugía incisional en DALK más implante de ICL esférica.....	278
<b>Figura 142.</b> ICRS en DALK más lensectomía e implante secundario de ICL esférica.....	278

\* Todas las figuras que aparecen en el presente trabajo de investigación son del IUFV a excepción de la número 25, 26, 43, 44, 52, 53, 54 y 78.

## 21. Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Comparativa de las HOA obtenidos por diferentes autores según la técnica quirúrgica empleada para la DALK .....	85
<b>Tabla 2.</b> Datos demográficos, de UDVA, CDVA, error refractivo y queratometría antes y después de Femto-Lasik para cada caso en concreto.....	137
<b>Tabla 3.</b> Datos preoperatorios de los pacientes intervenidos con ICRS.....	158
<b>Tabla 4.</b> Nomograma de implante de (Ferrara) en DALK.....	159
<b>Tabla 5.</b> Resumen de los datos preoperatorios de los pacientes y las características de la lente ICL-V4c.....	183
<b>Tabla 6.</b> Resumen del estado actual del tema a cerca del implante de lentes ICL en pacientes con queratoplastia previa.....	195
<b>Tabla 7.</b> Datos preoperatorios de los pacientes intervenidos con el triple procedimiento.....	210
<b>Tabla 8.</b> Se presentan las diferentes combinaciones según las indicaciones principales para la DALK y sus posibles variantes quirúrgicas .....	230
<b>Tabla 9.</b> Datos demográficos y refractivos preoperatorios de los casos con Neoring .....	241
<b>Tabla 10.</b> Resultados clínicos preoperatorios y postoperatorios.....	241
<b>Tabla 11.</b> Tabla de la congruencia de espesores: el receptor más el Neoring es siempre mayor que el donante, evitándose así el escalón posterior .....	244
<b>Tabla 12.</b> Complicaciones posibles a corto y largo plazo de la DALK, y su comparativa cuando se implanta un anillo corneal Neoring con los pacientes del estudio. No se observaron complicaciones intra ni post-operatorias significativas a corto plazo.....	246
<b>Tabla 13.</b> Prevención de la refracción residual en la DALK teniendo en cuenta la patología que ha condicionado el trasplante .....	257
<b>Tabla 14.</b> Comparativa entre los valores de aberraciones corneales publicados en la literatura y los obtenidos en el presente trabajo de investigación .....	262
<b>Tabla 15.</b> Resumen de las opciones quirúrgicas para la corrección refractiva de la DALK teniendo en cuenta la patología de base, el astigmatismo y la esfera, en relación con la presencia o no de catarata o alta ametropía .....	267
<b>Tabla 16.</b> La indicación de la corrección refractiva del astigmatismo regular bajo en la DALK por queratocono, Lasik previo o leucoma corneal, sería mediante FemtoLASIK.....	267



<b>Tabla 17.</b> Las indicaciones de la corrección refractiva del astigmatismo regular medio en la DALK por queratocono, Lasik previo o leucoma corneal, serían ICRS o ICL tórica .....	267
<b>Tabla 18.</b> Las indicaciones de la corrección refractiva del astigmatismo regular alto en la DALK por queratocono, Lasik previo o leucoma corneal, serían ICRS o incisiones arqueadas .....	268
<b>Tabla 19.</b> La indicación de la corrección refractiva del astigmatismo irregular en la DALK por queratocono, Lasik previo o leucoma corneal, sería ICRS .....	268
<b>Tabla 20.</b> Las indicaciones de la corrección refractiva del astigmatismo regular en la DALK por RK o distrofia corneal serían ICRS o ICL tórica .....	268
<b>Tabla 21.</b> La indicación de la corrección refractiva del astigmatismo irregular en la DALK por RK o distrofia corneal, sería ICRS .....	269
<b>Tabla 22.</b> Indicaciones de la corrección refractiva de la esfera residual en la DALK por queratoco- no, Lasik previo o leucoma corneal en pacientes sin catarata.....	269
<b>Tabla 23.</b> Indicaciones de la corrección refractiva de la esfera residual en la DALK por queratoco- no, Lasik previo o leucoma corneal en pacientes con catarata o altas ametropías.....	269
<b>Tabla 24.</b> Indicaciones de la corrección refractiva de la esfera residual en la DALK por RK o dis- trofia corneal en pacientes sin catarata .....	270
<b>Tabla 25.</b> Indicaciones de la corrección refractiva de la esfera residual en la DALK por RK o dis- trofia corneal en pacientes con catarata o altas ametropías.....	270
<b>Tabla 26.</b> Nomograma para incisiones arqueadas en DALK utilizando el Láser de FS .....	272
<b>Tabla 27.</b> Diferentes combinaciones quirúrgicas para la corrección de la refracción residual post- DALK .....	276

## 22. Índice de cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación propuesta por Sarnicola et al. <sup>83</sup> según los resultados histológicos obtenidos después de las diferentes técnicas de disección laminar anterior .....	52
--	----



## 23. Divulgación científica

### 23.1. Divulgación científica directamente relacionada con la investigación de la tesis

#### 23.1.1. Revistas indexadas en JCR (*Journal Citation Reports*)

1. A New Pre-descemetetic Corneal Ring (Neoring) in Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Moderate-Advanced Keratoconus: A Pilot 2-Year Long-Term Follow-Up Study.  
**Alfonso-Bartolozzi B**, Lisa C, Fernández-Vega-Cueto L, Madrid-Costa D, Alfonso JF.  
Front Med (Lausanne). 2021 Nov 4; 8: 771365.
2. Refractive surgery after deep anterior lamellar keratoplasty: a review of the literature.  
**Alfonso-Bartolozzi B**, Martínez-Alberquilla I, Baamonde B, Fernández-Vega-Cueto L, Alfonso JF, Madrid-Costa D.  
Int Ophthalmol. 2022 Sep 9. Online ahead of print.
3. Femto-LASIK after Deep Anterior Lamellar Keratoplasty to Correct Residual Astigmatism: A Long-Term Case Series Study.  
**Alfonso-Bartolozzi B**, Lisa C, Fernández-Vega-Cueto L, Madrid-Costa D, Alfonso JF.  
Medicina (Kaunas). 2022 Aug 2; 58: 1036.
4. Three-year follow-up of posterior chamber phakic intraocular lens with a central port design after deep anterior lamellar keratoplasty.  
**Alfonso-Bartolozzi B**, Lisa C, Fernández-Vega-Cueto L, Baamonde B, Madrid-Costa D, Alfonso JF.  
Eye Vis (Lond). 2022 Sep 7; 9: 34.
5. Intrastromal Corneal Ring Segments Implantation After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Astigmatism Correction: Mid-term and Long-term Follow-up.  
**Alfonso-Bartolozzi B**, Fernández-Vega-Cueto L, Poo-López A, Lisa C, Madrid-Costa D, Alfonso JF.  
Cornea. 2022 Aug 25. Online ahead of print.
6. Triple procedure: a stepwise combination of deep anterior lamellar keratoplasty and cataract surgery.  
**Alfonso-Bartolozzi B**, Fernández-Vega-Cueto L, Fernández-Vega L, Martínez-Alberquilla I, Madrid-Costa D, Alfonso JF.  
Córnea. En segunda revisión.

### 23.1.2. Capítulos de libro

1. **Corrección del astigmatismo en el trasplante laminar anterior profundo.**  
**Belén Alfonso Bartolozzi**; José F. Alfonso Sánchez; Carlos Lisa Fernández; Begoña Baamonde Arbaiza; Luis Fernández-Vega Sanz  
Ponencia SEO 2019. Astigmatismo: Métodos diagnósticos y terapéuticos. Capítulo 64.
2. **A New Pre-descemetic Corneal Ring (Neoring) in Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Moderate-Advanced Keratoconus: A Pilot 2-Year Long-Term Follow-Up Study.**  
**Belén Alfonso-Bartolozzi**, Carlos Lisa, Luis Fernández-Vega-Cueto, David Madrid-Costa, José F. Alfonso.  
Original research article. Front. Med., 04 November 2021. Sec. Ophthalmology
3. **Cirugía refractiva terapéutica en el trasplante lamelar anterior profundo.**  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, José F. Alfonso Sánchez, Begoña Baamonde Arbaiza; Luis Fernández-Vega Sanz.  
Mesa Redonda SEO 2022. Cirugía refractiva terapéutica en patología corneal quirúrgica. Sección 4. Capítulo 14.
4. **Cirugía refractiva ablativa corneal post-DALK.**  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, Luis Fernández-Vega Cueto, Carlos Lisa, José F. Alfonso Sánchez.  
Monografía SECOIR 2023: Queratoplastias laminares: actualización en técnicas quirúrgicas, y aspectos refractivos.  
*Pendiente de publicación*
5. **Lentes fáquicas epicapsulares post-DALK.**  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, Luis Fernández-Vega Cueto, Carlos Lisa, José F. Alfonso Sánchez.  
Monografía SECOIR 2023: Queratoplastias laminares: actualización en técnicas quirúrgicas, y aspectos refractivos.  
*Pendiente de publicación*
6. **Cirugía combinada simultánea: Faco-DALK.**  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, Luis Fernández-Vega Cueto, Carlos Lisa, José F. Alfonso Sánchez.  
Monografía SECOIR 2023: Queratoplastias laminares: actualización en técnicas quirúrgicas, y aspectos refractivos.  
*Pendiente de publicación*
7. **Segmentos en DALK.**  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, Luis Fernández-Vega Cueto, Carlos Lisa, José F. Alfonso Sánchez.  
Mesa Redonda SEO 2023: Segmentos intracorneales: Sección: Segmentos en trasplantes.  
*Pendiente de publicación*

### 23.1.3. Comunicaciones a congresos

1. **Lente epicristaliniana de colámero® como implante adicional en pseudo-faquia.**  
**B. Alfonso-Bartolozzi;** Carlos Lisa Fernández; Andrés Fernández-Vega Cueto; José F. Alfonso Sánchez.  
33 congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva - SECOIR.  
Comunicaciones Libres Refractiva. Lunes 18, de 09:30-09:36. Hall 8 / Room 3. CL39 Barcelona, 16-19 de junio de 2018.
2. **Lente fáquica de apoyo en surco ciliar en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo.**  
**B. Alfonso-Bartolozzi;** Miguel Naveiras; Carlos Lisa; José F. Alfonso Sánchez.  
95 congreso de la Sociedad Española de Oftalmología – SEO.  
Comunicaciones Libres. Sábado 28, de 12:23 a 12:31. Sala Berlín. Madrid, 25-28 de septiembre de 2019.
3. **Lente intraocular de apoyo en surco ciliar de material colámero® en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo.**  
**B. Alfonso Batolozzi,** L. Fernández-Vega Cueto- Felgueroso, C. Lisa Fernández, J.F. Alfonso Sánchez.  
35 congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva - SECOIR.  
Comunicaciones Libres Córnea. Sábado 12, de 09:00 a 10:30 h.  
Formato virtual, 5 - 16 de septiembre de 2020.
4. **Cirugía refractiva corneal después de la DALK.**  
**B. Alfonso-Bartolozzi.**  
96 congreso de la Sociedad Española de Oftalmología – SEO.  
Curso Cirugía Refractiva Terapéutica.  
Formato virtual, 24 - 27 de septiembre de 2020.
5. **Sulcus supported intraocular lens made of Collamer® for the refractive correction of deep anterior lamellar keratoplasty.**  
C. Lisa, **B. Alfonso-Bartolozzi,** L. Fernández-Vega Cueto-Felgueroso, J. Alfonso.  
38<sup>th</sup> European society of cataract and refractive surgery - ESCRS.  
Poster. Formato virtual, 2 - 4 de octubre de 2020.
6. **Cirugía refractiva corneal después de la DALK.**  
B. Alfonso-Bartolozzi.  
36 congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva - SECOIR.  
Curso de cirugía refractiva terapéutica (CRT).  
Formato virtual, 19 - 22 de mayo de 2021.

7. Anillo corneal pre-desquemático de PMMA en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono.  
**B. Alfonso-Bartolozzi**; José F. Alfonso Sánchez  
36 congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva - SECOIR.  
Vídeo. Formato virtual, 19 - 22 de mayo de 2021.
8. Anillo corneal pre-desquemático de PMMA en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono.  
**B. Alfonso-Bartolozzi**; Carlos Lisa Fernández; Luis Fernández-Vega Cueto; José F. Alfonso Sánchez  
36 congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva - SECOIR.  
Comunicaciones Libres Córnea.  
Formato virtual, 19 - 22 de mayo de 2021.
9. Cirugía refractiva corneal después de una Faco-DALK.  
José F. Alfonso Sánchez; **B. Alfonso-Bartolozzi**; Carlos Lisa Fernández; Luis Fernández-Vega Cueto.  
36 congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva - SECOIR.  
Video Simposio en Cirugía del cristalino.  
Formato virtual, 19 - 22 de mayo de 2021.
10. Trasplante laminar anterior profundo: corrección del astigmatismo residual mediante segmentos intracorneales tipo Ferrara.  
**Alfonso-Bartolozzi, B**; Lisa Fernández, C; Fdez-Vega Cueto, L; Poo López, A; Madrid Costa, D; Alfonso JF.  
II congreso virtual de la Sociedad Española de Oftalmología - SEO.  
Panel científico PC142. Cirugía Refractiva.  
Formato virtual, 29 de septiembre a 2 de octubre de 2021.
11. Corrección refractiva del trasplante lamelar anterior profundo.  
**Alfonso-Bartolozzi, B**; Lisa Fernández, C; Fdez-Vega Cueto, L; Poo López, A; Madrid Costa, D; Alfonso JF.  
II congreso virtual de la Sociedad Española de Oftalmología - SEO.  
Póster Caso clínico. PCC2. Cirugía Refractiva.  
Formato virtual, 29 de septiembre a 2 de octubre de 2021.
12. Femto-LASIK after Deep Anterior Lamellar Keratoplasty to correct residual astigmatism: Long-term follow-up.  
**Alfonso-Bartolozzi, B**; Lisa Fernández, C; Fdez-Vega Cueto, L; Madrid Costa, D; Alfonso JF.  
39<sup>th</sup> European society of cataract and refractive surgery - ESCRS.  
Poster. Amsterdam. 8-11 de octubre de 2021.



