

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE MEDICINA**



**TESIS DOCTORAL**

**Aberraciones ópticas de alto orden en cuatro técnicas  
de trasplante corneal**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

**Edgar Javier Infantes Molina**

Directores

**David Díaz Valle  
José Manuel Benítez del Castillo  
José María Tenías Burillo**

**Madrid, 2019**

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE MEDICINA**



**TESIS DOCTORAL**

**ABERRACIONES ÓPTICAS DE ALTO ORDEN EN CUATRO**

**TÉCNICAS DE TRASPLANTE CORNEAL**

PRESENTADA POR

**Edgar Javier Infantes Molina**

Directores

**Dr. David Díaz Valle**

**Dr. José Manuel Benítez Del Castillo**

**Dr. José María Tenías Burillo**

**Madrid, 2018**



# ABERRACIONES ÓPTICAS DE ALTO ORDEN EN CUATRO TÉCNICAS DE TRASPLANTE CORNEAL

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID



Memoria presentada por

Edgar Javier Infantes Molina

MADRID 2018



# **ABERRACIONES ÓPTICAS DE ALTO ORDEN EN CUATRO TÉCNICAS DE TRASPLANTE CORNEAL**

**Edgar Javier Infantes Molina**

**TESIS DOCTORAL**  
Universidad Complutense de Madrid

**Directores**  
**VºBº**

Dr. David Díaz Valle.  
Profesor Titular Acreditado

Dr. José Manuel Benítez Del Castillo  
Catedrático Universidad

Dr. José María Tenías Burillo  
Adjunto Medicina Preventiva

**MADRID 2018**



**David Díaz Valle**, Jefe de sección de Oftalmología Hospital Clínico San Carlos, profesor asociado del Departamento de Inmunología, Oftalmología y Otorrinolaringología de la Universidad Complutense de Madrid, y Profesor Titular Acreditado, como director,

**José Manuel Benítez Del Castillo**, Jefe de Sección del Hospital Clínico San Carlos, catedrático Departamento de Inmunología, Oftalmología y Otorrinolaringología de la Universidad Complutense de Madrid, como director,

y

**José María Tenías Burillo**, Adjunto de Medicina Preventiva, Hospital Pare Jofré, como director.

## **CERTIFICAN**

Que la presente memoria de Tesis titulada. “Aberraciones Ópticas De Alto Orden En Cuatro Técnicas De Trasplante Corneal” ha sido realizada bajo nuestra dirección por Edgar Javier Infantes Molina, desde el año 2015 en el Departamento de Oftalmología del Hospital General La Mancha Centro - Alcázar de San Juan, para optar al grado de Doctor por la Universidad Complutense de Madrid. Hacemos constar que la citada Tesis reúne todos los requisitos necesarios para su defensa y aprobación.

Y, para que conste a los efectos oportunos, armamos el presente certificado en Madrid 2018

**Dr. David Díaz Valle.**

Jefe de Sección de Oftalmología  
Hospital Clínico San Carlos  
Profesor Asociado de Oftalmología  
Profesor Titular Acreditado  
Universidad Complutense de Madrid

**Dr. José Manuel Benítez Del Castillo**

Catedrático de Oftalmología  
Jefe de Sección  
Hospital Clínico San Carlos  
Universidad Complutense de Madrid

**Dr. José María Tenías Burillo**

Adjunto Medicina Preventiva  
Hospital Pare Jofré

**Comunidad de Madrid**



## DEDICATORIA

---

*A mis padres*

*A mi amor*

*A mis hermanos*

*A mis amigos*

*A mis compañeros de trabajo*

*A todos y cada uno de mis pacientes*



**Amado Padre,  
permíteme la gracia,  
que alcances tu libertad en mí.**

**Se libre,  
que en ese instante,  
también seré libre yo,  
porque comprenderé que soy Tú.**

**Entonces amaré,  
entenderé el sentido de la sabiduría para saber expresar amor,  
y podré hacerlo porque habré alcanzado el poder de amar.**



## **A**GRADECIMIENTOS

---



La finalización de esta tesis es una gran oportunidad de agradecer a todas las personas que de alguna manera han contribuido a mi formación como médico, oftalmólogo y aún más como persona; además de reconocerles el apoyo en la realización de este trabajo de investigación.

A Dios, por la oportunidad de mi existencia y que mi breve paso por esta tierra este colmada de felicidad exquisita, acompañada de personas que a diario contribuyen a ello y que me ayudan en mi crecimiento y en el logro de mis propósitos.

A papá Lucho, pagar a la tierra es un ritual de agradecimiento que en casa se convirtió en una costumbre, dar gracias por los alimentos obtenidos de ella, por el aire lleno de energía, por el agua fuente de vida, por el calor del fuego; por enseñarme a vivir, a ser feliz, que las dificultades y los problemas dan sentido a nuestra vida; es una bendición compartir el tiempo contigo, hace solo un momento que cultivábamos el campo y regábamos la chacra.

A mamá Chela, un camino, un horizonte, una visión “Por siempre visualizar lo que deseas y te será dado”; por ser incansable, enseñarme que el trabajo no agota-se disfruta; y hacer todas las cosas y hacerlas todas bien.

A mamá María , dar de comer al hambriento, de beber al sediento y personificar la bondad, por enseñarme que los males se tratan con ciencia, pero se logran curar con amor, gracias por ser el ángel que siempre está a mi lado.

A Julio, mi amigo y hermano de siempre, a mi compañero de secretos, “El Sarnas” gracias hermano por todas las horas compartidas, muchas hablando de nuestros sueños y de las innumerables veces que hacías mis deberes para que yo estudiase.

A todos mis hermanos, a toda mi familia por apoyarme y animarme en el interminable y satisfactorio camino de la medicina. Esta tesis es una forma de agradecimiento a cada uno de ustedes.

Al Dr. David Díaz Valle ha sido una fortuna que dirigiese esta tesis junto al Dr. José Manuel Benítez del Castillo, compartiendo y adquiriendo una gran cantidad de

conocimientos nuevos. Han pasado más de dos años desde que comenzamos este proyecto, ha sido un placer compartir tantas horas de oftalmología, así como tantas charlas durante múltiples congresos.

A **Dr. José María Tenías Burillo** el solo acto que haya aceptado ser director de esta tesis ha hecho que valga la pena llevarla a cabo, muchas gracias por su ayuda, el formar parte de este proyecto aseguraba el éxito del término y su excelencia final.

A **Dr. Fernando** , por considerarnos a todos como iguales, por darnos todas las oportunidades que se puedan, por ser un ejemplo infinito de servicio, porque sin duda el amor es lo que llena su alma, y por ser una inspiración, un gran médico, un magnifico cirujano y una mejor persona.

A **Dr. Javier Celis**, por enseñarme que el éxito depende de uno mismo por encima de las circunstancias, por ser la fuente de esta tesis: estoy muy agradecido con Ud. De igual manera a la **Dra. Diana Mesa** y a la **Dra. Eva Avendaño**, son un ejemplo de dedicación y buen trato al paciente.

A cada una de las personas que forman el servicio de oftalmología del hospital La Mancha Centro por ser mi familia durante estos años, y ser los artífices y héroes de mi formación oftalmológica y mi crecimiento como persona. Millones de gracias.

A **Dra. Maruja, Dra. Elvira, Marta**. guardé en un sueño la oportunidad de venir al viejo mundo para culminar mi preparación profesional “la residencia” sin duda alguna Dios tuvo que ver en mis decisiones; una corazonada nació en mi al llegar a Alcázar de San Juan, sabía que era la mejor decisión. Muchas gracias por todo su apoyo y ayuda para finalizar esta tesis. A **Ángel Arías** por su incondicional ayuda en cada uno de las etapas de esta tesis, gracias!

A **Ayroca**, un pueblo a más de 4000 msnm en la serranía de Arequipa, formado por personas humildes, pero de gran corazón, cuidaron más de mí que yo de su salud, un año junto a ellos determinó mucho de mi vida, hay muchas cosas de las que les estoy agradecido, mis primeros pasos de médico, los sueños de mejorar la calidad de vida de cada persona; cada día trabajo pensando en ello, esta tesis es un paso más para lograr ese objetivo.

A mi Alma Mater, La UNSA (Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa), esta tesis también es fruto de toda la formación que recibí fueron 6 años de gran docencia y aprendizaje junto a grandes maestros y muy buenos compañeros, los recuerdo especialmente a todos; también a mis amigos del internado, donde me propuse ser oftalmólogo; muchas gracias a todos ellos.

A mi profesora Fanny, pocas personas confían en el futuro y éxito de otras como lo hizo ella conmigo, mi mami, durante mis años de mi educación secundaria estuvo atenta a cada una de mis acciones; me motivaba a fijarme objetivos, animándome constantemente a lograrlos.

A todos mis compañeros de esta etapa de mi vida, y a todos mis profesores, muchas gracias, todos ellos toleraron y encauzaron por mi bien la energía de aquella época; siempre quedarán muestras de ello en mi antebrazo derecho.

Estudí en un colegio rural, Florentina Portugal, 40193. Allí me enseñaron a leer y hacer cálculos, recuerdo como si fuese hace un momento cada una de sus lecciones en sus grandes aulas. Allí aprendí el valor de amistad, de las oportunidades y se forjaron muchos ideales y sueños que aún quiero materializarlos. Mi infinito agradecimiento con cada uno de mis compañeros y profesores, en especial la Srta. Catalina, aún muchos años después se sigue preocupando por mi éxito personal.

A Yanayaco - Characato, un pueblo agrícola irrigado por agua cristalina de manantial donde crecí. No más de 100 personas lo habitaban en aquel entonces, allí me enseñaron el valor de la naturaleza, el estar en armonía con ella. Todos colaboraron para hacer de mí una buena persona y tanto tiempo después continúan animándome a ser un buen médico. Espero recompensar toda su confianza.

A Sam, no existen las palabras para darte las gracias; porque cuando estás a mi lado sin ser dueño de nada, lo tengo todo. Shalom inmenso.

A todos los pacientes que formaron parte de este estudio, ellos son la verdadera razón y motivo de llevarla a cabo, su contribución ayudará a mejorar la salud visual y la calidad de vida de muchos otros. Muchas gracias.



# ÍNDICE

---



LISTA DE FIGURAS .....	xxvii
LISTA DE TABLAS .....	xxxiii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xxxvii
RESUMEN .....	xli
ABSTRACT.....	xlvii
ORGANIZACIÓN GENERAL DE LA TESIS .....	liii
HALLAZGOS ORIGINALES DE NUESTRO TRABAJO .....	lvii
JUSTIFICACIÓN E HIPOTESIS.....	lxv
II INTRODUCCIÓN.....	3
II.1 ANATOMÍA DE LA CÓRNEA .....	3
II.1.1 Película Lagrimal.....	3
II.1.2 Epitelio Corneal .....	3
II.1.3 Capa de Bowman.....	4
II.1.4 Estroma Corneal .....	4
II.1.5 Capa de Dua .....	4
II.1.6 Membrana de Descemet.....	4
II.1.7 Endotelio Corneal.....	4
II.2 QUERATOPLASTIA PENETRANTE (QPP).....	5
II.2.1 HISTORIA .....	5
II.2.2 Concepto .....	5
II.2.3 Indicaciones.....	5
II.2.4 Técnica Quirúrgica.....	7
II.2.5 Tratamiento.....	8
II.2.6 Complicaciones.....	9
II.3 QUERATOPLASTIA LAMINAR ANTERIOR PROFUNDA (DALK) .....	15
II.3.1 Historia .....	15
II.3.2 Concepto .....	15
II.3.3 Indicaciones.....	15
II.3.4 Técnicas Quirúrgicas.....	18
II.3.5 Tratamiento.....	21
II.3.6 Complicaciones de la DALK .....	22
II.4 QUERATOPLASTIA ENDOTELIAL AUTOMATIZADA CON PELADO DE LA DESCOMET (DSAEK).....	24
II.4.1 Historia .....	24
II.4.2 Concepto .....	24

II.4.3	Indicaciones.....	24
II.4.4	Técnica Quirúrgica.....	28
II.4.5	Tratamiento.....	30
II.4.6	Complicaciones.....	30
II.5	QUERATOPLASTIA ENDOTELIAL DE LA MEMBRANA DE DESCEMET (DMEK).....	34
II.5.1	Historia .....	34
II.5.2	Concepto:.....	34
II.5.3	Indicaciones.....	34
II.5.4	Técnica Quirúrgica.....	35
II.5.5	Tratamiento.....	37
II.5.6	Complicaciones.....	37
II.6	ABERRACIONES CORNEALES .....	40
II.6.1	Historia .....	40
II.6.2	Introducción: .....	40
II.6.3	Concepto de Aberración Óptica .....	41
II.6.4	Clasificación:.....	42
II.6.5	Medición y representación del frente de onda.....	43
II.6.6	Aberraciones Oculares .....	58
II.6.7	Aberraciones Corneales .....	59
II.7	PENTACAM .....	60
II.7.1	Mapas de curvatura. ....	61
II.7.2	Mapas de elevación.....	61
II.7.3	Mapa paquimétrico.....	62
II.7.4	Mapa de potencia corneal real. ....	62
II.7.5	Análisis aberrométrico .....	62
II.7.6	Análisis y usos adicionales.....	62
III	OBJETIVOS.....	65
III.1	Objetivos principales.....	65
III.2	Objetivos secundarios .....	65
	.....	66
IV	SUJETOS, MATERIAL Y MÉTODOS.....	69
IV.1	ÁMBITO Y POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	69
IV.2	METODOLOGÍA.....	69
IV.2.1	Anamnesis .....	69
IV.2.2	Examen Oftalmológico Preoperatorio.....	70
IV.2.3	Exámenes Preoperatorios .....	75
IV.2.4	Examen Oftalmológico Postoperatorio .....	75
IV.3	CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	77

IV.4	TÉCNICA QUIRÚRGICA.....	78
IV.4.1	QPP .....	78
IV.4.2	DALK .....	82
IV.4.3	DSAEK .....	86
IV.4.4	DMEK.....	90
IV.5	DETERMINACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA DE LOS TRASPLANTES CORNEALES.....	93
IV.6	MEDIDA DE LAS ABERRACIONES CORNEALES .....	93
IV.7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	98
IV.7.1	Fase descriptiva .....	98
IV.7.2	Fase inferencial .....	99
V	RESULTADOS .....	103
V.1	RESULTADOS DESCRIPTIVOS GENERALES .....	103
V.2	VALORES QUERATOMÉTRICOS BASALES Y CAMBIOS POR TÉCNICA QUIRÚRGICA...	105
V.3	INCIDENCIA DE COMPLICACIONES .....	119
V.4	SUPERVIVENCIA DE LOS TRASPLANTES CORNEALES.....	121
V.5	ABERRACIONES CORNEALES DE LOS TRASPLANTES.....	123
V.6	CORRELACIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL Y LAS ABERRACIONES ÓPTICAS CORNEALES .....	138
VI	DISCUSIÓN.....	143
VI.1	RESULTADOS DESCRIPTIVOS GENERALES .....	143
VI.2	. VALORES QUERATOMÉTRICOS BASALES Y CAMBIOS POR TÉCNICA QUIRÚRGICA.	146
VI.3	COMPLICACIONES DE LOS TRASPLANTES CORNEALES. ....	159
VI.4	SUPERVIVENCIA DE LOS TRASPLANTES CORNEALES.....	165
VI.5	ABERRACIONES CORNEALES DE LOS TRASPLANTES.....	168
VI.6	CORRELACIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL Y LAS ABERRACIONES DE ALTO ORDEN.....	172
VI.7	LIMITACIONES .....	174
VI.8	PUNTOS FUERTES .....	174
VI.9	APLICACIONES PRÁCTICAS .....	175
VI.10	LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN .....	176
VII	CONCLUSIONES .....	179
	BIBLIOGRAFÍA.....	183
	ANEXOS .....	199
	ANEXO I. ....	201
	ANEXO II .....	204
	ANEXO III: PUBLICACIONES .....	205
	ANEXO IV: COMUNICACIONES EN CONGRESO:.....	206
	SECOIR,Murcia 2016.....	206
	ESCRS, Copenhagen 2016.....	207

<i>SEO – Angelini Farmacéutica, Málaga 2016</i> .....	208
<i>ASCRS, Los Ángeles – EEUU 2017</i> .....	209
<i>SECOIR, Oviedo 2017</i> .....	210
<i>SECOIR, Oviedo 2017</i> .....	211
<i>SECOIR, Oviedo 2017</i> .....	212
<i>ANEXO V</i> .....	213
<i>ANEXO VI</i> .....	215

## LISTA DE FIGURAS

---



## LISTA DE FIGURAS

---

Figura I-1. QPP terapéutica. ....	6
Figura I-2. Paciente intervenida de QPP.....	7
Figura I-3. Defecto de reepitelización de la QPP .....	10
Figura I-4 Rechazo endotelial en QPP. ....	14
Figura I-5. Paciente con queratocono avanzado. ....	16
Figura I-6. Paciente con degeneración marginal pelúcida. ....	16
Figura I-7. Pseudocámara tras DALK.....	22
Figura I-8. Paciente intervenido de DALK. ....	23
Figura I-9. Distrofia de Fuchs. ....	25
Figura I-10. Preparación de injerto DSAEK. ....	29
Figura I-11. Dislocación del injerto donante.....	31
Figura I-12. DSAEK 1mes después de la cirugía .....	33
Figura I-13. Imagen del Descemet-roll en el medio de conservación Carry® .....	35
Figura I-14. Incarceración del Descemet-roll en la incisión.....	38
Figura I-15. Glaucoma Agudo por cierre angular en DMEK.....	38
Figura I-16. Dos días después de DMEK en distrofia de Fuchs.....	39
Figura I-17. Aberración de onda.....	41
Figura I-18. Aberración Cromática. ....	42
Figura I-19. Aberración comática .....	44
Figura I-20. Astigmatismo por incidencia oblicua. ....	44
Figura I-21. Curvatura de campo de Petzval .....	45
Figura I-22. Distorsión. ....	45
Figura I-23. Componente esférico. ....	46
Figura I-24. Descentramiento.....	47
Figura I-25. Astigmatismo regular.....	47
Figura I-26. Astigmatismo irregular. ....	48
Figura I-27. Triedro de referencia aberrométrica .....	51

<b>Figura I-28. Inclinación vertical.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura I-29. Desenfoco .....</b>	<b>53</b>
<b>Figura I-30. Astigmatismo .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura I-31. Trefoil.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura I-32. Coma .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura I-33. Tetrafoil.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura I-34. Aberración esférica .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura I-35. Pentafoil .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura I-36. Pentacam HR. ....</b>	<b>61</b>
<b>Figura III-1. Autorefractómetro Topcon TRK-2P.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura III-2. Prueba de topografía corneal realizada con el Pentacam HR. ....</b>	<b>73</b>
<b>Figura III-3. Pantalla de vista preliminar. ....</b>	<b>74</b>
<b>Figura III-4. Técnica quirúrgica de la QPP. ....</b>	<b>80</b>
<b>Figura III-5. Cirugía DALK con técnica de Melles.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura III-6. Técnica quirúrgica DSAEK. ....</b>	<b>87</b>
<b>Figura III-7. Técnica quirúrgica de DMEK.....</b>	<b>92</b>
<b>Figura III-8. Pantalla “Análisis de Zernike” .....</b>	<b>94</b>
<b>Figura IV-1. Tiempo de supervivencia/viabilidad del trasplante en todos los pacientes intervenidos. .....</b>	<b>121</b>
<b>Figura IV-2. Tiempo de supervivencia/viabilidad del trasplante en relación con la técnica quirúrgica.....</b>	<b>122</b>
<b>Figura IV-3. Barras de error de los valores tipificados de las aberraciones en relación con la técnica quirúrgica empleada. Medición: córnea total – 4mm.....</b>	<b>131</b>
<b>Figura IV-4. Barras de error de los valores tipificados de las aberraciones en relación con la técnica quirúrgica empleada. Medición: córnea anterior – 4mm. ....</b>	<b>132</b>
<b>Figura IV-5. Barras de error de los valores tipificados de las aberraciones en relación con la técnica quirúrgica empleada. Medición: córnea posterior – 4mm. ....</b>	<b>133</b>
<b>Figura IV-6. Barras de error de los valores tipificados de las aberraciones en relación con la técnica quirúrgica empleada. Medición: córnea total – 6 mm.....</b>	<b>135</b>

<b>Figura IV-7. Barras de error de los valores tipificados de las aberraciones en relación con la técnica quirúrgica empleada. Medición: córnea anterior – 6 mm. ....</b>	<b>136</b>
<b>Figura IV-8. Barras de error de los valores tipificados de las aberraciones en relación con la técnica quirúrgica empleada. Medición: córnea posterior – 6 mm. ....</b>	<b>137</b>
<b>Figura IV-9. La Relación funcional entre el nivel de aberraciones de alto orden a los dos años y la agudeza visual alcanzada. ....</b>	<b>139</b>

Agradecimiento especial al Dr.  
Javier Celis por ceder  
desinteresadamente numerosas  
fotos para esta tesis.  
Muchas gracias



## LISTA DE TABLAS

---



## LISTA DE TABLAS

---

Tabla I-1. Listado de polinomios de Zernike hasta 5° orden. ....	50
Tabla III-1. Listado de polinomios de Zernike, de las aberraciones de alto grado hasta el 6° orden, según la notación estándar de la OSA, por ello la lista se inicia en 7. ....	95
Tabla IV-1. Técnicas de queroplastia utilizadas .....	103
Tabla IV-2. Edad y sexo en relación con la técnica de queratoplastia.....	103
Tabla IV-3. Indicaciones para cada queratoplastia .....	104
Tabla IV-4. Valores queratobiométricos basales .....	106
Tabla IV-5. Cambios en los valores queratobiométricos tras un año de la queratoplastia (DALK versus QPP).....	108
Tabla IV-6. Cambios en los valores queratobiométricos tras dos años de la queratoplastia (DALK versus QPP).....	109
Tabla IV-7 Cambios en los valores queratobiométricos tras un año de la queratoplastia (DSAEK y DMEK versus QPP) .....	111
Tabla IV-8. Cambios en los valores queratobiométricos tras dos años de la queratoplastia (DSAEK y DMEK versus QPP) .....	112
Tabla IV-9 Cambios en los valores queratobiométricos, uno y dos años después de la queratoplastia (DALK versus QPP).....	114
Tabla IV-10. Cambios en los valores queratobiométricos, uno y dos años después de la queratoplastia (DALK versus QPP) .....	115
Tabla IV-11. Cambios en los valores queratobiométricos, uno y dos años después de la queratoplastia (DSAEK y DMEK versus QPP).....	116
Tabla IV-12. Cambios en los valores queratobiométricos, uno y dos años después de la queratoplastia (DSAEK y DMEK versus QPP).....	117
Tabla IV-13. Cambios en los valores queratobiométricos, uno y dos años después de la queratoplastia (DSAEK y DMEK versus QPP).....	118
Tabla IV-14 Incidencia de complicaciones postquirúrgicas .....	119
Tabla IV-15. Incidencia de complicaciones postquirúrgicas en las principales indicaciones.....	120
Tabla IV-16: Aberrometría. Córnea total (4 mm) .....	124

<b>Tabla IV-17. Aberrometría. Córnea anterior (4 mm).....</b>	<b>125</b>
<b>Tabla IV-18. Aberrometría. Córnea posterior (4 mm) .....</b>	<b>126</b>
<b>Tabla IV-19. Aberrometría. Córnea total (6 mm) .....</b>	<b>127</b>
<b>Tabla IV-20. Aberrometría. Córnea anterior (6 mm).....</b>	<b>128</b>
<b>Tabla IV-21. Aberrometría. Córnea posterior (6 mm) .....</b>	<b>129</b>
<b>Tabla IV-22 Asociación entre los valores aberrométricos y la AV a los dos años de la intervención</b> <b>.....</b>	<b>138</b>

## ABREVIATURAS

---



## LISTA DE ABREVIATURAS

%	Por ciento.
µm	Micras.
AAO	American Academy of Ophthalmology.
ALTK	Automated anterior lamellar therapeutic keratoplasty (Queratoplastia terapéutica laminar anterior automatizada).
AV	Agudeza visual.
BSS	Solución salina Balanceada (Balanced saline solution).
CA	Superficie corneal anterior.
CP	Superficie corneal posterior.
CT	Córnea total.
D	Dioptrías.
DALK	Deep anterior lamellar keratoplasty (Queratoplastia laminar anterior profunda).
DCO	Diferencia de camino óptico.
MD	Membrana de Descemet.
DMAE	Degeneración macular asociada a la edad.
DMEK	Descemet membrane endothelial keratoplasty (Queratoplastia endotelial de la membrana de Descemet).
DSAEK	Descemet stripping automated endothelial keratoplasty (Queratoplastia endotelial automatizada con pelado de Descemet).
DSEK	Descemet's stripping endothelial keratoplasty (Queratoplastia endotelial con pelado de Descemet).
EBAA	Eye Bank Association of America (Asociación de bancos de ojos de América).
E-DMEK	DMEK asistida por endoiluminador (Endoilluminator-assisted Descemet membrane endothelial keratoplasty).
EKR	Equivalent Keratometry Readings (lectura queratométrica equivalente).
ELK	Endothelial lamellar keratoplasty (Queratoplastia laminar Endotelial).
FDA	Food and Drug Administration (Administración de alimentos y fármacos).

G	Gauge.
HOA	Hight order aberration (Aberración de alto orden).
HTO	Hipertensión ocular.
kg	Kilogramo.
LASIK	Laser assisted in situ keratomileusis (Queratomileusis in situ asistida por Láser).
LED	Light emitting diode (diodo emisor de luz).
LIO	Lente intraocular.
mg	Miligramos.
mm	Milímetros.
mm <sup>2</sup>	Milímetros cuadrados.
nm	Nanómetros.
OCT	Tomografía de coherencia óptica (Optical coherence tomography)
OSA	Optical Society of America (Sociedad óptica de América).
PDEK	Queratoplastia endotelial predescemética.
PIO	Presión intraocular.
PLK	Posterior lamellar keratoplasty (Queratoplastia laminar posterior).
PRK	Photorefractive keratectomy (Queratectomía fotorrefractiva).
QF	Quality Factor (Factor de calidad).
QPP	Queratoplastia penetrante.
QS	Quality Specification (Especificación de la calidad).
RMS	Root Mean Square (media cuadrática).
SAP	Sinequias anteriores periféricas.
SCUBA	Submerged cornea using backgrounds away (Córnea sumergida utilizando fondos de distancia).
SF <sub>6</sub>	Hexafluoruro de azufre.
UV	Ultravioleta.
VIH	Virus de la inmunodeficiencia humana.
YAG	Láser granate de itrio y argón.

## RESUMEN

---



### ▪ INTRODUCCIÓN

El trasplante corneal es un procedimiento mediante el cual se reemplaza la totalidad del grosor de la córnea o alguna de sus capas. La QPP ha sido la técnica más empleada para el tratamiento de las patologías corneales, actualmente se están popularizando las técnicas de queratoplastia laminar, donde se recambia únicamente la capa patológica.

La queratoplastia laminar es cada vez más practicada debido a que tiene ventajas sobre el trasplante penetrante como: recuperación funcional más rápida, menor alteración refractiva y topométrica, disminución de la posibilidad de presentar un rechazo inmunológico, menor incidencia de efectos secundarios medicamentosos, principalmente los esteroides, y mayor protección ante la eventualidad de un traumatismo ocular, además de conservar mejor las características biomecánicas de la córnea receptora. Por otro lado, la queratoplastia laminar tiene ventajas específicas de acuerdo con la indicación del trasplante al conservar las estructuras sanas de la córnea receptora.

Las aberraciones ópticas corneales son uno de los principales factores condicionantes de la calidad de imagen que llega a la retina. Estas aberraciones dependen de la geometría de las superficies refractivas corneales tanto anterior como posterior. Podemos analizar el comportamiento óptico de la córnea gracias a que es posible convertir los datos de topografía y elevación en datos aberrométricos. Más del 90% de las aberraciones ópticas que tiene un ojo sano proceden del plano corneal, siendo mayor en córneas irregulares.

### ▪ OBJETIVOS

La presente tesis doctoral se diseñó con cuatro objetivos bien definidos:

- 1º. Describir, comparar y analizar los resultados de la agudeza visual, queratométricos, refractivos y topométricos de los cuatro tipos de trasplantes estudiados.
- 2º. Describir, comparar y analizar las complicaciones que se presentaron en los cuatro tipos de trasplantes estudiados.
- 3º. Describir, comparar y analizar la magnitud de las aberraciones ópticas de alto orden corneales, en los cuatro tipos de trasplante estudiados utilizando como grupo control los datos aberrométricos de córneas sanas pareadas por edad y sexo.
- 4º. Describir y analizar la correlación entre la magnitud de las aberraciones corneales y la AV final a los dos años después de la queratoplastia.

## ▪ MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron todos los pacientes sometidos a técnicas de trasplante corneal desde el año 2009 hasta 2015 en la sección de córnea del servicio de oftalmología del Hospital General La Mancha Centro - Alcázar de San Juan. Un total de 270 ojos de 229 pacientes fueron estudiados en esta tesis, siendo la QPP la técnica más realizada con 89 ojos, 55 ojos fueron tratados con DALK, 69 con DSAEK y 60 DMEK. Además, se conformó un grupo control de 60 ojos sanos de similar rango de edad.

Se evaluó la AV, se obtuvo el equivalente esférico, la esfera y el cilindro, se tomó la PIO, valoramos el polo anterior y el fondo de ojo de cada caso en busca de complicaciones. Se realizó un examen tomográfico con el Pentacam® (Oculus, Alemania) recogiendo los datos de la paquimetría, la queratometría, el astigmatismo topográfico y la asfericidad de la superficie corneal anterior y posterior. Estos datos fueron obtenidos de los exámenes realizados durante la última consulta preoperatoria, y durante las revisiones al cabo del primer y segundo año de la queratoplastia. Finalmente, los datos de las HOA se obtuvieron del análisis de Zernike del Pentacam® realizados en la revisión del primer y segundo año postoperatorio. Las aberraciones ópticas fueron recogidas hasta el sexto orden, siendo calculadas para 4 y 6 mm de diámetro, considerando las aberraciones de la superficie corneal anterior, de la posterior y de la córnea total. Para aumentar la potencia del análisis aberrométrico se calculó la RMS de los distintos órdenes, así como de los polinomios con la misma frecuencia azimutal.

Los datos queratométricos, refractivos y topométricos fueron comparados entre las técnicas de queratoplastia estudiadas. Además, se realizó el mismo análisis para los diagnósticos más frecuentes de cada técnica, comparándola con la QPP.

Se realizó una descripción y comparación de la incidencia de las complicaciones en cada una de las técnicas, y según las indicaciones más frecuentes.

Los datos aberrométricos fueron comparados entre las técnicas de queratoplastia estudiadas, analizando sus cambios entre el primer y segundo año. Además, se comparó la magnitud de las aberraciones corneales de cada técnica quirúrgica con las del grupo control. Finalmente se evaluó la correlación entre la AV a los dos años del postoperatorio y las aberraciones de la córnea total.

## ▪ RESULTADOS

Los resultados obtenidos al año y dos años de seguimiento después de la cirugía se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 1: Resultados visuales, refractivos, queratométricos y topométricos** (de la superficie corneal anterior) al año y dos años de seguimiento post-queratoplastia. Se muestran las medias de cada variable.

	Queratoplastia							
	QPP		DALK		DSAEK		DMEK	
	1 <sup>er</sup> a	2 <sup>do</sup> a	1 <sup>er</sup> a	2 <sup>do</sup> a	1 <sup>er</sup> a	2 <sup>do</sup> a	1 <sup>er</sup> a	2 <sup>do</sup> a
AV (escala decimal)	0,31	0,37	0,36	0,39	0,39	0,41	0,55*	0,56
Equivalente esférico (D)	0,98	0,33	-2,71*	-2,70*	-0,67*	-0,48*	-0,80*	-0,67*
Esfera (D)	2,98	2,33	-0,81*	-0,71*	0,42*	0,60*	0,31*	0,24*
Cilindro (D)	-4,07	-4,09	-3,93	-4,20	-2,02*	-2,19*	-2,18*	-1,88*
PIO (mmHg)	16	16	14	14	16	15	16	15
Paquimetría (µm)	526	551	591*	608*	662*	690*	534	559
Queratometría media (D)	43,56	43,17	44,90	45,27*	43,85	44,08*	43,74	43,83*
Astigm. Topográfico (D)	4,77	4,67	4,67	4,32	2,15	2,18	2,26	2,26
Asfericidad	-0,85	-0,39	0,19*	0,38	-0,22*	-0,27	-0,37	-0,30

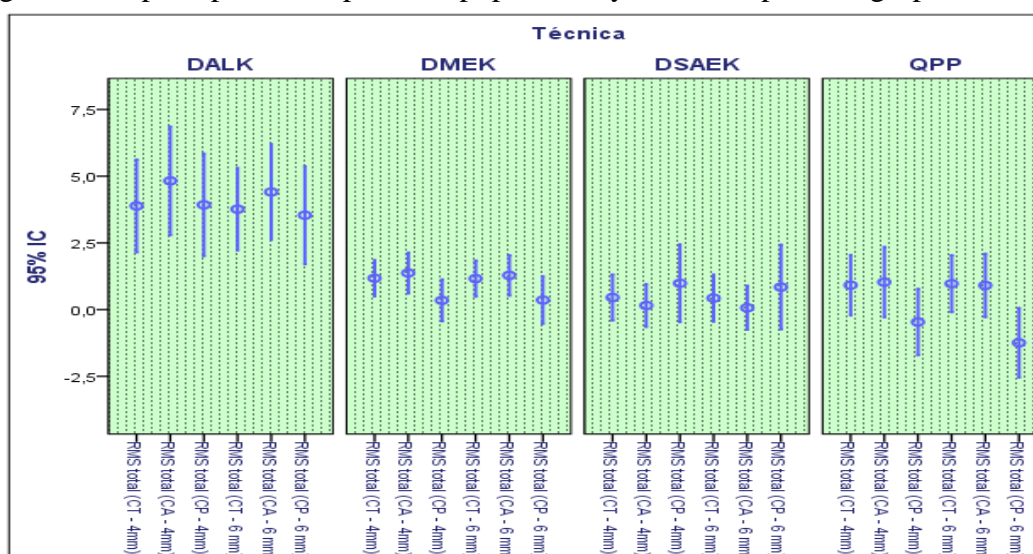
- *Diferencias (IC95%): diferencias entre técnicas ajustadas por edad, nivel basal y tiempo de seguimiento siendo la QPP la técnica de referencia.*

**Tabla 2. Incidencia de complicaciones postquirúrgicas**

Queratoplastia	Inmediatas				Al año*				A los dos años*			
	No		Sí		No		Sí		No		Sí	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
QPP	67	77,9%	19	22,1%	30	36,1%	53	63,9%	33	42,9%	44	57,1%
DALK	48	87,3%	7	12,7%	32	59,3%	22	40,7%	34	69,4%	15	30,6%
DSAEK	50	72,5%	19	27,5%	37	53,6%	32	46,4%	35	58,3%	25	41,7%
DMEK	42	70,0%	18	30,0%	41	68,3%	19	31,7%	33	71,7%	13	28,3%

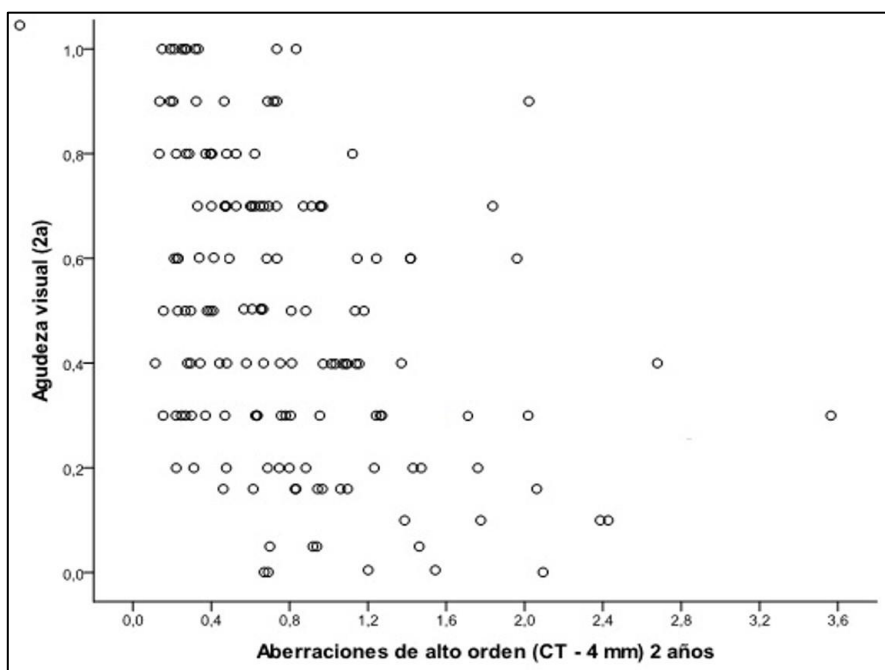
- *Diferencias entre técnicas estadísticamente significativas (p<0,05)*

**Figura 1. Resultados aberrométricos** de las cuatro técnicas analizadas en conjunto, al segundo año postoperatorio, para una pupila de 4 y 6 mm, respecto al grupo control.



- *Dónde: CA: Superficie corneal anterior, CP: Superficie corneal posterior, CT: córnea total*

**Figura 2. Relación de la magnitud RMS total de los 4 mm centrales y la AV de cada una de las queratoplastias, al segundo año postoperatorio.**



## CONCLUSIONES

1. Las técnicas endoteliales causan una menor variación de la refracción y queratometría respecto a la QPP y los datos basales. Tanto la DALK como la DSAEK incrementan la paquimetría.
2. La técnica DMEK tiene un mayor número de complicaciones en el postoperatorio inmediato respecto a la técnica QPP, sin embargo esta proporción se invierte al cabo del primer año. Además, la DMEK exhibe la peor tasa de supervivencia, mientras que DALK muestra la mejor tasa de las cuatro técnicas estudiadas durante el periodo de seguimiento.
3. Las cuatro técnicas de queratoplastia estudiadas aumentan significativamente las aberraciones corneales de alto orden con respecto al grupo control.
4. Los ojos sometidos a trasplante corneal que muestran una mayor magnitud de aberraciones de alto orden presentan un deterioro de su agudeza visual.

- **Palabras Clave:** Córnea, queratoplastia, QPP, DALK, DSAEK, DMEK, aberraciones corneales de alto orden, Zernike, Pentacam.

## ABSTRACT

---



### INTRODUCTION

Corneal transplantation is a procedure in which the entire thickness of the cornea or any of its layers is replaced. Penetrating keratoplasty has been the most widely used technique for the treatment of corneal pathologies that caused irreversible visual deficiency. Currently, lamellar keratoplasty techniques are becoming popular, where only the pathological layer is replaced by donor corneal tissue.

Lamellar keratoplasty is increasingly practiced because it has advantages over penetrating transplantation such as: faster functional recovery, less refractive and topometric alteration, reduced chance of immune rejection, less incidence of medication-side effects, mainly steroids, and greater protection against the possibility of eye trauma, in addition to better preservation of the biomechanical characteristics of the receiving cornea. On the other hand, lamellar keratoplasty has specific advantages according to the indication of the transplant, as it preserves the healthy structures of the receiving cornea.

Corneal optical aberrations are one of the main factors conditioning the quality of the image that reaches the retina. These aberrations depend on the geometry of both anterior and posterior corneal refractive surfaces. We can analyze the optical behavior of the cornea by converting topography and elevation data into optical aberration data. It should be noted that more than 90% of the optical aberrations in a healthy eye come from the corneal plane, and are higher in irregular corneas.

### OBJETIVOS

The present Doctoral Thesis was designed with four well-defined objectives:

- 1°. To describe, compare and analyze the visual acuity, keratometric, refractive and topometric results of the four types of transplants studied.
- 2°. To describe, compare and analyze the complications that occurred in the four types of transplants studied.
- 3°. To describe, compare and analyze the magnitude of high order corneal optical aberrations (HOA) in the four types of transplants studied, using as a control group the aberrometric data from healthy corneas matched by age and sex.
- 4°. Describe and analyze the correlation between the magnitude of corneal aberrations and final AV two years after keratoplasty.

## **MATERIAL AND METHODS**

We analyzed all patients underwent corneal transplant techniques from 2009 to 2015 in the cornea section of the ophthalmology service of the General Hospital La Mancha Centro - Alcázar de San Juan. A total of 270 eyes out of 229 patients were studied in this thesis, with PKP being the most commonly performed technique with 89 eyes, 55 eyes were treated with DALK, 69 with DSAEK and 60 with DMEK. In addition, a control group of 60 healthy eyes of similar age range was formed.

The visual acuity was evaluated, the spherical equivalent, the sphere and the cylinder were obtained after performing a refractive examination, the IOP was taken, and the anterior pole and fundus of each case were evaluated for complications. A tomographic examination was performed with the Pentacam® (Oculus, Germany) to collect data from pachymetry, keratometry, topographic astigmatism and asphericity of the anterior and posterior corneal surface. These data were obtained from the examination performed during the last preoperative consultation, and during the revisions at the end of the first and second year of the keratoplasty. Finally, the HOA data were obtained from Zernike's analysis of Pentacam® performed in the first and second year postoperative review. Optical aberrations were collected up to the sixth order, being calculated for 4 and 6 mm diameter, and considering the aberrations of the anterior corneal surface, posterior and total cornea. To increase the power of the aberrometric analysis, the RMS of the different orders was calculated, as well as of the polynomials with the same azimuthal frequency.

Keratometric, refractive and topometric data were compared between the keratoplasty techniques studied. In addition, the same analysis was performed for the most frequent diagnoses of each technique, comparing it with the PKP.

A description and comparison was made of the incidence of complications in each of the techniques, according to the most frequent indications.

The aberrometric data were compared between the keratoplasty techniques studied, analyzing their changes between the first and second year. In addition, the magnitude of the corneal aberrations of each surgical technique was compared with those of the control group. Finally, the correlation between AV two years after surgery and total corneal aberrations was evaluated.

## **RESULTS**

The results obtained after one year and two years of follow-up after surgery are shown in the following tables:

**Table 1: Visual, refractive, keratometric and topometric results** (of the anterior corneal surface) at one year and two years of post-keratoplasty follow-up. The means of each variable are shown.

	Keratoplasty							
	PKP		DALK		DSAEK		DMEK	
	1 <sup>th</sup> y	2 <sup>nd</sup> y	1 <sup>th</sup> y	2 <sup>nd</sup> y	1 <sup>th</sup> y	2 <sup>nd</sup> y	1 <sup>th</sup> y	2 <sup>nd</sup> y
Visual acuity (decimal scale)	0,31	0,37	0,36	0,39	0,39	0,41	0,55*	0,56
Spherical equivalent (D)	0,98	0,33	-2,71*	-2,70*	-0,67*	-0,48*	-0,80*	-0,67*
Sphere (D)	2,98	2,33	-0,81*	-0,71*	0,42*	0,60*	0,31*	0,24*
Cylinder (D)	-4,07	-4,09	-3,93	-4,20	-2,02*	-2,19*	-2,18*	-1,88*
IOP (mmHg)	16	16	14	14	16	15	16	15
Pachymetry (µm)	526	551	591*	608*	662*	690*	534	559
Mean keratometry (D)	43,56	43,17	44,90	45,27*	43,85	44,08*	43,74	43,83*
Topographic astigmatism (D)	4,77	4,67	4,67	4,32	2,15	2,18	2,26	2,26
Asphericity	-0,85	-0,39	0,19*	0,38	-0,22*	-0,27	-0,37	-0,30

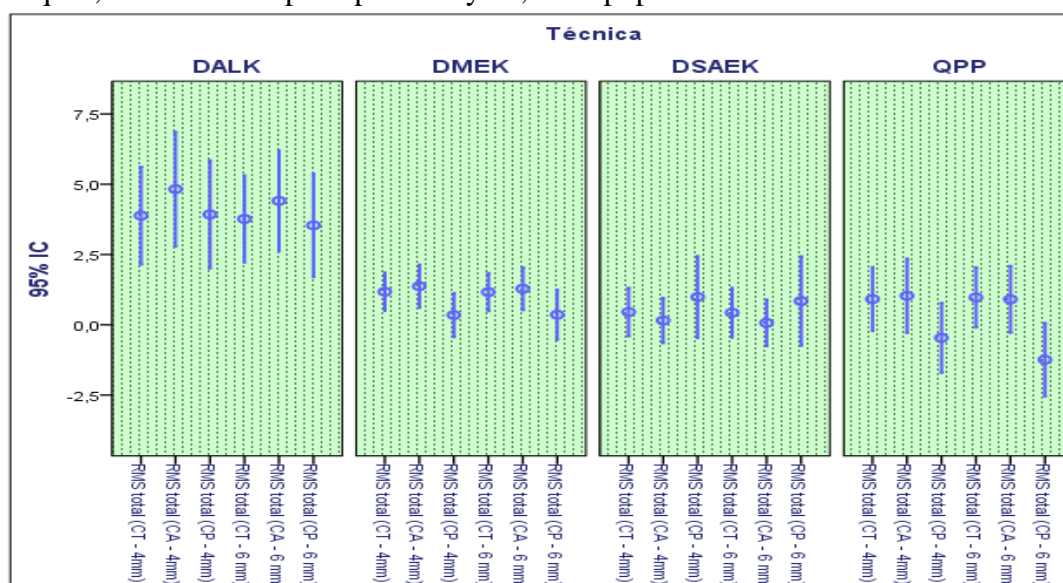
• Differences (IC95%): differences between techniques adjusted for age, baseline level and follow-up time, PKP is the reference technique.

**Table 2. Incidence of post-surgical complications**

Keratoplasty	Immediate				1 year*				2 years*			
	No		Yes		No		Yes		No		Yes	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
PKP	67	77,9%	19	22,1%	30	36,1%	53	63,9%	33	42,9%	44	57,1%
DALK	48	87,3%	7	12,7%	32	59,3%	22	40,7%	34	69,4%	15	30,6%
DSAEK	50	72,5%	19	27,5%	37	53,6%	32	46,4%	35	58,3%	25	41,7%
DMEK	42	70,0%	18	30,0%	41	68,3%	19	31,7%	33	71,7%	13	28,3%

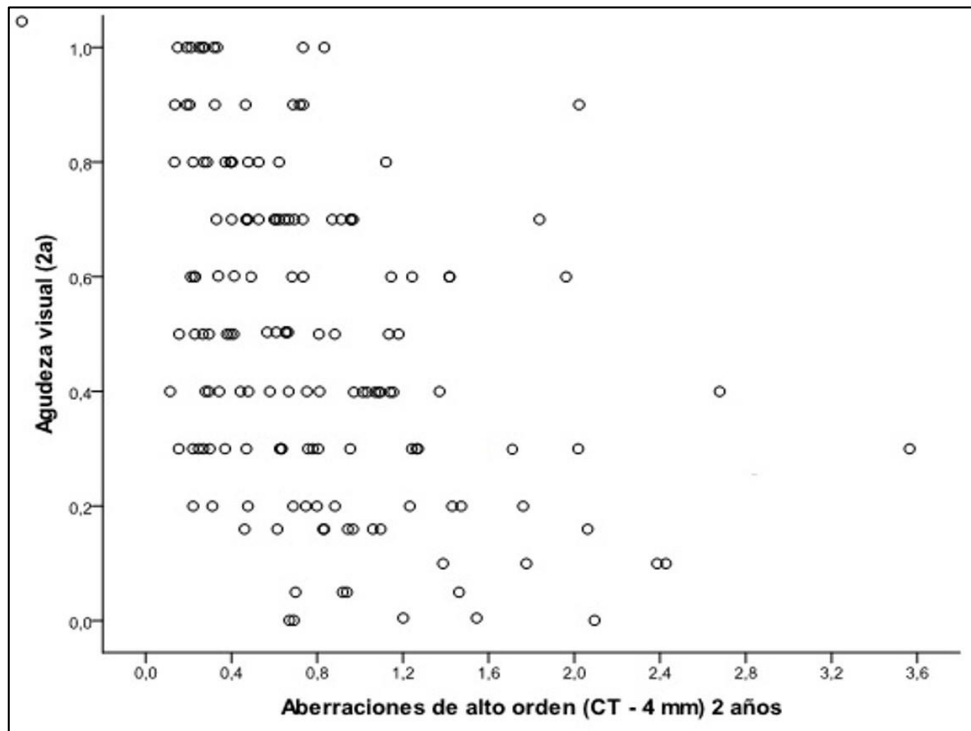
• Statistically significant differences between techniques ( $p < 0.05$ )

**Figura 1. Aberrometric results** of all the transplanted corneas with the four techniques, at the second postoperative year, for a pupil of 4 and 6 mm.



• CA: Anterior corneal surface, CP: Posterior corneal surface, CT: Total Cornea

**Figure 2. Ratio of the Total RMS magnitude of the central 4 mm and the visual acuity of each type of keratoplasty in the second postoperative year.**



## CONCLUSIONS

1. Endothelial techniques cause less variation in refraction and keratometry than PKP and baseline data. Both DALK and DSAEK increase pachymetry.
2. The DMEK technique has a higher number of immediate post-operative complications than the QPP technique, however, this proportion is reversed after the first year. In addition, DMEK exhibits the worst survival rate, while DALK exhibits the best rate of the four techniques studied during the follow-up period.
3. The four keratoplasty techniques studied significantly increase corneal high order aberrations with respect to the control group.
4. Eyes undergoing corneal transplantation that show a greater magnitude of high order aberrations show a deterioration in their visual acuity.

**Keywords:** Cornea, keratoplasty, PKP, DALK, DSAEK, DMEK, high order corneal aberrations, Zernike, Pentacam.

## **O**RGANIZACIÓN GENERAL DE LA TESIS

---



Finalmente, la tesis contiene 7 partes: Introducción, objetivos, sujetos, material y métodos, resultados, discusión, conclusiones y bibliografía.

La **primera** contiene la introducción. Comenzamos realizando una revisión pormenorizada de la estructura corneal. Posteriormente, se describen las distintas técnicas de trasplante corneal, explicando las indicaciones, los pasos quirúrgicos, el tratamiento postoperatorio y las posibles complicaciones de cada técnica. A continuación, se hace una revisión de las aberraciones ópticas y corneales, su clasificación, medición y representación. Y finalmente, describimos el tomógrafo Pentacam®, analizando cada uno de los mapas utilizados en este estudio.

En la **segunda** parte de esta tesis se exponen de forma breve y concreta los objetivos del trabajo que se pueden resumir en describir, comparar y analizar los datos de AV, queratométricos, refractivos, topométricos, la incidencia de complicaciones y la magnitud de las aberraciones de alto orden, así como estimar la correlación entre la HOA y la AV a los dos años de la cirugía

La **tercera** parte se corresponde con la descripción de los sujetos, material y métodos utilizados para la realización de esta Tesis. En primer lugar se describe la población y ámbito de nuestro estudio. En el segundo lugar desarrollamos la metodología para obtener los datos del estudio, describiendo los procedimientos para la realización de los exámenes de los pacientes. Luego describimos la obtención del consentimiento informado. A continuación, se explican los pasos y procedimientos de las distintas técnicas de queratoplastia. Seguidamente se describen las características del sistema de topografía utilizado y un método para representar la superficie corneal como una combinación de polinomios de Zernike; además se presentan los cálculos completos para obtener las aberraciones de alto orden de la córnea a partir de los datos de elevación del Pentacam, detallamos los cálculos para la obtención de las distintas magnitudes de las aberraciones ópticas reseñando las posibles comparaciones y correlaciones de las mismas con otras variables. Finalmente, describimos la estrategia de análisis empleada en el examen de las distintas variables de este estudio.

La **cuarta** parte se presentan los resultados con una descripción analítica acompañada de tablas, imágenes y figuras que ilustran y documentan las observaciones realizadas. Lo hemos dividido en cinco apartados. El primero está dedicado a la descripción de los datos

generales. El segundo recoge los resultados queratométricos, refractivos y topométricos. El tercero muestra las complicaciones de las queratoplastias. En el cuarto apartado describimos la supervivencia de los injertos corneales. En quinto lugar se presentan los resultados de las aberraciones ópticas de los trasplantes. Por último, mostramos la correlación entre la magnitud de las aberraciones y la AV final a los dos años.

En la **quinta** parte corresponde a la discusión, y en ella se analizan de forma crítica los resultados obtenidos, explicando las posibles causas de su magnitud y de las correlaciones obtenidas, además de la contribución de las aberraciones ópticas de alto orden al posible deterioro de la imagen. Por otro lado, se realiza una comparación crítica con estudios similares, explicando las posibles diferencias. Finalmente, en esta sección incluimos las limitaciones, puntos fuertes y las investigaciones futuras.

La **sexta** parte se enumeran las principales conclusiones de esta tesis.

En la **séptima** última parte, la bibliografía, se incluyen las referencias de los trabajos científicos consultados para la realización de esta tesis.

Como complemento, al final de la memoria se incluyen anexos, presentando la tabla de recogida de datos y el documento de consentimiento informado, además de resultados complementarios.

## **H**ALLAZGOS ORIGINALES DE NUESTRO TRABAJO

---



## HALLAZGOS ORIGINALES DE NUESTRO TRABAJO

---

Esta tesis doctoral supone el primer estudio donde se comparan las 4 principales técnicas de queratoplastia, además aporta datos de un análisis longitudinal ya que se evaluaron los casos en el preoperatorio, al año y a los dos años.

Esta tesis doctoral contribuye con resultados novedosos referidos fundamentalmente a la influencia de los factores queratométricos, refractivos, topométricos y aberrométricos sobre la recuperación visual y la calidad de visión de los cuatro tipos de queratoplastias evaluados, así como la posibilidad de aparición de complicaciones durante el periodo de seguimiento.

Los datos más novedosos aportados por esta tesis son:

- Las cuatro técnicas se comportan refractivamente como hipermetropizantes, siendo la QPP más hipermetropizante que las técnicas laminares.
- La DALK modifica la curvatura de la superficie corneal posterior, creando irregularidades e incrementando la magnitud de las aberraciones corneales estudiadas.
- El injerto laminar DALK presenta una mejor tasa de supervivencia en comparación con las otras tres técnicas estudiadas.
- Se observa que las HOA hasta el 5° orden tienen una correlación negativa estadísticamente significativa con la AV.
- Las HOA se asocian a mejor AV postoperatoria cuando sus valores son inferiores a 2, siendo también mayor su influencia sobre el resultado visual final cuando sus valores están dentro de ese rango.



**P**UBLICACIONES Y COMUNICACIONES A CONGRESOS

---



## 1.-PUBLICACIONES

1.1. Celis Sánchez, J., Infantes Molina, E. J., & Cantos, E. A. (2017). Descemetorhexis Without Graft Placement: Transplant of Descemet-Free Fragments. *Ophthalmology*, 124(11), 1620.

1.2. Infantes Molina, E. J., Celis Sánchez, J., Tenías Burillo, J. M., Diaz Valle, D., Benítez-del-Castillo J. M., Mesa Varona, D., Avendaño Cantos, E. A. Deep Anterior Lamellar Keratoplasty Versus Penetrating Keratoplasty in Corneas Showing a High or Low Graft Rejection Risk. *Eur-j-ophthalmol*. En revisión

## 2.-COMUNICACIONES A CONGRESOS

2.1 Edgar Javier Infantes Molina, Javier Celis Sánchez, Diana Mesa Varona, Eva Avendaño Cantos. “ABERRACIONES DE ALTO ORDEN EN CUATRO TÉCNICAS DE QUERATOPLASTIA”. Comunicación Oral. XXXI Congreso SECOIR (Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva). Murcia 19-21 de Mayo del 2016.

2.2 Edgar Javier Infantes Molina, Javier Celis Sánchez, Diana Mesa Varona, Eva Avendaño. “HIGH ORDER ABERRATIONS IN FOUR CORNEAL TRANSPLANTATION TECHNIQUES”. Poster Village. XXXIV Congress of the ESCRS. Copenhagen, 10-14 de Set del 2016.

2.3 Edgar Javier Infantes Molina. “MANEJO DE LAS QUERATOPLASTIAS DE ALTO RIESGO”. XCII Congreso SEO (Sociedad Española de Oftalmología). Málaga, 21-24 de Setiembre del 2016. Caso clínico ganador del X Certamen de casos clínicos en Superficie Ocular patrocinado por Angelini Farmacéutica.

2.4 Edgar Javier Infantes Molina, Diana Mesa Varona, Eva Avendaño Cantos, Javier Gálvez Martínez, Marta Pradas González, José Manuel Zarco Tejada, Esperanza López Mondéjar. “HIGH ORDER CORNEAL ABERRATIONS IN FOUR KERATOPLASTY TECHNIQUES”. Comunicación Oral. Congreso y Symposium de la ASCRS (American Society of Cataract and Refractive Surgery). Los Ángeles - EEUU. 5-9 de Mayo de 2017.

- 2.5 Marta Pradas González, Edgar Javier Infantes Molina, Eva Avendaño Cantos, Diana Mesa Varona, Trinidad Infante León, Javier Celis Sánchez. “ANÁLISIS TOPOMÉTRICO Y QUERATOMÉTRICO DE OJOS SOMETIDOS A QUERATOPLASTIA PENETRANTE”. Comunicación Oral. XXXII Congreso SECOIR. Oviedo-España 24-27 de Mayo del 2017.
- 2.6 Edgar Javier Infantes Molina, Diana Mesa Varona, Eva Avendaño Cantos, Marta Pradas González, Trinidad Infante León, Javier Celis Sánchez. “ANÁLISIS DE LA SUPERFICIE POSTERIOR EN CÓRNEAS TRATADAS MEDIANTE TRASPLANTE LAMINAR”. Comunicación Oral. XXXII Congreso SECOIR. Oviedo-España 24-27 de Mayo del 2017.
- 2.7 Edgar Javier Infantes Molina, Eva Avendaño Cantos, Diana Mesa Varona, Javier Celis Sánchez, Javier Gálvez Martínez, Ángela Barrajon Rodríguez. “FUNCIÓN VISUAL Y ABERRACIONES DE ALTO ORDEN DESPUÉS DEL TRASPLANTE CORNEAL”. Comunicación Oral. XXXII Congreso SECOIR. Oviedo-España 24-27 de Mayo del 2017.

## **J**USTIFICACIÓN E **H**IPÓTESIS

---



### JUSTIFICACIÓN

La función visual puede ser medida tanto cuantitativa como cualitativamente, la primera está definida por la AV. El factor cualitativo sería la calidad con la que se pueden ver las imágenes. La óptica física nos brinda la posibilidad de entender y analizar los fenómenos de la luz que determinan la calidad visual. Uno de estos aspectos son las aberraciones ópticas generadas por la córnea que producen una imagen defectuosa en la retina. Los avances tecnológicos recientes nos permiten evaluar y estimar de forma objetiva distintos factores que determinan la calidad visual.<sup>1</sup>

La aberración óptica es cualquier alteración en el frente de onda al atravesar un medio óptico que dará lugar a que la propagación no sea ideal. Una forma de caracterizar las aberraciones es cuantificando la diferencia entre el frente de onda generado por el sistema y un frente de onda esférico de referencia.<sup>2</sup>

Con los avances en las técnicas de queratoplastia, los cirujanos pueden reemplazar la capa dañada de la córnea. La sustitución de la lámina anterior se denomina queratoplastia laminar anterior profunda (DALK) la cual es utilizada en leucomas, distrofias estromales, queratocono e infecciones.<sup>3</sup> El reemplazo de la lámina endotelial acompañado de un mínimo de estroma posterior se denomina queratoplastia endotelial con pelado de Descemet automatizado (DSAEK) practicada en disfunciones y agotamiento endotelial (distrofia de Fuchs, queratopatía bullosa).<sup>4,5</sup> El reemplazo de sólo la capa endotelial y la capa de Descemet se denomina queratoplastia endotelial de la membrana de Descemet (DMEK) usada en las mismas indicaciones que DSAEK.<sup>6,7</sup> Tradicionalmente se realizaba la queratoplastia penetrante (QPP) donde se reemplaza todas las capas corneales en situaciones que pudiesen incluir la patología de cualquier lámina corneal.<sup>8</sup>

A pesar del éxito y los avances de estos procedimientos se puede observar en la clínica la presencia de perturbaciones y alteraciones en la calidad óptica de la córnea. Estas alteraciones incluyen la inducción de aberraciones ópticas y dispersión anómala

de la luz. Estos fenómenos causados por las alteraciones corneales sobre la luz son poco entendidos.<sup>9</sup>

Varios estudios han comparado la calidad óptica entre las distintas técnicas de trasplante corneal midiendo las aberraciones ópticas de alto orden. Se ha publicado que la DALK produce mayores aberraciones de alto orden que la QPP,<sup>10</sup> aunque otro estudio que comparó las mismas técnicas no encontró diferencias significativas entre las aberraciones de alto orden.<sup>11</sup>

Trabajos sobre DSAEK han encontrado que induce menos aberraciones de alto orden que la QPP,<sup>12</sup> aunque otro estudio observó que DSAEK produce mayores aberraciones en la cara corneal posterior.<sup>13</sup>

En un estudio que analiza las aberraciones ópticas producidas por DMEK se halló que esta técnica produce solamente ligeros cambios de las aberraciones ópticas de alto orden en la cara corneal posterior conservando medidas casi fisiológicas de la cara anterior.<sup>14</sup>

Muchos de los estudios anteriores se realizaron utilizando como principal instrumento de medida el Pentacam, el cual es un sistema no invasivo basado en el principio de Scheimpflug, utilizado como topógrafo de elevación además de medir y caracterizar el segmento anterior. Con ese sistema rotatorio de cámara Scheimpflug se toman 25 o 100 fotografías con 500 puntos de medida en la superficie anterior y posterior de la córnea con una rotación de 360°.<sup>15</sup>

Hemos realizado una búsqueda bibliográfica exhaustiva (PubMed, CENTRAL de la colaboración Cochrane, EMBASE) para identificar estudios que analicen las aberraciones ópticas de alto orden en las distintas técnicas de trasplante corneal. Los resultados muestran que la mayoría de los estudios son observacionales y transversales, describiendo solo las medidas de los distintos tipos de aberraciones, sin determinar asociaciones ni el cambio de las distintas medidas en la evolución de las queratoplastias.

La justificación principal de este trabajo es describir y explicar una posible causa de AV deficiente en ojos sometidos a trasplante corneal, los cuales mantienen una gran

transparencia y ausencia de patologías en la exploración biomicroscópica; pero que, sin embargo, no logran obtener la AV esperada.