13. **Cirugía refractiva terapéutica en DALK por queratotomía Radial.**  
**B. Alfonso-Bartolozzi**, Carlos Lisa, Luis Fernández-Veja Cueto, José F. Alfonso.  
37 congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva - SECOIR.  
Curso Cirugía Refractiva Terapéutica. Jueves 19 de mayo de 09.00 a 10.15 h. Zaragoza, 18-21 de mayo de 2022.
14. **FemtoLASIK: LASIK asistido con láser de Femtosegundo.**  
**B. Alfonso-Bartolozzi**, Carlos Lisa, Luis Fernández-Veja Cueto, José F. Alfonso.  
37 congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva - SECOIR.  
Simposio Femtosegundo: estado actual y futuro. Jueves 19 de mayo de 12.30 a 14.00 h. Zaragoza, 18-21 de mayo de 2022.
15. **Queratoplastia lamelar anterior profunda y lensectomía con implante de lente intraocular; resultados refractivos en cirugía simultánea.**  
**B. Alfonso-Bartolozzi**, Carlos Lisa, Luis Fernández-Veja Cueto, José F. Alfonso.  
37 congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva - SECOIR.  
Curso Cirugía Lamelar (I) DALK. Jueves 19 de mayo de 12.30 a 14.00 h. Zaragoza, 18-21 de mayo de 2022.
16. **Segmentos de anillo intracorneales tipo Ferrara para la corrección del astigmatismo en la queratoplastia lamelar anterior profunda.**  
**B. Alfonso-Bartolozzi**, Luis Fernández-Veja Cueto, Carlos Lisa, José F. Alfonso.  
37 congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva - SECOIR.  
Comunicaciones libres. Córnea. Jueves 19 de mayo de 16.45 a 18.30 h. Zaragoza, 18-21 de mayo de 2022.
17. **Cirugía refractiva terapéutica en el trasplante lamelar anterior profundo.**  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, José F. Alfonso Sánchez, Begoña Baamonde Arbaiza; Luis Fernández-Vega Sanz.  
98 congreso de la Sociedad Española de Oftalmología - SEO.  
Mesa Redonda SEO 2022. Pamplona, 21-24 de septiembre de 2022.
18. **Queratoplastia laminar anterior profunda y lensectomía con implante de lente intraocular: resultados refractivos en cirugía simultánea.**  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, Carlos Lisa, Luis Fernández-Vega Cueto, Luis Fernández-Vega Sanz, José F. Alfonso Sánchez.  
98 congreso de la Sociedad Española de Oftalmología - SEO.  
Comunicaciones libres. Miércoles 21 de septiembre. 10:00 h. - CL1. Pamplona, 21-24 de septiembre de 2022.

## 23.2. Divulgación científica no relacionada directamente con la investigación de la tesis

### 23.2.1. Revistas indexadas en JCR (*Journal Citation Reports*)

1. Implantable Collamer Lens® for Management of Pseudophakic Anisometropia in Eyes with a Spectrum of Previous Corneal Surgery.  
Alfonso JF, Lisa C, **Alfonso-Bartolozzi B**, Fernández-Vega-Cueto L, Montés-Micó R.  
J Refract Surg. 2018 Oct 1; 34: 654-663.
2. Visual and Refractive Outcomes In Hyperopic Pseudophakic Patients Implanted With A Trifocal Intraocular Lens.  
Alfonso JF, Fernández-Vega-Cueto A, **Alfonso-Bartolozzi B**, Rodríguez-Uña I, Montés-Micó R.  
Clin Ophthalmol. 2019 Nov 20; 13: 2261-2268.
3. Five-Year Follow-up of Correction of Myopia: Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens with a Central Port Design.  
Alfonso JF, Fernández-Vega-Cueto L, **Alfonso-Bartolozzi B**, Montés-Micó R, Fernández-Vega L.  
J Refract Surg. 2019 Mar 1; 35: 169-176.
4. HGF-rs12536657 and Ocular Biometric Parameters in Hyperopic Children, Emmetropic Adolescents, and Young Adults: A Multicenter Quantitative Trait Study.  
Barrio-Barrio J, Bonet-Farriol E, Galdós M, Noval S, Pueyo V, Breeze CE, Santos JL, **Alfonso-Bartolozzi B**, Recalde S, Patiño-García A.  
J Ophthalmol. 2019 Feb 3; 2019: 7454250.
5. Relationship between OSDI questionnaire and ocular surface changes in glaucomatous patients.  
Guarnieri A, Carnero E, Bleau AM, **Alfonso-Bartolozzi B**, Moreno-Montañés J.  
Int Ophthalmol. 2020 Mar; 40: 741-751.
6. Intrastromal corneal ring segment implantation in paracentral keratoconus with perpendicular topographic astigmatism and comatic axis.  
Fernández-Vega-Cueto L, Lisa C, **Alfonso-Bartolozzi B**, Madrid-Costa D, Alfonso JF.  
Eur J Ophthalmol. 2020 Aug 24: 1120672120952346.
7. Relationship between OSDI questionnaire and ocular surface changes in glaucomatous patients.  
Guarnieri A, Carnero E, Bleau AM, **Alfonso-Bartolozzi B**, Moreno-Montañés J.  
Int Ophthalmol. 2020 Mar; 40: 741-751.
8. Implantation of a Trifocal Intraocular Lens in High Myopic Eyes with Nasal-Inferior Staphyloma.  
**Alfonso-Bartolozzi B**, Villota E, Fernández-Vega-González Á, Fernández-Vega-Cueto L, Fernández-Vega Á, Alfonso JF.  
Clin Ophthalmol. 2020 Mar 5; 14: 721-727.

9. [Plasma rich in growth factors versus Mitomycin C in photorefractive keratectomy.](#)  
Sanchez-Avila RM, Uribe-Badillo EE, Sanz JF, Muruzabal F, Jurado N, **Alfonso-Bartolozzi B**, Alfonso JF, Baamonde B, Anitua E, Merayo-Lloves J.  
Medicine (Baltimore). 2021 Jan 22; 100: e24139.
10. [Seven-year follow-up of posterior chamber phakic intraocular lens with central port design.](#)  
Fernández-Vega-Cueto L, **Alfonso-Bartolozzi B**, Lisa C, Madrid-Costa D, Alfonso JF.  
Eye Vis (Lond). 2021 Jun 11; 8: 23.
11. [Intrastromal corneal ring segment implantation in paracentral keratoconus with perpendicular topographic astigmatism and comatic axis.](#)  
Fernández-Vega-Cueto L, Lisa C, **Alfonso-Bartolozzi B**, Madrid-Costa D, Alfonso JF.  
Eur J Ophthalmol. 2021 Jul; 31: 1540-1545.
12. [Visual and Tomographic Outcomes of a 300° Arc-length ICRS Implantation in Moderate to Advanced Central Keratoconus.](#)  
Alfonso JF, Torquetti L, Fernández-Vega-Cueto L, Allan B, Poo-López A, **Alfonso-Bartolozzi B**, de la Cruz J, Monteiro T, Madrid-Costa D.  
J Refract Surg. 2021 Apr; 37: 249-255.
13. [Posterior chamber phakic intraocular lens with central-port design in 45- to 55-year-old patients: 1-year follow-up.](#)  
Alfonso JF, Lisa C, Fernández-Vega-Cueto L, Besteiro J, **Alfonso-Bartolozzi B**.  
J Cataract Refract Surg. 2021 Apr 1; 47: 459-464.
14. [Optical and Clinical Outcomes of an Extended Range of Vision Intraocular Lens.](#)  
Fernández-Vega-Cueto L, Madrid-Costa D, **Alfonso-Bartolozzi B**, Vega F, Millán MS, Alfonso JF.  
J Refract Surg. 2022 Mar; 38: 168-176.
15. [A Simple, Safe, and Effective Method for Preparing Autologous Bio-Based Fibrin Glue for Ophthalmic Use.](#)  
Fernández-Vega-Cueto L, Persinal-Medina M, Vázquez N, Chacón M, **Alfonso-Bartolozzi B**, Alonso-Alonso S, Sánchez T, Berisa-Prado S, Martínez-López LM, Merayo-Lloves J, Meana Á.  
Pharmaceutics. 2022 Oct 28; 14: 2325.
16. [Modified Deep Anterior Lamellar Keratoplasty Technique to Rescue Failed Penetrating Keratoplasty.](#)  
Lisa C, Machado Soares R, Fernández-Vega-Cueto L, **Alfonso-Bartolozzi B**, Alfonso JF.  
Clin Ophthalmol. 2022 Nov 15; 16: 3741-3749.

17. Long-Term Follow-Up of a 150° Arc-Length Intrastromal Corneal Ring Segment Implantation in Post-LASIK Ectasia.  
Ibares-Frías L, Fernández-Vega-Cueto L, **Alfonso-Bartolozzi B**, Poolópez A, Madrid-Costa D, Alfonso JF.  
Curr Eye Res. 2022 Dec 21:1-6.

### 23.2.2. Capítulos de libro

1. Lentes Implantables de Colámero en la corrección refractiva del Queratocono, de la Queratotomía Radial y de la Queratoplastia Penetrante.  
Luis Fernández-Vega Cueto-Felgueroso; José F. Alfonso Sánchez; **Belén Alfonso-Bartolozzi**; Robert Montés Micó; Luis Fernández-Vega Sanz.  
Ponencia SEO 2019. Astigmatismo: Métodos diagnósticos y terapéuticos
2. Queratocono y Catarata: cirugía combinada secuencial de segmentos intracorneales y lensectomía con implante de lente intraocular monofocal.  
**Belén Alfonso Bartolozzi**; José F. Alfonso Sánchez.  
Libro Jóvenes Oftalmólogos. SECOIR 2019. Capítulo 2.
3. Lentes trifocales difractivas: evidencias científicas.  
**Belén Alfonso Bartolozzi**; Luis Fernández-Vega Cueto, Pilar Quiroga Fernández, José F. Alfonso Sánchez.  
Ponencia SEO 2020. Cirugía refractiva del cristalino. Sección 3; capítulo 3.6.
4. Lentes trifocales difractivas tóricas: utopía o realidad.  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, Begoña Baamonde Arbaiza, Ana Señaris González, David Madrid Costa.  
Ponencia SEO 2020. Cirugía refractiva del cristalino. Sección 4; capítulo 4.4.
5. Fundamentos quirúrgicos para conseguir el saco capsular premium.  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, José F. Alfonso Sánchez, Luis Fernández-Vega Cueto, Luis Fernández-Vega Sanz.  
Ponencia SEO 2020. Cirugía refractiva del cristalino. Sección 6; capítulo 6.3.
6. Estafiloma posterior miópico: clasificación y su influencia en la multifocalidad.  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, Eva Villota Deleu, Álvaro Fernández-Vega González, José F. Alfonso Sánchez.  
Ponencia SEO 2020. Cirugía refractiva del cristalino. Sección 8; capítulo 8.2.

7. [Lensectomía Refractiva post Cirugía Refractiva Corneal: Excímero hipermetropía.](#)  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, Luis Fernández-Vega Cueto-Felgueroso, Lucía Fernández-Vega Sanz, José F. Alfonso Sánchez.  
Ponencia SEO 2020. Cirugía refractiva del cristalino. Sección 8; capítulo 8.7.
8. [Lensectomía Refractiva post Cirugía Refractiva Corneal: Queratotomía Radial.](#)  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, Bárbara Martín Escuer, Julian Cezón Prieto, José F. Alfonso Sánchez.  
Ponencia SEO 2020. Cirugía refractiva del cristalino. Sección 8; capítulo 8.8.
9. [Lentes fáticas de apoyo angular de material Colámero: 7 años de seguimiento.](#)  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, Carlos Lisa Fernández, Luis Fernández-Vega Cueto, Ana Palacios Bustamante.  
Ponencia SEO 2020. Cirugía refractiva del cristalino. Sección 10; capítulo 10.6.
10. [Aplicaciones terapéuticas de la lente fática de apoyo en surco ciliar de material Colámero®.](#)  
**Belén Alfonso-Bartolozzi**, Carlos Lisa Fernández, Luis Fernández-Vega Cueto, Abdelhamid Abdelhamid Raduan.  
Ponencia SEO 2020. Cirugía refractiva del cristalino. Sección 10; capítulo 10.8.
11. [Lentes intraoculares para fijación escleral sin sutura con hápticos en T auto-sellantes.](#)  
**Belén Alfonso Bartolozzi**, José I. Blázquez García, Carlo Carlevale, José F. Alfonso Sánchez.  
Ponencia SEO 2020. Cirugía refractiva del cristalino. Sección 11; capítulo 11.9.