La utilidad práctica de los resultados de este estudio nos permitirá entender, predecir y conocer cuál es la técnica de trasplante corneal que provoca mayores aberraciones ópticas, prediciendo y aplicando técnicas de corrección de estos defectos visuales en beneficio de los pacientes con trasplante corneal.

El oftalmólogo como un profesional de la salud visual debe comprender los factores limitantes de la ganancia de cantidad y calidad visual para poder aplicarlos en su práctica clínica en beneficio de los pacientes.

## **HIPÓTESIS**

1. Los trasplantes corneales, ya sean penetrantes (QPP) o laminares tipo DALK, DSAEK o DMEK, incrementan la magnitud de las aberraciones ópticas de alto orden respecto a córneas sin patología.
2. Los trasplantes corneales tipo QPP tienen aberraciones ópticas de alto orden de mayor magnitud que los trasplantes laminares.
3. Las aberraciones ópticas de alto orden influyen negativamente en la cantidad de ganancia visual de ojos sometidos a trasplante corneal penetrante o laminar.



# INTRODUCCIÓN

---



### I.1 ANATOMÍA DE LA CÓRNEA

La córnea es la principal estructura transparente del ojo. Tiene un diámetro horizontal de 12,5mm aproximadamente y un grosor medio de 520  $\mu\text{m}$  en la región central y 750  $\mu\text{m}$  en la zona periférica. La zona central es prácticamente esférica disminuyendo la curvatura en la zona periférica; el poder de refracción de la córnea es de 43 dioptrías lo cual representa dos tercios del poder refractivo del ojo.<sup>16</sup>

#### I.1.1 Película Lagrimal

Su función principal es lubricar y humedecer la córnea. Tiene un grosor medio de 7  $\mu\text{m}$ , siendo muy variable. La lágrima se divide en tres capas, lipídica, acuosa y mucosa (mucínica), estos componentes se encuentran interrelacionados entre sí conformando un gel de mucina cubierto por una capa de lípidos.<sup>17,18</sup>

La película lagrimal cumple una función muy importante en la calidad óptica ocular, modificando el frente de onda de la luz. El análisis aberrométrico de la película lagrimal permite una estimación cuantitativa de su influencia en la visión.

La variación del espesor de la película lagrimal entre 6 y 20  $\mu\text{m}$  tiene muy pocos efectos en las aberraciones ópticas oculares y en el poder refractivo de la superficie corneal, siendo la variación refractiva de aproximadamente 0,10 dioptrías. Sin embargo, la alteración del espesor lagrimal por fuera de este rango puede causar una gran variación en la aberrometría ocular total cercana a 1.30 dioptrías en la refracción.<sup>19</sup>

#### I.1.2 Epitelio Corneal

Constituye la décima parte del espesor corneal con un grosor medio central de 50 a 60  $\mu\text{m}$ . Tiene de 5 a 7 capas en la zona central que se incrementan a 8-10 en la zona periférica, agrupadas en 3 estratos: células escamosas, intermedias o alares, y células columnares o basales.

El epitelio actúa como una barrera gracias a las uniones desmosómicas de las células alares y de las uniones de tipo: tight junctions (estrechas), gap junctions (comunicantes) y hemidesmosómicas de las células basales.

El epitelio central carece de células dendríticas, esta característica determina la débil respuesta inmunológica y la buena tolerancia a los trasplantes corneales.

### **I.1.3 Capa de Bowman**

Se encuentra ubicada debajo de la membrana basal del epitelio corneal, en íntima unión con las capas estromales superficiales. Es una estructura avascular y acelular de 8-12  $\mu\text{m}$ . Compuesta por fibrillas cortas de colágeno tipo I y tipo III dispuestas al azar. Es resistente al traumatismo, careciendo de capacidad regenerativa.<sup>20</sup>

### **I.1.4 Estroma Corneal**

Tiene un grosor de 500  $\mu\text{m}$  en la región central que se incrementan a 700  $\mu\text{m}$  en la periferia, conforma cerca del 90% de la paquimetría corneal total.

El estroma corneal está compuesto por colágeno de tipo I y V, con un diámetro de las fibras de 30-38 nm, ordenado en unas 200 a 250 capas laminares paralelas a la superficie. El espacio interfibrilar contiene sustancia fundamental compuesta por queratán y dermatán sulfato, moléculas con gran afinidad por el agua. Cuenta con queratinocitos que son células estrelladas con varias prolongaciones finas, encargadas de producir proteoglicanos y colágeno.

### **I.1.5 Capa de Dua**

De 15  $\mu\text{m}$  de espesor, está situada entre el estroma y la MD. Es muy resistente e impermeable al aire.<sup>21,22</sup>

### **I.1.6 Membrana de Descemet**

Producida por el endotelio, aumenta de grosor a lo largo de la vida llegando a tener un espesor aproximado de 8 a 12  $\mu\text{m}$  en la etapa adulta. Está compuesta de colágeno tipo IV y fibronectina que le confieren gran elasticidad y resistencia teniendo la facultad de enrollarse hacia la cámara anterior. Tras su lesión se regenera con rapidez.

### **I.1.7 Endotelio Corneal**

Formado por una monocapa de células poligonales o hexagonales, con una altura de 4-6  $\mu\text{m}$ . Demandan de energía en forma de ATP para regular la hidratación de la córnea, cuentan con núcleo y citoplasma grande con abundancia de mitocondrias.

El endotelio no tiene capacidad de reproducirse. Al nacer la densidad de células endoteliales es de 4000 células/ $\text{mm}^2$ , llegando a 2500 - 3000 células/ $\text{mm}^2$  en el adulto. El endotelio conserva su función con densidades celulares de 500 a 700 células/ $\text{mm}^2$ .

Además del número de células, para el mantenimiento de la transparencia corneal es importante su calidad, ésta viene determinada por: el porcentaje de células hexagonales (pleomorfismo o hexagonalidad) que ha de ser mayor del 60%, y la diversidad de tamaño entre las células (polimegetismo o coeficiente de variación) que ha de ser menor del 33%.<sup>20</sup>

## **I.2 QUERATOPLASTIA PENETRANTE (QPP)**

### **I.2.1 HISTORIA**

Pellier de Quengsy, realizó el primer intento de sustituir una córnea opacificada por un vidrio de un reloj.

Resinger en 1824 trasplantó córneas en conejos y acuñó el término queratoplastia.

En 1905, Edward Konrad Zirm realizó el primer trasplante de córnea con éxito.<sup>23</sup>

En 1911 Magitot estableció que el injerto homólogo es superior al heterólogo.

En 1930 Ramón Castroviejo, en Estados Unidos, describió la QPP rectangular.

En 1952 Stocker describió el rol del endotelio. Khodadoust realizó la descripción científica del rechazo corneal.

A partir de 1950 se da un gran avance en los instrumentos que ayudan a la queratoplastia, se desarrollaron sistemas de preservación del endotelio corneal y el uso de córneas de donantes no cadavéricos, siendo el precursor Doughman.<sup>24</sup>

En 1970, Barraquer diseñó un trépano que realizaba el corte desde el epitelio.

En 1989 Lang publicó el uso del láser excímer de 193 nm para realizar la trepanación de las córneas. Su grupo desarrolló un sistema de “máscara abierta”.<sup>25</sup>

Otro campo en desarrollo de la QPP es la aplicación de láser de femtosegundo para la trepanación.<sup>26</sup> Su alta precisión y capacidad de corte permite configurar distintos patrones de incisión, siendo los más utilizados el vertical, zigzag, en forma de hongo, el sombrero de copa, etc; cada uno de éstos estaría indicado según la patología.<sup>27</sup>

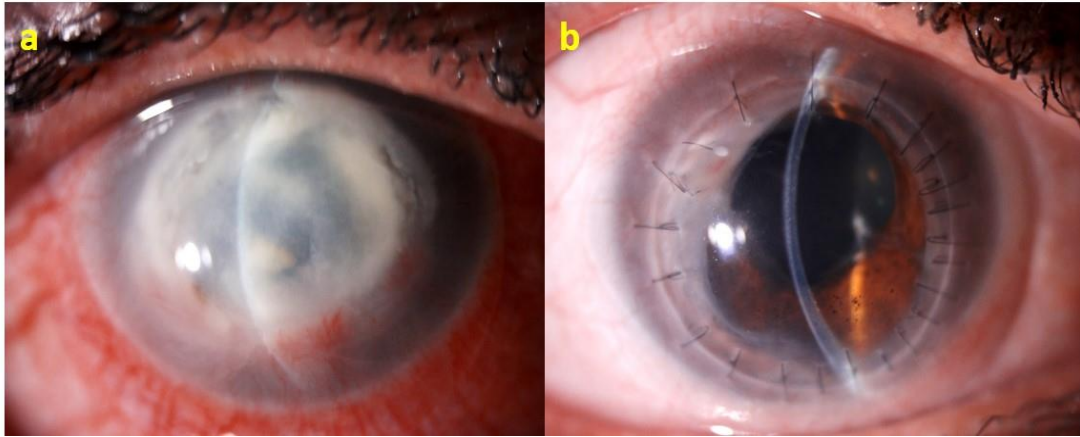
Se están desarrollando adhesivos de fibrina para la aplicación del injerto al lecho receptor.<sup>28</sup> Se ha descrito que induce menos astigmatismo, disminuye la incidencia de complicaciones relacionadas con la sutura y el riesgo de rechazo inmunológico.<sup>29</sup>

### **I.2.2 Concepto**

La QPP es el trasplante en el cual se sustituye el espesor total de la córnea patológica por un injerto donante que contiene todas las capas corneales.

### **I.2.3 Indicaciones**

- a. Ópticas: La finalidad es recuperar la transparencia corneal.
- b. Refractivas: Se afecta la calidad de la imagen por la irregularidad corneal.
- c. Tectónica: Cuando existe una pérdida de sustancia de la córnea receptora.
- d. Terapéutica: En queratitis que no responde al tratamiento convencional.
- e. Cosméticas: Para mejorar la apariencia del paciente.



**Figura 0-1. QPP terapéutica.**

*Paciente con queratitis por Acanthamoeba refractaria al tratamiento y con gran adelgazamiento (a), es intervenida practicándose una QPP, 20 días después de la cirugía se observa un injerto central transparente con gran fibrosis de la interfase (b).*

Según el Eye Bank Association of America (EBAA) se ha registrado una progresiva reducción de las indicaciones de QPP durante la última década, esto en beneficio de procedimientos de queratoplastia laminar. Durante el año 2016 en Estados Unidos se realizaron 82994 queratoplastias, el 46,2% fueron penetrantes, los trasplantes endoteliales se ubicaron en segundo lugar con un 38.8%, mientras que 2.87% fueron queratoplastias laminares anteriores.<sup>30</sup>

Actualmente la condición para indicar una QPP, es que estén afectadas todas las capas de la córnea, tanto el estroma como el endotelio.<sup>31</sup>

Estas patologías pueden ser:

- a. Ojos perforados: ocasionados por un traumatismo penetrante.
- b. Infecciones corneales: que no respondan al tratamiento médico convencional.
- c. Patología del endotelio corneal asociada a fibrosis estromal.
- d. Hydrops corneal: Cuando exista riesgo de perforación con la técnica DALK.
- e. Distrofias corneales de las capas profundas, en especial la distrofia macular.

Las indicaciones de QPP son superponibles a la mayoría de series consultadas. En China la principal indicación de QPP es la queratitis por Herpes simple (24.1%), seguida del trauma ocular (21.2%), el queratocono representa un 13.8%, mientras que los leucomas suponen el 11.8%, siendo la última causa el retrasplante corneal (3%).<sup>32</sup>

#### I.2.4 Técnica Quirúrgica

Selección del diámetro del trépano. Generalmente se utilizan de 7.5 a 8 mm.

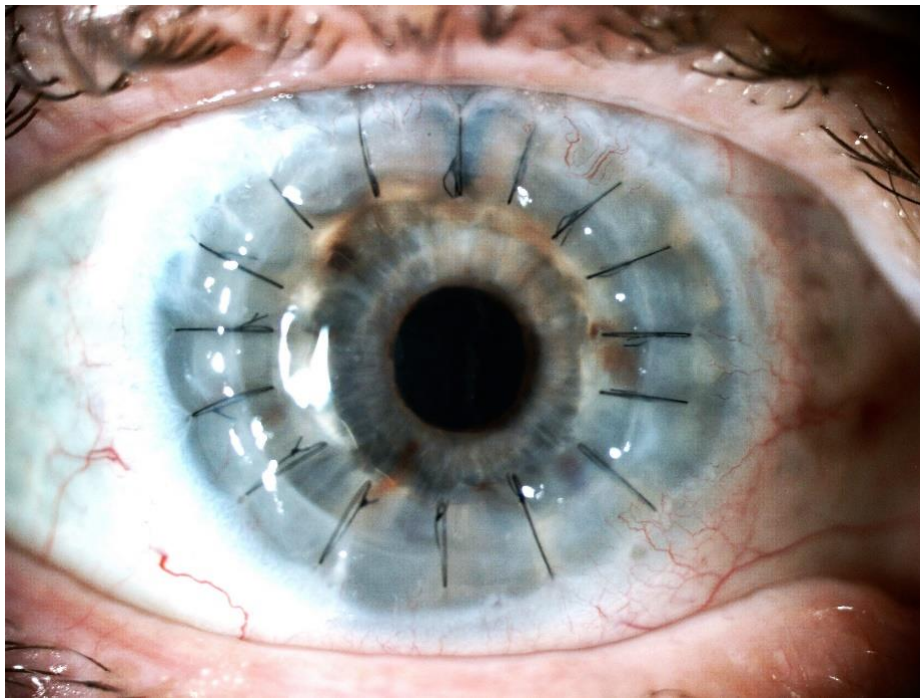
Marcaje: del centro corneal y con el trépano de la circunferencia periférica.

Preparación del botón donante: Se corta el botón a implantar con un trépano habitualmente 0.25 a 0.5 mm mayor que el elegido para el receptor.

Escisión de la córnea receptora. Se centra el trépano elegido y se profundiza el corte hasta un 75- 80 % del espesor, se completa la escisión del botón con tijeras de córnea.

Sutura del injerto, para la cual existen distintas técnicas.

Antes de finalizar la cirugía se recomienda la inyección de un antibiótico intracamerular para prevenir la infección, otra alternativa de gran utilidad es la aplicación de corticoesteroides subconjuntival. Se finaliza la cirugía colocando un parche oclusivo o un protector rígido para cubrir los tejidos intervenidos.<sup>33</sup>



**Figura 0-2. Paciente intervenida de QPP.**

*Fue realizada mediante técnica de suturas discontinuas, 1 mes después de la cirugía se observa un excelente resultado anatómico con adecuada transparencia corneal y suturas correctamente distribuidas con adecuada tensión.*

## **I.2.5 Tratamiento**

El propósito del tratamiento postoperatorio es disminuir la posibilidad de complicaciones, con el objetivo de lograr el éxito anatómico y funcional del injerto.

### **I.2.5.1 Tratamiento postoperatorio inmediato.**

Está enfocado a mantener la integridad de la herida, prevenir la infección y disminuir la inflamación.

Se busca la existencia de filtración de humor acuoso mediante el test de Seidel, así como el aspecto de la herida y la sutura, la profundidad de la cámara anterior, y la PIO.

Los objetivos durante este periodo son:

- a) Prevenir la infección: con un antibiótico tópico como las quinolonas. El uso prolongado de aminoglucósidos tópicos es tóxico para el epitelio.
- b) Se recomienda la prescripción de antibióticos sistémicos (ciprofloxacino 500 mg cada 12 horas vía oral) en QPP con alto riesgo de infección.
- c) Disminuir la inflamación: se recomienda la aplicación tópica de corticosteroides de alta potencia (dexametasona, prednisolona) o la inyección de esteroides subconjuntivales. En QPP de alto riesgo se recomienda prescribir 1 mg de prednisona por kg de peso durante cinco días, con posterior disminución progresiva de la dosis.
- d) Prescripción de midriáticos: tipo tropicamida o ciclopentolato con el objetivo de disminuir el dolor postoperatorio. Su uso no está generalizado, además podría influir en la aparición de una midriasis irreversible (Urrets-Zavalía).
- e) Tratamiento de las comorbilidades:
  - Medicación antiglaucomatosa: Por antecedente de glaucoma y PIO elevada.
  - Antecedentes de queratitis herpética, Aciclovir 400 mg 5 veces al día por 10 días, después una dosis profiláctica de 400 mg dos veces al día.

### **I.2.5.2 Tratamiento postoperatorio tardío.**

Se favorece la reepitelización del injerto, prevención de infecciones; control de la inflamación, tratamiento de las complicaciones e inicio de la rehabilitación visual.

Para lograr la reepitelización se puede usar una lente de contacto terapéutica, además de mantener un microambiente lubricado con lágrimas artificiales.

## **I.2.6 Complicaciones**

### **I.2.6.1 Complicaciones generales.**

Hay un riesgo teórico de transmisión de una infección o malignidad del donante al receptor. Se conoce que ha existido transmisión de enfermedades como la sífilis, hepatitis A, B, C, o el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH). Se ha documentado la manifestación de enfermedades priónicas después de una QPP. El examen microbiano del medio de cultivo reduce el riesgo de infección, aunque la infección por herpes debería ser pedida específicamente.<sup>34</sup>

### **I.2.6.2 Complicaciones intraoperatorias**

#### *I.2.6.2.1 Preparación del injerto:*

Se debe evitar la pérdida de células endoteliales. La trepanación desde el epitelio da lugar a un injerto 0,25 a 0,50 mm mayor a la trepanación desde el endotelio, esto podría causar escalones en la interfase. Se puede trepanar la córnea donante por la cara endotelial o por la epitelial, en una cámara anterior artificial.

#### *I.2.6.2.2 Preparación del receptor.*

Un descentramiento de la trepanación podría incrementar la posibilidad de presentar un rechazo inmunológico y/o un astigmatismo inducido. El trépano debe estar en posición vertical, evitando las inclinaciones que causen cortes oblicuos.

#### *I.2.6.2.3 Presión vítrea Positiva:*

Puede producir la pérdida del iris y del cristalino, además de la aparición de vítreo en cámara anterior. Se recomienda la utilización de agentes hiperosmolares.

#### *I.2.6.2.4 Hemorragia expulsiva:*

La primera acción es ocluir la abertura corneal, posteriormente se debe suturar el injerto para cerrar el ojo. Otra alternativa es realizar una queratoplastia protegida por pseudocámara, en la que se realiza una queratectomía profunda (dejando un lecho cercano a 100 µm), se sutura la córnea donante, para finalizar extrayendo el lecho residual (endoteliectomía).<sup>31</sup>

### **I.2.6.3 Complicaciones postoperatorias.**

#### *I.2.6.3.1 Complicaciones postoperatorias tempranas:*

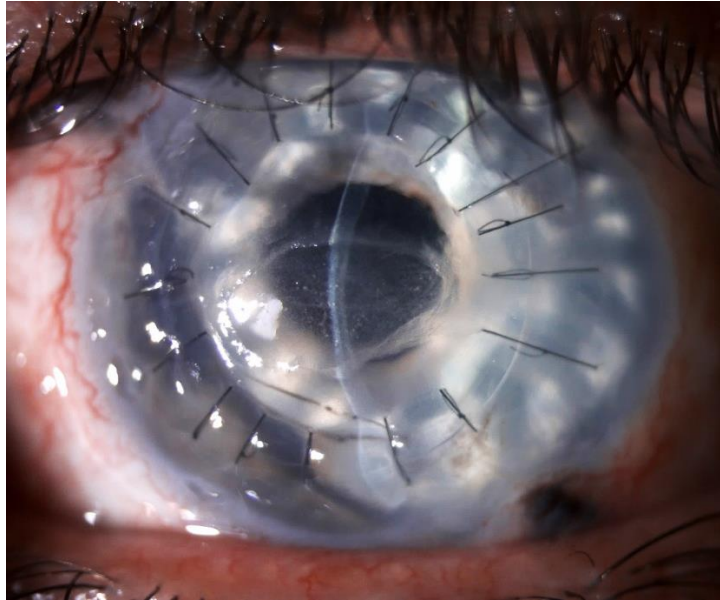
##### *I.2.6.3.1.1 Relacionadas con la cicatriz y la sutura:*

La persistencia de un test de Seidel positivo suele deberse a defectos de la sutura y puede conducir a complicaciones como la endoftalmitis y la *ptisis*.

La ruptura de la sutura puede ser debida a traumatismos o frotamiento con riesgo de pérdida de tejidos intraoculares.

#### 1.2.6.3.1.2 Relacionadas con el epitelio.

La ausencia de progreso en la reepitelización por más de 2 a 4 días, una adecuada epitelización ayuda a la cicatrización de la interfase corneal, protege el injerto de una posible infección, disminuye la posibilidad de un rechazo inmunológico, y ayuda a obtener mejores y mayores AV.<sup>35</sup>



**Figura 0-3. Defecto de reepitelización de la QPP**  
*Persistencia de úlcera corneal durante el postoperatorio que condujo a un adelgazamiento estromal del injerto.*

#### 1.2.6.3.1.3 Relacionadas con el estroma.

Las alteraciones se dan en forma secundaria por las complicaciones ocasionadas por otros factores como las suturas, los defectos epiteliales persistentes y el fallo primario del injerto que condicionan una fibrosis del estroma, infecciones microbianas.

#### 1.2.6.3.1.4 Relacionadas con el endotelio.

La principal complicación endotelial es el fallo primario del injerto, consecuencia de la disfunción del endotelio corneal donante, provocando un edema estromal persistente durante más de 3 meses. Tiene una incidencia menor al 5%. Generalmente se debe a una carencia de células endoteliales, o una función disminuida de las mismas. Puede ser originado por excesiva manipulación iatrogénica intraoperatoria o por una deficiente calidad del tejido donante. El tratamiento es realizar un nuevo trasplante.

#### 1.2.6.3.1.5 Infecciones:

Los factores de riesgo son los defectos epiteliales, el uso de una lente de contacto terapéutica y la presencia de alguna sutura expuesta. Su tratamiento debe empezar rápido con antibióticos de amplio espectro. En la queratopatía cristalina infecciosa, el *Streptococcus viridans* es el organismo más común.<sup>36</sup>

#### 1.2.6.3.1.6 Presión ocular elevada:

Algunos factores que conducen al incremento de la PIO en el postoperatorio temprano son la persistencia de viscoelástico en cámara anterior, hifema, bloqueo pupilar, sinequias anteriores, uveítis y el estrechamiento del ángulo iridocorneal.

#### 1.2.6.3.1.7 Presión ocular baja:

Por la disminución de la producción de humor acuoso o el aumento del flujo de salida. La primera está relacionada con el desprendimiento coroideo, inflamación del cuerpo ciliar, efusión uveal o ciclodiálisis. El tratamiento de la disminución de la producción es con corticoesteroides sistémicos, tópicos y ciclopléjicos. La pérdida de humor acuoso a través de suturas requiere la corrección de las mismas.

### 1.2.6.3.2 Complicaciones postoperatorias tardías.

#### 1.2.6.3.2.1 Relacionadas con la cicatriz y con la sutura:

La dehiscencia de la herida corneal es una complicación bien conocida después de una QPP. Aunque la incidencia es relativamente baja, entre 0,6% y 5,8%,<sup>37</sup> es una situación grave porque puede conducir en un daño severo de las estructuras intraoculares y a una disminución permanente de la AV.

Puede ser secundaria a varios factores tales como traumatismos contusos; e incluso, espontáneamente tras la retirada de la sutura.<sup>38</sup> La QPP tiene una susceptibilidad prolongada a la dehiscencia de la herida, debido a la estructura y la función corneal, la menor fuerza de tensión de las suturas, la avascularidad corneal y el uso de esteroides.<sup>39</sup>

Se ha publicado que la AV después de una dehiscencia de la herida corneal es mejor tras la DALK que después de la QPP.<sup>40</sup>

Las complicaciones de las suturas son un factor de riesgo para la queratitis microbiana.<sup>41</sup> También existe cierta relación entre el tipo de sutura y la reacción inflamatoria ya que la sutura continua es menos proinflamatoria que los puntos sueltos.

#### 1.2.6.3.2.2 Relacionadas con el epitelio.

El crecimiento epitelial intracameral predispone a la descompensación corneal, al glaucoma intratable y a la *ptisis bulbi*. La incidencia de crecimiento epitelial intracameral ocurre en un 0,25% de pacientes afáquicos sometidos a QPP.<sup>42</sup> La técnica más aceptada como tratamiento es la remoción del área afectada más crioterapia, o la administración intracameral de 5 fluorouracilo.<sup>43</sup>

#### 1.2.6.3.2.3 Relacionadas con el estroma.

Existen patologías que pueden presentar recidivas. Lo más frecuente es la recidiva de patologías epiteliales y menor la de enfermedades estromales, debido a que los queratocitos presentan mayor dificultad para migrar al estroma donante.

Se ha descrito la recidiva de las ectasias en el disco donante, principalmente en la zona carente de capa de Bowman. Se trata mediante re-QPP, queratoplastia en herradura, o exéresis de la región ectásica con sutura directa.

#### 1.2.6.3.2.4 Relacionadas con el endotelio.

Dentro de las complicaciones endoteliales se destaca:

- El fracaso endotelial tardío: Edema del injerto tras haber estado transparente, sin que exista antecedentes de rechazo. La causa es la pérdida subclínica de células endoteliales. Su tratamiento es una re-QPP o un trasplante endotelial.
- Rechazo endotelial: Se trata con corticoesteroides u otros inmunomoduladores.
- Membrana fibrosa retrocorneal: Crece entre el endotelio y la MD. Es una metaplasia de las células epiteliales hacia fibroblastos con producción de colágeno. El tratamiento es la re-QPP o trasplante laminar endotelial.

#### 1.2.6.3.2.5 Queratitis microbiana:

Es una situación devastadora que puede conducir a un pobre resultado visual y fallo del injerto. El 44.4 % de los episodios de infección ocurren en el primer año.<sup>44</sup>

Los problemas relacionados con la sutura y los elementos que contribuyen a tener una superficie ocular deficiente son factores de riesgo para el desarrollo de una queratitis infecciosa. Además existen factores de riesgo sistémicos que predisponen a la infección de la córnea trasplantada.<sup>41</sup>

Un trasplante en caliente incrementa el riesgo de recidiva del proceso infeccioso sobre el nuevo injerto, “melting” o reblandecimiento corneal, glaucoma y rechazo inmunológico.<sup>45</sup>

Los resultados visuales de pacientes con queratitis infecciosa después de una QPP no son prometedores, solo de 30 a 50% mantienen la transparencia corneal. Se ha publicado que un 63% tiene una AV final menor a 20/200.<sup>46</sup>

#### 1.2.6.3.2.6 Glaucoma:

La incidencia de hipertensión ocular en los postoperados de QPP está en el rango de 11 a 50%. La cirugía previa del glaucoma incrementa hasta 7 veces el riesgo de fallo primario del injerto.<sup>47, 48</sup>

Dentro de los factores de riesgo para padecer glaucoma tras una QPP se encuentran: el diagnóstico para indicar el trasplante, el glaucoma preexistente, la afaquia, y la cirugía concomitante del segmento anterior.<sup>47, 49</sup> Otro factor son los esteroides, por lo que se debe considerar otras terapias inmunomoduladoras.

La medicación tópica para el glaucoma puede exacerbar las enfermedades de la superficie ocular. Se debería considerar la aplicación de terapias como la trabeculoplastia de laser argón o la trabeculoplastia selectiva que han demostrado ser efectivas incluso en ojos con presencia de 150 grados de SAP.<sup>50</sup>

Las cirugías para el tratamiento de glaucoma incrementan el riesgo de fallo y de rechazo del injerto. La endociclofotocoagulación puede ser una terapia prometedora en glaucomas resistentes tras una queratoplastia.<sup>51</sup>

#### 1.2.6.3.2.7 Catarata:

Puede desarrollarse por un traumatismo inadvertido durante el acto quirúrgico de la queratoplastia, el uso de corticoesteroides o la inflamación persistente.

#### 1.2.6.3.2.8 Astigmatismo:

Aunque la QPP sea exitosa, con frecuencia los pacientes presentan un alto astigmatismo irregular. Esto puede afectar hasta un 40% de ojos.<sup>52,53</sup>

#### 1.2.6.3.2.9 Complicaciones Vitreoretinianas:

Encontramos la hemorragia vítrea, desprendimiento coroideo, endoftalmitis, desprendimiento de retina, hemorragia supracoroidea, edema macular cistoide, membrana epirretiniana, opacidad vítrea, proliferación vitreoretiniana, oftalmía simpática.<sup>54</sup> Un estudio con 1594 ojos, encontró una tasa de complicaciones retinianas del 3.3% (52 ojos). Las complicaciones más frecuentes fueron la hemorragia vítrea (0.75%), el desprendimiento coroideo (0.7%), la endoftalmitis (0.6%), y el desprendimiento de retina (0.5%).<sup>55</sup>

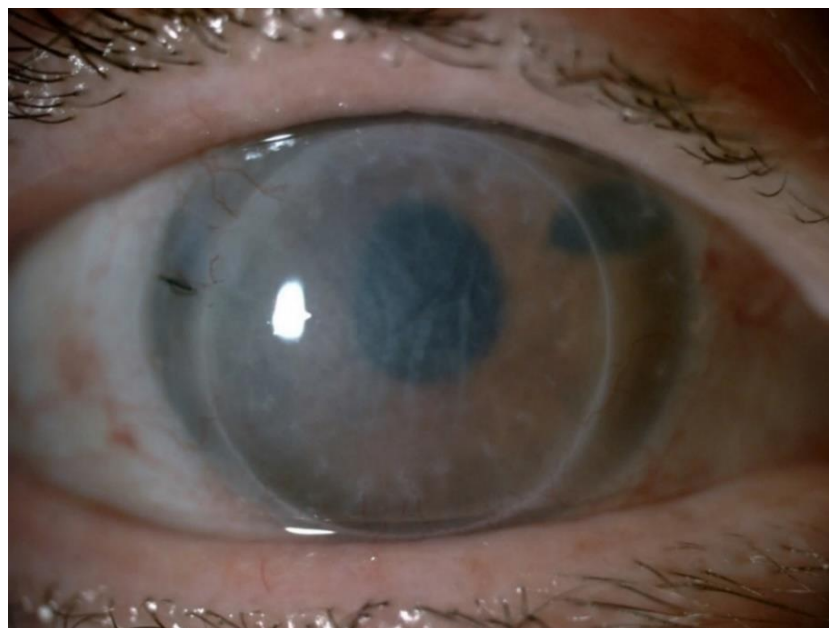
#### *1.2.6.3.2.10 Rechazo del injerto:*

La tasa de supervivencia del injerto en la QPP esta alrededor del 86% al año, atribuida en parte al privilegio inmune.<sup>56</sup> A pesar de esto, hasta un 30% de los trasplantes de córnea presentan al menos un episodio de rechazo y este porcentaje se incrementa hasta el 80% en córneas de alto riesgo. El rechazo es la causa más frecuente de fracaso del injerto, cuando la córnea pierde su privilegio inmune la tasa de rechazo es similar a la de un órgano sólido, variando del 2% al 50%.

Las queratoplastias de alto riesgo son definidas por alguna de las siguientes características: vascularización corneal profunda en dos o más cuadrantes, rechazo previo, retrasplante, QPP de urgencia, enfermedad severa de la superficie ocular, queratitis herpética o por Acanthamoeba, glaucoma y la queratoplastia en niños.