## 24. Financiación de la Tesis

- 1. Título del proyecto:** Anillo intraestromal de PMMA en la técnica DALK  
**Entidad financiadora:** BBVA y AJL  
**Referencia:** convenio entre la Fundación BBVA y la Fundación de Investigación Oftalmológica (FIO) entre 2018 y 2021/Neoring-I-3/172.

Fundación  
BBVA



- 2. Título del proyecto:** FemtoLASIK en DALK  
**Entidad financiadora:** BBVA  
**Referencia:** convenio entre la Fundación BBVA y la Fundación de Investigación Oftalmológica (FIO) entre 2018 y 2021.

Fundación  
BBVA

- 3. Título del proyecto:** Lentwe fáquica epicapsular en DALK  
**Entidad financiadora:** BBVA  
**Referencia:** convenio entre la Fundación BBVA y la Fundación de Investigación Oftalmológica (FIO) entre 2018 y 2021.

Fundación  
BBVA





## 25. Premios y reconocimientos

### 1. Premio a la mejor comunicación oral en la categoría de córnea

Lente intraocular de apoyo en surco ciliar de material colámero® en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo.

**B. Alfonso Batolozzi**, L. Fernández-Vega Cueto- Felgueroso, C. Lisa Fernández, J.F. Alfonso Sánchez.

35 congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva - SECOIR.

Formato virtual, 5-16 de septiembre de 2020.

### 2. Premio a la mejor comunicación oral en la categoría de córnea

Anillo corneal pre-desquemético de PMMA en la queratoplastia laminar anterior profunda por queratocono.

**B. Alfonso-Batolozzi**, José F. Alfonso Sánchez

36 congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva - SECOIR.

Formato virtual, 19 - 22 de mayo de 2021.

### 3. Premio a la mejor comunicación oral en la categoría de córnea

Segmentos de anillo intracorneales tipo Ferrara para la corrección del astigmatismo en la queratoplastia lamelar anterior profunda.

**B. Alfonso-Batolozzi**, Luis Fernández-Veja Cueto, Carlos Lisa, José F. Alfonso.

37 congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva - SECOIR.

Zaragoza, 18-21 de mayo de 2022.

**4. Seleccionado uno de los 10 mejores artículos científicos de 2022 por la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto-Refractiva**

Femto-LASIK after Deep Anterior Lamellar Keratoplasty to Correct Residual Astigmatism: A Long-Term Case Series Study

**Alfonso-Bartolozzi B**, Lisa C, Fernández-Vega-Cueto L, Madrid-Costa D, Alfonso JF.

Medicina (Kaunas). 2022 Aug 2; 58: 1036.

Medicina basada en la evidencia. Webinar online. Abril, 2023.

**5. Seleccionado uno de los mejores posters del programa de Doctorado en Ciencias de la Salud en las XI Jornadas de Doctorado de la Universidad de Oviedo del curso 2021-2022 y seleccionado para participar en las X Jornadas Doctorales y V Jornadas de Divulgación Científica del G9 los días 31 de mayo y 1-2 de junio de 2023 en la Universidad de Oviedo**

Trasplante laminar anterior profundo: corrección del astigmatismo residual mediante segmentos intracorneales tipo Ferrara.

**Alfonso-Bartolozzi B**, Lisa C, Fernández-Vega L, Alfonso Bartolozzi B, Lisa Fernández C, Fdez-Vega Cueto L, Poo López A, Madrid Costa D, Alfonso Sánchez JF.



## **PREMIO A LA MEJOR COMUNICACIÓN SESIÓN CÓRNEA**

El Presidente de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva,

### **CERTIFICA QUE:**

El trabajo aceptado como comunicación oral titulado:

**Lente intraocular de apoyo en surco ciliar de material colámero® en la corrección refractiva del trasplante laminar anterior profundo.**

De los autores:

**B. Alfonso Batolozzi, L. Fernández-Vega Cueto-Felgueroso, C. Lisa Fernández, J.F. Alfonso Sánchez**

ha recibido el **Premio a la Mejor Comunicación de la sesión CÓRNEA del 35º Congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva (SECOIR)**, celebrado en modalidad virtual del 5 al 16 de septiembre de 2020.

Y para que así conste se expide el presente certificado en Madrid a 16 de Septiembre de 2020.

Dr. Ramón Lorente Moore  
Presidente SECOIR  
Presidente Comité Organizador

**CO-32**





## DIPLOMA MEJOR COMUNICACIÓN ORAL CATEGORÍA CORNEA II

El Presidente de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva,

**CERTIFICA QUE:**

El trabajo presentado como comunicación oral:

**Anillo corneal pre-descemético en la queratoplastia lamelar anterior profunda realizada en casos de queratocono avanzado: estudio piloto con dos años de seguimiento.**

De los autores:


**Alfonso Bartolozzi, B.<sup>1</sup>; Lisa Fernández, C.<sup>1</sup>; Fernández-Vega Cueto-Felgueroso, L.<sup>1</sup>; Madrid Costa, D.<sup>2</sup>; Alfonso Sánchez, J.F.<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Instituto Universitario Fernández-Vega, Oviedo; <sup>2</sup>Universidad Complutense de Madrid, Madrid

ha recibido el premio a la Mejor Comunicación Oral de la Categoría Cornea II en el 36º Congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva (SECOIR), celebrado en modalidad virtual del 18 al 22 de mayo de 2021.

Y para que así conste se expide el presente certificado en Madrid a 22 de mayo de 2021.

secoir

  
Dr. Ramón Lorente Moore  
Presidente SECOIR  
Presidente Comité Organizador

CO-25





**secoir**  
**37 CONGRESO**  
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CIRUGÍA OCULAR  
IMPLANTO-REFRACTIVA



ZARAGOZA  
18 AL 21 DE MAYO  
DE 2022  
AUDITORIO DE  
ZARAGOZA  
[WWW.SECOIR2022.COM](http://WWW.SECOIR2022.COM)

## PREMIO A LA MEJOR COMUNICACIÓN EN CÓRNEA

El Presidente de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva,

**CERTIFICA QUE:**

El trabajo aceptado como comunicación oral titulado:

### SEGMENTOS DE ANILLO INTRACORNEALES TIPO FERRARA PARA LA CORRECCIÓN DEL ASTIGMATISMO EN LA QUERATOPLASTIA LAMELAR ANTERIOR PROFUNDA

De los autores:

**Alfonso Bartolozzi, Belén; Lisa Fernández, Carlos;  
Fernández-Vega Cueto-Felgueroso, Luis;  
Madrid Costa, David; Alfonso Sánchez, José F.**

Ha recibido el **Premio a la Mejor Comunicación en Córnea del 37º Congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva (SECOIR)**, celebrado en Zaragoza del 18 al 21 de Mayo de 2022.

Y para que así conste se expide el presente certificado en Zaragoza a 21 de Mayo de 2022.

**Dr. Ramón Lorente Moore**  
Presidente SECOIR



## 26. Anexo 1. Tablas y producciones científicas anuales

### Anexo 1.1. Resultados refractivos de la DALK según la causa y la técnica quirúrgica

Estudio	Muestra	Causa de la DALK	Esfera pre EE	Cilindro pre Km	Técnica DALK	Esfera post EE	Cilindro post Km	Seguimiento
Moqet MA 2022	102	Qcono	-11.6±2.62 D	4.63±1.82 D	Big bubble	-5.65±0.84 D	2.78±1.35 D	12 m
Janiszewska-Bil D 2021	50	Qcono	-	-	Big bubble	-	2.49 ± 0.86	12 m
Kubaloglu 2020	20	Qcono tratado con CXL	´ -8,47±2,94 (-4,5 - -14)	´ 7,44±3,82 (2,6 - 13,50)	Big bubble	´ -2,64±1,1 (-0,50 - -5,00)	´ 3,48±1,2 (1,5-6,1)	3 años
Genc 2020	67	Qcono	-	-	Big bubble	-	´ 3,81±2,1 (1-6,20)	12 m
Genc 2020	17	Qcono	-	-	Predescemética	-	´ 3,56±1,92 (1,20 - 6,85)	12 m
Zhao 2020	23	Qcono	-	-	Big bubble	´ -1,29±3,75	´ -4,19±2,57	20,82±10,54 m
Salouti R 2019	391	Qcono	´ -4,20±4,13	´ 5,08±2,52	FS	´ 2,38±2,65	´ 3,34±1,88	24 m (111)
Salouti R 2019	469	Qcono	´ 4,91±4,66	´ 6,01±3,56	Predescemética	´ 2,94±2,72	´ 3,21±1,83	24 m (282)
Feizi 2019	227	Qcono	´ -10,68±3,40 (-18,25 - -5,25)	´ 5,31±2,87 (0,5-13,5)	Big bubble	´ -4,12±3,32 (-16 to 4,50)	´ 3,48±1,87 (0,50-10,0)	38±19,8 m
Buzzonwtti 2019	10	Qcono	-12,0 ± 3,1	7,0 ± 2,0	Big bubble	-4,2 ± 1,1	4,4 ± 2,0	2 años
Buzzonwtti 2019	10	Qcono	-10,0 ± 4,2	6,0 ± 1,8	FS	-2,8 ± 1,2	3,6 ± 1,3	2 años
Kodavoor 2018	16	DMP y leucomas	-	4,14±1,5 D	FS+aire o viscodiseccion	-	2,7±0,97 D	12 m sin suturas
Infantes Molina 2018	31	Enf. Del estroma	´ 0,48±8,1	´ -5±2,8	Predescemética	´ -0,67±4,4	´ -4,05±2,1	24 m
Javadi 2018	68	Qcono	-	-	Big bubble	´ -4,52±3,42 (-12,75 to +0,75)	´ -4,76±1,87 (-8,0 to -0,75)	24 m
Garrido C 2018	7	Qcono	-	-	-	-0,64 ± 1,70	-2,28 ± 0,82	21,28±82 m
Feizi 2018	54	Qcono	´ -11,23±3,64 (-15,25 to -3,75)	´ 4,68 ± 3,72 (0,0-12,75)	Big bubble	´ -4,0±3,13 (-9,25 to +0,75)	4,50±2,03 (2,50-7,50)	18 m despues de la retirada de suturas
Khattak A 2018	85	Qcono	´ -6,53 ± 5,23	´ -4,01 ± 2,52 (cyl)	Big bubble	´ -4,80 ± 4,55	4,89 ± 3,07	28,06 ± 12,62 m
Wang 2018	47	Qcono	-	-	Big bubble	´ -0,78 ± 3,68	´ -4,62 ± 2,56	28±7 m
Yusuf Koçluk 2017	54	35% Qcono resto distrofias y scars	-	-	Big bubble	-	5,4±1,8	14,8 m
Yuksel 2017	38	Qcono	´ -5,2	3,3	Big bubble	-2,94±4,16 (-20,00-5,25)	4,62±2,25 (1,20-9,80)	12 m

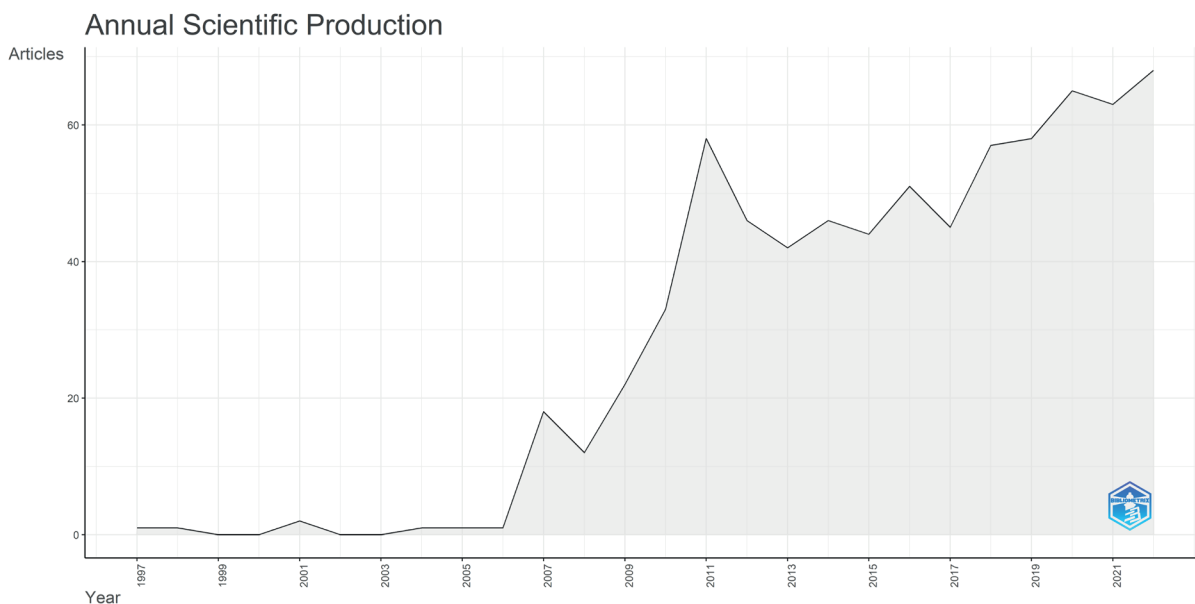
26. Anexo 1. Tablas y producciones científicas anuales