El rechazo corneal endotelial se manifiesta por: una línea de células inflamatorias sobre el endotelio (línea de Khodadoust), una banda de edema estromal, precipitados queráticos sobre la córnea trasplantada y por un aumento del grosor del injerto (edema). Además, puede observarse inyección limbar.

La piedra angular para la prevención del rechazo son los corticoides, estos impiden la migración leucocitaria y disminuyen la producción de citoquinas como la IL-1 e IL-6. El micofenolato de mofetilo ha demostrado eficacia en aumentar la tasa de supervivencia de injertos corneales, seguido por la ciclosporina sistémica.<sup>57,58</sup> Otro pilar para prevenir el rechazo corneal es la reducción de la carga antigénica, con injertos de tamaño medio y practicar técnicas laminares.



*Figura 0-4 Rechazo endotelial en QPP.*

## I.3 QUERATOPLASTIA LAMINAR ANTERIOR PROFUNDA (DALK)

### I.3.1 Historia

La queratoplastia laminar fue propuesta por Von Walther en 1830, siendo mejorada por Von Hippel en 1880 y por Filatov en 1930. En 1940 Paufigue desarrolló técnicas corneales de cirugía laminar. En 1950 José Barraquer logró diseccionar el estroma corneal donante y receptor por debajo de los dos tercios de su grosor.<sup>59</sup> Hallerman en 1959, intentó que el lecho receptor fuese más profundo acercándose a la membrana de Descemet. McCulloch en 1963, fue el primero en describir la retirada del endotelio para injertos de espesor completo sobre un lecho laminar.

En 1970 Gasset reportó una serie de casos de queratocono a quienes se les trasplantó un disco corneal de espesor completo tras pelarle la MD (conectomía), logrando en un 80% de casos una visión superior de 20/30 y un astigmatismo medio de 3.0 D.

En 1972 Mohamed Anwar describió la disección profunda de la córnea receptora bajo visualización directa aprovechando el plano de clivaje entre el estroma y la MD.<sup>60</sup>

El término de DALK fue empleado en 1984 por Eduardo Arenas, quien con el uso de una inyección de aire logró remover el tejido estromal de la córnea receptora.<sup>59</sup> Sugita publicó la delaminación con espátula y la hidrodelaaminación.<sup>61</sup>

Tsubota describió la técnica de divide y vencerás, con la que llega a la Descemet.

Melles, disecaba el estroma posterior con espátulas, para visualizar la profundidad creaba una interfase óptica mediante la introducción de aire en cámara anterior.<sup>62</sup>

En 1999 Manche publicó la técnica de la viscodisección.<sup>63</sup>

En el año 2002, Anwar describió la técnica *Big Bubble*, basada en el uso de aire para separar el estroma de la capa de Dua/ MD, siendo la más popular actualmente.<sup>64</sup>

### I.3.2 Concepto

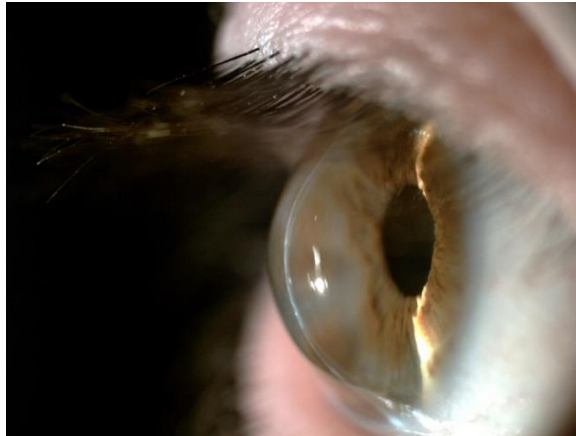
La DALK es una técnica de trasplante corneal laminar que consiste en reemplazar el tejido estromal patológico por un botón estromal donante, dejando intacto el endotelio corneal de la córnea receptora. La ventaja de este procedimiento es que se realiza una disección profunda, minimizando la cicatrización y fibrosis de la interfase.

### I.3.3 Indicaciones

Dentro de las principales indicaciones de la DALK encontramos:

### **I.3.3.1 Queratocono.**

Constituye la indicación más común de la DALK. Los pacientes son usualmente jóvenes que al ser tratados con una QPP son más susceptibles de presentar un episodio de rechazo, la tasa general de rechazo del queratocono tratado con QPP es mayor al 20%.<sup>8, 65</sup> Varios estudios han comparado la DALK con la QPP en pacientes afectados de queratocono, mostrando resultados similares en ambos grupos.<sup>65, 66</sup>



*Figura 0-5. Paciente con queratocono avanzado. Se observa el escaso grosor del estroma asociado a leucoma en el ápex. Dado el buen estado del endotelio se le realizó una DALK.*

### **I.3.3.2 Degeneración marginal pelúcida.**

Es la presencia de un adelgazamiento en banda de la región corneal inferior que se extiende desde las 4 a las 8 horas, aproximadamente, acompañado por 1 a 2 mm de córnea normal entre el limbo y el área adelgazada. La paquimetría central se caracteriza por estar dentro de límites normales.<sup>67</sup>



*Figura 0-6. Paciente con degeneración marginal pelúcida. Se puede observar la extrema delgadez del estroma inferior. Se le realizó una DALK. (TILK)*

### **I.3.3.3 Ectasia corneal post-cirugía refractiva.**

Más frecuentemente descrita después del LASIK,<sup>68</sup> seguida de la queratotomía radial y la PRK. Se caracteriza por una deformación y adelgazamiento corneal; un incremento de la miopía y del astigmatismo. Los factores de riesgo son: queratocono, alta miopía, lecho estromal menor de 250  $\mu\text{m}$ , y anomalías corneales como el queratocono frustrado y la degeneración marginal pelúcida. El tratamiento es similar al de otras ectasias, siendo recomendada la DALK en casos avanzados.<sup>69</sup>

### **I.3.3.4 Distrofias corneales estromales.**

La mayoría de distrofias estromales hereditarias, incluyendo la distrofia macular, la granular, la distrofia en enrejado (lattice), la gelatinosa y la distrofia de Avellino.

Varios estudios han mostrado resultados similares entre la DALK y la QPP en caso de distrofias estromales,<sup>66,70</sup> por lo que la DALK puede ser la primera opción, ya que ante la recidiva de la distrofia, el lentículo de la DALK puede ser recambiado.

### **I.3.3.5 Leucomas corneales.**

Se debe determinar la profundidad de la opacidad. Se han descrito buenos resultados en pacientes con cicatrices corneales por trauma no perforante, síndrome de Stevens-Johnson, queratoconjuntivitis vernal y quemaduras corneales.<sup>71</sup> En estos casos se recomienda una técnica descemética, para conseguir una interfase de alta calidad óptica,<sup>72</sup> en algunos casos puede preferirse una técnica predescemética.

### **I.3.3.6 Enfermedades de la superficie ocular.**

Además de la patología estromal existe insuficiencia limbar. El tratamiento es una queratoplastia y la reconstrucción de la superficie ocular con trasplante de células limbares. El aporte de células madre limbares puede realizarse con diferentes procedimientos como el trasplante limboconjuntival (CLAU) procedente del ojo contralateral, procedente de donante vivo histocompatible (Ir-CLAL) o de donante cadáver (KLAL). Asimismo pueden emplearse células madre cultivadas *ex vivo* (CLET) o *in vivo* (SLET). Estos casos son de alto riesgo para la QPP debido a la tasa de rechazo, por lo que la DALK sería el tratamiento más indicado.<sup>73, 74</sup>

### **I.3.3.7 Descemetocèle.**

La DALK puede ser realizada con un fin tectónico y óptico para restaurar la integridad corneal. La DALK está indicada cuando existe un gran reblandecimiento corneal, el descemetocèle es de gran tamaño, cuando los parches de membrana amniótica resultan insuficientes o cuando existen queratitis infecciosas no controladas.<sup>75</sup> En esta indicación se busca que el lecho receptor sea la MD/Dua.<sup>76</sup>

### **I.3.3.8 Procedimientos tectónicos y/o terapéuticos**

Para tratar córneas adelgazadas o perforadas, en estos casos la QPP tiene un mayor riesgo de rechazo y de descompensación. Sin embargo, la DALK también presenta desventajas como la neovascularización intraestromal, además de la posibilidad de dejar en el lecho receptor patógenos que afecten la viabilidad del injerto.

### **I.3.3.9 Otras indicaciones de DALK.**

La DALK también puede ser practicada en queratitis infecciosas no controladas con tratamiento médico, siempre y cuando la MD este respetada.<sup>77</sup> La DALK ha sido exitosa en pacientes previamente intervenidos de una queratoplastia que desarrollaron opacidades corneales en el postoperatorio. Existen casos descritos de la práctica de DALK en pacientes con un trasplante laminar endotelial previo.<sup>78</sup>

Se han publicado casos de DALK en pacientes pediátricos,<sup>79</sup> en patologías con depósito de glucosaminoglicanos en el estroma corneal (mucopolisacaridosis).<sup>80</sup>

Las contraindicaciones absolutas para realizar un DALK son la presencia de una patología endotelial o leucomas profundos que lleguen a comprometer la MD.<sup>81</sup>

## **I.3.4 Técnicas Quirúrgicas**

Comparado con la QPP, un procedimiento laminar tiene la ventaja de evitar las complicaciones asociadas a los procedimientos a cielo abierto, mejor manejo postoperatorio y principalmente menor tasa de rechazo del injerto, además de otras ventajas como la posibilidad de recambio del injerto. A pesar de estos beneficios, los cirujanos frecuentemente prefieren realizar una QPP debido a que la técnica es más sencilla, y que el injerto laminar puede provocar astigmatismos irregulares o fibrosis de la interfase donante-receptor que conlleven una disminución de la AV.

Un obstáculo para la realización de la DALK, es que la superficie corneal posterior es invisible a través del microscopio quirúrgico; debido a la pequeña diferencia del índice de refracción entre la córnea y el humor acuoso, incrementándose el riesgo de perforación. Las microperforaciones pueden condicionar la conversión a una QPP debido a la inestabilidad para completar la disección y suturar el injerto.

Debido a que la fibrosis de la interfase donante-receptor es menor cuanto mayor es la profundidad de la disección, se han ideado varias técnicas para lograr este fin.

De las técnicas para obtener el lecho receptor de la DALK, se han distinguido entre técnicas desceméticas y predesceméticas, según se logre o no separar el estroma del complejo capa de Dua - MD.<sup>82, 83</sup> En las *técnicas desceméticas* se consigue disecar a

través del plano de clivaje del estroma posterior - capa de Dua o a través del de la interfase capa de Dua - MD (menos frecuente); mientras que en las *técnicas predesceméticas* además del complejo MD – capa de Dua queda una lámina fina de estroma residual. La técnica Big Bubble emerge como la principal representante de las técnicas desceméticas, además de la técnica de viscodisección y de hidrod laminación; mientras que la técnica de Melles es la más resaltante de las predesceméticas, junto a la técnica de Malbran.

#### **I.3.4.1 Técnica del Pelado.**

Defendida por Malbran,<sup>84</sup> provee una superficie más lisa que aquella que se logra mediante cortes. En esta técnica el tejido estromal es disecado por grupos de fibras. Malbran modificó su técnica al combinar el pelado con la inyección de aire intraestromal (Malbran - Stefani), alcanzando el tejido predescemético.

Las ventajas de esta técnica son que tiene un mínimo riesgo de perforación, buenos resultados visuales (ya que deja un estroma residual menor al 10% del grosor corneal) y que pueden emplear injertos de gran diámetro (9.5-11mm) con lo que el astigmatismo final es menor.

#### **I.3.4.2 Hidrod laminación.**

Introducida por Sugita y Kondo<sup>61</sup>. Ellos inyectaron BSS dentro del lecho estromal con una aguja de 27G, después de haber realizado una trepanación y resección del estroma a una profundidad del 75%. La solución inyectada hidrataba el tejido estromal con lo que las fibras de colágeno se separaban unas de otras. Luego se introducía una espátula dentro del área edematizada para disecar las capas estromales con movimientos en abanico, a lo que llamaron maniobra de “delaminación con espátula”. Se lograba alcanzar la MD en los 5 mm centrales de la córnea.<sup>85</sup>

Esta técnica tiene la ventaja de discriminar entre el tejido corneal normal y el patológico, ya que el tejido patológico no se hidrata tan bien como el tejido sano.

#### **I.3.4.3 Viscodisección.**

Descrita por Manche.<sup>63</sup> Con un trépano se crea una incisión circular de 80 a 90% de profundidad del grosor total de la córnea receptora. Posteriormente con un cuchillete de Paufigue se realiza una incisión profunda paralela a las lamelas estromales creando un bolsillo estromal de 1 a 2 mm. Se procede a introducir una cánula de 25G con material viscoelástico que es inyectado lentamente dentro del bolsillo, ocasionando la separación de la MD del estroma posterior. Una vez que la MD ha comenzado a separarse del estroma, la cánula es introducida lentamente en

el espacio recién creado completando la disección del plano de clivaje estroma-MD. Una modificación de esta técnica, para córneas con una severa opacificación, es realizar una incisión puntiforme en la córnea e inyectar la sustancia viscoelástica para separar la MD del estroma. Posteriormente, se trepana la córnea receptora.

En el año 2000 Melles actualizó la técnica de la viscodisección ayudándose del doble reflejo que origina la inyección de aire en la cámara anterior. Inicialmente introducía una aguja de 30G con viscoelástico en la media periferia, una vez alcanzado el estroma posterior, avanzaba hasta que la punta de la aguja toque la punta del reflejo; se inyectaba viscoelástico, esto creaba un bolsillo corneal de +/- 9 mm. Luego se procedía a la trepanación de 7 ó 7.5 mm del estroma patológico.<sup>86,87</sup>

#### **I.3.4.4 Técnica de Melles.**

En 1999 Melles publicó una técnica donde obtenía el lecho receptor de la DALK, practicando un abordaje posterior ayudado de espátulas.<sup>88</sup>

Se aspira el humor acuoso y se introduce aire hasta rellenar la cámara anterior del ojo receptor. El aire actúa como un espejo convexo, por lo que se ven dos imágenes especulares. Una es la reflejada por la superficie corneal anterior y la otra proviene de la posterior.

A las 12 horas se realiza una disección conjuntival para luego realizar una incisión escleral superficial de 5 mm de largo, ubicada a 1 mm por fuera del limbo. Con una espátula realizamos una disección laminar hasta llegar al sector corneal superior, cuando la punta de la espátula parece tocar el aire del reflejo endotelial, se cambia la dirección de la espátula para posicionarla paralela a la superficie corneal posterior.

Después de haber llegado al plano predescemético, proseguimos con la segunda espátula creando un plano de clivaje con movimientos en abanico. Una vez que se haya separado más de 180° corneales se procede a usar la tercera espátula con la cual se completa la disección de la córnea. Se procede a inyectar viscoelástico en el bolsillo creado. Posteriormente se procede a trepanar el estroma patológico.<sup>31</sup>

#### **I.3.4.5 Técnica de la Gran Burbuja (Big Bubble).<sup>64</sup>**

Se realiza una trepanación parcial de la córnea a una profundidad de 60-80% aproximadamente. Junto a una jeringa con 1 a 3 ml de aire, utilizamos una aguja de 27 o 30 G con el bisel hacia abajo para facilitar la introducción por la trepanación, hasta que alcance unos 3 a 4 mm desde el punto de entrada.

Infiltramos con aire el estroma. La mayoría de veces el aire forma una burbuja central grande, de bordes circulares la cual se ubica entre el estroma más profundo y

el complejo capa de Dua - membrana de Descemet (**Big Bubble tipo 1**). La capa de Dua confiere una mayor resistencia al lecho receptor.

Otras veces se forma una burbuja menos evidente, con una opacidad central menos densa, sin bordes definidos, se aprecia que el aire avanza hasta la periferia, pudiendo observarse burbujas de aire en la cámara anterior que han pasado a través de la malla trabecular. En estos casos la burbuja se ha formado entre la capa de Dua y la membrana descemética (**Big Bubble tipo 2**), siendo el lecho receptor más frágil.

Una vez que se ha conseguido la gran burbuja, se realiza una paracentesis periférica cuidando de no traumatizar la capa endotelial.

Con la punta de un cuchillete de 30° se realiza una pequeña perforación en el estroma residual. La posición del cuchillete es paralela a la superficie estromal. Este paso será más seguro si se introduce viscoelástico previamente.

Se introduce una espátula a través del plano de clivaje creado por la burbuja intentando sobrepasar el límite de la trepanación, ayudados del cuchillete de 30° se puede hacer incisiones paralelas sobre la espátula, para exponer la MD. Posteriormente con una microtijera cortaremos el estroma remanente.

Anwar logra crear la burbuja en el 80 - 90% de casos, apareciendo una perforación en el 9% del total, siendo necesaria la conversión a QPP en un caso de 181.

### **I.3.5 Tratamiento**

#### **I.3.5.1 Tratamiento Postoperatorio inmediato.**

Se busca la presencia de pseudocámara o pliegues en el endotelio.

El tratamiento se enfoca en disminuir la inflamación y prevenir la infección, con corticoides tópicos y un antibiótico de amplio espectro de actividad bactericida.

Si existe dolor o hay gas o aire cámara anterior se prescribe colirio ciclopléjico.

#### **I.3.5.2 Tratamiento Postoperatorio Precoz.**

Durante este periodo se previene la infección y el rechazo corneal. Se continúa con el antibiótico tópico, hasta que no existan defectos epiteliales, y con el corticoide tópico en pauta descendente. Se maneja el astigmatismo mediante ajustes de la sutura en el meridiano plano o reapertura de la herida quirúrgica en el meridiano más curvo.

#### **I.3.5.3 Tratamiento Postoperatorio Tardío.**

Se busca disminuir e incluso retirar los corticoides, evitar las complicaciones y facilitar la rehabilitación visual. Es posible indicar alguna corrección quirúrgica del defecto refractivo con técnicas de cirugía láser (PRK, LASIK) o de una LIO.

### I.3.6 Complicaciones de la DALK

#### I.3.6.1 Complicaciones intra y postoperatorias tempranas:

##### I.3.6.1.1 Perforación de la membrana de Descemet.

La perforación de la MD es la complicación más frecuente, con publicaciones en las que se alcanza el 39% en la época inicial de su desarrollo<sup>61</sup> y artículos recientes donde la tasa de esta complicación es 0%.<sup>89</sup>

Se llama microperforaciones a las menores de 1mm y macroperforaciones a las de mayor tamaño. Las microperforaciones no requieren la reconversión quirúrgica a una QPP, pero limitan que la disección sea en planos más profundos.

Las perforaciones pueden requerir ser taponadas con una burbuja de aire o gas.

##### I.3.6.1.2 Glaucoma por bloqueo pupilar.

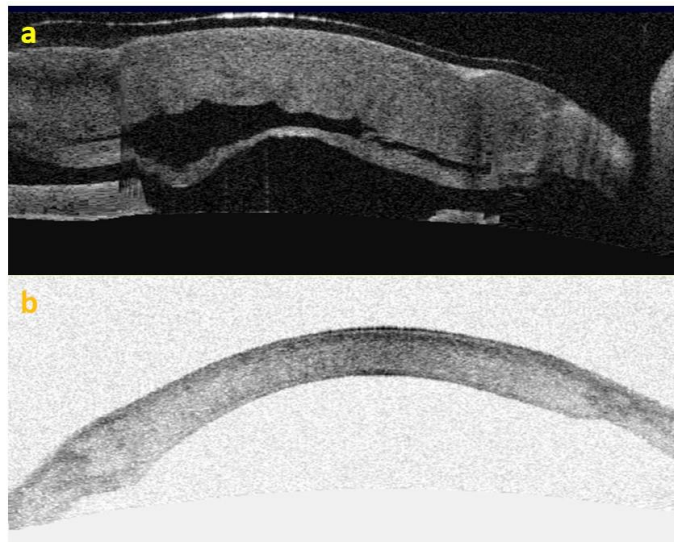
Se puede producir tras la inyección de aire o gas en la cámara anterior. Los ataques agudos de glaucoma provocan una pérdida de células endoteliales, y pueden provocar daño del esfínter pupilar (síndrome de Urrets - Zavalía).<sup>90</sup>

##### I.3.6.1.3 Pseudocámara.

Debido a la retención de viscoelástico, aire o líquido entre la MD y el estroma del injerto, o por una perforación. Cuando es mínimo se puede observar.

##### I.3.6.1.4 Excesivo lecho receptor.

Un lecho estromal residual mayor del 10% del grosor original de la córnea donante (o mayor de 65  $\mu\text{m}$ ) conduce a un pobre resultado visual debido a la fibrosis de la interfase. El estroma residual grueso se puede volver a resecar.



**Figura 0-7. Pseudocámara tras DALK**

*Pseudocámara por microperforación en paciente intervenido por queratocono avanzado (a), después de 3 días se realiza pneumopexia con resolución del cuadro (b).*

### **I.3.6.2 Complicaciones Postoperatorias tardías:**

#### *I.3.6.2.1 Pliegues en la membrana de Descemet.*

Provocan un deterioro de la AV, siendo más comunes en ojos con queratocono, se pueden encontrar hasta en un 23% de los pacientes con ectasias avanzadas.<sup>10, 12</sup>

#### *I.3.6.2.2 Rechazo epitelial o estromal.*

Hasta un 10.9% de pacientes pueden presentar un rechazo del epitelio donante, siendo mayor en queratoconjuntivitis vernal. Responde bien a esteroides tópicos.

El riesgo de rechazo estromal es de 1-3%, aunque existen series donde se presenta hasta en un 25%, con buena respuesta a los corticoides tópicos.<sup>91, 92</sup>

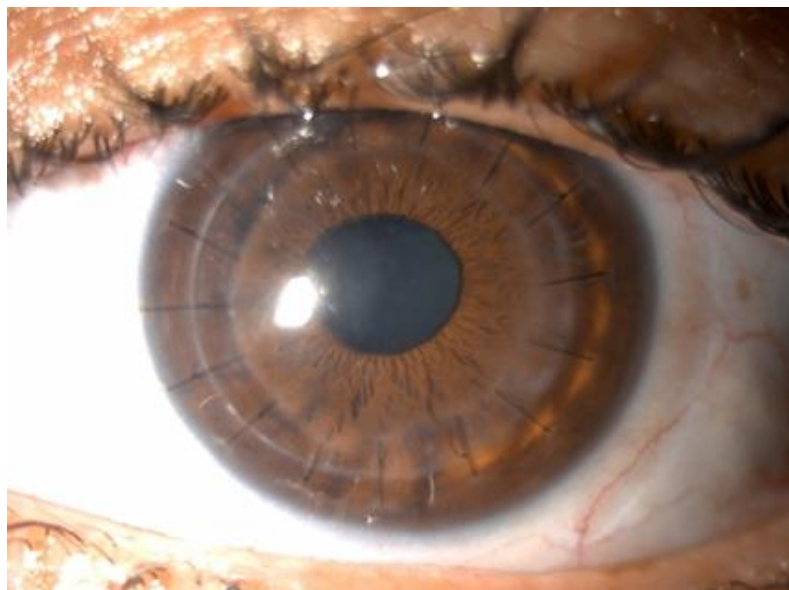
#### *I.3.6.2.3 Infección corneal.*

Las infecciones de la interfase aparecen en los primeros días, encontrándose una variedad de microorganismos, destacando *Candida Sp.*<sup>93</sup> Se ha descrito casos de éxito con el tratamiento tópico, lavado de la interfase con antibióticos, recambio del lentículo y medidas más radicales como la QPP. Su tratamiento no difiere del de una QPP, pero tiene la ventaja de poder cambiarse el disco donante.

La queratitis recidivante por herpes virus se previene mediante la indicación de Aciclovir en dosis profilácticas.

#### *I.3.6.2.4 Epitelización de la interfase.*

Aparece en casos de dehiscencia de la sutura o lisis del injerto. El tratamiento es desbridar la interfase con la extracción completa del epitelio aberrante.<sup>31</sup>



**Figura 0-8. Paciente intervenido de DALK.**

*Indicado por queratocono Grado V. 3 meses después de la cirugía se observa una gran transparencia de los tejidos con mínimo lecho receptor*

## **I.4 QUERATOPLASTIA ENDOTELIAL AUTOMATIZADA CON PELADO DE LA DESCOMET (DSAEK)**

### **I.4.1 Historia**

José Barraquer en 1950 describió un trasplante corneal laminar posterior, tallaba un flap superficial, para luego trepanar el sector central corneal y sutura de un botón donante, finalizando con la reposición del flap.<sup>94</sup>

En 1956 Tillet describió un abordaje posterior, insertó un injerto de estroma y endotelio en cámara anterior, suturándola y usando gas para que se adhiriera.<sup>95</sup> Jones y Culbertson describieron la Queratoplastia Laminar Endotelial (ELK).<sup>96</sup>

Busin en el 2000 publicó los primeros resultados de la endoqueratoplastia<sup>97</sup> y Azar en el 2001 describió la queratoplastia posterior asistida por microqueratomo.<sup>98</sup>

En 1998 Melles describió la queratoplastia laminar posterior (PLK), el abordaje era posterior, reemplazándose las capas extraídas.<sup>86</sup> Terry publicó la queratoplastia laminar endotelial profunda (DLEK).<sup>99</sup>

El 2004, Melles describió la descemetorrexia, dejando un lecho más homogéneo.<sup>100</sup> Price, en el año 2005 publicó los resultados de la queratoplastia endotelial con pelado de la membrana de Descemet (DSEK).<sup>101</sup>

En el año 2006 Gorovoy describió la obtención del disco donante mediante la utilización de un microqueratomo, esta técnica fue llamada queratoplastia endotelial automatizada con pelado de la membrana de Descemet (DSAEK).<sup>102</sup>

Se describió variaciones de la técnica DSAEK para obtener mejores resultados, la DSAEK ultrafina (UT-DSAEK: ultrathin Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty),<sup>103, 104</sup> y la queratoplastia endotelial con pelado de la MD manual fina (TMDSEK: Thin manual Descemet stripping keratoplasty) descrita por Tsatsos.<sup>105</sup>

### **I.4.2 Concepto**

La DSAEK permite el reemplazo selectivo del endotelio patológico de la córnea receptora por un disco donante sano que contiene endotelio, membrana de Descemet y escaso estroma corneal posterior. A diferencia de la QPP esta técnica es menos invasiva, por lo que el paciente presenta una recuperación más rápida de la función visual, y conserva mucho mejor la biomecánica de la córnea receptora.

### **I.4.3 Indicaciones**

En forma general, las indicaciones de la DSAEK comprenden cualquier patología del endotelio corneal que produzca una disminución visual significativa.

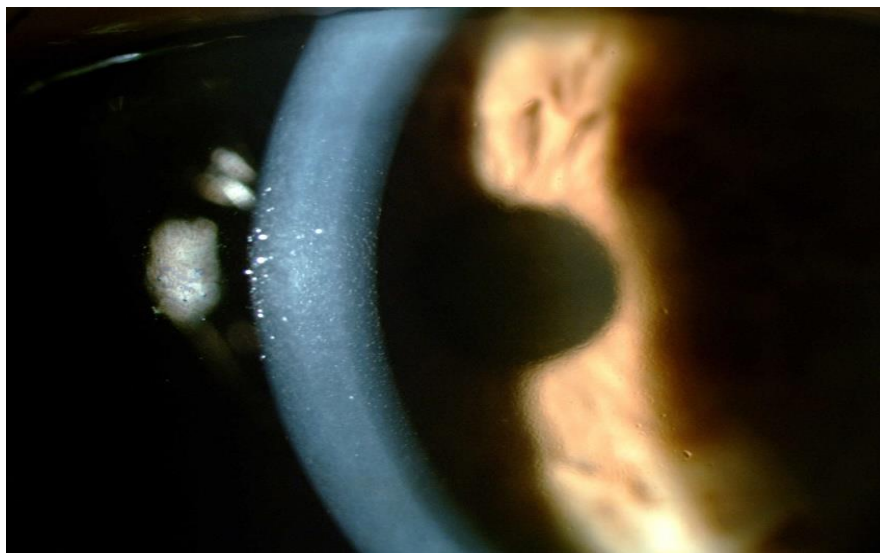
### I.4.3.1 Distrofia de Fuchs.

Es la distrofia endotelial más frecuente, aparece comúnmente después de la quinta década de vida, siendo más afectadas las mujeres.

La manifestación inicial es la córnea guttata central, bilateral, aunque asimétrica, que lleva a edema corneal. En estadios tempranos es asintomática, en etapas avanzadas cuando el grosor corneal sobrepasa las 650  $\mu\text{m}$  aparece edema microquístico comprometiendo la visión, especialmente por las mañanas.<sup>106</sup> Los microquistes pueden coalescer para formar bullas. En estadios finales se produce una cicatrización fibrosa subepitelial con neovascularización de la superficie corneal.

El tratamiento consiste en la aplicación tópica de soluciones salinas hipertónicas, deshidratación de la córnea con aire seco y reducción de la PIO. Las lentillas de contacto terapéuticas son de utilidad para las erosiones corneales recurrentes. En pacientes con pérdida visual severa, el tratamiento de elección es el trasplante corneal.

Es difícil predecir el riesgo de descompensación corneal con la cirugía de catarata en pacientes con córnea guttata. Se ha sugerido que un contaje de células endoteliales por debajo de 1000 podría conducir a una descompensación corneal tras una cirugía intraocular. Asimismo, una paquimetría corneal superior a 640  $\mu\text{m}$  incrementa el riesgo de una descompensación corneal.<sup>16, 96</sup>



**Figura 0-9. Distrofia de Fuchs.**

*Se observan abundantes guttas confluentes, además del edema estromal que se observa por reflexión de la luz en el lado derecho del haz.*

### **I.4.3.2 Distrofia poliforma posterior**

Tiene una herencia autosómica dominante. Es bilateral, aunque asimétrica, en la gran mayoría de casos es asintomática y estable, siendo diagnosticada en una examinación de rutina, aunque en ciertos pacientes es progresiva con disminución de la AV que ocurre entre la segunda y tercera década de vida.

Las lesiones son opacidades difusas, en banda; y vesículas (las lesiones clásicas) que se encuentran en la MD y endotelio, siendo variable el edema corneal.

En casos de descompensación corneal y pérdida visual está indicada la intervención quirúrgica mediante un trasplante corneal.

### **I.4.3.3 Distrofia endotelial congénita hereditaria.**

Es una distrofia endotelial infrecuente excepto en Arabia Saudí y el sur de la India. Se caracteriza por una opacidad corneal bilateral, simétrica y no inflamatoria, sin compromiso de otras estructuras del segmento anterior. Usualmente es evidente desde el nacimiento o dentro del periodo postnatal. La opacificación corneal se extiende hasta el limbo sin zonas centrales claras.

El diagnóstico diferencial es con la mucopolisacaridosis y con el glaucoma congénito. Debido a que esta enfermedad se presenta en el periodo ambliogénico, el trasplante corneal está indicado. Han sido publicados buenos resultados, pero debido a la edad de presentación, existen altas tasas de rechazo y fallo de los injertos.

### **I.4.3.4 Síndrome iridocorneal – endotelial.**

Describe un amplio espectro de desórdenes que se caracterizan por anomalías en el iris, glaucoma secundario de ángulo cerrado, endotelio corneal anómalo con edema corneal, y SAP. Existen tres presentaciones:

- a. El síndrome de la atrofia esencial de iris, originado por un clon anormal de células endoteliales, similar a células epiteliales, que producen una membrana basal. La contracción de esta membrana origina la corectopia y la atrofia iridiana. Las SAP provocan un glaucoma de ángulo cerrado secundario.
- b. El síndrome de Chandler, es el subtipo más frecuente, hay edema corneal con mínimos cambios iridianos. El endotelio tiene la apariencia de metal batido.
- c. En el síndrome de Cogan Reese o iris nevus se encuentran nódulos pigmentados. Puede acompañarse de glaucoma y edema corneal.