Lu Y 2017	10	Qcono	-	6,87±5,50 (1,92-18,46)	Predescemetico	' -9,43±7,44 (0-20)	3,73±2,58 (1,49-8,71)	12 m
Lu Y 2017	10	Qcono	-	8,91±6,92 (1,83-25,46)	Descemetico	' -1,03±1,13 (0-2,50)	3,21±3,10 (0,46-9,74)	12 m
Li S 2016	94	Qcono	-	-	FS y manual	-	5.35 6 1.73	12 m
Li S 2016	100	Qcono	-	-	Trefina y manual	-	6.63 6 2.64	12 m
Javadi 2016	229	Qcono	' -10,23±3,31 (-3,75 to -16,75)	5,59±2,94 (0,50-13,5)	Big bubble	' -4,24±3,35 (-16,0 to +4,50D)	3,62±1,92 (0,50 to 6,50)	38.4 ± 20.4 m
Javadi 2016	60	Qcono	' -12,18±3,36 (-6,0 to -18,13)	4,86±2,63 (0,50-10,50)	Predescemetica	' -4,49±3,25 (-12,5 to +1,50)	3,38±1,71 (0,50 to 7,50)	37.4 ± 19.9 m
Chen Y 2015	12	Qcono	-6.36 ± 4.23	8.05 ± 3.95	FS y manual	-2.38 ± 2.84	4.27 ± 2.43	12 m
Chen Y 2015	16	Qcono	-7.05 ± 2.79	7.23 ± 2.56	FS y Big bubble	-1.96 ± 1.76	3.51 ± 0.95	12 m
Huang T 2015	68	Qcono	-14.6±4.4	7.3±0.7	Big bubble	-6.1±1.8	8.1±0.7	9 años
Huang T 2015	25	Qcono	-14.1±4.0	7.3±0.8	Predescemetica	-6.5±1.7	7.9±0.8	9 años
Feizi 2015	194	Qcono	' -10,41±3,58 (18,25 to 3,75)	5,35±2,77 (0,50-13,50)	Big bubble	' -4,07±3,24 (-16,0 to +4,50)	3,49±1,77 (0,50-6,50)	35.9 ± 18.2 m
Donoso R 2015	90	Qcono	-	-	Big bubble	-	' -2,94±2	36,8 m
Huang T 2015	66	Qcono	-17.66±3.41	-6.62±0.90 manifesto	Big bubble	' -3,5±3.2	3,8±1,2 manifesto	24 m
Huang T 2015	66	Qcono	-17.49±3.33	-6,56±2,09 manifesto	Big bubble	' -5,2±2,6	4,5±1,7 manifesto	24 m
Romano 2015	158	Qcono	10,27±7,14	4,7±2,64	Big bubble	' -2,82±1,58	2,86±1,50	4 años
Romano 2015	158	Qcono	10,27±7,14	4,7±2,64	Predescemetica	' -2,82±1,58	2,82±1,58	4 años
Salouti R 2014	20	Ectasia	11,9±5,6 (2,5 to 24,3)	4,3±2,4 (2,0 to 11,2)	Big bubble	11.4±4.3 ( 3,3 to 17,3)	1,9±1,2 (0,2 to 4,7)	31.8 ± 17.0 m
Lu Y 2014	10 ojos 9 pac	7 pac Qcono y 2 pac Lasik	-	6,87±5,50 refractivo	FS	-	3,65± 2,68	16,10±4 m
Shehadeh-Mashor R 2014	19	Scars. Qcono, Ectasia	' -9,81 (-14,19 to -6,13)	5.50 (3.38, 6.13)	FS Mushroom	-3.00 (-7.00, -2.00)	3.75 (0.50, 5.00)	1 años sin suturas
Shehadeh-Mashor R 2014	19	Scars. Qcono, Ectasia	' -6,73 (-13,38 to -3,13)	3.25 (1.75, 5.25)	Manual trefina + BB	0.00 (-3.63, 0.00)	2.50 (1.50, 5.25)	1 años sin suturas
Oh 2013	11	Qcono	-	-	Hidrodisecc	-7.64 ± 5.72	3.73 ± 1.82	30 ± 17 m
Unal 2013	64	Distrofia estromal	0,25±0,97 (-1,75 - 1,37)	1,25±0,87 (0 - 3,37)	Big bubble	' -2,15±2,69 (-7 to -1,65)	3,17±2,43 (0,5 - 6,50)	43,5 ± 23,9 m
Rama 2013	288	Diferentes patologias	-	6.26±4.27	Predescemetica	' -2.70±3.30 (-8.5; 2)	2.87±1.57 (0.81 to 6.10)	2 años
Amayem 2013	47	Qcono	-	-	Hidrodisecc	' -4.11 ± 3.4 (-10 to 2)	2.88 ± 1.6 (0 to 6)	24 m
Al-Torbak 2013	16	Pelucida	' -7,2±4,1	' -8±2,1	Big bubble	' -2,4±2,2	' -4,3±1,9	tras suturas
Zhang 2013	75	Qcono	-	-	Predescemetica	0,09±2,57 (-0 to 8,50)	' -3,42±2,26 (-10 to 0) D	12 m
Sugutlu 2012	99	Qcono	-	-	Big bubble	' -2,27±3,31	' -3,16±2,04 D	21,5±4 m
Nanavaty 2012	10	Qcono con hidrops	-	-	aire o viscodisecc	' -2,4±4,2	3,8±1,6	56,4±23,8
Riss 2012	50	Qcono, Qglobo, Scars	-4.17 ± 3.20 D (-10.00 to -0.25 D)	7.09 ± 3.13 (13.90-1.0 D)	Big bubble con Pentacam	-2.11 ± 1.20 D (-1.00 to -4.00 D)	4.13 ± 2.41 D (9.73-0.32 D)	12 m
Tzelikis PF 2011	59	Qcono	-8.21 ± 3.91	7,90 ± 3,70 (2,18 a 15,88)	Big bubble	-2,57 ± 2,85	2,47 ± 1,40 (0,28 a 5,19)	24 m

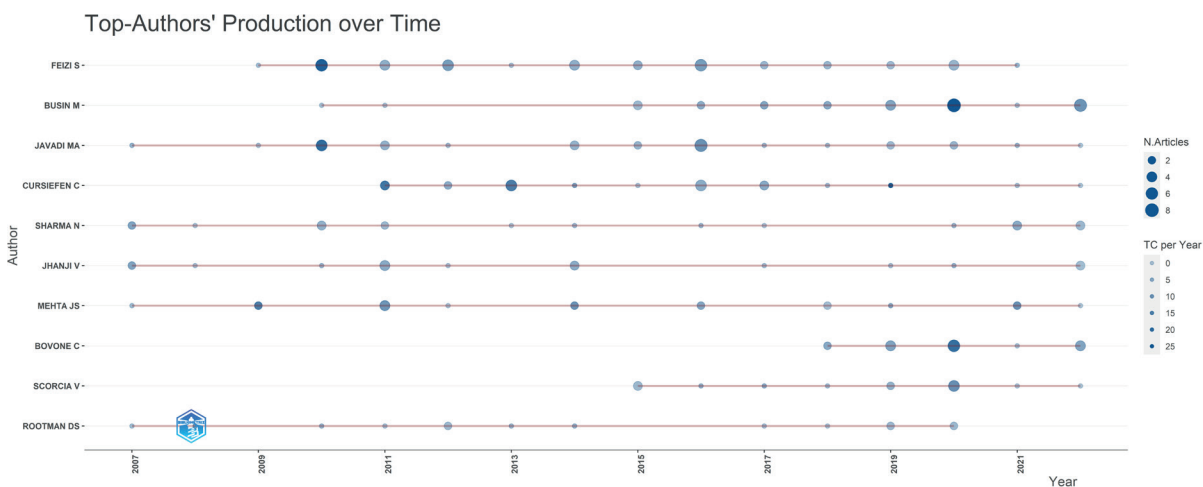
26. Anexo 1. Tablas y producciones científicas anuales

Mashor 2011	18	Qcono	-	-	Big bubble	esfera -5,62 ± 8,26)	3,13 ± 2,04 cyl manif	17,83 m
Abdelkader A 2011	11+8	Enf. Del estroma	-	4.83 ± 4.0 (1.2-14)	Descemético + predescemetico	-	2.17 ± 0.75 (1.1-3.5)	
Acar 2011	40	Qcono	-	-	Big bubble	-3.45 ± 0.77 D	-4.28 ± 0.66	16.68 ± 3.36
Acar 2011	30	Qcono	-	-	DALK - microqueratomo	' -4.19 ± 0.99 D	-4.50 ± 1.05	15.27 ± 2.50
Acar 2011	24	Qcono	-	-	BB + single running sutures	-	3.43 ± 1.44	2 m despues de retirada completa de suturas
Acar 2011	16	Qcono	-	-	BB + interrupted sutures	-	3.87 ± 1.38	2 m despues de retirada completa de suturas
Acar 2011	14	Qcono	-	-	BB + combined interrupted and running	-	3.71 ± 1.46	2 m despues de retirada completa de suturas
Kim 2011	19	Qcono	-	-	Big bubble	-6.54 ± 4.16	5.41 ± 4.99	22.6 m (12-34 m)
Kubaloglu A 2011	193	Qcono	' -7.43± 3.20 (2.0 to 3.25)	8.7 ± 2.5 (2.6 to 12.1)	Descemético	' -1.03± 2.75	3.52± 1.53	24 m
Kubaloglu A 2011	41	Qcono	' -7.43± 3.20 (2.0 to 3.25)	8.7 ± 2.5 (2.6 to 12.1)	Predescemetico	' -1.29 ±2.27	3.73± 1.42	24 m
Arslan 2011	63	scars	-	-	Descemético + predescemetico	' -3.23±2.17 (-5.87 to +1.50)	' -2.91±1.88 (-6.0 to +4.50)	28.1±17.9 m (12-78 m)
Bhatt 2011	25	15 Qcono / 10 otras	-	-	Big bubble	' -4,50 (+2,50 to -10,25)	' 3,73 (0,50 to 10,00)	28 m (11-48)
Bhatt 2011	21	13 Qcono / 8 otras	-	-	Big bubble fallido	' -3,90 (+0,625 to -10,50)	' 4,62 (1,25 to 17,00)	32 m (14-46)
Javadi 2011	75	Qcono	' -7.50 ± 3.9 (n=8)	6.30±3.7 (n=62)	Big bubble	' -4.25±3.1 (-14.0 to +2.5)	' -2.95±1.7 (-5.5 to -0.75)	22±10 m
Javadi 2011	10	Qcono	' -7.50 ± 3.9 (n=8)	6.30±3.7 (n=62)	Big bubble	6.58±2.7 (0.50-11.0)	5.90±3.1 (1.0-12.0)	22±10 m
Jafarinasab 2011	23	Qcono	-	-	Big bubble	' -4.11±3.5	4.49±2.8	29.2±17.3
Feizi 2010	35	Qcono moderado	-	-	Big bubble	' -2.74±2.8	3.96±2.5	21.62±9 m
Feizi 2010	91	Qcono avanzado	-	-	Big bubble	' -3.77±3.3	3.47±2.0	21.62±9 m
Feizi 2010	103	Qcono	-	-	Descemético	' -3.63±3.2	3.76±2.2	21.62±9 m
Feizi 2010	23	Qcono	-	-	Predescemética	' -2.25±2.5	3.29±1.8	21.62±9 m
Javadi 2010	11	Ectasia corneal	' -11,53±5,4 (-3.0 to -21)	4,75±2,6 (0 to 9,75)	Big bubble	' -13,47±10,5 (-2.0 to -31)	4,55±2,5 (0,50 to 8,50)	3 meses post retirada suturas
Javadi 2010	42	Qcono	-	4,38±6,1	Big bubble	' -2,91±1,7	3,89±2,2 (1,0 to 9,50)	3 meses post retirada suturas
Cohen 2010	11	Qcono	-4.88 ± 5.27	5.25 ± 4.03	Big bubble	-3.13 ± 2.63	3.93 ± 2.16	22,5 m

**Anexo 1.2. Gráfico de áreas que muestra la distribución de la producción científica anual sobre DALK utilizando la base de datos *Web of Sciences* y *Scopus* a través de la plataforma *Biblioshiny* (fecha de búsqueda, enero de 2023)**



**Anexo 1.3. Gráfico de puntos que muestra la distribución de la producción científica en el tiempo, de los autores con mayor número de publicaciones utilizando la base de datos *Web of Sciences* y *Scopus* a través de la plataforma *Biblioshiny* (fecha de búsqueda, enero de 2023)**