El tratamiento médico ha resultado ser ineficaz en estos desórdenes, aunque se puede aplicar soluciones hipertónicas para mejorar el edema corneal y supresores de la producción del humor acuoso para el control de la PIO.

En las patologías ya descritas los pacientes presentan disfunción endotelial espontánea; existiendo otro grupo de pacientes que presentan una patología endotelial secundaria a ciertos desencadenantes, en este grupo encontramos:

#### **I.4.3.5 Queratopatía bullosa afáquica y pseudofáquica.**

Es una condición en la cual existe un edema corneal irreversible secundario a un daño endotelial como consecuencia de una cirugía de catarata o del implante de una LIO. Cuando el paciente carece de una LIO se le denomina queratopatía bullosa afáquica, estas patologías son indicaciones frecuentes de un trasplante corneal.

La facoemulsificación está asociada a una pérdida de 4-10% de la densidad endotelial, los factores correlacionados son el tamaño y localización de la incisión corneal, la densidad del núcleo, cantidad de ultrasonido utilizado y volumen del fluido irrigado intraocularmente.<sup>107, 108</sup> Se ha disminuido la cantidad de ultrasonido en la cirugía de catarata asistida con láser de femtosegundo.<sup>109</sup>

El tratamiento es inicialmente médico con la aplicación de soluciones hipertónicas tópicas, utilización de lentes de contacto y control de la PIO. Se ha descrito la utilidad del cross-linking para disminuir el dolor por la ruptura de las microbullas, sin embargo, el tratamiento definitivo es el trasplante corneal.<sup>44</sup> Se ha descrito la QPP como tratamiento de la queratopatía bullosa, sin embargo, las técnicas DMEK y la DSAEK se están convirtiendo en tratamientos de elección.<sup>110</sup>

#### **I.4.3.6 Complicaciones quirúrgicas de la cámara anterior**

El contacto del vítreo al endotelio corneal ha sido considerado como una de las mayores causas de queratopatía bullosa.

La inflamación crónica y las sinequias del segmento anterior pueden estar relacionadas con altas tasas de queratopatía bullosa. Las lentes de cámara anterior pueden provocar sinequias capturando los hápticos en el ángulo iridocorneal.

#### **I.4.3.7 Queratoplastia penetrante fracasada.**

Se practica la DSAEK en el fallo de la QPP secundario a disfunción endotelial, particularmente cuando la QPP cuenta con una buena refracción.<sup>111</sup> En comparación con la re-QPP, la DSAEK está asociada con menores tasas de rechazo endotelial, mantiene la integridad tectónica del injerto, brinda una rehabilitación visual más rápida, y preserva la integridad de la córnea receptora al evitar la resutura.<sup>112</sup>

Existen ciertas circunstancias en las que preferimos practicar una DSAEK respecto a otra técnica de trasplante endotelial como son:

- Anomalías de la cámara anterior: como SAP.
- Presencia de dispositivos de drenaje para glaucoma.
- Presencia de lentes intraoculares en cámara anterior.
- Alteraciones iridianas: dificultan la presurización de la cámara anterior.
- Ojos vitrectomizados.
- Movimientos miotónicos del globo ocular o traumatismos frecuentes.

Se ha descrito la práctica de la DSAEK de forma terapéutica en ojos que cursan con queratopatía bullosa y dolor recurrente. En estos casos la recuperación visual es escasa o nula debido a otra patología concomitante.

#### **I.4.4 Técnica Quirúrgica**

##### **I.4.4.1 Preparación del injerto donante.**

Debe tenerse cuidado para conservar las células endoteliales. **(Figura I-10).**

###### *I.4.4.1.1 Montaje en la cámara anterior artificial.*

Utilizar rodetes esclerocorneales con un mínimo de 14mm de diámetro.

###### *I.4.4.1.2 Corte con el Microqueratomo.*

Se buscan discos con menos de 200µm.

###### *I.4.4.1.3 Trepanación del injerto corneal.*

La elección del diámetro del injerto es personalizada, prefiriendo injertos de 8.0-8.5mm de diámetro.

###### *I.4.4.1.4 Revisión del disco laminar.*

Examinar que no contenga detritus ni pliegues en la Descemet.

##### **I.4.4.2 Preparación de la córnea receptora.**

###### *I.4.4.2.1 Medida del tamaño de la Descemetorrexis.*

Generalmente es centrado en la pupila o en el ápex corneal.

###### *I.4.4.2.2 Incisiones.*

Se realiza una incisión principal de 4.2 mm, añadiendo dos paracentesis.

###### *I.4.4.2.3 Descemetorrexis.*

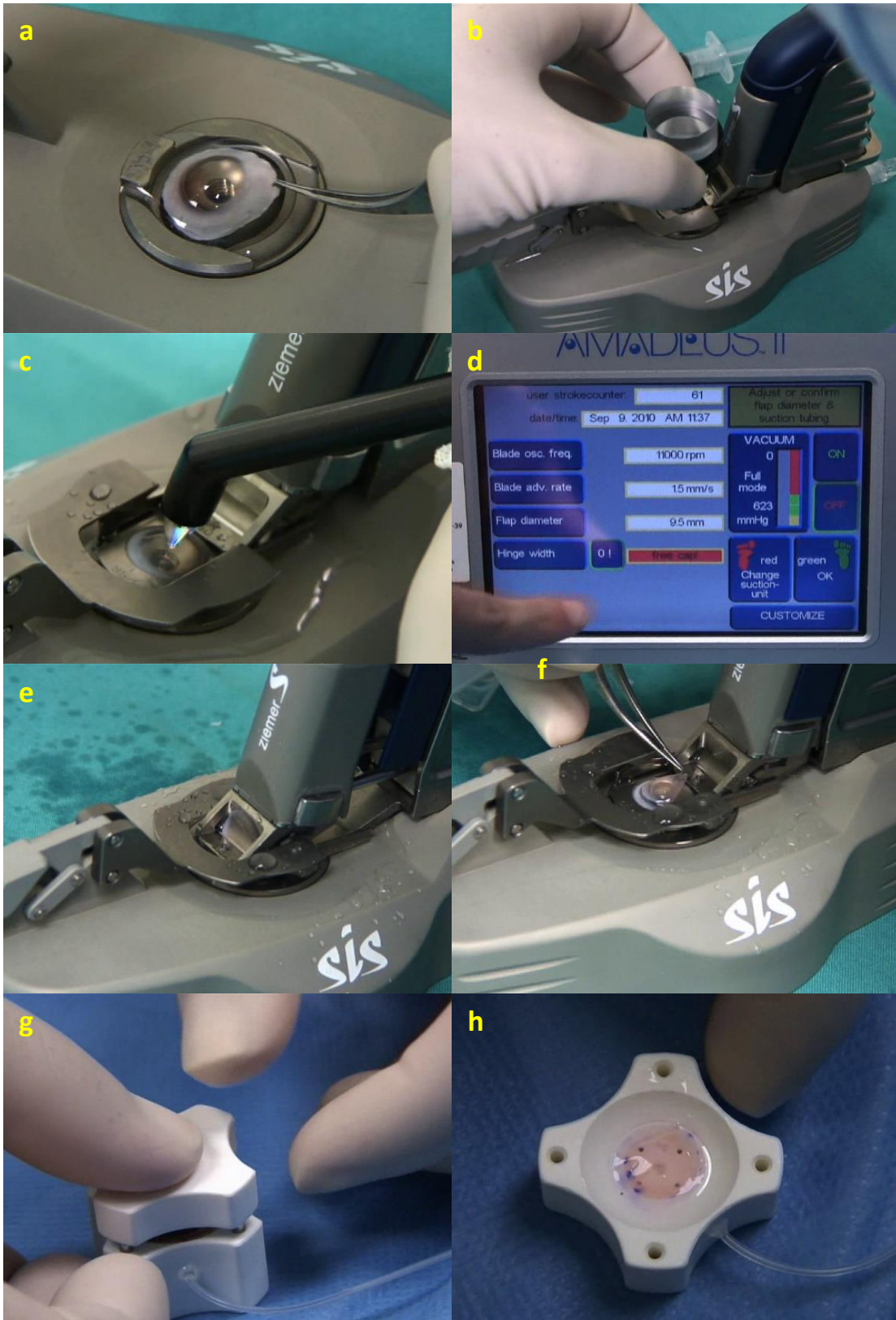
Es practicada bajo aire o viscoelástico con un gancho de Sinsky o una aguja de 30G con el bisel invertido. Luego, con el “scraper” de John se despega la MD.

##### **I.4.4.3 Introducción del injerto en cámara anterior.**

Con un deslizador (glide de Busin), y desde la paracentesis se tira del injerto.

##### **I.4.4.4 Introducción de aire.**

Se coloca aire o SF<sub>6</sub> al 20% en cámara anterior.



**Figura 0-10. Preparación de injerto DSAEK.**

Montaje del microqueratomo y colocación de la córnea donante (a). Medición de la presión de la cámara artificial (b) y marcado del ápex corneal (c). Selección de la opción "free cap" en la consola del microqueratomo(d). Corte con el microqueratomo y obtención del free cap (e y f). Trepanación de la córnea donante y obtención del botón (g y h).

## **I.4.5 Tratamiento**

El tratamiento postoperatorio está dirigido a evitar complicaciones, creando las mejores condiciones para la adherencia del injerto al estroma receptor.

### **I.4.5.1 Postoperatorio inmediato.**

El paciente permanece en posición decúbito supino con el objetivo de evitar la dislocación del injerto. Se debe vigilar la presencia de aire retroiridiano y la PIO.

### **I.4.5.2 Postoperatorio precoz.**

Es importante examinar la adherencia del botón donante y valorar su funcionalidad por medio de la paquimetría, la transparencia corneal y la AV. Se inicia el tratamiento con antibióticos y corticoides tópicos e incluso sistémicos.

### **I.4.5.3 Postoperatorio tardío.**

El tratamiento está orientado a disminuir las posibilidades de un rechazo inmunológico, así como la rehabilitación visual.

## **I.4.6 Complicaciones**

### **I.4.6.1 Complicaciones preoperatorias**

Durante la manipulación del tejido donante se debe evitar la pérdida de células endoteliales; además de conservar una estricta asepsia. Es importante el tamaño del rodete escleral, para que se pueda colocar eficientemente en la cámara anterior artificial.

### **I.4.6.2 Complicaciones intraoperatorias**

#### *I.4.6.2.1 Complicaciones con la preparación del tejido donante.*

Hay que evitar el colapso de la cámara anterior artificial para impedir que el endotelio se traumatice, o que se perfora el botón donante durante la trepanación. Las tintas usadas para marcar los discos son tóxicas para las células endoteliales.

#### *I.4.6.2.2 Trepanación Excéntrica.*

La trepanación del disco donante debería estar muy bien centrada para no afectar la calidad óptica del injerto ni su comportamiento biomecánico.

#### *I.4.6.2.3 Tejido donante irregular o delgado.*

Un botón donante muy delgado se pliega sobre sí mismo dificultando las maniobras de aplicación al lecho receptor.

#### *I.4.6.2.4 Restos de la membrana de Descemet.*

Los restos de la membrana de Descemet evitan la adherencia del botón donante.

#### *1.4.6.2.5 Ruptura de la cápsula posterior.*

Cuando se realiza un triple procedimiento (facoemulsificación, implante de LIO y DSAEK) existe el riesgo de ruptura de la cápsula posterior, lo que podría dificultar el manejo del aire intracamerar. En estos casos es necesario que el paciente adopte una estricta posición supina para evitar que el aire pase cámara vítrea, además de considerar la utilización de SF<sub>6</sub>, un gas de alta flotabilidad y mayor duración que el aire.

#### *1.4.6.2.6 Hemorragia coroidea expulsiva.*

Gracias a que la DSAEK es una técnica que se realiza a cámara cerrada la hemorragia coroidea expulsiva es una rara complicación.

#### *1.4.6.2.7 Otras complicaciones intraoperatorias.*

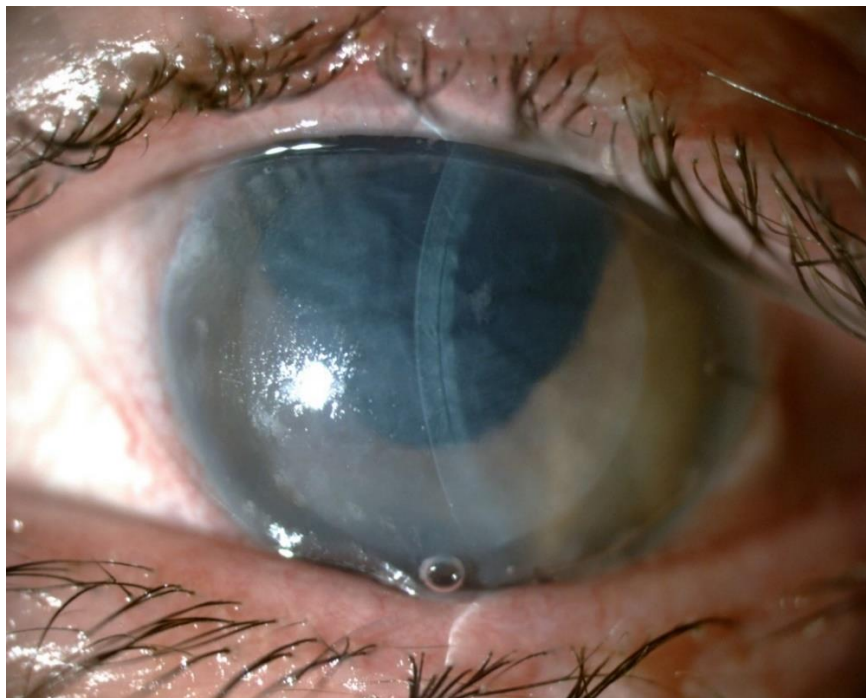
La DSAEK está sujeta a todas las complicaciones de una cirugía intraocular.

### **1.4.6.3 Complicaciones postoperatorias.**

#### *1.4.6.3.1 Dislocación del Botón Donante.*

Es la complicación más frecuente de la DSAEK, su frecuencia es muy variable y depende de la curva de aprendizaje, se ha reportado una incidencia de 0 hasta 82%.<sup>113</sup> Se han publicado casos de reaplicación espontánea.<sup>114</sup> **(Figura I-11).**

El tratamiento para esta complicación es el rebubbling y la concomitante recolocación del botón donante.



**Figura 0-11. Dislocación del injerto donante.**

*Paciente con desprendimiento del injerto en el postoperatorio inmediato, se observa fluido en la interfase. Fue resuelto mediante rebubbling.*

#### *1.4.6.3.2 Fallo primario del injerto.*

Es la falta de ganancia de transparencia después de 2<sup>114</sup> a 12<sup>115</sup> semanas de haber sido realizado el trasplante endotelial. Se clasifica en dos grupos:

En el primero están aquellas causas en las que persiste el edema corneal a pesar de que el injerto se encuentra bien aplicado. Su causa es el traumatismo intraoperatorio. El tratamiento de esta nosología es la prevención, trasplantándose endotelios con un mínimo de 2000 células/mm<sup>2</sup> y que el transporte del botón endotelial sea en el lecho corneal donante.

En el segundo grupo están aquellas causas que cursan con desprendimiento del injerto debido a restos de endotelio, viscoelástico, vítreo u otro elemento.

La incidencia de fallo primario es dependiente de la curva de aprendizaje. En caso de un fallo primario establecido, el tratamiento es el retrasplante endotelial.

#### *1.4.6.3.3 Rechazo endotelial.*

Es definido por el edema corneal asociado a células inflamatorias, con o sin precipitados queráticos; se considera rechazo corneal a cualquier inflamación en cámara anterior hasta no demostrar lo contrario. Su incidencia varía de 0.8 a 8.5%.

El tratamiento para el rechazo endotelial en una DSAEK es la prevención mediante el uso de corticoides tópicos. Una vez diagnosticado un rechazo el tratamiento son los corticoides tópicos, perioculares, e incluso sistémicos.

#### *1.4.6.3.4 Glaucoma agudo por bloqueo pupilar.*

El bloqueo pupilar puede suceder debido a la presencia de una burbuja extremadamente grande en cámara anterior, o secundario a la migración de aire de cámara anterior a posterior en ausencia de una iridotomía periférica.

El tratamiento es la extracción parcial de aire y la reestructuración del ángulo iridocorneal con sinequiolisis. Se debe realizar una iridotomía YAG prequirúrgica o una iridectomía intraquirúrgica. La utilización de midriáticos es de gran ayuda.

#### *1.4.6.3.5 Pérdida endotelial.*

Sería de aproximadamente un 34% en los primeros 6 meses postoperatorios, siendo menor la velocidad de pérdida después de los 12 meses postoperatorios.

#### *1.4.6.3.6 Cambios refractivos.*

Se ha descrito un cambio hipermetrópico de más o menos 1 dioptría, el cual debe ser considerado cuando se realizan triples procedimientos. La ventaja de los trasplantes laminares endoteliales es que no cambian significativamente el astigmatismo topográfico, ni el refractivo.

#### *I.4.6.3.7 Depósitos en la interfase*

Pueden ser residuos de las sustancias o instrumentos.

#### *I.4.6.3.8 Queratitis infecciosa.*

Se puede presentar una infección de la interfase por diversos microorganismos, destacando los micóticos.<sup>116</sup>

#### *I.4.6.3.9 Crecimiento intraepitelial.*

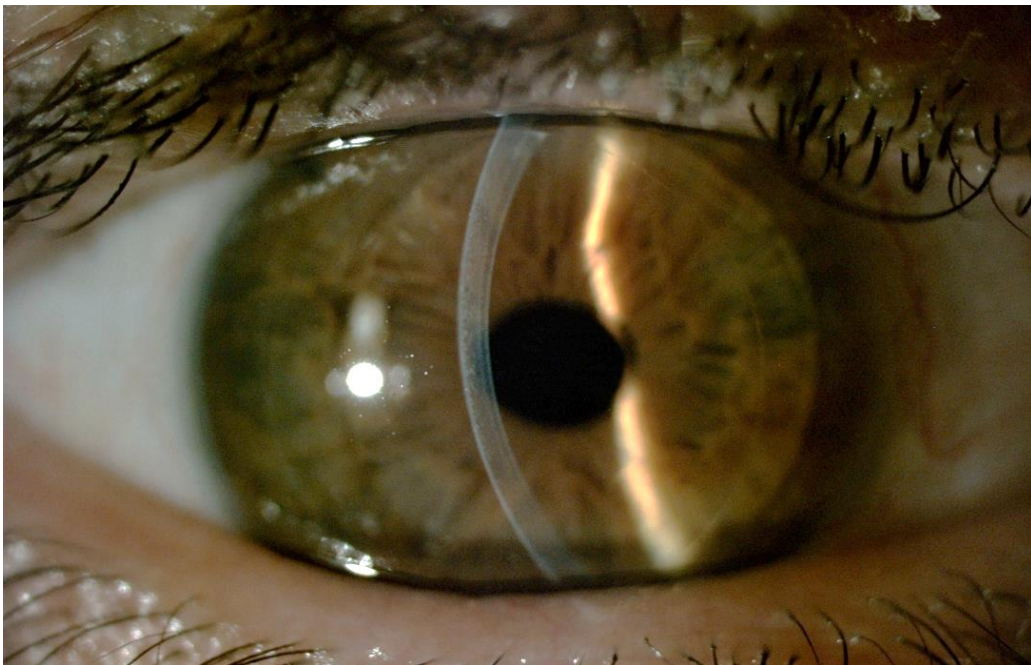
En caso de que no lleguen al eje visual se recomienda solo observación; en caso contrario se puede considerar el retrasplante con la aplicación de citostáticos como 5 fluorouracilo.<sup>117</sup>

### **I.4.6.4 Complicaciones retinianas.**

La *hemorragia coroidea expulsiva* ha sido raramente descrita como una complicación de la DSAEK.

El *desprendimiento de retina* se asocia a antecedentes de cirugía de polo posterior o complicaciones de la cirugía de catarata.

Existe un riesgo incrementado de *edema macular quístico*, aunque se han reportado pocos casos.



**Figura 0-12. DSAEK 1mes después de la cirugía**

*La AV era 10/10. Resalta la interfase con buena visualización del disco donante.*

## **I.5 QUERATOPLASTIA ENDOTELIAL DE LA MEMBRANA DE DESCOMET (DMEK)**

### **I.5.1 Historia**

Melles en el año 2004 describió la descemetorrexia.<sup>100</sup> y en el año 2006 una técnica que denominó queratoplastia endotelial de membrana de Descemet (DMEK).<sup>118</sup>

En el 2009 fue descrita la queratoplastia endotelial automatizada de membrana de Descemet (DMAEK: Descemet's membrane automated endothelial keratoplasty) la cual deja un anillo de estroma en el injerto. Se utiliza microqueratomo o láser de femtosegundo.<sup>119</sup> Studeny describió la queratoplastia endotelial de membrana de Descemet con anillo estromal (DMEK-S: Descemet's membrane endothelial keratoplasty with a stromal rim), a diferencia de la DMAEK en la DMEK-S la preparación del tejido se realiza manualmente.<sup>120</sup>

Balachandran y Dirisamer describieron la reendotelización y el aclaramiento corneal en ojos intervenidos de DMEK los cuales cursaron con desprendimiento total del injerto.<sup>121, 122</sup> Estos resultados llevaron a proponer un nuevo procedimiento denominado: transferencia endotelial de la MD (DMET: Descemet's Membrane Endothelial Transference).

En el 2016 el EBBA reportó que la DMEK está incrementando, mostrando una curva similar a la que experimentó la DSAEK; pasando de 344 en el 2011 a 6459 en el 2016.<sup>30</sup>

### **I.5.2 Concepto:**

La DMEK es una técnica de trasplante corneal laminar, cuyo procedimiento consiste en la remoción selectiva de la MD y del endotelio patológico del paciente, seguido por el trasplante de un injerto compuesto de MD y endotelio sano, sin tejido estromal adicional del donante. Se caracteriza por la rápida rehabilitación visual.

### **I.5.3 Indicaciones**

Las patologías tratadas con DSAEK, también son susceptibles de serlo mediante la DMEK, destacando la distrofia de Fuchs y la queratopatía bullosa pseudofáquica. Otras indicaciones incluyen el desprendimiento traumático de la MD, el agotamiento endotelial tras una queratoplastia previa, otras distrofias endoteliales, síndromes endoteliales iridocorneales, aniridia congénita y ciertas formas de toxicidad medicamentosa que dañan al endotelio corneal (amantadina).<sup>31, 123</sup>

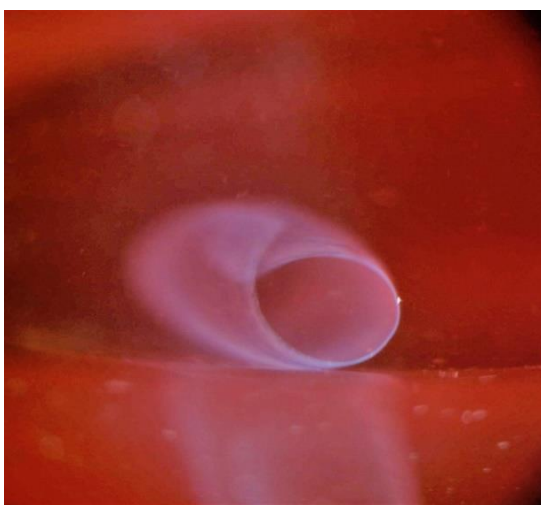
## I.5.4 Técnica Quirúrgica

### I.5.4.1 Preparación del Donante:

La técnica inicial fue la “técnica estándar” descrita en el 2008, siendo modificada posteriormente a una técnica sin tocar (estándar no touch technique).<sup>124</sup>

#### I.5.4.1.1 Técnica de SCUBA.

Es la técnica original, Submerged cornea using backgrounds away o córnea sumergida utilizando fondos de distancia, el botón corneoescleral es teñido con Vision Blue. Con ayuda de un “scraper” se libera la MD en 180° o 360° adyacentes al espolón escleral. La MD es pelada con una pinza hasta liberar un 50% o más de su superficie para luego trepanarla.



*Figura 0-13. Imagen del Descemet-roll en el medio de conservación Carry®*

#### I.5.4.1.2 Técnica de Muraine.

Esta técnica consistente en trepanar el disco donante desde su cara endotelial con un trepano-troquel especial. La hoja circular del instrumento tiene dos interrupciones de 4mm, de manera que corta el tejido en solo 330°. <sup>125</sup> Está calibrado para trepanar sólo la MD y el estroma posterior de forma no perforante.

Los resultados de esta técnica mostraron que traumatizaba el endotelio central, mientras que la técnica de SCUBA traumatiza las células periféricas. Se observó una mayor incidencia de desprendimiento del injerto con la técnica de Muraine. <sup>126</sup>

#### I.5.4.1.3 Técnica PDEK.

El injerto está compuesto por la capa predescemética de Dua, MD y endotelio. El procedimiento es llamado Queratoplastia Endotelial Predescemética (PDEK). <sup>127</sup> La ventaja de la PDEK es que el injerto se enrolla menos, haciendo más fácil su desplegamiento, ya que el endotelio se pliega hacia adentro. <sup>128</sup>

### **I.5.4.2 Preparación de la córnea receptora.**

#### *I.5.4.2.1 Incisiones.*

La incisión debe ser tunelizada y autosellable.

#### *I.5.4.2.2 Descemetorrexia*

Se realiza de forma similar a la practicada en la técnica DSAEK.

### **I.5.4.3 Inyección del injerto de Descemet.**

Se aspira el Descemet-roll con un inyector de lente o una pipeta. Se inserta el inyector en la incisión y se inyecta el injerto. Se debe considerar que el endotelio se ubica en la superficie externa del injerto.<sup>124</sup>

### **I.5.4.4 Orientación del injerto.**

Es uno de los pasos más importantes. Se comprueba colocando una cánula de 30G sobre el injerto y avanzando hacia uno de los rollos: si la cánula se encuentra por debajo del rollo el injerto está bien orientado (signo de Moutsouris).

La OCT intraoperatoria es útil para visualizar la orientación del injerto.<sup>129,130</sup> Otro método es la realización de letras para comprobar su correcta orientación.<sup>131, 132</sup>

### **I.5.4.5 Desplegamiento del Descemet-roll.**

Se inyecta una pequeña burbuja de aire entre los dos rollos y se empuja de un lado a otro con el objetivo de desplegarlos. Los injertos con un buen despliegamiento provienen de donantes mayores de 50 años.<sup>133</sup>

### **I.5.4.6 Centrado del injerto de Descemet**

Centramos el injerto mediante suaves toques con la cánula sobre la córnea. Las áreas de estroma que permanecen desnudas son repobladas por la migración de células endoteliales provenientes del injerto y de la periferia del receptor.<sup>134</sup>

### **I.5.4.7 Posicionamiento del Injerto de Descemet.**

Una vez centrado el injerto, se lo vuelve apoyar contra el iris mediante una burbuja de aire. Posteriormente aspiramos la burbuja y sin salir de la cámara anterior nos desplazamos debajo del Descemet-roll donde inyectamos una burbuja de aire aplicándolo contra el lecho estromal receptor. Cuando existen dobleces se realiza la maniobra de bubble-bumping. Cuando el injerto está totalmente desplegado, se inyecta aire bajo él, para presurizar la cámara.<sup>124</sup>

### **I.5.4.8 Fijación del injerto de Descemet.**

Se mantiene la cámara anterior llena de aire durante 45-60 minutos a unos 20 mmHg, después se realiza un intercambio parcial de aire-BSS, dejando un 30-50% de aire. Se ha descrito el uso del gas SF<sub>6</sub> para lograr la aplicación del injerto.<sup>135</sup>

## **I.5.5 Tratamiento**

Está dirigido para evitar complicaciones y disminuir el riesgo de rechazo corneal.

### **I.5.5.1 Postoperatorio inmediato.**

El paciente debe permanecer en posición decúbito supino para que la burbuja ayude a aplicar al injerto. Debemos verificar la permeabilidad de la iridotomía o iridectomía, en su defecto indicar midriasis pupilar farmacológica.

### **I.5.5.2 Postoperatorio precoz.**

Es importante verificar que el Descemet-roll se encuentre aplicado.

Se inicia el tratamiento con antibióticos y corticoides tópicos, se valora la función del endotelio por medio de la ganancia de transparencia corneal y de la AV.

### **I.5.5.3 Postoperatorio tardío.**

Es importante la medida de la PIO, buscar la presencia de signos inflamatorios y el control de los factores de riesgo de un rechazo endotelial.

## **I.5.6 Complicaciones**

Los cirujanos de córnea se resisten a adoptar esta técnica debido a:

- a. Un alto riesgo de destrucción del endotelio donante durante su extracción.
- b. La cirugía tiene un alto grado de dificultad, y mayor tiempo de quirófano.
- c. Las complicaciones postoperatorias y los fallos primarios por iatrogenia.

Las complicaciones se pueden presentar en cada una de sus etapas de la DMEK.<sup>136</sup>

### **I.5.6.1 Obtención del injerto donante.**

Se ha descrito una tasa de complicación de 0-16% durante la obtención del injerto.<sup>137</sup> Debido a su escasa visualización son comunes los desgarros, y cuando el donante es mayor, es posible que el injerto no se pliegue.

### **I.5.6.2 Complicaciones intraoperatorias.**

#### *I.5.6.2.1 Restos de la membrana de Descemet.*

Pueden impedir la aplicación del injerto.

#### *I.5.6.2.2 Atrapamiento del injerto en la incisión.*

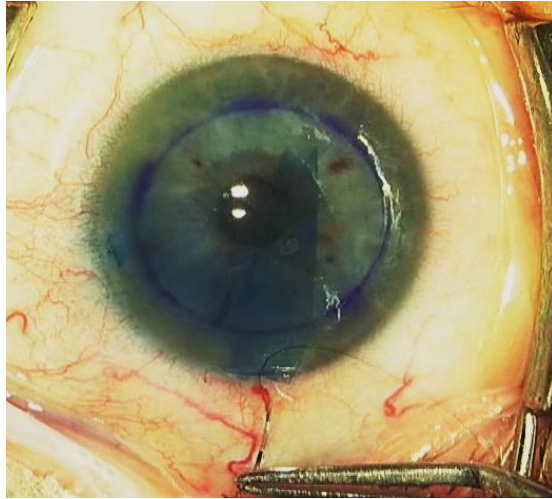
Se descomprime la cámara anterior para introducir el injerto con la ayuda de una cánula realizando toques sobre el labio anterior de la incisión. **(Figura I-14)**

#### *I.5.6.2.3 Insuficiente visualización del injerto.*

Esto se previene con la tinción de azul tripán al 0,06%.

#### *I.5.6.2.4 Pérdida del injerto.*

Por una expulsión del injerto tras ser inyectado o luxación a cámara vítrea.



*Figura 0-14. Incarceración del Descemet-roll en la incisión.*

#### *1.5.6.2.5 Aplicación invertida.*

Es de gran ayuda dibujar figuras asimétricas, realizar muescas en la periferia, o el uso de la OCT intraoperatoria.

#### *1.5.6.2.6 Dificultad para la aplicación estromal del Descemet-roll*

Por un injerto grande, otras causas son la presencia de SAP o de hebras vítreas.