### Anexo 1.4. Resultados visuales y refractivos a largo plazo de los estudios que evalúan la cirugía mediante DALK

Autor (año)	Ojos (n)	Seguimiento medio (técnica)	CDVA (logMAR)	EE (D)	Astigmatismo (D)	Indicación para la DALK	Complicaciones
Kasbekar SA (2014)	1086	60	0,25	-	0,40 (AR)	Queratocono	13% con rechazo; 3.9% infecciones; 41.6% opacidad interfase, mala transparencia del injerto o cicatrices, alto error refractivo y astigmatismo irregular.
Javadi MA (2016)	289 (229 BB-DALK; 60 DME-DALK)	38,4 ± 20,4 (BB-DALK); 37,4 ± 19,9 (DME-DALK)	0,16 ± 0,08 (BB y queratocono moderado); 0,16 ± 0,09 (DME y queratocono moderado); 0,18 ± 0,10 (BB y queratocono avanzado); 0,29 ± 0,15 (DME y queratocono avanzado)	-4,24 ± 3,35 (BB-DALK); -4,49 ± 3,25 (DME-DALK)	3,62 ± 1,29 (BB-DALK); 3,38 ± 1,71 (DME-DALK) (Astigmatismo queratométrico)	Queratocono	4 ojos con perforaciones de la DM originando doble cámara anterior.
Ogawa A (2016)	275	60	0,22 ± 0,21 (queratocono); 0,44 ± 0,54 (herpes); 0,49 ± 0,38 (cicatriz estromal); 0,32 ± 0,29 (distrofia corneal)	-5,2 ± 4,8	4,3 ± 2,6 (Astigmatismo Refractivo)	VHS; cicatrices (post-infección y otros); queratocono; distrofia (Lattice, Avellino y granular, y otras)	68 ojos con doble cámara anterior; 1 ojo con hemorragia expulsiva; 6 ojos con rechazo; 14 ojos con infección; 8 ojos con glaucoma secundario; 4 ojos con dehiscencia; 11 ojos con opacidad corneal por infección; 6 ojos con descompensación endotelial; 8 ojos con recidiva de la patología corneal previa.
Feizi S (2015)	262	38,6 ± 20,2	0,19 ± 0,11	-4,19 ± 3,32	3,49 ± 1,82 (Astigmatismo queratométrico)	Queratocono	1 ojo con rechazo estromal; 4 ojos con neovascularización de la interfase; 3 ojos con recidiva del queratocono; 1 ojo con estrías en la interfase.
Sarnicola V (2010)	236 (139 d-DALK; 94 pd-DALK)	30,4	0,07 (d-DALK); 0,08 (pd-DALK)	-	3,67 (Astigmatismo Refractivo)	Queratocono	25 ojos con perforación de la DM; 3 ojos con bloqueo pupilar; 3 ojos con doble cámara anterior.
Kubaloglu A (2011)	234	50 ± 22,2	0,15 ± 0,13	-0,90 ± 2,71	3,9 ± 3,1 (Astigmatismo Refractivo)	Queratocono	25 ojos con perforación de la DM; 2 ojos con doble cámara anterior; 6 ojos con bloqueo pupilar y PIO alta; 2 ojos con midriasis irreversible; 3 ojos con desprendimiento traumático del injerto, prolapso de iris y extrusión de cristalino; 4 ojos con rechazo estromal; 1 ojo con queratitis microbiana y úlcera corneal.
Rama P (2013)	196	24	0,131 ± 0,087	-2,70 ± 3,30	-2,22 ± 2,52 (Astigmatismo Refractivo)	Queratocono; leucomas; ectasia post-cirugía refractiva; distrofias.	12 ojos convertidos a PKP; 10 ojos con micro-perforaciones.
Romano V (2015)	158	76,9 ± 23,2	0,10 ± 0,70	-2,5 ± 3,5	2,84 ± 1,52 (Astigmatismo queratométrico)	Queratocono	16 ojos con micro-perforaciones; 4 ojos con doble cámara anterior; 18 ojos con rechazo inmunológico estromal o epitelial; 4 ojos con dermatitis atópica; 18 ojos necesitaron queratotomía para astigmatismo o cirugía refractiva láser.
Feizi S (2010)	126	21,62 ± 9,0	0,25 ± 0,2	-3,41 ± 3,1	3,67 ± 2,1 (Astigmatismo queratométrico)	Queratocono	19 ojos con queratitis filamentosa; 18 ojos con rechazo del injerto estromal o subepitelial; 11 ojos con abscesos en la sutura; 7 ojos con queratitis punteada superficial; 6 ojos con vascularización en las suturas; 3 ojos con vascularización de la interfase; 3 ojos con defecto epitelial persistente; 3 ojos convertido a PKP; 2 ojos con pupila tónica.
Jones MN (2009)	111	24	0,24 ± 0,4	-3,6 ± 3,7	-	Queratocono	35% de ojos con corticoides tópicos a los 18 meses.
Javadi MA (2009)	104	23,1 ± 8,1	0,25 ± 0,2	-3,63 ± 3,2 (d-DALK); -2,25 ± 2,5 (pd-DALK)	3,74 ± 2,2 (d-DALK); 3,18 ± 1,7 (pd-DALK) (Astigmatismo queratométrico)	Queratocono	20 ojos con queratitis filamentosa; 15 ojos con rechazo del injerto subepitelial o estromal; 11 ojos con absceso en las suturas; 7 ojos con pliegues en DM; 7 ojos con queratitis punteada superficial severa; 4 ojos con vascularización en las suturas; 3 ojos con defecto epitelial persistente; 2 ojos con pupila tónica.





## **27. Anexo 2. Revistas científicas indexadas**





# A New Pre-descemetic Corneal Ring (Neoring) in Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Moderate-Advanced Keratoconus: A Pilot 2-Year Long-Term Follow-Up Study

Belén Alfonso-Bartolozzi<sup>1</sup>, Carlos Lisa<sup>1</sup>, Luis Fernández-Vega-Cueto<sup>1\*</sup>, David Madrid-Costa<sup>2</sup> and José F. Alfonso<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fernández-Vega Ophthalmological Institute, Universidad de Oviedo, Oviedo, Spain, <sup>2</sup> Faculty of Optics and Optometry, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain

## OPEN ACCESS

### Edited by:

Hannah Levis,  
University of Liverpool,  
United Kingdom

### Reviewed by:

Kunal Gadhvi,  
Royal Liverpool University Hospital,  
United Kingdom  
Francesco Aiello,  
University of Rome Tor Vergata, Italy

### \*Correspondence:

Luis Fernández-Vega-Cueto  
lffc@fernandez-vega.com

### Specialty section:

This article was submitted to  
Ophthalmology,  
a section of the journal  
Frontiers in Medicine

**Received:** 06 September 2021

**Accepted:** 04 October 2021

**Published:** 04 November 2021

### Citation:

Alfonso-Bartolozzi B, Lisa C, Fernández-Vega-Cueto L, Madrid-Costa D and Alfonso JF (2021) A New Pre-descemetic Corneal Ring (Neoring) in Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Moderate-Advanced Keratoconus: A Pilot 2-Year Long-Term Follow-Up Study. *Front. Med.* 8:771365. doi: 10.3389/fmed.2021.771365

**Purpose:** To assess the outcomes of implanting a new polymethylmethacrylate (PMMA) ring (Neoring; AJL Ophthalmic) in pre-descemet deep anterior lamellar keratoplasty (PD-DALK) procedure for moderate-advanced keratoconus.

**Methods:** This prospective study included 10 eyes of 10 patients with moderate-advanced keratoconus who underwent PD-DALK with Neoring implantation. Neoring was implanted in a pre-descemetic pocket. The post-operative examination included refraction, corrected distance visual acuity (CDVA), corneal tomography, and endothelial cell density (ECD). The root mean squares (RMSs) for coma-like aberrations and spherical aberration were evaluated for a pupil size of 4.5 mm. The junctional graft (Tg) and host (Th) thicknesses were measured. The post-operative follow-up was 24 months.

**Results:** Post-operative CDVA was  $0.82 \pm 0.14$  (decimal scale), 100% of the eyes achieved a CDVA of 0.7 (decimal scale). The refractive cylinder was  $-2.86 \pm 1.65$  2-years after surgery. No eyes had a post-operative refractive cylinder  $\geq 5.00$  D and in five eyes (50%), it was  $\leq 2.50$  D. At the last visit, the mean keratometry was  $45.64 \pm 1.96$  D, the RMS for coma-like aberrations was  $0.30 \pm 0.15 \mu\text{m}$  and spherical aberration was  $0.22 \pm 0.09$ . The mean ECD remains without changes over the follow-up ( $P = 0.07$ ). At the last visit, Tg and Th were  $679.9 \pm 39.0$  and  $634.8 \pm 41.2 \mu\text{m}$ , respectively. The thickness of the complex (host-Neoring) was  $740.6 \pm 35.6 \mu\text{m}$ . In all cases, this thickness was thicker than Tg.

**Conclusion:** The results of this study suggest that PD-DALK along Neoring implantation is a viable, effective, and safe option to optimize the post-operative results for moderate-severe keratoconus.

**Keywords:** corneal transplant, deep anterior lamellar keratoplasty (DALK), visual outcomes, refractive outcomes, keratoconus





## Refractive surgery after deep anterior lamellar keratoplasty: a review of the literature

Belén Alfonso-Bartolozzi · Irene Martínez-Alberquilla · Begoña Baamonde · Luis Fernández-Vega-Cueto · José F. Alfonso · David Madrid-Costa

Received: 25 March 2022 / Accepted: 28 August 2022  
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature B.V. 2022

### Abstract

**Purpose** The main objective of this work is to present an updated review of the different surgical procedures for the correction of residual refractive errors following deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) surgery.

**Methods** A review of the literature was conducted using PubMed, Web of Science, and Scopus databases. The search was conducted in January 2022 and was limited to articles published in peer-reviewed journals. The information extracted from each publication included sample size, mean follow-up time, pre- and post-operative uncorrected (UDVA) and corrected distance visual acuity (CDVA), pre- and post-operative refraction and spherical equivalent (SE), safety and efficacy indexes and complications.

**Results** Residual ametropias, mainly high astigmatism and myopia, and the resulting anisometropia are likely to occur following DALK. They become a limiting factor and may lead to unsatisfactory visual restoration, therefore affecting patients' quality of vision and life. Alternative surgical interventions may

be required to treat this residual ametropia, such as corneal refractive surgery or intraocular lens implantation. A total of 47 relevant articles were studied in detail. Different refractive surgery techniques have been shown to be effective and safe for the correction of ametropia following the DALK procedure and to improve the patient's quality of vision, although more research is needed to confirm long-term results.

**Conclusion** The final refractive technique will depend on different factors, such as the amount of ametropia, the condition of the cornea or the patient's individual needs, economics, and occupational demands.

**Keywords** Deep anterior lamellar keratoplasty · Residual ametropia · Corneal refractive surgery · Intraocular lens implantation

### Introduction

Corneal transplants are mainly classified depending on the part of the cornea that is replaced. That is, penetrating keratoplasty (PK) is a full-thickness transplant, whereas in lamellar keratoplasties only a section of the cornea is replaced, leaving different layers of the host cornea depending on its health [1]. Deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) is a lamellar technique in which the host corneal endothelium and Descemet membrane are left intact, and the anterior part of the cornea is removed due to several causes,

---

B. Alfonso-Bartolozzi · B. Baamonde ·  
L. Fernández-Vega-Cueto · J. F. Alfonso  
Fernández-Vega Ophthalmological Institute, Oviedo, Spain

I. Martínez-Alberquilla · D. Madrid-Costa (✉)  
Optometry and Vision Department, Faculty of Optics  
and Optometry, Universidad Complutense de Madrid,  
Avda. Arcos de Jalón 118, 28037 Madrid, Spain  
e-mail: damadrid@ucm.es





## Article

# Femto-LASIK after Deep Anterior Lamellar Keratoplasty to Correct Residual Astigmatism: A Long-Term Case Series Study

Belén Alfonso-Bartolozzi <sup>1</sup>, Carlos Lisa <sup>1</sup>, Luis Fernández-Vega-Cueto <sup>1</sup>, David Madrid-Costa <sup>2</sup>   
and José F. Alfonso <sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Fernández-Vega Ophthalmological Institute, 33012 Oviedo, Spain; belen.alfonso@fernandez-vega.com (B.A.-B.); carloslisa@fernandez-vega.com (C.L.); lfvc@fernandez-vega.com (L.F.-V.-C.)

<sup>2</sup> Clinical and Experimental Eye Research Group (CEER), Faculty of Optics and Optometry, Universidad Complutense de Madrid, 28037 Madrid, Spain; damadrid@ucm.es

\* Correspondence: j.alfonso@fernandez-vega.com

**Abstract: Purpose:** To evaluate the long-term outcomes of femtosecond laser-assisted in situ keratomileusis (Femto-LASIK) to correct residual astigmatism after deep anterior lamellar keratoplasty (DALK). **Methods:** This retrospective case series study included 10 eyes that underwent Femto-LASIK after a DALK. The refractive error, uncorrected (UDVA) and corrected (CDVA) distance visual acuities, thinnest corneal thickness (TCT), and central corneal thickness (CCT) were registered. The postoperative follow-up ranged between 36 and 60 months. **Results:** All surgeries were uneventful, with no intra- or postoperative complications. The mean UDVA (Snellen scale) rose from  $0.13 \pm 0.05$  to  $0.47 \pm 0.15$  six months after Femto-LASIK ( $p < 0.001$ ). All cases experienced a significant improvement in UDVA. None of the eyes lost lines of CDVA, and seven eyes (70%) improved the CDVA compared to preoperative values. The refractive cylinder changed from a preoperative value of  $-3.88 \pm 1.00$  D to  $-0.93 \pm 0.39$  six months after Femto-LASIK ( $p < 0.0001$ ). In eight eyes (80%), the UDVA and refractive outcomes remained stable at postoperative follow-up visits. In contrast, one eye experienced a refractive regression over the follow-up. TCT and CCT were stable at the different postoperative follow-up visits. **Conclusions:** Our findings suggest that Femto-LASIK might safely and effectively corrects residual astigmatism after DALK. Despite these encouraging results, further long-term studies, including a larger number of cases, are required to confirm the safety of the procedure. The refractive stability in eyes with prior RK might be lower than for other DALK indications.

**Keywords:** Femto-LASIK; deep anterior lamellar keratoplasty; DALK



**Citation:** Alfonso-Bartolozzi, B.; Lisa, C.; Fernández-Vega-Cueto, L.; Madrid-Costa, D.; Alfonso, J.F. Femto-LASIK after Deep Anterior Lamellar Keratoplasty to Correct Residual Astigmatism: A Long-Term Case Series Study. *Medicina* **2022**, *58*, 1036. <https://doi.org/10.3390/medicina58081036>

Academic Editor: Luigi Fontana

Received: 15 June 2022

Accepted: 28 July 2022

Published: 2 August 2022

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

Deep lamellar anterior keratoplasty (DALK) has significant advantages over penetrating keratoplasty (PKP), such as reducing the risk of endophthalmitis and minor loss of endothelial cell density (ECD), among others [1]. Consequently, DALK is becoming the preferred option for corneal transplantation in eyes in which the host endothelium is healthy and can be preserved [1]. However, DALK has no advantages for refractive error outcomes [1]. Therefore, similarly to PKP, DALK is associated with a significant refractive error postoperatively, even higher than that reported after PKP [2–4].

Anisometropia or high degrees of refractive error corrected with spectacles may not be well tolerated. Furthermore, patients may experience contact lens intolerance after DALK. These potential drawbacks of spectacles or contact lenses to correct the residual refractive error lead to a significant limitation in visual rehabilitation.

In PKP, the use of excimer laser for postoperative refractive error correction has been widely studied [5–24]. However, in DALK, knowledge is limited to a few studies and did not report an extended follow-up [25–28]. An earlier report analyzed the clinical outcomes



## RESEARCH

## Open Access



# Three-year follow-up of posterior chamber phakic intraocular lens with a central port design after deep anterior lamellar keratoplasty

Belén Alfonso-Bartolozzi<sup>1</sup>, Carlos Lisa<sup>1</sup>, Luis Fernández-Vega-Cueto<sup>1\*</sup> , Begoña Baamonde<sup>1</sup>, David Madrid-Costa<sup>2</sup> and José F. Alfonso<sup>1</sup>

## Abstract

**Background:** To evaluate clinical outcomes of the Visian implantable collamer lens (ICL) with a central port to correct myopia and astigmatism after deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) for keratoconus throughout 3 years of follow-up.

**Methods:** This study included 20 eyes of 20 patients that underwent V4c ICL (13 eyes with a spherical ICL and 7 eyes with a toric ICL) implantation after DALK. Uncorrected (UDVA) and corrected (CDVA) distance visual acuities, refraction, intraocular pressure (IOP), endothelial cell density (ECD), and vault were analyzed.

**Results:** The mean UDVA improved from the preoperative  $1.18 \pm 0.33$  logMAR to  $0.25 \pm 0.14$  logMAR at 6 months after surgery ( $P < 0.0001$ ) and remained unchanged throughout the whole follow-up ( $P = 0.4$ ). All eyes gained lines of CDVA compared to preoperative values. At the last follow-up visit, all eyes achieved CDVA of 0.2 logMAR or better and 13 eyes (65%) 0.1 logMAR or better. At 6 months post-surgery, all eyes (100%) had a spherical equivalent within  $\pm 1.50$  D, and 19 (95%) within  $\pm 1.00$  D. The mean manifest spherical equivalent was stable over the postoperative follow-up ( $P = 0.25$ ). No significant increase in IOP occurred in any case throughout the 3 years of follow-up. The loss in ECD from the preoperative baseline at the last follow-up visit was 2.27%.

**Conclusions:** The clinical outcomes suggest that the V4c ICL implantation for correction of myopia and regular astigmatism in post-DALK eyes was satisfactory in terms of effectiveness, safety, and stability during 3 years of follow-up.

**Keywords:** Deep anterior lamellar keratoplasty, DALK, Implantable collamer lens, ICL

## Background

Deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) is becoming the preferred option for corneal transplantation in patients affected by a corneal disease in which the endothelium is healthy and can be preserved [1]. However, residual postoperative refractive error may represent a significant limiting factor for visual rehabilitation.

The mean spherical equivalent reported after DALK ranges from  $-6.54$  to  $-1.50$  D and the mean refractive astigmatism from 2.25 to 4.55 D [2–7]. Hence, the patient's visual rehabilitation might be limited, even in uncomplicated DALK, due to high residual refractive error and/or anisometropia. Conservative options such as contact lenses or spectacles can be considered for the management of postoperative ametropia. However, anisometropia or high degrees of refractive error corrected with spectacles may not be well tolerated. Furthermore, some patients may experience contact lens intolerance, difficulties with lens handling or lack of motivation for

\*Correspondence: lfvc@fernandez-vega.com

<sup>1</sup>Fernández-Vega Ophthalmological Institute, Avda. Dres. Fernández-Vega 114, 33012, Oviedo, Spain

Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2022. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.



# Intrastromal Corneal Ring Segments Implantation After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Astigmatism Correction: Mid-term and Long-term Follow-up

Belén Alfonso-Bartolozzi, MD,\* Luis Fernández-Vega-Cueto, MD, PhD,\* Aranzazu Poo-López, BSc,\* Carlos Lisa, MD, PhD,\* David Madrid-Costa, PhD,† and José F. Alfonso, MD, PhD\*

**Purpose:** The aim of this study was to assess the long-term outcomes of implanting intrastromal corneal ring segments (ICRSs) using a femtosecond laser for correcting astigmatism in patients who had previous deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) throughout a 5-year follow-up period.

**Methods:** This retrospective study included 40 eyes of 40 patients with previous DALK and astigmatism  $\geq 3.00$  D who underwent Ferrara-type ICRS implantation. The manifest refraction, uncorrected (UDVA) and corrected (CDVA) distance visual acuity (logMAR), and corneal topography were recorded preoperatively and at 6, 12, 36, and 60 months postoperatively.

**Results:** The mean UDVA (logMAR scale) improved from  $1.39 \pm 0.55$  preoperatively to  $0.71 \pm 0.37$  at 6 months postoperatively ( $P < 0.0001$ ). The mean CDVA (logMAR) significantly improved from  $0.36 \pm 0.17$  to  $0.22 \pm 0.12$  at 6 months after surgery ( $P < 0.0001$ ). Both UDVA and CDVA remained unchanged throughout the follow-up ( $P = 0.09$ ). Postoperatively, no eyes lost lines of CDVA compared to preoperatively, and around 80% of the eyes gained lines of CDVA. The safety index remained stable at a value of 1.4 throughout the follow-up. The refractive cylinder decreased from  $-6.86 \pm 2.62$  D preoperatively to  $-2.33 \pm 1.09$  D at 6 months postoperatively ( $P < 0.0001$ ), and subsequently, it was stable over the postoperative period ( $P = 0.2$ ). The maximum and minimum keratometry measurements significantly decreased after surgery and remained stable over the postoperative follow-up period ( $P > 0.07$ ).

**Conclusions:** This study shows the long-term viability of Ferrara-type ICRS implantation using a femtosecond laser as a surgical alternative for astigmatism correction in post-DALK eyes.

**Key Words:** intrastromal corneal ring segment, deep anterior lamellar keratoplasty

(*Cornea* 2022;00:1–8)

Received for publication March 23, 2022; revision received June 8, 2022; accepted June 11, 2022.

From the \*Instituto Universitario Fernández-Vega, Fundación de Investigación Oftalmológica, Universidad de Oviedo, Oviedo, Spain; and †Clinical and Experimental Eye Research Group (CEER), Faculty of Optics and Optometry, Universidad Complutense de Madrid, Spain.

The authors have no funding or conflicts of interest to disclose.

Correspondence: Luis Fernández-Vega-Cueto, MD, PhD, Instituto Universitario Fernández-Vega, Avda. Dres. Fernández-Vega 114, 33012 (Oviedo) Spain / (e-mail: lfv@fernandez-vega.com).

Copyright © 2022 Wolters Kluwer Health, Inc. All rights reserved.

The mean spherical equivalent reported after deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) ranges from  $-6.54$  D to  $-1.50$  D, and the mean refractive astigmatism from  $4.55$  D to  $2.25$  D.<sup>1–5</sup> These findings reveal that if the patients concerned do not tolerate spectacles or contact lenses for the residual refractive error correction or if anisometropia is induced, they may have an unsatisfactory visual rehabilitation in DALK that would otherwise be successful. Many refractive surgical procedures have been evaluated for refractive error correction after DALK. These include astigmatic keratotomy,<sup>6,7</sup> laser in situ keratomileusis,<sup>8,9</sup> photorefractive keratectomy,<sup>10–13</sup> and intraocular lens implantation.<sup>14–20</sup> Although these surgical approaches have shown encouraging visual and refractive results in post-DALK patients, it should be considered that each procedure has its limitations, which could minimize its effectiveness and safety for some post-DALK patients. These limitations include the amount of refractive error that can be treated with corneal refractive procedures. Regarding limitations of intraocular lenses, the cylinder correction is limited to up to  $8.00$  D and the potential complications related to the lens rotation.

Furthermore, after DALK, the cornea may present optical irregularities such as irregular astigmatism or increased higher-order aberrations, which represent another potential factor for limiting the visual restoration in the patients concerned.<sup>21</sup> Customized laser ablation has been effectively used to regularize the corneal surface in post-DALK eyes.<sup>11–13</sup> However, this procedure has the potential limitations noted above related to excimer laser corneal ablation. Another approach for post-DALK astigmatism correction and mitigating the corneal abnormalities is intrastromal corneal ring segment (ICRS) implantation. Only 2 previous studies have dealt with this alternative, concluding that the visual acuity and refractive results improved after the implantation of ICRS in post-DALK eyes.<sup>22,23</sup> Nevertheless, the follow-up period in both studies was 1 year. In both studies,<sup>22,23</sup> their authors stated that more studies with longer-term follow-up are essential to establish whether the effect of ICRSs remains over time.

This study evaluated the ICRS implantation using a femtosecond laser as an alternative surgical option for treating astigmatism in patients with previous DALK throughout a 5-year follow-up period.