#### *1.5.6.2.7 Disminución de la visualización por edema corneal*

Se puede deshidratar la córnea, desepitelizarla o utilizar una lámpara con luz de hendidura. La técnica de E-DMEK, consiste en la utilización de un endoiluminador en cámara anterior que mejora la visualización.<sup>138</sup>

### **1.5.6.3 Complicaciones postoperatorias.**

Las complicaciones como bloqueo pupilar, descentramiento del Descemet-roll, la presencia de pliegues periféricos, la queratitis infecciosa, entre otras; tienen un manejo similar al realizado en la técnica DSAEK. **(Figura I-15).**



*Figura 0-15. Glaucoma Agudo por cierre angular en DMEK.*

#### *1.5.6.3.1 Desprendimiento del Descemet-roll.*

Es la principal causa de retrasplante. Su incidencia es mayor en aquellos casos en los que se presuriza la cámara anterior con aire(67%), comparado con el SF<sub>6</sub> (19%).<sup>139</sup> Se ha descrito que la tasa de rebubbling es de 4.4%, siendo todos los casos realizados dentro de los primeros 6 meses.<sup>140</sup>

#### *1.5.6.3.2 Pérdida postoperatoria de células endoteliales*

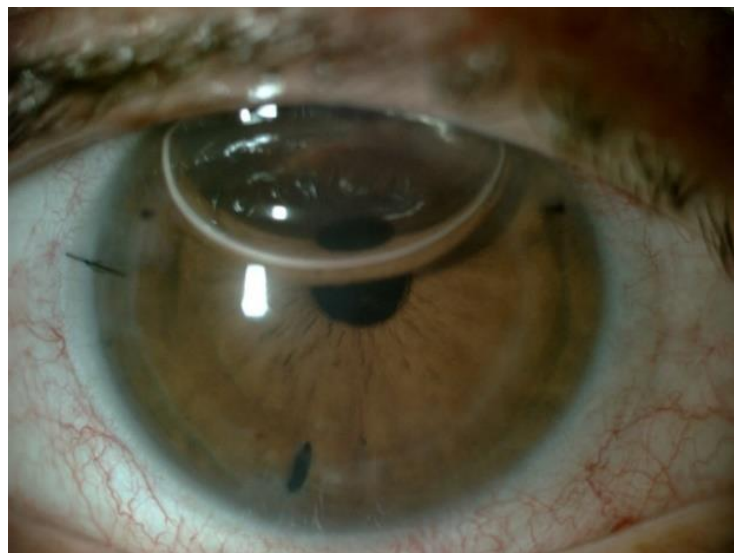
Las publicaciones iniciales describieron una pérdida celular del 30% en los primeros 3 meses, 32 o 34% a los seis meses, seguido de una pérdida anual de 9% durante un seguimiento de 4 años.<sup>141</sup> Estas tasas de pérdida endotelial no se han visto modificadas durante las publicaciones más recientes.<sup>140</sup>

#### *1.5.6.3.3 Fallo primario del injerto.*

Cuando la córnea receptora no gana transparencia. Al inicio de esta técnica, la tasa de fallo primario era de 8-10%,<sup>142</sup> es dependiente de la curva de aprendizaje.

#### *1.5.6.3.4 Rechazo endotelial*

Es la presencia de edema corneal asociado a inflamación intracameral en una córnea que previamente había ganado transparencia por un período de tiempo mayor a dos semanas después del trasplante.<sup>143</sup> Un injerto se considera que ha fallado si el episodio de rechazo persiste por un mínimo de tres meses consecutivos. Un estudio describió una probabilidad de rechazo de 0.9% al año, 2.3% a los 2 años, y 2.3% a los 4 años.<sup>144</sup>



***Figura 0-16. Dos días después de DMEK en distrofia de Fuchs.***

*Hay una rápida ganancia de transparencia de la córnea receptora, aún persiste la burbuja de SF<sub>6</sub>. Iridotomía intraquirúrgica permeable*

## I.6 ABERRACIONES CORNEALES

### I.6.1 Historia

Christoph Scheiner midió la capacidad de enfoque del ojo mediante un disco opaco con dos orificios, diferenciando entre ametropía, astigmatismo o aberración óptica.

Thomas Young ideó un objeto (optómetro) basado en el disco de Scheiner para medir la refracción ocular.

En 1861 Smirnov fue el primero en medir las aberraciones de onda oculares.

Tscherning ideó el aberroscopio con lo cual determinaba en forma subjetiva las aberraciones ópticas del ojo.<sup>145</sup>

En 1900, Hartmann, físico y astrónomo alemán, creó un disco con numerosos orificios circulares pequeños para medir las aberraciones de espejos y lentes.

En 1960, Howland añadió un cilindro cruzado de 5 dioptrías al aberroscopio de Tscherning. Usando este instrumento se publicó el primer trabajo donde se medían las aberraciones oculares, concluyendo que el coma es la aberración que dominante. En este estudio también se aplicaron, por primera vez, los polinomios de Zernike.<sup>146</sup>

Shack sustituyó en 1971 las perforaciones de la pantalla de Harman por pequeñas lentes. Este dispositivo se llamó Sensor de frente de onda de Hartmann - Shack.

La aplicación del sensor de frente de onda para el estudio de las aberraciones oculares se realizó por el grupo de Josef Bille y Liang en Heidelberg en 1994.<sup>147</sup>

### I.6.2 Introducción:

#### I.6.2.1 Longitud del trayecto (camino) óptico, diferencia del trayecto óptico y frente de ondas.

El enfoque más conveniente para el análisis de frente de onda corneal está basado en la descripción de las aberraciones ópticas como un error de la longitud del trayecto (camino) óptico (Optical Path Length). Una simple fórmula para calcular la distancia óptica es multiplicar la longitud del camino físico o distancia física por el índice refractivo del medio que atraviesa el rayo de luz. Este análisis del comportamiento de los rayos de luz para la longitud del camino óptico se basa en el principio de Fermat del menor tiempo, el cual establece que la luz de un punto objeto alcanzará un punto imagen siguiendo la longitud de camino óptico o distancia óptica más corta.

Un *frente de onda* es una superficie conceptual que conecta todos los rayos de luz emergentes de una fuente puntual con la misma fase temporal. Así, cuando los rayos

formadores de imagen están en fase, resulta un frente de onda esférico centrado en el punto imagen. Por otro lado, los rayos de luz que atraviesan un sistema aberrado llegarán al punto imagen con diferentes fases y por lo tanto ellos habrán viajado distintas longitudes de trayecto óptico, estos rayos producirán un frente de onda aberrado que se aleja de la forma esférica ideal. La desviación del frente de onda real de su forma esférica ideal es la diferencia del trayecto óptico (Optical Path Difference), también llamado error del frente de onda.<sup>148</sup>

La diferencia del trayecto óptico y el frente de onda corneal son idénticos en magnitud, pero de signo contrario. A la hora de evaluar una aberrometría conviene saber si su representación está en diferencia del trayecto óptico (la mayoría de los aberrómetros corneales); o en frente de ondas (aberrómetros totales), ya que los signos y la escala de colores estarán invertidos. Desde el punto de vista clínico, es más fácil interpretar la diferencia del trayecto óptico, ya que comparte la escala de colores del mapa topográfico de elevación.<sup>148</sup>

### 1.6.3 Concepto de Aberración Óptica

Es la diferencia entre el frente de onda ideal y el frente de onda aberrado, llamada también como aberración o error del frente de onda. Una aberración óptica es una desviación del frente de onda con respecto a una esfera o plano de referencia perfecta localizada entre la pupila de salida y la imagen en el plano. La función del frente de onda aberrado es la diferencia del camino óptico entre la esfera de referencia y el frente de onda real, esto se denomina diferencia de camino óptico (DCO).

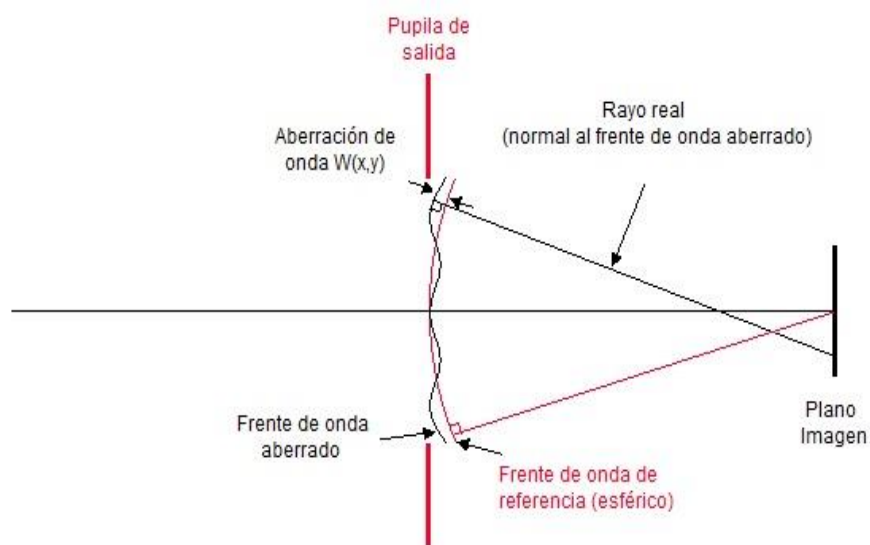


Figura 0-17. Aberración de onda.

## I.6.4 Clasificación:

### I.6.4.1 Aberraciones cromáticas.

Es la diferencia en la distribución de la radiación policromática incidente y es dependiente de la longitud de onda de la luz. La longitud de onda corta (azul) se enfoca más cerca de la superficie óptica que la longitud de onda larga (rojo). Se debe a la dispersión producida por los tejidos oculares y no a la forma ocular.

#### I.6.4.1.1 Aberración cromática longitudinal:

También conocida como aberración cromática de posición o axial. La aberración cromática longitudinal se entiende como el efecto de observar los colores con falta de nitidez, es causada por la incapacidad que tienen los medios oculares de enfocar todos los colores hacia un mismo foco.

#### I.6.4.1.2 Aberración cromática transversa:

Conocida también como aberración cromática de aumento o lateral. Se entiende como el efecto de bordes coloreados que se produce alrededor de un objeto. El aumento transversal es una función de la distancia objeto-eje, la magnitud de este efecto depende del grado de centrado entre el eje visual y el centro pupilar, provocando una gran alteración en el contraste de las imágenes. A diferencia de otras aberraciones, la imagen de un punto sigue siendo un punto.<sup>149</sup>

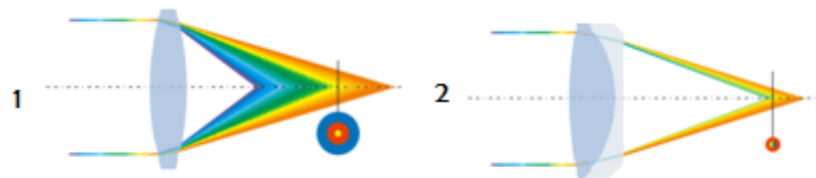


Figura 0-18. Aberración Cromática.

### I.6.4.2 Aberraciones Monocromáticas

Se producen en forma independiente de la longitud de onda de la luz porque se produce con una longitud de onda específica. Las aberraciones ópticas monocromáticas son las encargadas de deformar y desenfocar la imagen.

Pueden ser representadas utilizando los monomios de Taylor, el análisis de Seidel, las series de Fourier, los polinomios de Zernike, entre otros métodos matemáticos.

### I.6.5 Medición y representación del frente de onda

La función de la forma del frente de onda se puede representar matemáticamente por un polinomio, siendo comúnmente utilizadas la base de Seidel y la base de Zernike, siendo la base de Seidel más utilizada en el proceso de diseño y la de Zernike en la caracterización de los sistemas ópticos y en aplicaciones cuantitativas. Otras descripciones utilizadas son la de Taylor, practicada por su sencillez y la de Fourier destacada por utilizar funciones sinusoidales.<sup>150</sup>

Tradicionalmente se han utilizado los polinomios de Zernike, ya que expresan debidamente todos los órdenes de las aberraciones gracias al balance que proporciona a cada componente, y a sus propiedades de ortogonalidad.<sup>151</sup>

#### I.6.5.1 Representación de Taylor

Debido a su simplicidad, se han usado los monomios de Taylor para representar las superficies bidimensionales y en la simulación del frente de onda.<sup>152</sup>

La aberración de frente de onda es una ecuación que puede contener infinitos términos; ésta en el sistema de coordenadas cartesiano tiene la forma general:

$$\begin{aligned} W(x, y) = & a_{00} + a_{10} x + a_{01} y \\ & + a_{11} xy + a_{20} x^2 + a_{02} y^2 \\ & + a_{21} x^2y + a_{12} xy^2 + a_{30} x^3 + a_{03} y^3 \\ & + \dots a_{mn} x^m y^n + \dots \end{aligned}$$

El polinomio dado por la ecuación anterior se denomina polinomio de Taylor, o simplemente polinomio en coordenadas cartesianas.<sup>153</sup> Aunque los monomios de Taylor no son un sistema ortogonal, éstos siguen siendo muy prácticos para describir el frente de onda debido a su simplicidad.

#### I.6.5.2 Representación de Seidel.

Las aberraciones de Seidel o aberraciones de tercer orden, son imperfecciones en las imágenes formadas por un sistema óptico que ocurren debido a que los rayos de luz no son paraxiales. Esta teoría de tercer orden describe las cinco primeras aberraciones o aberraciones de Seidel:

##### I.6.5.2.1 Aberración esférica:

Es la única que afecta a los puntos situados en el eje. Los rayos provenientes de un punto del eje que entran en la lente con ángulos grandes (fuera de la aproximación paraxial) no van al foco, sino cerca de él. La aberración esférica reduce el contraste y degrada detalles de imagen.

### 1.6.5.2.2 Coma o aberración comática:

Cuando por una lente pasa la luz de una fuente puntual situada fuera de su eje, genera una serie de círculos comáticos que forman una mancha en cola de cometa. Según la cola apunte hacia el eje óptico o en sentido contrario se considera coma negativo o positivo, respectivamente. Es la aberración más sensible al descentramiento.

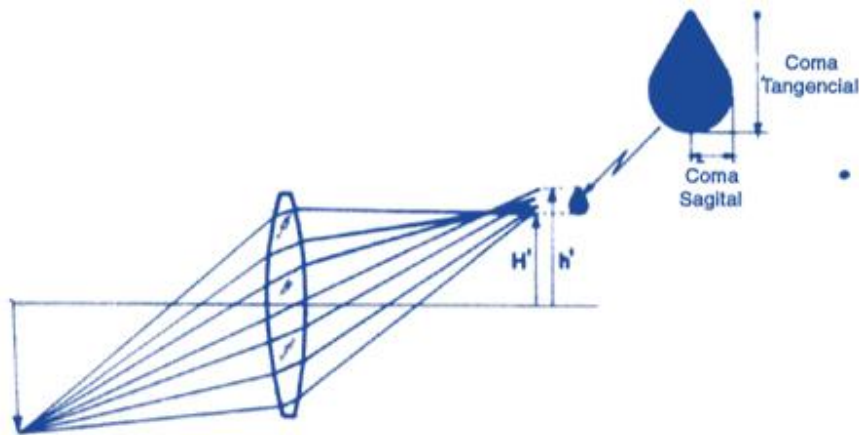


Figura 0-19. Aberración comática

### 1.6.5.2.3 Astigmatismo por incidencia oblicua:

Aparece cuando la fuente de luz puntual se ubica lejos del eje óptico de una lente esférica ocasionando que el cono de rayos incidentes sea asimétrico. En consecuencia, se originan diferentes distancias focales para los rayos que pasan por los planos meridional y sagital de la lente, creando un haz conoideo. La imagen de un punto es una elipse. Entre ambos planos existe un plano donde la elipse se transforma en un círculo – el círculo de mínima confusión. Cuando la superficie de la imagen tangencial se encuentra más próxima al sistema óptico el astigmatismo es positivo (en caso contrario es negativo).

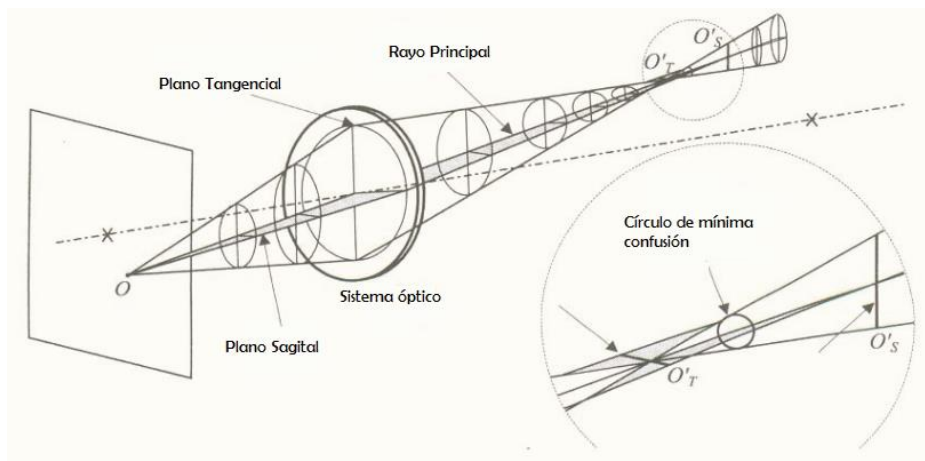


Figura 0-20. Astigmatismo por incidencia oblicua.

#### 1.6.5.2.4 Curvatura de campo de Petzval:

Aparece cuando la imagen de un objeto situado en un plano normal al eje óptico se forma en una superficie curva. La imagen de un plano, es realmente una superficie esférica llamada superficie de Petzval.

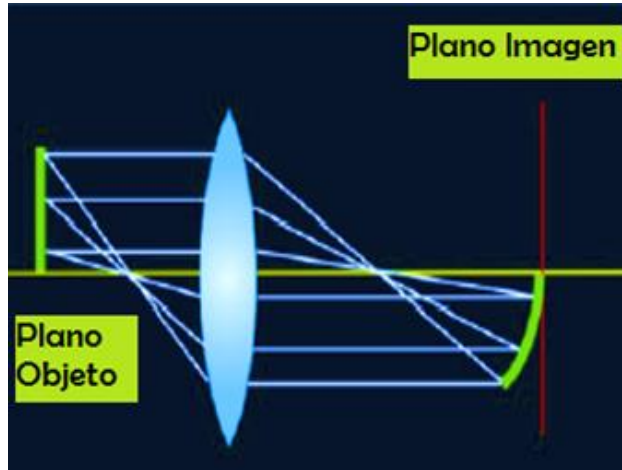


Figura 0-21. Curvatura de campo de Petzval.

#### 1.6.5.2.5 Distorsión:

La aberración rompe la relación de semejanza entre objeto e imagen. Puede ser una aberración cromática de aumento positiva o de corsé (el aumento transversal de la imagen aumenta con la distancia del punto objeto al eje); o una aberración cromática de aumento negativa o de barril (el tamaño transversal de la imagen disminuye con la distancia del punto objeto al eje).

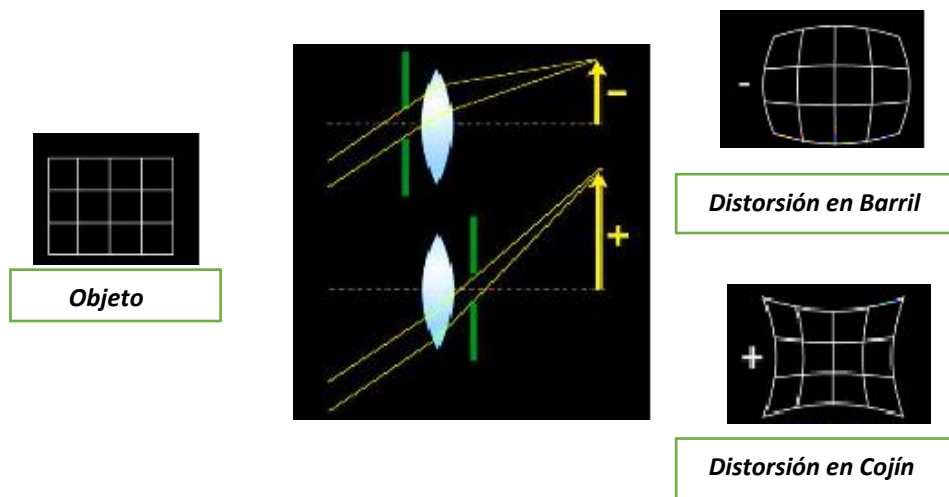


Figura 0-22. Distorsión.

### I.6.5.3 Representación de Fourier.

La serie de Fourier permite la descomposición de cualquier objeto periódico en una suma de términos sinusoidales trigonométricos de seno y coseno, de frecuencias crecientes y amplitudes determinadas, lo que se conoce como espectro de Fourier.

Smolek y Klyce usaron un algoritmo basado en las series de Fourier para adaptarlo a la descripción y representación de la superficie de la córnea.<sup>154</sup>

El frente de onda puede expandirse en funciones sinusoidales. El uso de series de Fourier es eficiente para la reconstrucción del frente de onda mediante el uso de la transformada de Fourier.<sup>155</sup> Usando el análisis de Fourier el frente de onda corneal puede ser convertido a componentes trigonométricos mediante la fórmula:<sup>156,157,158</sup>

$$F_i(\sigma) = a_0 + c_1 \cos(\sigma - \alpha_1) + c_2 \cos 2(\sigma - \alpha_2) + c_3 \cos 3(\sigma - \alpha_3) + \dots + c_n \cos n(\sigma - \alpha_n)$$

Donde:

**a<sub>0</sub>**: Es el componente esférico del área corneal estudiada.

**c<sub>1</sub>**: Es el descentramiento o asimetría.

**c<sub>2</sub>**: Representa al componente astigmático regular

**α<sub>2</sub>**: Es el eje del astigmatismo regular.

**c<sub>3</sub>...n**: Representa el componente astigmático irregular.

El análisis de Fourier del frente de onda corneal se deduce de la topografía corneal empezando desde el centro hacia la periferia, agrupando los datos en cuatro mapas:

#### I.6.5.3.1 Componente esférico:

El primer mapa, es representado en forma aislada como una línea que muestra los radios de curvatura desde la zona central hacia la periferia. Es la primera serie de Fourier y representa al orden 0.

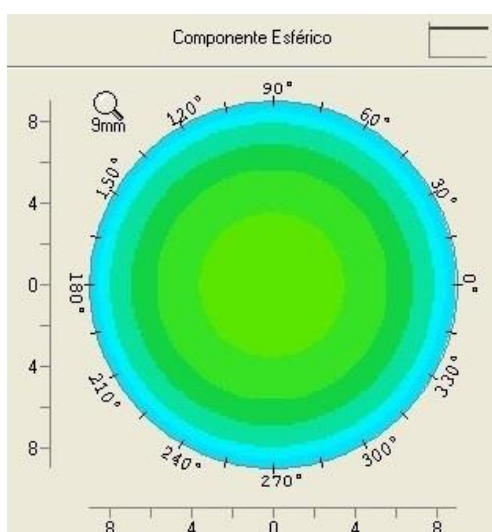


Figura 0-23. Componente esférico.

### 1.6.5.3.2 Descentramiento:

Llamado también asimetría. Mide la inclinación entre el eje óptico del topógrafo y el eje óptico del vértex corneal, dando lugar a una aberración comática. Es la segunda serie de Fourier y constituye el periodo del primer armónico. Es una onda sinusoidal normal que alcanza un máximo y un mínimo sobre un radio corneal determinado. Su media aritmética es cero.

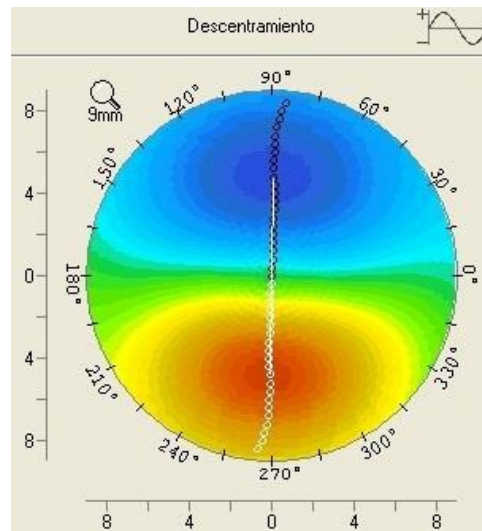


Figura 0-24. Descentramiento.

### 1.6.5.3.3 Astigmatismo regular:

Es la tercera serie de Fourier y representa el periodo del segundo armónico. En una cornea normal es representado como una cruz, en el queratocono está asociado con una rotación de los ejes astigmáticos del centro a la periferia, dando un patrón en espiral. Es caracterizada por una curva sinusoidal normal de doble frecuencia constituida por dos mínimos y dos máximos.

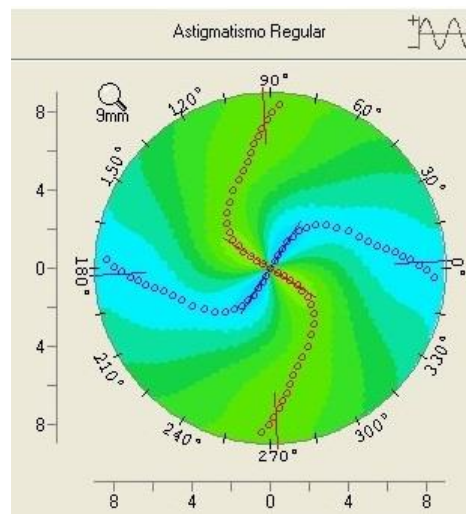
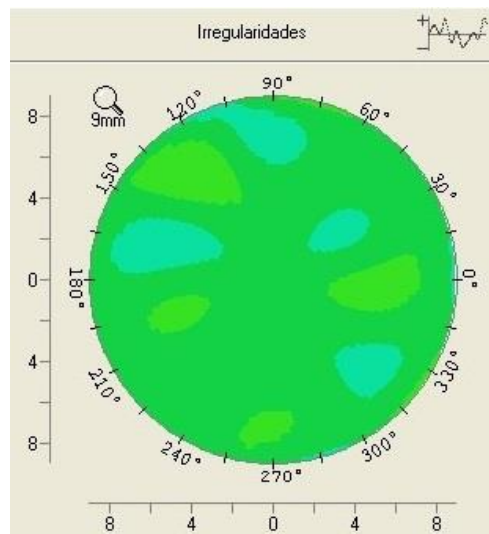


Figura 0-25. Astigmatismo regular.

#### 1.6.5.3.4 Irregularidades:

Llamado astigmatismo irregular, es el cuarto mapa, representa la suma de todos los componentes restantes, todo un rango de imperfecciones ópticas que degradan la calidad de la imagen. Está relacionado con aberraciones ópticas de alto orden. Es caracterizada por una curva sinusoidal con una frecuencia irregular.<sup>159</sup>

El componente esférico, y el astigmatismo regular pueden ser corregidos con lentes esfero-cilíndricas, a diferencia del descentramiento y el astigmatismo irregular.<sup>158</sup>



**Figura 0-26. Astigmatismo irregular.**  
Imagen de análisis de Fourier del Pentacam.

**Las ventajas de las series de Fourier** sobre los polinomios de Zernike son:

- Tienen una mayor resolución con menos órdenes.
- Es aplicable a pupilas más reales (no solo circulares).
- La reconstrucción del frente de onda es más real.
- El análisis de Fourier mide el frente de onda corneal en forma general, sin identificar la localización de cada aberración, a diferencia de la descripción de Zernike.

Dai publicó el primer estudio comparando los algoritmos de reconstrucción del frente de onda de Fourier y Zernike, él concluyó que el algoritmo de Fourier es superior al algoritmo de Zernike, principalmente en frente de ondas altamente aberradas.<sup>160</sup> Mientras que. Yoon encontró que el método de Zernike es superior al de Fourier para representar el frente de onda con los datos brindados por los mapas de topografía.<sup>161</sup>

#### I.6.5.4 Representación de Zernike

Los polinomios de Zernike son un conjunto infinito de funciones polinómicas, ortogonales en el círculo de radio unidad (círculo unitario), con coordenadas polares. Dos funciones son ortogonales si la integral de su producto es igual a cero. La ortogonalidad de las aberraciones individuales integra los términos de los polinomios de Zernike sobre el área de una pupila, y las reduce a una expresión más simple como los coeficientes de Zernike.

Los polinomios de Zernike han permitido representar la aberración de los sistemas ópticos de forma simple, reduciendo los problemas de interpretación de los fenómenos geométricos y difractivos de los sistemas ópticos.<sup>150</sup>

Los polinomios de Zernike se representan en coordenadas polares, lo cual es un sistema de coordenadas bidimensional en el que cualquier punto es representado por un radio “ $\rho$ ” y un ángulo “ $\theta$ ”. Siendo  $\rho$  la coordenada radial que toma valores de 0 a 1; y  $\theta$  el componente azimutal o angular cuyo intervalo de variación es 0 a  $2\pi$ .<sup>162,163</sup>

Distinguimos tres componentes: el factor de normalización (N), la dependencia radial (R) y la dependencia azimutal ( $\theta$ ). La dependencia radial es polinómica y la azimutal es armónica. El factor de normalización garantiza la ortogonalidad:

$$F_i(\sigma) = a_0 + c_1 \cos(\sigma - \alpha_1) + c_2 \cos 2(\sigma - \alpha_2) + c_3 \cos 3(\sigma - \alpha_3) + \dots + c_n \cos n(\sigma - \alpha_n)$$

Donde:

**n** = Es el grado radial, indica la potencia más alta (orden) en la componente polinómica radial, la distancia radial del centro pupilar. Siempre es positivo.

**m** = Es la frecuencia azimutal o angular en la componente armónica. Se refiere a la localización de la aberración; cuanto más mayor, es más periférica. Cuando  $m = 3$  se llama trefoil, cuando  $m = 4$  tetrafoil y así sucesivamente. Según sea positivo o negativo estará en la fase coseno o seno respectivamente que implica una cierta rotación de la aberración.

Es posible identificar a cada uno de los polinomios por medio de un único indexado “j” obtenido a partir de los índices “n” y “m” por medio de la siguiente relación:

$$j = \frac{n(n+2) + m}{2}$$

En la siguiente tabla se muestran los polinomios de Zernike hasta orden 5, según la anotación estándar de la OSA:

*Tabla 0-1. Listado de polinomios de Zernike hasta 5º orden.*

<b>j = Índice</b>	<b>n = orden</b>	<b>m = frecuencia</b>	<b><math>Z_n^m(\rho, \theta)</math></b>
0	0	0	1
1	1	-1	$2 \rho \sin \theta$
2	1	1	$2 \rho \cos \theta$
3	2	-2	$6 \rho^2 \sin 2\theta$
4	2	0	$3 (2\rho^2-1)$
5	2	2	$6 \rho^2 \cos 2\theta$
6	3	-3	$8 \rho^3 \sin 3\theta$
7	3	-1	$8 (3\rho^3-2\rho) \sin \theta$
8	3	1	$8 (3\rho^3-2\rho) \cos \theta$
9	3	3	$8 \rho^3 \cos 3\theta$
10	4	-4	$10 \rho^4 \sin 4\theta$
11	4	-2	$10 (4\rho^4-3\rho^2) \sin 2\theta$
12	4	0	$5 (6\rho^4-6\rho^2+1)$
13	4	2	$10 (4\rho^4-3\rho^2) \cos 2\theta$
14	4	4	$10 \rho^4 \cos 4\theta$
15	5	-5	$12 \rho^5 \sin 5\theta$
16	5	-3	$12 (5\rho^5-4\rho^3) \sin 3\theta$
17	5	-1	$12 (10\rho^5-12\rho^3+3\rho) \sin \theta$
18	5	1	$12 (10\rho^5-12\rho^3+3\rho) \cos \theta$
19	5	3	$12 (5\rho^5-4\rho^3) \cos 3\theta$
20	5	5	$12 \rho^5 \cos 5\theta$

La representación de la forma de un frente de onda se da mediante la función aberración de onda (W) que puede expresarse como combinación lineal de los polinomios de Zernike:

$$W = \sum_{j=1 \dots N} C_j Z_j$$

Donde:

**C<sub>j</sub>**: son los Coeficientes de Zernike que se expresan en micras y miden el valor de las distintas aberraciones presentes en el sistema.

Para describir las aberraciones oculares se sigue la convención adoptada por la OSA (Optical Society of America) que toma como sistema de referencia un triedro con origen en la pupila de entrada del ojo, el eje Y apuntando hacia arriba, el X apuntando a la izquierda del sujeto y Z apuntando en dirección emergente al ojo. Al usar coordenadas polares  $\theta$  se mide respecto del eje X y  $\rho$  es la distancia respecto del origen medida en unidades normalizadas al radio pupilar.<sup>164</sup> (Figura I-27)

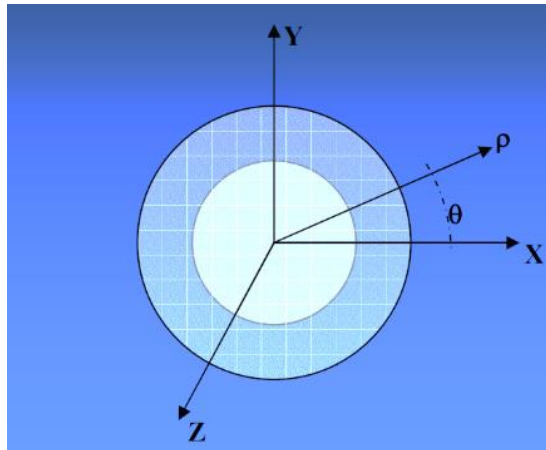


Figura 0-27. *Triedro de referencia aberrométrica*

A diferencia de las descripciones del frente de onda de Taylor, Seidel y Fourier, los polinomios de Zernike han tenido mayor aceptación debido a sus propiedades matemáticas adecuadas para pupilas circulares.

#### 1.6.5.4.1 *Ventajas de usar los polinomios de Zernike*<sup>165</sup>

- Son ideales para describir la óptica del ojo porque se basan en la geometría circular (tanto la córnea como la pupila tienen geometría circular).
- Los coeficientes de los polinomios ortogonales tienen menos error que aquéllos de los polinomios no ortogonales.
- Todas sus derivadas son continuas, describiendo mejor las formas curvas como las del frente de onda.
- Ellos representan en forma individual aberraciones comunes como el coma, la aberración esférica, trefoil, etc.
- Estos polinomios forman un conjunto completo que puede representar superficies y formas complejas dando los suficientes términos para lograr un máximo ajuste.

#### 1.6.5.4.2 *Factores que alteran el cálculo de los polinomios de Zernike*

- El diámetro de la pupila sobre la que se hace el cálculo aberrométrico.
- La posición del ojo respecto al instrumento de medida.
- Los puntos de muestreo del frente de onda que han sido considerados.
- El número de polinomios de Zernike empleados en la reconstrucción del frente.

Tener en cuenta que debido a estos factores es posible que el mismo frente de onda aberrado pueda ser descrito por vectores de coeficientes de Zernike distintos.

#### 1.6.5.4.3 Polinomios de Zernike.

En la representación de Zernike, las aberraciones se clasifican por órdenes:

##### 1) Aberraciones constantes:

Incluyen las aberraciones de orden cero y uno. No se consideran aberraciones ya que no deforman el frente de onda, no tienen influencia en la calidad visual.

##### I. Orden 0

- a) *Pistón*: es el cambio de fase del frente de onda, puede estar adelantado o retrasado con respecto al plano de referencia. El pistón no cambia la forma del frente de onda, por lo tanto, existe una ausencia de aberración.<sup>166</sup>

##### II. Primer Orden

- a) *Tilt*: Es el error prismático, lo que hace es desviar el frente de onda, pero tampoco cambia su forma, por lo que no crea ninguna aberración y no tiene ningún impacto en la calidad de la imagen retiniana. Es un componente de tipo lineal que puede cambiar con la dilatación. No se considera una aberración pues se puede corregir con un prisma, que es un elemento óptico tradicional.<sup>149,167</sup>

- ✓ Representa la pendiente a lo largo de los meridianos vertical y horizontal.
- ✓ Inclinación Horizontal (Tilt).
- ✓ Inclinación Vertical (Tip).

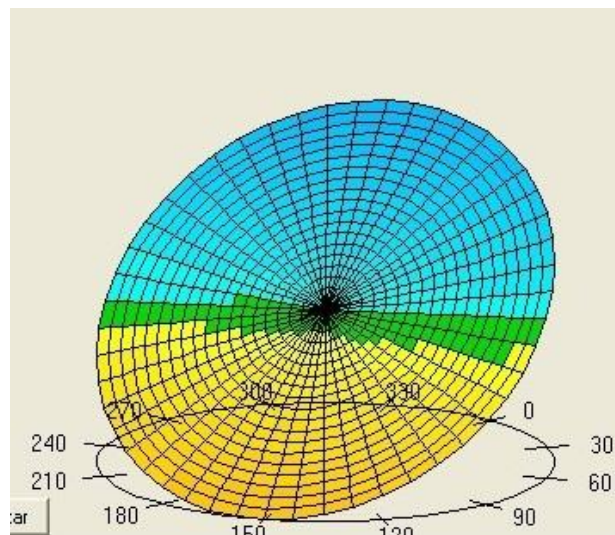


Figura 0-28. Inclinación vertical

## 2) Aberraciones de bajo orden:

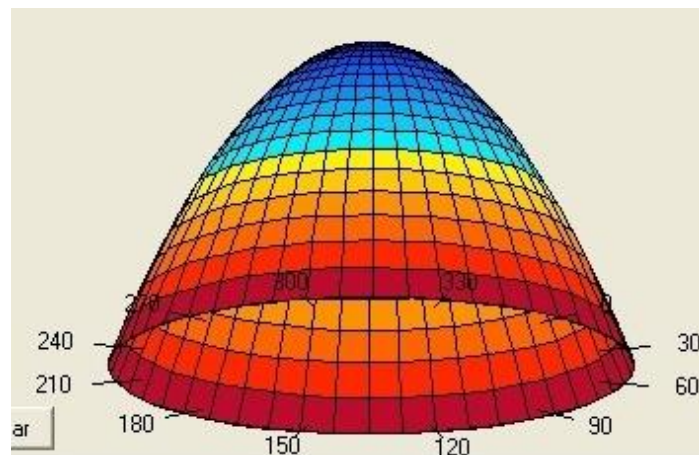
Corresponden al 85% del total de las aberraciones ópticas.

### I. Segundo Orden:

Son aquellas que influyen directamente en las ametropías, se diagnostican y tratan diariamente con lentes esferocilíndricas.

- a) *Desenfoque (Defocus)*: Representa el error refractivo de los rayos centrales respecto a los periféricos de un frente de onda, puede ser positivo o negativo, dependiendo si es un error miópico o hipermetrópico respectivamente. El frente de onda es esférico, pero converge por delante o por detrás de la retina, causando un emborronamiento de la imagen en todas las direcciones.

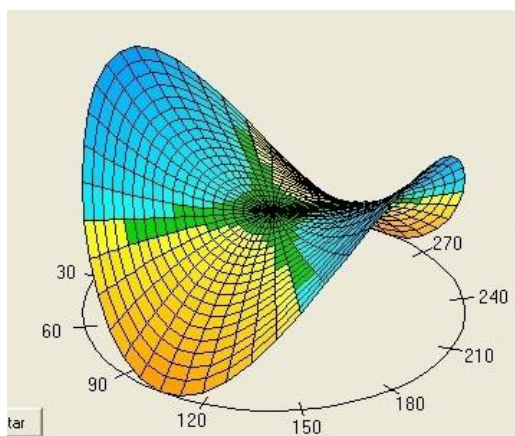
La representación bidimensional de un defecto hipermetrópico nos mostrará un frente de onda más rápido en el centro del eje óptico, que se torna progresivamente más lento a medida que se acerca a la periferia. En caso del defecto miópico nos mostrará un frente de onda rápido en la periferia, que se torna progresivamente más lento a medida que se acerca al centro del eje óptico. La representación tridimensional del frente de onda del desenfoque es una figura con forma de tazón.<sup>168</sup>



*Figura 0-29. Desenfoque*

- b) *Astigmatismo*: La imagen afectada por astigmatismo muestra emborronamiento en todas las direcciones, siendo mayor según el eje comprometido. El astigmatismo es el error prismático del ojo, existiendo dos meridianos o ejes de distinto radio de curvatura en el frente de onda. En el astigmatismo se forma una imagen difusa que va de la primera a la segunda línea focal (conoide de Sturm). Entre ellas existe una zona en la que la imagen es más nítida, esta zona se denomina círculo de menor confusión.

Su mapa aberrométrico bidimensional tendría la forma de un plano curvado alternadamente hacia adelante y atrás. La caracterización tridimensional del astigmatismo tendría la forma de una silla de montar.<sup>168</sup>



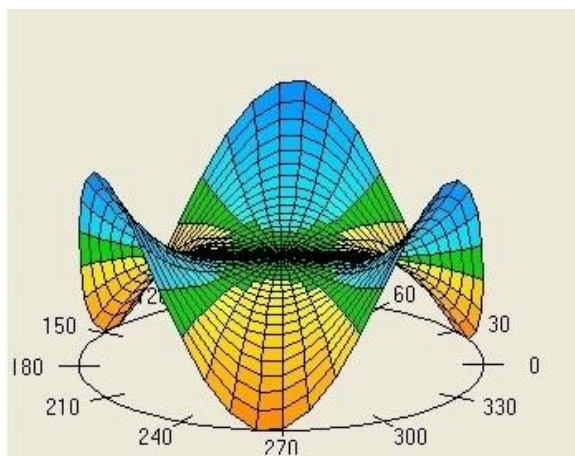
*Figura 0-30. Astigmatismo*

### 3) Aberraciones de alto orden:

Están constituidas a partir del tercer orden hacia adelante (pudiendo llegar a ser infinitas). Estas constituyen un 15% del deterioro de la calidad visual en pacientes sanos, pero en pacientes con diversas patologías, este porcentaje se incrementa en forma desmesurada.

#### I. Tercer Orden:

a) *Trefoil*: También llamado astigmatismo triangular, constituido por 3 ejes. Los pacientes que padecen un alto trefoil se quejan de deslumbramientos y halos alrededor de los objetos.<sup>169</sup> Bidimensionalmente representa la alternancia adelante-atrás de tres puntos fijos que determina un encorvamiento del plano expensas de la periferia. Su imagen tridimensional es una onda que se adelanta y atrasa por 3 veces, siendo mayor en la periferia.



*Figura 0-31. Trefoil*

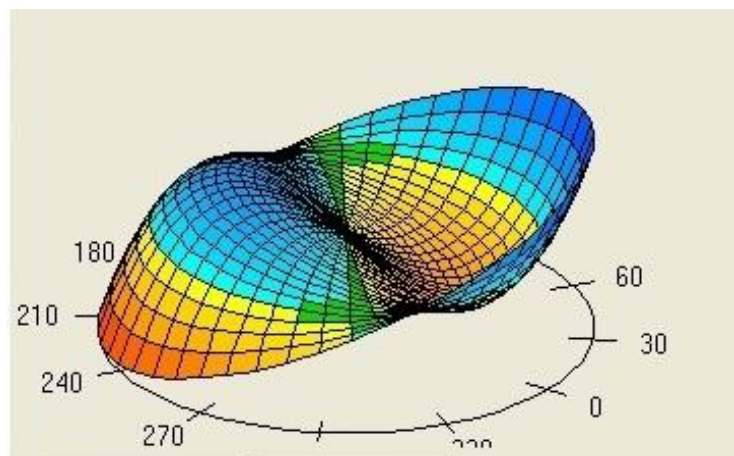
b) *Coma*: La aberración comática representa los rayos de luz incidentes que refractan de diferente manera y se encuentran fuera del eje de visión, es decir se debe al descentramiento de los elementos que constituyen un sistema óptico. Se encuentra en patologías asimétricas como el queratocono, en lentes intraoculares inclinadas, y tratamientos refractivos descentrados.<sup>170</sup>

El efecto sobre la imagen simula a un cometa, por lo que el frente de onda es asimétrico; con componentes vertical y horizontal. La cola del cometa apunta hacia el centro o hacia fuera del campo de observación dependiendo si la aberración es positiva o negativa, es decir si la potencia de los rayos periféricos es mayor que los centrales, el coma es positivo; en cambio si la potencia de los rayos centrales es mayor que los periféricos, sería negativo.

La presencia del coma origina síntomas de doble imagen monocular, generando una visión doble y difuminada (la luz se ve como un cometa).

El coma está representado bidimensionalmente por un frente de ondas escindido desde la periferia hacia el centro que alterna de forma horizontal o vertical, en planos que avanzan o se retrasan de manera abrupta. Tridimensionalmente, el coma es un frente de onda con ondulaciones profundas que se alternan adelante atrás desde el centro hasta la periferia.<sup>168</sup>

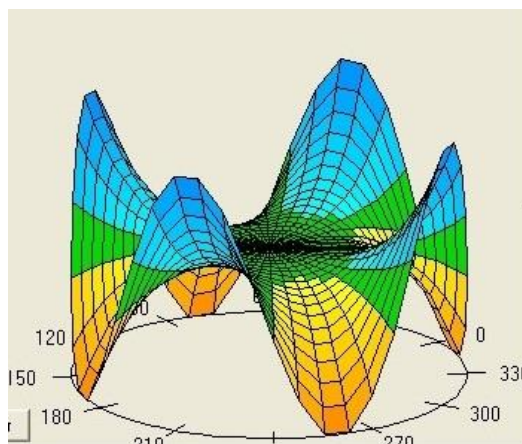
Las combinaciones específicas del coma y astigmatismo pueden producir una mejoría visual y óptica de la imagen.<sup>171</sup>



*Figura 0-32. Coma*

## II. Cuarto Orden:

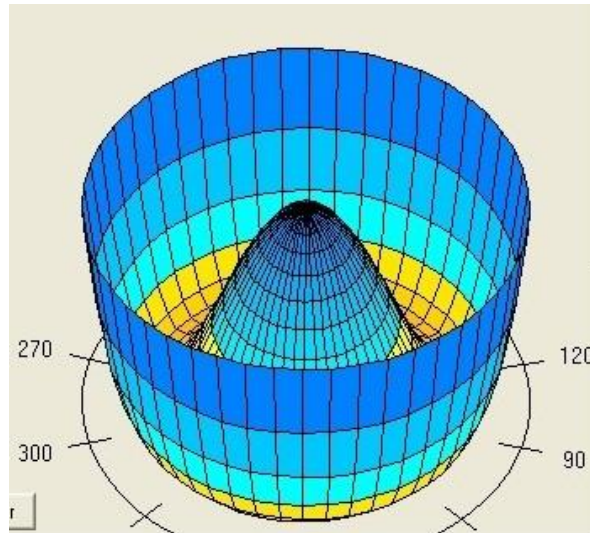
- a) *Tetrafoil*: También llamado quadrafoil, está presente en córneas muy aberradas, por ejemplo, en queratoplastias penetrantes. Representa la simetría de cuatro puntos fijos a expensas de la periferia y que en su forma bidimensional y tridimensional reproduce un frente de onda que avanza y se retrasa en 4 oportunidades en la periferia del área analizada.



*Figura 0-33. Tetrafoil*

- b) *Astigmatismo de 4° Grado*: No tiene mucha influencia en la deformación de la imagen en córneas sanas. Es el astigmatismo secundario, tiene dos expresiones para la frecuencia angular de seno y coseno.
- c) *Aberración esférica*: Es la diferencia de focalización de los rayos de luz cuando se reflejan o refractan en una superficie esférica, es una aberración simétrica y se define como la distancia focal entre los puntos del centro y la periferia de un frente de onda. Esta aberración produce un punto imagen con halos, en consecuencia, origina síntomas en la visión nocturna; por ejemplo, ver las luces difuminadas y con círculos, provocando problemas para la conducción con escasa iluminación.<sup>172</sup> La aberración esférica varía considerablemente dentro de una población, siendo la media  $0.1 \pm 0.1 \mu\text{m}$ .<sup>173</sup> Esta aberración aumenta a la cuarta potencia conforme aumenta el diámetro pupilar. Por ello, de noche, la dilatación pupilar produce un aumento de la aberración esférica que provoca una ligera miopización (miopía nocturna) cuando toma valores positivos.<sup>174</sup>

Su forma tridimensional clásica es un “sombbrero mexicano”. Típicamente se ha descrito que las técnicas convencionales de LASIK pueden incrementar la presencia de este tipo de aberración, debido a micro descentramientos.<sup>168</sup>

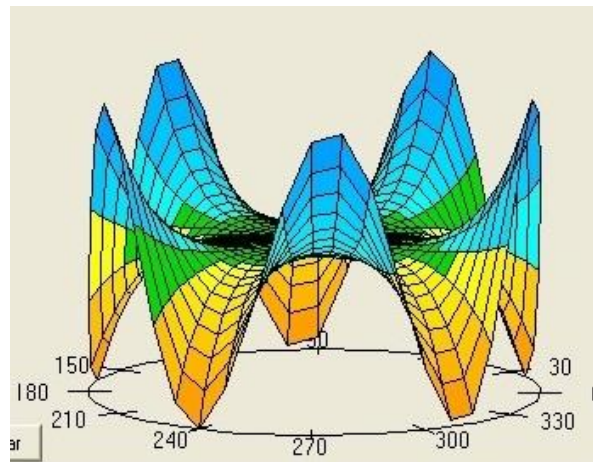


*Figura 0-34. Aberración esférica*

### III. Quinto Orden:

En ojos normales no degradan mucho la imagen cuando la pupila es pequeña o existe un gran contraste, pero deterioran severamente la calidad de la imagen cuando la pupila está dilatada. Se incrementan en ojos muy aberrados.

a) Pentafoil: Se ubica en la región externa de la pirámide.



*Figura 0-35. Pentafoil*

b) Trefoil de 5° Grado y el Coma de 5° Grado: Cobran una gran notoriedad en pacientes afectados por tratamientos refractivos descentrados, o cualquier otra condición que cause una deformidad de la superficie corneal.<sup>169</sup>

### IV. Sexto Orden:

a) Aberración esférica de 6° Grado: En ojos muy aberrados puede deteriorar severamente la imagen.

### **I.6.5.5 RMS (root mean square).**

El error cuadrático medio del frente de onda (RMS) permite una cuantificación numérica de la desviación del frente de onda medido respecto al frente de onda ideal. A menor RMS, mejor es el frente de onda real, y más óptima la calidad visual.

Se define matemáticamente como la raíz cuadrada de la suma de cuadrados de los coeficientes de los polinomios de Zernike:

$$\text{RMS}^2 = \sum [Z(n, m)]^2$$

La aberración de onda es una superficie compleja que suele describirse como la suma de polinomios más simples, con la RMS el complejo fenómeno de la aberración es reducido a un solo número. Esto lo convierte en ideal para el uso en oftalmología.

El RMS constituye una medida objetiva de cuantificación métrica global de calidad óptica. Puede ser total cuando se considera la sumatoria de todas las aberraciones de un sistema; o solo las aberraciones de bajo o de alto orden, o algún orden en específico,<sup>175</sup> también para una combinación de varias aberraciones, como el coma-like y la aberración esférica-like. Identifica los polinomios que tienen mayor impacto en el frente de onda. Su unidad es la  $\mu\text{m}$ .<sup>176, 177</sup>

En un sistema ocular emétrepe el RMS total es igual a la unidad; si el RMS fuese menor, la AV sería más del 100%, y si fuese mayor nos indicaría un deterioro de la calidad visual, a mayor RMS mayor aberración. Si el frente de onda medido es igual que el frente de onda ideal de referencia, entonces el RMS es cero.<sup>169,168</sup> Valores elevados de RMS disminuyen la AV en forma similar a 3D de equivalente esférico, en cambio un RMS bajo equivale a menos de 0.25D.<sup>176</sup>

### **I.6.6 Aberraciones Oculares**

La calidad del sistema óptico ocular puede medirse mediante un mapa aberrométrico en el plano pupilar; el instrumento que permite este análisis es el aberrómetro. Los aberrómetros utilizados en oftalmología miden el frente de onda total que emerge del ojo a nivel del plano pupilar, esto resulta de las superficies de la córnea y del cristalino, de los índices refractivos de los medios ópticos, del tamaño pupilar y de la posición de la fóvea. Si a las aberraciones oculares totales se le sustraen las aberraciones corneales obtenemos las aberraciones oculares internas que provienen del cristalino o cualquier lente intraocular (en los pacientes pseudofáquicos) y de los medios dióptricos que atraviesan los rayos de luz.<sup>148, 31</sup>

### I.6.7 Aberraciones Corneales

Es posible convertir los datos de topografía y elevación en mapas de aberraciones ópticas mediante el análisis matemático correspondiente (expansión de Zernike o transformación armónica de Fourier), permitiendo analizar el comportamiento óptico de la córnea. Más del 90% de las aberraciones ópticas que tiene un ojo sano proceden del plano corneal, siendo incluso mayor en los casos de córneas irregulares.

Los tomógrafos basados en elevación pueden analizar las aberraciones de la cara posterior de la córnea. Algunos sistemas pueden calcular las aberraciones corneales totales al combinar matemáticamente las aberraciones de la cara anterior y posterior.

La presencia de aberraciones corneales condiciona que los rayos periféricos lleguen en diferente fase a un punto focal respecto a los rayos centrales, creando un frente de onda aberrado, este mismo principio puede ser aplicado para calcular las aberraciones corneales anteriores y totales usando un topógrafo o un tomógrafo que provea una superficie de referencia para computar el frente de onda basado en elevación.<sup>178</sup>

Otro método para calcular las aberraciones corneales es considerar la forma de la córnea como un frente de onda, donde las aberraciones corneales se determinan mediante el cálculo de la diferencia entre esta superficie y un frente de onda ideal libre de aberraciones. El frente de onda ideal es definido por un ajuste de los datos corneales de elevación a una superficie cartesiana oval o esférica alineada con el eje visual. La diferencia del camino óptico es calculada tras multiplicar el perfil de la superficie residual por la diferencia del índice refractivo entre el aire y la córnea. Este método ha sido aplicado para determinar las aberraciones de las superficiales corneales anteriores y posteriores y calcular las aberraciones corneales totales.<sup>179</sup>

La aberrometría corneal se fundamenta en el uso de la topografía y tomografía corneal y por tanto sus limitaciones son las de estas tecnologías. La resolución espacial es muy superior en los topógrafos y tomógrafos corneales respecto a los aberrómetros, debido a que muestrean decenas de miles de puntos en las superficies corneales, obteniendo una descripción mucho más detallada. La independencia de las medidas aberrométricas corneales del diámetro pupilar, el mejor conocimiento que permiten de la córnea media periférica y periférica, la posibilidad de obtener información en corneas irregulares y su origen específico en el análisis de la cara anterior de la córnea, que es donde se originan la mayoría de las irregularidades y aberraciones, hacen de esta técnica la más idónea para el estudio y corrección del astigmatismo irregular y para el diagnóstico de anomalías topográficas como el queratocono.<sup>180</sup>

## I.7 PENTACAM

El sistema Pentacam (Oculus GmbH, Wetzlar, Germany) es un tomógrafo de segmento anterior no invasivo, que utiliza una cámara de Scheimpflug rotatoria conteniendo una hendidura con luz monocromática consistente en un LED azul, libre de UV con una longitud de onda de 475nm. Permite obtener una imagen seccional en cada toma en relación a un mismo punto de referencia, siendo este el centro de la córnea.

La ventaja principal de una imagen de Scheimpflug es que brinda una mayor profundidad de foco y una mayor nitidez de la imagen, pero con una mínima distorsión.<sup>181</sup>

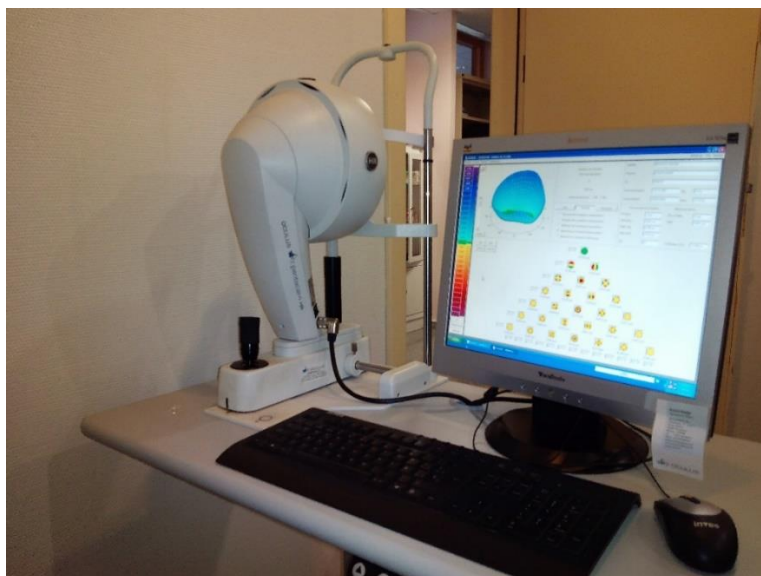
La fotografía basada en el principio de Scheimpflug provee imágenes del segmento anterior con una mínima distorsión, por lo que las medidas biométricas como la curvatura corneal, siempre tienen que ser corregidas por un algoritmo específico. La cantidad de corrección tiene que ser realizada dependiendo de la capa en estudio debido a que cada zona refractiva añade una pequeña cantidad de distorsión a los rayos de luz.<sup>182</sup>

El Pentacam tiene la capacidad para recoger imágenes de la córnea, de la cámara anterior y de la superficie posterior del cristalino originando una gran cantidad de medidas y relaciones de todo el segmento anterior y generando una imagen tridimensional.

El Pentacam cuenta con una función donde la calidad del examen es definida teniendo en cuenta varios factores e índices, esta aparece como “QS” (Quality Specification). Este índice brinda una medida en porcentaje de la fiabilidad y exactitud del examen, en caso de que la medida haya sido óptima el sistema califica el examen con un “OK”.

El sistema Pentacam cuenta con distintos equipos, a destacar:

- **El Pentacam Oculus.** Evalúa 500 puntos, sumando 25000 puntos de elevación.<sup>183</sup>
- **El Pentacam HR (high resolution).** A diferencia del Oculus tiene una resolución de la imagen 5 veces mayor, tiene un diseño de óptica mejorada con una cámara de 1,45 megapíxeles. Tiene una mayor capacidad de resolución y detalle de la imagen de los cortes corneales, Además cuenta con una función dinámica mejorada lo cual le permite obtener imágenes de lentes intraoculares fáquicas, además de haber mejorado su sistema de fijación. Adquiere un total de 50 imágenes en dos segundos, extrayendo 2760 puntos de elevación verdaderos para cada superficie corneal, con lo que genera un total de 138000 puntos de elevación de limbo a limbo, incluyendo el centro de la córnea.<sup>184,185</sup> Obtenidas las imágenes, una computadora reconstruye un modelo virtual tridimensional. La recomposición se realiza con un algoritmo de trazado de rayos. Cuenta con un modo de captura automático lo que le confiere una alta fiabilidad y repetibilidad interoperador.



**Figura 0-36. Pentacam HR.**  
*En la habitación de exámenes de la consulta de córnea*

### **I.7.1 Mapas de curvatura.**

El *mapa axial o sagital* mide la curvatura de un punto de la superficie corneal y el punto donde la perpendicular a la tangente de ese punto corta el eje. En esta representación el valor de curvatura depende de la pendiente en el punto medido y de la posición del eje óptico, por lo que se requiere calcular el centro de imagen. Tiene mayor sensibilidad en la región central.

El *mapa tangencial* usa círculos tangenciales a la superficie corneal examinada en los puntos medidos. El radio de los círculos tangenciales se considera el radio de curvatura. Este método resalta cualquier irregularidad corneal a pesar de ser muy pequeña, gracias a que la representación de las irregularidades corneales aparece más pronunciada. Cuenta con mayor sensibilidad en la región periférica.

### **I.7.2 Mapas de elevación.**

Los mapas de elevación son creados utilizando uno de los tres cuerpos de referencia: el elipsoide, elipsoide tórico, y la esfera de mejor ajuste (más usada).

Se considera a todos los puntos sobre el cuerpo de referencia como elevaciones, asignándoles valores positivos; en cambio, todos los puntos que están por debajo son considerados como depresiones, concediéndoles valores negativos. Las zonas donde coinciden los puntos del cuerpo de referencia y los puntos corneales tienen un valor de 0. Las medidas están dadas en micras.

### **I.7.3 Mapa paquimétrico.**

El espesor corneal se calcula mediante las diferentes posiciones de las imágenes de Purkinje ofrecidas por la hendidura del Pentacam, se obtiene la paquimetría de limbo a limbo, desde el epitelio hasta el endotelio, sin considerar la película lagrimal.<sup>186</sup>

### **I.7.4 Mapa de potencia corneal real.**

Para el cálculo del poder refractivo de la córnea el software del Pentacam utiliza los índices refractivos del aire ( $n=1$ ), del tejido corneal ( $n=1.376$ ) y del humor acuoso ( $n=1.336$ ). El cálculo del poder refractivo usando estos índices nos brinda el verdadero poder refractivo corneal, a diferencia de los topógrafos basados en disco de Plácido, los cuales usan un índice refractivo de 1.3375.

### **I.7.5 Análisis aberrométrico**

Basándose en los datos de elevación, el Pentacam analiza, mediante los polinomios de Zernike, la superficie corneal anterior y posterior, estudiando la contribución de cada una al frente de onda corneal. Se calcula un indicador llamado Coeficiente de Aberración, que describe la contribución de cada polinomio al dato de elevación.

Las aberraciones corneales de alto orden se calculan obteniendo la diferencia entre los datos de elevación y la esfera más adecuada mediante un software del Pentacam. Este programa transforma los datos de elevación de la superficie anterior y posterior a polinomios de Zernike, constituyendo ésta el frente de onda real; los componentes del frente de onda ideal se extraen de la esfera de mejor ajuste. Las aberraciones corneales de alto orden se calcularon multiplicando los componentes residuales por la diferencia de los índices de refracción en la superficie anterior y posterior.<sup>187</sup>

### **I.7.6 Análisis y usos adicionales**

El Pentacam también es útil en el estudio y seguimiento de los trasplantes corneales, especialmente de los laminares; donde además de otros datos podemos medir la densidad de la interfase entre tejido donante y tejido receptor.