## PATIENTS AND METHODS

This retrospective study analyzed the visual and refractive outcomes of ICRS implantation in a consecutive



## Cornea

### Triple procedure: a stepwise combination of deep anterior lamellar keratoplasty and cataract surgery --Manuscript Draft--

<b>Manuscript Number:</b>	
<b>Full Title:</b>	Triple procedure: a stepwise combination of deep anterior lamellar keratoplasty and cataract surgery
<b>Article Type:</b>	Clinical Science
<b>Keywords:</b>	Triple procedure, DALK, cataract surgery
<b>Corresponding Author:</b>	Jose Fernando Alfonso, M.D., Ph.D. Instituto Oftalmológico Fernández-Vega Oviedo, Asturias SPAIN
<b>Corresponding Author Secondary Information:</b>	
<b>Corresponding Author's Institution:</b>	Instituto Oftalmológico Fernández-Vega
<b>Corresponding Author's Secondary Institution:</b>	
<b>First Author:</b>	Belén Alfonso-Bartolozzi, MD
<b>First Author Secondary Information:</b>	
<b>Order of Authors:</b>	Belén Alfonso-Bartolozzi, MD Luis Fernández-Vega-Cueto, MD, PhD Luis Fernández-Vega, MD, PhD Irene Martínez-Alberquilla, MSc David Madrid-Costa, PhD Jose Fernando Alfonso, M.D., Ph.D.
<b>Order of Authors Secondary Information:</b>	
<b>Manuscript Region of Origin:</b>	SPAIN
<b>Abstract:</b>	<p><b>Purpose:</b> To evaluate clinical outcomes of the combined surgery (triple procedure) of deep anterior lamellar keratoplasty (DALK), phacoemulsification and IOL implantation using a new surgical strategy.</p> <p><b>Methods:</b> The study included 43 eyes of 43 patients that underwent a triple procedure. Twenty-six eyes with good visibility through the cornea underwent phacoemulsification before the stromal dissection. Seventeen eyes with bad visibility underwent the DALK procedure first until achieving enough visibility to perform the lensectomy. Intraocular lens (IOL) power calculation was performed for a postoperative estimated flat Keratometry of 43.5 and aiming to avoid hyperopic postoperative refraction. The postoperative visual examination included uncorrected (UDVA) and corrected distance visual acuity (CDVA) measurements and manifest refraction.</p> <p><b>Results:</b> The mean follow-up time after suture removal was <math>3.06 \pm 2.14</math> years. Mean CDVA significantly changed from <math>0.86 \pm 0.56</math> logMAR preoperatively to <math>0.37 \pm 0.28</math> logMAR in the last visit (<math>p &lt; 0.0001</math>). The percentage of eyes with <math>CDVA \leq 0.3</math> logMAR changed from 6.9% preoperatively to 62.8%. No eyes lost lines of vision after surgery, and 80% experienced an improvement of 2 or more lines. The safety index was 2.2. The mean postoperative refractive sphere was <math>+0.13 \pm 2.04</math> D, and the postoperative refractive cylinder was <math>-4.02 \pm 2.24</math> D. Only 2 cases (4.65%) obtained postoperative hyperopic astigmatism. No intraoperative complications were found.</p> <p><b>Conclusions:</b> Combined surgery of DALK, phacoemulsification and IOL implantation is an effective and safe procedure. Depending on the corneal transparency, different surgical strategies can be established to provide more efficacy and safety.</p>
<b>Suggested Reviewers:</b>	





## **28. Anexo 3. Capítulos de libro**



## SECCIÓN 4. CIRUGÍA REFRACTIVA TERAPÉUTICA EN PATOLOGÍA CORNEAL QUIRÚRGICA

## CAPÍTULO 14

## CIRUGÍA REFRACTIVA TERAPÉUTICA EN EL TRASPLANTE LAMELAR ANTERIOR PROFUNDO

Belén Alfonso Bartolozzi, José F. Alfonso Sánchez

## INTRODUCCIÓN

El trasplante lamelar anterior profundo (*Deep Anterior Lamellar Keratoplasty*, acrónimo en inglés, DALK), consiste en el reemplazo del epitelio y del estroma corneal hasta sus capas más profundas (nivel pre-descemético o descemético), por un tejido donante (fig. 1). Con ello, se evita la perforación del globo ocular, manteniéndose el endotelio del receptor.

Los errores de refracción postoperatorios elevados después de una DALK son una de las complicaciones más habituales (1), estando descrita la necesidad de realizar cirugías refractivas secundarias hasta en el 11% de los casos (2). El momento más adecuado para realizar esta cirugía refractiva terapéutica (CRT) con el objetivo de conseguir la rehabilitación visual del paciente, se estima que es a los 6 meses de la retirada completa de las suturas (3), momento a partir del cual se describe la estabilidad refractiva.

Este concepto de cirugía de origen refractivo con finalidad terapéutica fue introducido en el año 2012

por Alfonso et al. (4), y posteriormente por Dan Z. Reinstein, en 2015 (5).

Existen varias opciones para tratar la refracción residual después de una DALK. Por un lado, están los métodos conservadores para su corrección óptica, como son las gafas o las lentes de contacto (fig. 2), opciones que a veces no son bien toleradas por parte del paciente, especialmente en casos de anisometropía. Por otro lado, tenemos las técnicas refractivas que pueden corregir tanto el astigmatismo como la esfera, como serían las técnicas de foto-ablación corneal, las técnicas de moldeado corneal, el implante de una lente fáquica, la lensectomía con implante de lente intraocular, y el implante adicional de una lente en casos de pseudofaquia. Además, existe la posibilidad de combinar cualquiera de estos procedimientos.

## TÉCNICAS DE FOTOABLACIÓN CORNEAL

Una de las opciones que disponemos para la corrección del astigmatismo residual después de una

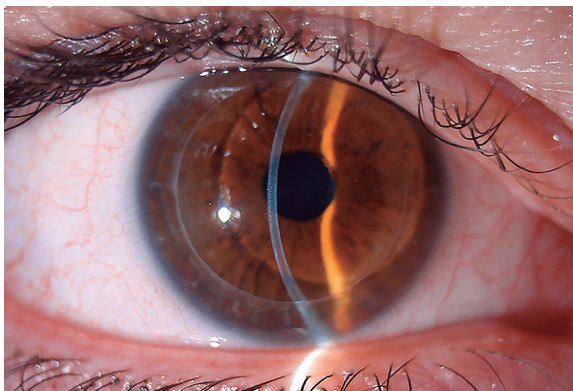


Fig. 1: Trasplante lamelar anterior profundo realizado mediante técnica predescemética una vez retirada la sutura.

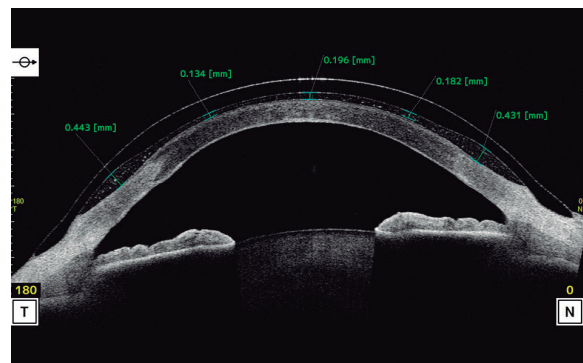


Fig. 2: Tomografía de coherencia óptica de segmento anterior (CASIA 2) en un paciente con DALK y una lente de contacto escleral.



## Corrección del astigmatismo en el trasplante laminar anterior profundo

*Belén Alfonso Bartolozzi, José F. Alfonso Sánchez,  
Carlos Lisa Fernández, Begoña Baamonde Arbaiza,  
Luis Fernández-Vega Sanz*

### INTRODUCCIÓN

El trasplante laminar anterior profundo o queratoplastia laminar anterior profunda (*Deep Anterior Lamellar Keratoplasty*, acrónimo en inglés, DALK), consiste en el reemplazo del epitelio y del estroma corneal hasta sus capas más profundas (nivel predescemético o nivel descemético), por un tejido donante. Con ello, se evita la perforación del globo ocular y se mantiene el endotelio del receptor. La dificultad de la técnica reside en lograr el mínimo espesor residual posible: cuanto menor lecho residual obtengamos, más rápida será la recuperación visual del paciente.

La queratoplastia laminar fue propuesta en la primera mitad del siglo XIX por Von Walter, pero el primero en llevarla a cabo con éxito fue Von Hippel, en 1866 (1). En 1905, Eduard Konrad Zirm (2), desarrolló por primera vez el trasplante o queratoplastia penetrante (*Penetrating KeratoPlasty*, acrónimo en inglés, PKP), a pesar de que la mayoría de los trasplantes de córnea se hicieron laminares hasta más allá del primer tercio del siglo XX.

Gracias a los buenos resultados obtenidos por Zirm, al desarrollo de los bancos de ojos, a la aparición del microscopio quirúrgico y de las suturas de monofilamento, y a los nuevos fármacos orientados a prevenir los rechazos, otros cirujanos asiduos a la técnica laminar como eran Anton Elshning y Vladimir Filatov, decidieron pasarse a la técnica penetrante. Todos ellos llevaron a cabo más de 3.000 trasplantes, y definieron los principios quirúrgicos de la técnica penetrante que conocemos hoy en día (3).

La primera década del siglo XXI ha sido testigo del regreso de la queratoplastia laminar selectiva, tanto anterior como posterior. La mejoría técnica y tecnológica experimentada, y las complicaciones secundarias a los trasplantes penetrantes que se han ido

describiendo a lo largo de los años, principalmente rechazos y fracasos tardíos del injerto, son factores que han hecho que los cirujanos se planteen de nuevo el empleo de la técnica laminar frente a la técnica penetrante clásica.

Por otro lado, el desarrollo de la cirugía refractiva en la segunda mitad del siglo XX, y en especial en estos últimos años, ha influido positivamente en el progreso de la DALK y su auge actual. El astigmatismo post-trasplante supone un reto para el cirujano de segmento anterior en cuanto a aplicar las diferentes técnicas refractivas que engloban la cirugía del dioptrio ocular (técnicas corneales, lentes fáquicas, lentes pseudofáquicas, implantes adicionales...). Se tiene la sensación de que el astigmatismo con esta técnica es menor y de que las posibilidades de corrección con éxito son mayores. En este capítulo nos vamos a centrar en la corrección del astigmatismo después del trasplante laminar anterior profundo.

### EL ASTIGMATISMO EN EL TRASPLANTE LAMINAR ANTERIOR PROFUNDO

#### Frecuencia y magnitud del astigmatismo

El mayor obstáculo descrito en la bibliografía, desde 1970 hasta la actualidad, para que se pueda considerar como éxito una queratoplastia transparente, es el astigmatismo. El problema lo tenemos tanto en técnicas quirúrgicas penetrantes como en laminares, tratándose habitualmente de astigmatismos asimétricos, con ejes no ortogonales (4).

Según Feizi et al. (5), el promedio del astigmatismo esférico residual para la técnica DALK es de 3,49 dioptrías (D), con un rango entre 0,50 y 6,50 D, siendo estos datos resultados concordantes con los de otros





# Table of Contents

- 04** ***Editorial: Corneal Transplantation and Eye Banking***  
Vito Romano, Stefano Ferrari, Hannah J. Levis and Mohit Parekh
- 07** ***Proliferation Increasing Genetic Engineering in Human Corneal Endothelial Cells: A Literature Review***  
Wout Arras, Hendrik Vercammen, Sorcha Ní Dhubhghaill, Carina Koppen and Bert Van den Bogerd
- 17** ***Long-Term Anatomical and Functional Survival of Boston Type 1 Keratoprosthesis in Congenital Aniridia***  
Ariann Dyer, Alix De Faria, Gemma Julio, Juan Álvarez de Toledo, Rafael I. Barraquer and Maria Fideliz de la Paz
- 23** ***A New Pre-descemetetic Corneal Ring (Neoring) in Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Moderate-Advanced Keratoconus: A Pilot 2-Year Long-Term Follow-Up Study***  
Belén Alfonso-Bartolozzi, Carlos Lisa, Luis Fernández-Vega-Cueto, David Madrid-Costa and José F. Alfonso
- 31** ***Artificial Cornea: Past, Current, and Future Directions***  
Gráinne Holland, Abhay Pandit, Laura Sánchez-Abella, Andrea Haiek, Iraida Loinaz, Damien Dupin, Maria Gonzalez, Eva Larra, Aritz Bidaguren, Neil Lagali, Elizabeth B. Moloney and Thomas Ritter
- 50** ***Ultrastructural Analysis of Rehydrated Human Donor Corneas After Air-Drying and Dissection by Femtosecond Laser***  
Emilio Pedrotti, Erika Bonacci, Adriano Fasolo, Arianna De Rossi, Davide Camposampiero, Gary L. A. Jones, Paolo Bernardi, Flavia Merigo, Diego Ponzin, Giorgio Marchini and Andrea Sbarbati
- 59** ***The Effects of Donor-Recipient Age and Sex Compatibility in the Outcomes of Deep Anterior Lamellar Keratoplasties***  
Hon Shing Ong, Nathalie Chiam, Hla Myint Htoon, Ashish Kumar, Anshu Arundhati and Jodhbir S. Mehta
- 69** ***Donor-Related Risk Factors for Graft Decompensation Following Descemet's Stripping Automated Endothelial Keratoplasty***  
Sota Nishisako, Takefumi Yamaguchi, Masatoshi Hirayama, Kazunari Higa, Dai Aoki, Chiaki Sasaki, Hisashi Noma and Jun Shimazaki
- 79** ***Extracellular Vesicles Derived From Human Corneal Endothelial Cells Inhibit Proliferation of Human Corneal Endothelial Cells***  
Mohit Parekh, Hefin Rhys, Tiago Ramos, Stefano Ferrari and Sajjad Ahmad
- 95** ***Impact of the COVID-19 Pandemic on Corneal Transplantation: A Report From the Italian Association of Eye Banks***  
Rita Mencucci, Michela Cennamo, Diego Ponzin, Federico Genzano Besso, Giulio Pocobelli, Matilde Buzzi, Carlo Nucci and Francesco Aiello on behalf of Italian Society Eye Bank Group (SIBO)



### 7.2.4. Cirugía combinada simultánea de catarata y trasplante laminar anterior profundo

Belén Alfonso Bartolozzi, Luis Fernández-Vega Cueto, Luis Fernández-Vega Sanz, José F. Alfonso Sánchez

#### INTRODUCCIÓN

La cirugía combinada de catarata y trasplante laminar anterior profundo (*Deep Anterior Lamellar Keratoplasty*, acrónimo en inglés, DALK) puede realizarse de manera simultánea (en un mismo acto quirúrgico, también denominado triple procedimiento); o de manera diferida (en dos tiempos).

La cirugía combinada simultánea en comparación con la diferida puede aportar una rehabilitación visual más rápida, especialmente cuando el paciente presenta una catarata significativa o una alta ametropía (fig. 1). El empleo de técnicas laminares en estos triples procedimientos elimina los riesgos inherentes a la cirugía a «cielo abierto».

Existen dos técnicas quirúrgicas descritas en la bibliografía para llevar a cabo el procedimiento combinado simultáneo en estos pacientes: 1) primero realizar la trepanación y la disección estromal profunda del receptor, después realizar la Faco+LIO y, por último, colocar y suturar la córnea donante; 2) primero realizar la Faco+LIO y posteriormente la trepanación, la disección estromal profunda, y la fijación del injerto. Cualquiera de los dos abordajes presenta sus ventajas y limitaciones.

#### TÉCNICA QUIRÚRGICA

##### Técnica quirúrgica en caso de mala visualización del cristalino

Cuando la visualización a través de la córnea es mala, la mayoría de los autores consideran necesario iniciar primero el trasplante, después realizar la facoemulsificación y, por último, completar el trasplante (1-4).

Muraine et al. (1), publicaron la realización de un triple procedimiento llevado a cabo en 4 pacientes con opacidades corneales. En primer lugar, comenzaron la DALK mediante viscodisección hasta la membrana de Descemet (DM), después realizaron la cirugía de la catarata y, por último, la sutura del injerto. Estos autores recomiendan realizar trepanaciones menores de 8 mm para poder hacer

las incisiones de la cirugía de catarata en la córnea receptora, así como emplear parámetros de facoemulsificación con vacío bajo. Aunque la membrana de Descemet tiene un espesor menor de 15  $\mu\text{m}$ , estos autores fueron los primeros en demostrar su gran resistencia a la rotura, al poder completar la cirugía de la catarata sin complicaciones. De esta manera, se pudo conseguir una buena visualización en un sistema cerrado y estanco.

Diez años más tarde, Panda et al. (2), evaluaron la técnica y los resultados del triple procedimiento iniciando la DALK (con la técnica descemética de la gran burbuja) y después la facoemulsificación. Analizaron 20 ojos, y describieron nuevos factores para mejorar la seguridad de la técnica como son el empleo de viscoelásticos de alta densidad sobre el lecho estromal residual para mejorar la visualización y protegerlo, el empleo de tinciones capsulares para la capsulorrexis, el control de los parámetros de flujo y aspiración para evitar colapsos de la cámara anterior, y el uso de la técnica de divide y vencerás para la facoemulsificación, además de confirmar los ya expuestos por Muraine et al. (1).

Realizar primero la trepanación y la disección estromal, y después la facoemulsificación, es una buena opción si la córnea no permite la visualización suficiente del cristalino. En estos casos, realizar una técnica DALK segura, es fundamental para



**Figura 1.** Imagen tomográfica de segmento anterior en un paciente con queratocono avanzado asociado a catarata. Estaría indicado una cirugía combinada simultánea.



### 7.2.8.2. Cirugía refractiva ablativa corneal en el trasplante laminar anterior profundo

Belén Alfonso Bartolozzi, Begoña Baamonde Arbaiza, Luis Fernández-Vega Sanz, José F. Alfonso Sánchez

#### INTRODUCCIÓN

Los errores de refracción postoperatorios elevados después de un trasplante laminar anterior profundo (*Deep Anterior Lamellar Keratoplasty*, acrónimo en inglés, DALK), son una de las complicaciones más habituales (1). Las ametropías que podemos encontrar pueden ser miopía o hipermetropía (condicionadas por la longitud axial del ojo); o astigmatismos (regulares o irregulares).

Se considera recomendable esperar al menos 6 meses después de la retirada completa de las suturas para corregir estos defectos mediante técnicas quirúrgicas (2); momento a partir del cual se describe la estabilidad refractiva.

Existen varias opciones para tratar la refracción residual después de una DALK. Por un lado, están los métodos conservadores para su corrección óptica, como son las gafas o las lentes de contacto (fig. 1), opciones que a veces no son bien toleradas por parte del paciente, especialmente en casos de anisometropía. Por otro lado, tenemos las técnicas refractivas que pueden corregir tanto el astigmatismo como la esfera, como serían las técnicas de foto-ablación corneal, las técnicas de moldeado corneal, el implante de una lente fáquica, la lensectomía con implante de lente intraocular, y el implante adicional de una lente en casos de pseudofaquia. Y aún más, existe la posibilidad de combinar cualquiera de estos procedimientos. Este concepto de cirugía de origen refractivo con finalidad terapéutica fue introducido en el año 2012

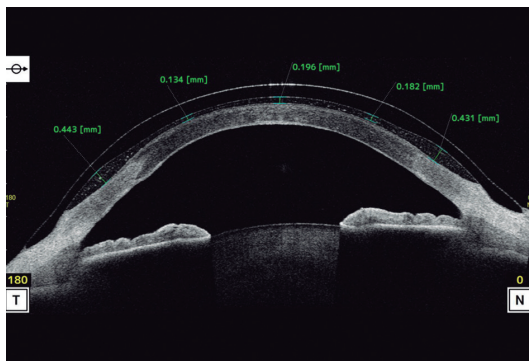


Figura 1. Imagen tomográfica de segmento anterior en un paciente con DALK y una lente de contacto escleral.

por Alfonso et al. (3), y posteriormente por Dan Z. Reinstein, en 2015 (4).

En el presente capítulo, nos centraremos en la corrección de la refracción residual mediante técnicas fotoablativas de la córnea.

#### TÉCNICAS DE FOTOABLACIÓN CORNEAL

La Fotoqueratectomía Refractiva (*Photorefractive keratectomy*, PRK), la Queratomileusis in situ asistida por Láser de Excímero (*Laser Assisted in Situ Keratomileusis*, LASIK), y la asociación de Láser de Femtosegundo con la técnica LASIK (FemtoLASIK, FS-LASIK), han demostrado su eficacia en la corrección de las ametropías secundarias a los trasplantes de córnea, tanto laminares como penetrantes.

#### Fotoqueratectomía refractiva

El alto astigmatismo supone un desafío particular para la PRK, porque el tratamiento suele tener una menor eficacia, previsibilidad y, posiblemente, estabilidad (5). Aún así, está descrito que la PRK realizada sobre la superficie del injerto puede reducir el astigmatismo post-DALK (fig. 2A-C) (6-8).

La PRK con mitomicina C (MMC) podía corregir de manera efectiva y segura, la miopía y el astigmatismo miópico regular en la DALK. En el año 2008, Leccisotti (9) realizó un estudio prospectivo en 10 ojos de 10 pacientes intervenidos de DALK por queratocono, con una estabilidad refractiva de al menos 1 año después de la retirada de suturas. En su estudio, incluyó pacientes con un equivalente esférico (EE) de entre  $-3,00$  y  $-10,00$  dioptrías (D), con una paquimetría central mayor de 520 micras ( $\mu\text{m}$ ), y con una densidad de células endoteliales mayor de 2.000 células/ $\text{mm}^2$ . La zona óptica donde se realizó la ablación fue grande (entre 5 y 6 mm) y se dejó un espesor corneal residual mínimo de 400  $\mu\text{m}$ , incluido el epitelio. En todos los casos, se aplicó MMC (0,2 mg/ml) (Kyowa Hakko Kogyo, Tokio, Japón) sobre el lecho estromal durante 45 segundos.

En cuanto a los resultados obtenidos, describieron una reducción del EE de  $-4,98 \pm 1,75$  D



**BIBLIOGRAFÍA**

1. Malheiro L, Coelho J, Neves MM, et al. Phakic intraocular lens implantation after deep anterior lamellar keratoplasty: retrospective case series analysis with long-term follow-up. *Clin Ophthalmol*. 2019;17; 13: 2043-2052.
2. Oh BL, Kim MK, Wee WR. Comparison of clinical outcomes of same-size grafting between deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty for keratoconus. *Korean J Ophthalmol*. 2013; 27: 322-330.
3. Keane M, Coster D, Ziaei M, et al. Deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty for treating keratoconus. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014; 7: CD009700.
4. Liu H, Chen Y, Wang P, et al. Efficacy and safety of deep anterior lamellar keratoplasty vs. penetrating keratoplasty for keratoconus: a meta-analysis. *PLoS One*. 2015; 10: e0113332.
5. Langenbucher A, Naumann GO, Seitz B. Spontaneous long-term changes of corneal power and astigmatism after suture removal after penetrating keratoplasty using a regression model. *Am J Ophthalmol*. 2005; 140: 29-34.
6. Alfonso-Bartolozzi B, Lisa C, Fernández-Vega-Cueto L, et al. Three-year follow-up of posterior chamber phakic intraocular lens with a central port design after deep anterior lamellar keratoplasty. *Eye and vision*. 2022; 9: 34.
7. Song Y, Zhang J, Pan Z. Systematic review and meta-analysis of clinical outcomes of penetrating keratoplasty versus deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus. *Exp Clin Transplant*. 2020; 18(4): 417-428.
8. Henein C, Nanavaty MA. Systematic review comparing penetrating keratoplasty and deep anterior lamellar keratoplasty for management of keratoconus. *Cont Lens Anterior Eye*. 2017; 40(1): 3-14.
9. Tiveron MC, Alió del Barrio JL, Kara-Junio N, et al. Outcomes of toric iris-claw phakic intraocular lens implantation after deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus. *J Refract Surg*. 2017; 33: 538-544.
10. Fares U, Sarhan AR, Dua HS. Management of post-keratoplasty astigmatism. *J Cataract Refract Surg*. 2012; 38: 2029-2039.
11. Leccisotti A. Photorefractive keratectomy with mitomycin C after deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus. *Cornea*. 2008; 27: 417-420.
12. Acar BT, Utine CA, Acar S, et al. Laser in situ keratomileusis to manage refractive errors after deep anterior lamellar keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2012; 38: 1020-1027.
13. Imamoglu S, Kaya V, Oral D, et al. Corneal wavefront-guided customized laser in situ keratomileusis after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2014; 40: 785-792.
14. de Toledo JA, de la Paz MF, Barraquer RI, et al. Long-term progression of astigmatism after penetrating keratoplasty for keratoconus: evidence of late recurrence. *Cornea*. 2003; 22(4): 317-23.
15. Arnalich-Montiel F, Alió Del Barrio JL, Alió JL. Corneal surgery in keratoconus: which type, which technique, which outcomes? *Eye Vis (Lond)*. 2016; 18; 3: 2.
16. anNakhli F, Khattak A. Vector analysis of femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomies after deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty. *Int Ophthalmol*. 2019 Jan; 39(1): 189-198.
17. Tahzib NG, Cheng YY, Nuijts RM. Three-year follow-up analysis of Artisan toric lens implantation for correction of postkeratoplasty ametropia in phakic and pseudophakic eyes. *Ophthalmology*. 2006; 113: 976-984.
18. Moshirfar M, Barsam CA, Parker JW. Implantation of an Artisan phakic intraocular lens for the correction of high myopia after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2004; 30: 1578-1581.
19. Qin Q, Yang L, He Z, et al. Clinical application of TICL implantation for ametropia following deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus: A CONSORT compliant article. *Medicine (Baltimore)*. 2017 Feb; 96(8).
20. Georgoudis P, Tappin MJ. Artisan phakic IOL for the correction of ametropia after deep anterior lamellar keratoplasty. *J Refract Surg*. 2010; 26: 87.
21. Al-Dreihy MG, Louka BI, Anbari AA. Artisan iris-fixated toric phakic intraocular lens for the correction of astigmatism after deep anterior lamellar keratoplasty. *Digit J Ophthalmol*. 2013; 19: 39-41.
22. Guerin MB, Treacy MP, O'Keeffe M. Twelve-month follow-up of the Artiflex toric phakic intraocular lens. *Eur J Ophthalmol*. 2014; 24: 10-13.
23. Güell JL, Morral M, Gris O, et al. Five-year follow-up of 399 phakic Artisan-Verisyse implantation for myopia, hyperopia, and/or astigmatism. *Ophthalmology*. 2008; 115: 1002-1012.

#### 7.2.8.4. Cirugía con lentes fáquicas de cámara posterior tras queratoplastia laminar anterior profunda

*Belén Alfonso Bartolozzi, Luis Fernández-Vega Cueto, Carlos Lisa Fernández, José F. Alfonso Sánchez*

**INTRODUCCIÓN**

Está descrito que el equivalente esférico medio después de un trasplante lamelar anterior profundo (*Deep Anterior Lamellar Keratoplasty*, acrónimo en inglés, DALK) varía entre  $-6,54$  y  $-1,50$  D, y el astigmatismo refractivo medio de  $2,25$  D a  $4,55$  D (1-6). En ocasiones, esto produce una alta anisometropía,

por lo que resulta necesario una corrección con gafa o lente de contacto, que no siempre es viable o suficiente para la rehabilitación visual de los pacientes. En estos casos, es necesario recurrir a la cirugía (7).

Las lentes intraoculares fáquicas nos permiten corregir las diferentes ametropías (miopía, hipermetropía y/o astigmatismo), sin necesidad de qui-





*«La verdad es hija del tiempo»  
Aulo Gelio, Roma, siglo II*