Se han llevado a cabo innumerables investigaciones sobre la fiabilidad y repetibilidad del Pentacam,<sup>188,189</sup> concluyendo que este instrumento brinda datos veraces, exactos y repetibles que lo han convertido en una herramienta de referencia.<sup>185</sup>

## **O**BJETIVOS

---



### II.1 OBJETIVOS PRINCIPALES

La presente Tesis Doctoral se diseñó con cuatro objetivos bien definidos:

- 1) Describir, comparar y analizar los resultados de AV, queratométricos, refractivos y topométricos de los cuatro tipos de trasplantes estudiados.
- 2) Describir, comparar y analizar las complicaciones que se presentaron en los cuatro tipos de trasplantes estudiados.
- 3) Describir, comparar y analizar la magnitud de las aberraciones ópticas de alto orden corneales, en los cuatro tipos de trasplante estudiados utilizando como grupo control los datos aberrométricos de córneas sanas pareadas por edad y sexo.
- 4) Describir y analizar la correlación entre la magnitud de las aberraciones corneales y la AV final a los dos años después de la queratoplastia.

### II.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS

Además se han planteado una serie de objetivos secundarios que se describen a continuación:

- 1) Medir y comparar la AV entre los distintos tipos de trasplante y determinar la ganancia visual respecto a los valores basales, comparándolos con los valores de la QPP.
- 2) Medir y comparar los valores refractivos de equivalente esférico, esfera y cilindro de las tres técnicas de trasplante laminar y compararla con los valores de la QPP.

- 3) Medir y comparar los valores de la queratometría, el astigmatismo, la paquimetría y la asfericidad de la superficie corneal anterior y posterior de cada uno de los trasplantes laminares y compararlos con los valores de la QPP.
- 4) Medir y comparar los valores de la PIO entre las tres técnicas de trasplante laminar y compararla con los valores de la QPP.
- 5) Determinar y comparar la incidencia de complicaciones entre las cuatro queratoplastias en estudio.
- 6) Estimar y analizar el tiempo medio de supervivencia de los trasplantes corneales en general y de cada uno de los grupos de estudio durante el tiempo de seguimiento.
- 7) Estimar y analizar las aberraciones de alto orden de las 4 técnicas de trasplante corneal en general y tras separarlas en aberraciones provenientes de la superficie corneal anterior, posterior y total; al primer y segundo año postoperatorio.
- 8) Comparar las aberraciones de alto orden provenientes de la córnea total, de la superficie corneal anterior y de la posterior en los distintos tipos de trasplante corneal respecto a los valores de ojos sanos.
- 9) Determinar la posible asociación entre la magnitud de las aberraciones corneales y la AV final al cabo de los dos años postoperatorios.

## **S**UJETOS, MATERIAL Y MÉTODOS

---



### III.1 ÁMBITO Y POBLACIÓN DE ESTUDIO

Esta investigación se ha desarrollado con los pacientes asistentes a la sección de córnea del Hospital General La Mancha Centro que fueron sometidos a queratoplastia penetrante, DALK, DSAEK o DMEK, durante los años 2009- 2015.

Se conformó un grupo control de pacientes sanos de edad emparejada a los pacientes trasplantados. Los criterios de inclusión para ingresar a este grupo era ser emétopes (equivalente esférico  $\pm 0.50$ ), AV de la 1 en menores de 50 años y de 0.9 en mayores de esta edad; no tener antecedentes de patología oftalmológica, salvo presencia de cataratas incipientes en pacientes mayores a 50 años.

Los principales criterios de inclusión a la hora de seleccionar a los pacientes para llevar a cabo una queratoplastia, fueron el diagnóstico de alguna patología corneal susceptible de trasplante corneal como tratamiento y que altere la calidad de vida del paciente. Estos casos deberían contar con datos clínicos, topográficos y refractivos que sustenten el diagnóstico.

Se excluyeron aquellos pacientes con amaurosis en los que se realizó una queratoplastia por motivos terapéuticos o estéticos, que no perseguían una mejora de la AV, pacientes con trasplantes limbares y ojos tratados con queratoplastia penetrante de algún segmento corneal.

### III.2 METODOLOGÍA

La anamnesis, la exploración biomicroscópica y los exámenes con ayuda de otros instrumentos fueron realizados en todos los pacientes durante la primera consulta y durante el seguimiento postoperatorio.

#### III.2.1 Anamnesis

Se recogió:

➤ **DATOS DE FILIACIÓN:**

El nombre; la edad, también anotando la fecha exacta de nacimiento, y el sexo.

➤ **MOTIVO DE CONSULTA**

Se interrogó sobre el motivo de consulta y el principal síntoma que desea ser aliviado. Se hizo especial hincapié en el tiempo de aparición de las molestias, su duración y el curso de la enfermedad.

### ➤ ESPECTATIVAS VISUALES

Se preguntó sobre las actividades del paciente, dificultad para realizarlas y alteración de su calidad de vida debido a la presencia de su padecimiento.

### ➤ ANTECEDENTES PERSONALES

Obtenida mediante un interrogatorio directo al paciente; en algunos casos se solicitó que se aportase informes para confirmar y complementar la información brindada.

1. *Antecedentes Generales:* Se preguntó sobre la presencia de alergias, enfermedades sistémicas, medicación consumida en forma crónica, tratamientos quirúrgicos anteriores y el tipo de anestesia practicada.
2. *Antecedentes Oftalmológicos:* Se recogieron los siguientes datos:
  - a. Defectos refractivos: El padecimiento de alguna ametropía, su variación y la forma de su corrección, sea por gafas, lentillas de contacto o cirugía refractiva.
  - b. Enfermedades oftalmológicas: Padecimiento anterior o actual de enfermedades oculares que nos ayudasen a determinar las causas de la patología actual; y valorar el pronóstico visual y las posibles complicaciones tras un posible trasplante corneal.
  - c. Cirugías Oftalmológicas: Intervenciones quirúrgicas anteriores, solicitando informes médicos que describan la intervención y su posterior evolución.
  - d. Tratamiento Ocular: Medicación prescrita, así como tratamientos no farmacológicos, como la aplicación de láser en una degeneración retiniana.

## **III.2.2 Examen Oftalmológico Preoperatorio**

Se realizó por personal especializado, siendo estándar para todos los pacientes en su primera consulta en la sección de córnea, así como en el postoperatorio.

### **III.2.2.1 Agudeza Visual.**

Se evaluó la AV de lejos sin corrección, con corrección y con agujero estenopeico (sean gafas o lentillas de contacto). Se utilizó pantallas digitales colocadas a 4 m de distancia, utilizando optotipos de Snellen con escala decimal, siendo esta escala el valor final de la AV.

### **III.2.2.2 Refracción.**

Se tomaba con un autorefractómetro calibrado (**Figura III-1**). Se obtenía la esfera, el cilindro en el eje plano, así como el equivalente esférico.



*Figura III-1. Autorefractómetro Topcon TRK-2P.*

### **III.2.2.3 Refracción Subjetiva.**

Los pacientes que alcanzaban visiones mayores con el estenopeico, así como aquellos que tenían una ametropía en el autorefractómetro; eran corregidos mediante una montura y una caja de lentes de prueba, iniciando la refracción subjetiva con el resultado del autorefractómetro o la graduación de las gafas del paciente.

En pacientes jóvenes la refracción fue comprobada tras la instilación de 1 gota de colirio ciclopentolato al 1% cada 10 minutos por 3 veces y con una espera posterior de 30 minutos (refracción subjetiva ciclopléjica).

Los valores finales considerados en este estudio fueron la esfera refractiva, el cilindro con un valor negativo y el equivalente esférico.

### **III.2.2.4 Motilidad ocular.**

Los objetivos eran determinar el ojo dominante y las posibles desviaciones de la ortoforia, principalmente en pacientes con padecimientos unilaterales.

### **III.2.2.5 Examen biomicroscópico.**

Se valoró en forma completa el segmento anterior de todos los casos, buscando comorbilidades en el preoperatorio o complicaciones en el seguimiento. Se evaluó:

- a. Superficie Ocular: La conjuntiva, las características del parpadeo, y los párpados.
- b. Lágrima. La cantidad y calidad de la lágrima, pudiendo realizar exámenes como el test de Schirmer y tiempo de ruptura de la película lagrimal.
- c. Córnea: Se evaluó la salud del limbo y cada una de las capas corneales.

- d. Cámara anterior: Se determinó su profundidad, la presencia de inflamación y de sinequias periféricas anteriores, posteriores. Además del estado del iris.
- e. Cristalino: Se evaluó su transparencia por la posibilidad de una faecoemulsificación junto a la queratoplastia y para relacionarlo con la AV.
- f. Tonometría de Goldmann. Se midió la PIO tras instilar Fluotest, (Lab. Alcon Cusí S.A., El Masnou, Barcelona, España). La unidad del valor final fue mmHg.

#### **III.2.2.6 Paquimetría ultrasónica.**

Es una técnica efectiva, sencilla, económica y reproducible. Para cada paciente se han tomado 3 medidas de paquimetría central registrando el más repetitivo o el promedio de los tres con el paquímetro DGH Technology Pachette 4 555B (EEUU).

#### **III.2.2.7 Tomografía de coherencia óptica de polo anterior.**

Se utilizó un OCT Visante, tomando los modos de “4 imágenes de alta resolución de segmento anterior”, “4 imágenes de alta resolución corneal” y un “mapa paquimétrico”. Se determinó la distancia blanco - blanco, para la elección del diámetro del injerto, la profundidad de la cámara anterior; así mismo se confirmaron y registraron las alteraciones corneales vistas en la biomicroscopia.

#### **III.2.2.8 Topografía corneal.**

Es una prueba importante de exploración oftalmológica. Nosotros utilizamos el Pentacam HR que nos permite obtener un mapa corneal por elevación, pudiendo reconstruir la superficie corneal posterior. **(Figura II-2).**

Otros datos que brinda son: el mapa queratométrico, de curvatura axial y tangencial, mapa paquimétrico, la medida blanco-blanco, la profundidad de la cámara anterior, entre otras posibilidades, permitiendo un estudio del segmento anterior completo.

En nuestro trabajo se ha realizado en todos los casos preoperatoriamente y en todas las visitas postoperatorias.

Después del examen biomicroscópico el paciente fue llevado a la sala de exámenes de córnea, la cual tiene una escasa iluminación que es controlada por el examinador, pudiendo apagarla si fuese necesario. Una vez instalado el paciente en un taburete se le pedía que parpadeara varias veces.

Se solicitaba al paciente que apoyara la barbilla en la mentonera, además de la frente en la banda superior para minimizar los movimientos de la cabeza. Posteriormente se le pedía fijar la vista en un objetivo rojo dentro de la cámara de Scheimpflug, mientras permanecía sin parpadear y los ojos lo más abiertos posible.

Una vez conseguida la alineación con el ápex corneal se realizaba el examen bajo la modalidad de disparo automático, para evitar sesgos dependientes del examinador. Se realizaron un mínimo de dos medidas, tomándose en consideración la que brindaba un mayor índice del factor de calidad. Posteriormente se procedía a evaluar los datos de las principales pantallas incluidas en el estudio preoperatorio.



*Figura III-2. Prueba de topografía corneal realizada con el Pentacam HR. Se realizaba en una habitación con bajo condiciones de baja iluminación para que no existan artefactos en el examen.*

#### *III.2.2.8.1 Vista preliminar:*

Es la primera pantalla en aparecer, obteniendo como principales datos:

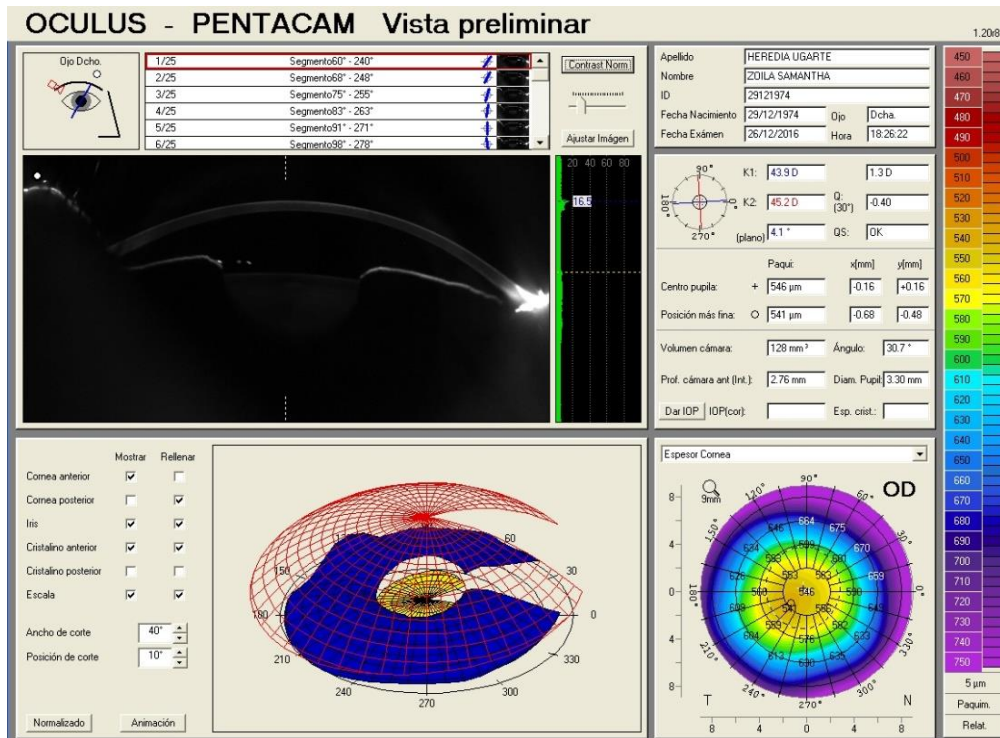
➤ La Filiación

Verificamos los datos de filiación del paciente, así como el ojo en estudio.

➤ La Calidad del Examen

Se consideró el dato “Factor de Calidad” (QF: Quality Factor) de la pantalla “Vista Preliminar”, y se observaba la reconstrucción en 3D de la cámara anterior. Se hacía el mismo procedimiento con los otros exámenes, escogiendo aquel con un QF mayor. Para el análisis aberrométrico se consideraron exámenes con un QF mayor de 90 (**Figura III-3**)

En caso de que el examen haya sido deficiente, el propio sistema del Pentacam nos refería la posible causa, como por ejemplo: parpadeo, pérdida de la fijación, entre otros; los cuales se corregían en los siguientes exámenes.



**Figura III-3. Pantalla de vista preliminar.**

Se muestra los datos de una paciente que fue considerada dentro del grupo de sanos, obteniéndose un QS deseado. (Con consentimiento de la paciente)

#### III.2.2.8.2 4 Representaciones Refractivas:

Fue la segunda pantalla en ser evaluada, de donde se obtenía:

- La Queratometría:

El eje curvo y del plano de la superficie corneal anterior como de la posterior.

- El astigmatismo:

Considerábamos el astigmatismo de ambas superficies corneales.

#### III.2.2.8.3 4 Representaciones Topométricas:

Fue la tercera pantalla, aquí estudiamos:

- La topometría: Esta fue obtenida a través de:

- a) La asfericidad (Q), de ambas superficies corneales.
- b) La Paquimetría: Se consideró la paquimetría pupilar.

#### III.2.2.8.4 Análisis de Zernike:

Fue la cuarta y última pantalla:

Dando especial importancia a las aberraciones de alto orden, las cuales correlacionamos a las bajas agudezas visuales de pacientes con queratopatías.

#### III.2.2.8.5 Otras Pantallas

En pacientes que cursaban con alguna patología concreta se podía utilizar otros datos, por ejemplo “Belin - Ambrosio Enhanced Ectasia”.

### **III.2.2.9 Microscopía Endotelial o Especular.**

En caso de que la transparencia corneal lo permitiese, se realizaba un conteaje endotelial con un microscopio especular Topcon SP-3000 (Topcon Corp. Tokio, Japón). Siendo estrictos con la segmentación celular para un adecuado conteo.

Terminada la evaluación anterior, en caso que el paciente no haya sido dilatado con ciclopentolato, se indicaba tropicamida para la evaluación del fondo de ojo.

### **III.2.2.10 Examen de fondo de ojo.**

- a. Oftalmoscopia Indirecta con lámpara de hendidura: Se exploró la mácula y la cabeza del nervio óptico con una lente de no contacto de 90 dioptrías..
- b. Oftalmoscopia Indirecta: Con ayuda de una lente de 28 dioptrías se evaluó la retina media y periférica, descartando degeneraciones periféricas.

### **III.2.2.11 OCT macular y de capa de fibras nerviosas peripapilares.**

Se concluía los exámenes preoperatorios con un registro del estado de la mácula mediante el OCT Spectralis (Heidelberg Engineering), utilizando los 4 cortes radiados centrados en la fóvea. También se examinaba la cabeza del nervio óptico, mediante el Mapa de Espesor de las fibras nerviosas “RNFL Thickness Map”.

## **III.2.3 Exámenes Preoperatorios**

Se practicaron análisis de sangre con hemograma, pruebas de coagulación, pruebas hepáticas y renales, electrocardiograma y radiografía de tórax en pacientes mayores de 60 años o con el antecedente de tabaquismo. Con estos exámenes el paciente era evaluado por un médico anestesiólogo para valorar el riesgo anestésico quirúrgico.

## **III.2.4 Examen Oftalmológico Postoperatorio**

Se practicaba el “Protocolo de examen de los trasplantes corneales”:

### **III.2.4.1 Agudeza visual, refracción y tonometría de no contacto**

Se realizó bajo las mismas condiciones que el examen preoperatorio, ya descrito.

### **III.2.4.2 Refracción Subjetiva**

Con el mismo procedimiento del examen preoperatorio.

### **III.2.4.3 Examen biomicroscópico**

Se evaluaba el segmento anterior, como lo descrito en el examen preoperatorio.

En esta ocasión se examinaba especialmente la córnea, donde se ponía atención a las características del injerto y de la interfase injerto-receptor. Además se buscaban signos de inflamación, presencia de neovasos, u otras posibles complicaciones.

#### III.2.4.4 Paquimetría ultrasónica

En caso de observarse algún signo de fallo tardío, se realizaba una paquimetría ultrasónica para vigilar la función del endotelio corneal.

#### III.2.4.5 Topografía corneal

Era una prueba esencial para la evaluación de los trasplantes corneales. Se utilizó el mismo Pentacam HR empleado para las pruebas preoperatorias, siendo también la misma metodología para realizar este examen.

Se evaluaron las siguientes pantallas:

- a. **Vista preliminar:** Fue la primera, al igual que en el examen preoperatorio nos fijábamos en:  
La Filiación y la Calidad del Examen (QS).
- b. **4 Representaciones Refractivas:** Fue la segunda pantalla. Se siguió la misma metodología que en el examen preoperatorio. Se consideró:  
Los valores queratométricos y el astigmatismo topográfico de ambas superficies corneales. El valor final fue la queratometría media  $[(K1+K2)/2]$ .  
No se tomaron en cuenta los ejes astigmáticos ni queratométricos.
- c. **4 Representaciones Topométricas:** Fue la tercera pantalla, a diferencia del examen previo al trasplante, esta vez dábamos mayor importancia a:  
La topometría: Representada por:
  - La asfericidad (Q), Esta nos indicaba cuantitativamente como iba variando la forma corneal en las distintas evaluaciones.
  - La Paquimetría: Centrada en la pupila. Su valor final fue en micras ( $\mu\text{m}$ ).
- d. **Análisis de Zernike:** Fue la cuarta y última pantalla. Se obtuvo el valor de la RMS total, la RMS HOA, y los coeficientes de todas las aberraciones del tercer al quinto orden, del sexto orden solo se consideró a la aberración esférica secundaria, por ser la de mayor importancia. Además evaluábamos el impacto visual de las aberraciones de alto orden en la córnea trasplantada.

#### III.2.4.6 Microscopía endotelial.

Similar al examen preoperatorio, en caso que el conteo automatizado no fuese fiable se procedía a un conteo manual. El valor final considerado fue la densidad endotelial central (células/ $\text{mm}^2$ ).

#### III.2.4.7 Examen de fondo de ojo

1. Biomicroscopía Directa: Se buscaban cambios en la papila o la mácula.
2. Biomicroscopía Indirecta: Para descartar posibles complicaciones retinianas.

### **III.2.4.8 OCT macular y de capa de fibras nerviosas peripapilares**

Se les tomaba un examen tomográfico de la mácula y la capa de fibras con el modo de “Follow up” respecto a los exámenes preoperatorios.

En caso de confirmarse una disminución de la capa de fibras nerviosas en presencia de hipertensión ocular se realizaba el diagnóstico de glaucoma. Por otro lado, la OCT macular confirmaba el diagnóstico de la patología de esta región (DMAE, edema macular, patología de la interfase vítreo-macular, etc.) que determinase un deterioro o limitación de la ganancia visual, siendo considerada en la sección de complicaciones.

### **III.3 CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Se obtuvo un consentimiento informado firmado de cada paciente, previo a la cirugía, así como otro consentimiento específico para su inclusión en este estudio.

A todos los participantes, en los 4 grupos de queratoplastia, de este estudio se les solicitó permiso para ser incluido en el estudio mediante un consentimiento informado. Previamente, el facultativo brindaba información que consistía en una descripción de la patología del paciente y las alternativas terapéuticas en su caso; así como una explicación sobre los objetivos y beneficios esperados derivados de la intervención quirúrgica al igual que los posibles riesgos y consecuencias de la misma. Asimismo se incluía una descripción de las pruebas complementarias a las que iban a ser sometidos.

Se comunicaba a los participantes la posibilidad rechazar la cirugía y de abandonar el estudio en cualquier momento y sin necesidad de justificación, sin perjuicio de la atención médica que el sujeto recibía.

En el diseño y realización de ambos estudios se cumplieron todos los principios éticos incluidos por la Asociación Médica Mundial en la Declaración de Helsinki, en relación a la investigación médica en seres humanos.

Se consideró la Declaración de Ginebra de la Asociación Médica Mundial, que vincula al médico con la fórmula “velar solícitamente y ante todo por la salud del paciente”, y el Código Internacional de Ética Médica.

En todo momento este estudio estuvo sometido a normas éticas que garantizaban el respeto a todos los seres humanos y la protección de su salud y sus derechos individuales; conociendo los requisitos éticos, legales y jurídicos para la investigación en seres humanos.

### III.4 TÉCNICA QUIRÚRGICA

El día de la cirugía el paciente era trasladado a la unidad de cirugía sin ingreso donde se le realizaba el control de las constantes vitales. Durante su estancia en esta unidad se inyectaba la anestesia retrobulbar por el oftalmólogo, terminando este procedimiento se colocaba un balón de Honan a una presión de 35 mmHg.

Posteriormente el paciente era trasladado al quirófano especializado de oftalmología, el cual cuenta con las condiciones de asepsia y antisepsia adecuadas.

Previa instilación de anestésico tópico (oxibuprocaina) se aplicaba povidona iodada al 5% en los fondos de saco conjuntivales. Se desinfectaban los párpados y el área periocular con povidona iodada al 10%. Posteriormente se procedía a colocar el campo operatorio estéril, separando los párpados con un blefaróstato.

Todos los trasplantes fueron realizados por el mismo cirujano (Dr. Celis Sánchez), experto en cirugía corneal, siendo acompañado por un ayudante, que según el caso fue otro facultativo o el autor de esta tesis; además, de un equipo de instrumentistas.

Todas las queratoplastias se realizaban bajo un microscopio quirúrgico binocular, al que se le integraba una lámpara de hendidura.

#### III.4.1 QPP

##### III.4.1.1 Técnica quirúrgica

Se realizó bajo microscopio. Los pasos más importantes de este procedimiento son:

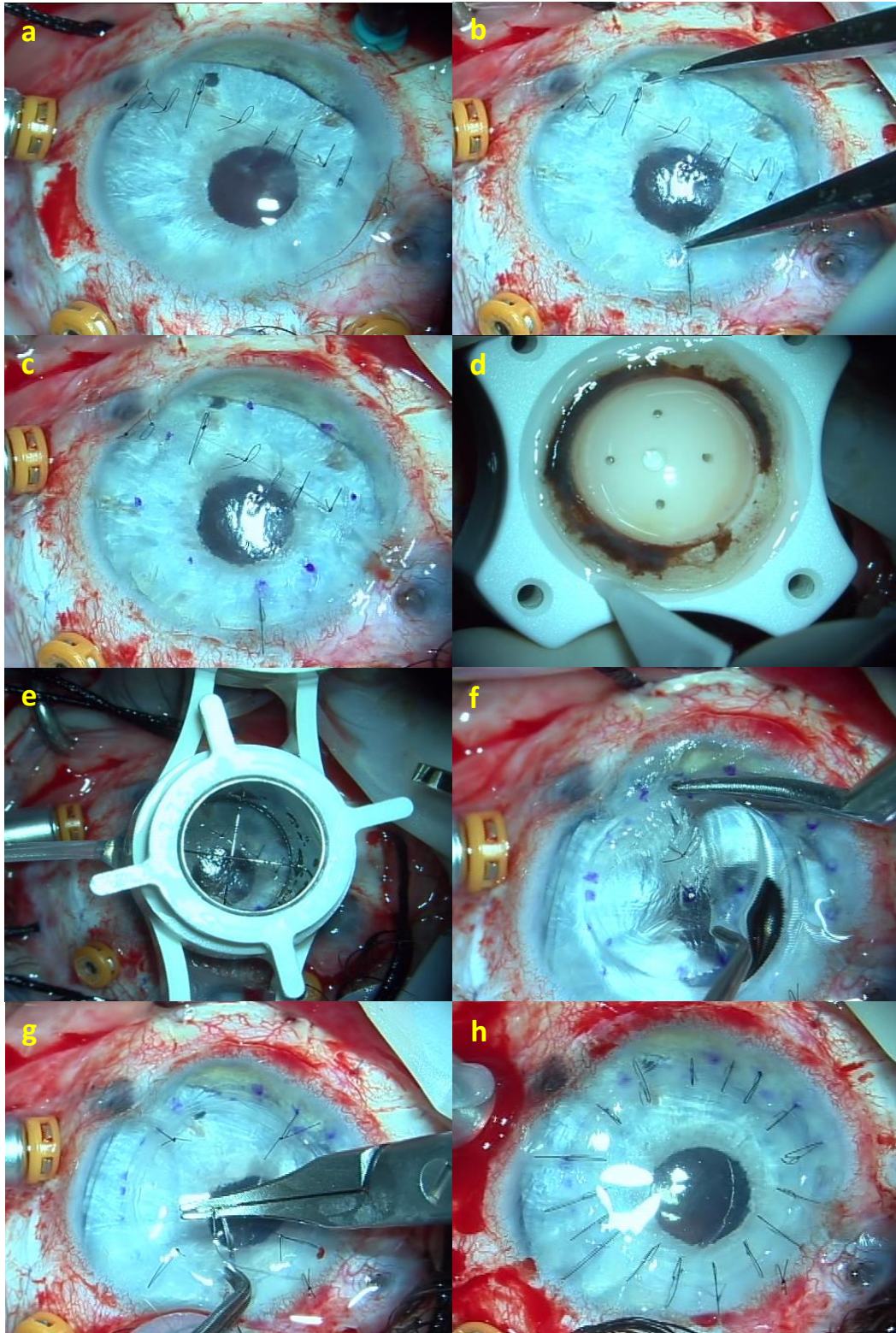
➤ Preparación del Donante

1. La córnea donante es cortada con un trépano de Hessburg-Barron de un tamaño 0,25mm mayor al diámetro elegido para el corte en la córnea receptora. El corte es realizado desde su cara endotelial, teniendo especial cuidado en su centrado.

➤ Preparación del Receptor

1. Localización del centro corneal en el receptor.
2. Marcaje epitelial de la circunferencia del lecho receptor, por medio de la indentación con el trépano de Hessburg-Barron (Katena, Denville, NJ, USA), comprobando que la incisión esté bien centrada, o que ocupe el área patológica de la córnea receptora.
3. Se hace una incisión circular con el trépano hasta que se observó una mínima salida de humor acuoso en el ojo donante, momento en que se detuvo el corte.

4. Se inyectó viscoelástico, como Healon (hialuronato de sodio, Abbott Medical Optics) en cámara anterior para evitar traumatismos del iris, cristalino o lente.
5. Para terminar el corte de la córnea receptora se usaron tijeras de Barraquer, retirando el botón corneal patológico
6. Colocamos el botón corneal donante
  - Sutura del Injerto
1. Se empezó a suturar poniendo especial atención en tomar primero la córnea donante, intentando conseguir solo puntos centrífugos.
2. Realizamos 16 puntos de sutura sueltos utilizando Nylon 10/0. El anudamiento de las suturas se realizó bajo control queratoscópico para dejar el menor astigmatismo inducido. En este estudio solo se consideraron aquellos trasplantes corneales con puntos de sutura sueltos.
3. Posteriormente se retiraba el aire y se sustituía por BSS.
4. Los nudos del Nylon se ocultaron dentro del estroma corneal receptor.
5. Se instiló povidona iodada al 5% con dos objetivos: para comprobar que no existiese test de Seidel positivo y como sustancia antiséptica.
6. Se concluía con la colocación de una lentilla terapéutica (**Figura III-4**).



**Figura III-4. Técnica quirúrgica de la QPP.**

*Paciente que sufrió un traumatismo penetrante, se realiza vitrectomía y QPP (a). Inicialmente se mide el diámetro corneal para decidir el tamaño del injerto y se hacen las marcas respectivas (b y c). Preparamos el botón donante teniendo especial cuidado en su centrado para evitar astigmatismos e irregularidades (d). Se trepana la córnea receptora (e) y se completa la extracción con tijeras de Barraquer (f). Se colocan 16 puntos simples de Nylon 10/0 (g y h).*

### III.4.1.2 Tratamiento postoperatorio.

#### ➤ *Postoperatorio inmediato*

En el postoperatorio inmediato todos los pacientes recibieron tratamiento con metilprednisolona intravenosa a dosis de 1mg/Kg peso/día durante tres días. Si el paciente era dado de alta, se le prescribía prednisona 1mg/Kg peso/día hasta completar los tres días de corticoides.

En la revisión de 24 horas:

1. Se tomaba la AV.
2. En el examen biomicroscópico: Se realizaba el test de Seidel, se observaba el estado de las suturas corneales, el aspecto del injerto corneal, toma de la PIO y la colocación de una nueva lentilla terapéutica.
3. Durante este periodo se inició el tratamiento con Tobradex ® (Alcon Cusí Inc, Barcelona) colirio 0,3mg/ml, a una dosis de 5 veces al día y Atropina 1% cada 8 horas.
4. Si no existía ninguna complicación, se daba de alta al paciente.
5. En la revisión de la semana postoperatoria se examinaba al paciente con los mismos pasos y procedimientos de la evaluación a las 24 horas.

#### ➤ *Postoperatorio tardío*

Se pautaba citas de revisión al mes, a los 3 y 6 meses.

Durante este tiempo se iniciaba la disminución de dosis del Tobradex. Luego se rotaba el corticoide tópico a prednisolona por otros 3 meses para finalmente prescribirse fluorometolona 0,1 mg/ml una o dos veces al día.

#### ➤ *Postoperatorio en el primer año*

En esta revisión se llevaba a cabo el “Protocolo de examen de los trasplantes corneales”. Se iniciaba el retiro de las suturas basados en los resultados de la queratometría obtenida por el topógrafo Pentacam, retirándose las suturas ubicadas en el eje más curvo.

En caso de encontrar una buena queratometría (astigmatismo bajo) se procedía a la refracción y prescripción de gafas u otra corrección, por otro lado, si existía un astigmatismo elevado, se continuaba con el retiro de suturas.

#### ➤ *Postoperatorio en segundo año*

1. Se realizaba el “Protocolo de examen de los trasplantes corneales”.
2. Generalmente el paciente intervenido de QPP llegaba a los dos años sin suturas, prescribiéndole la mejor corrección refractiva posible.

### III.4.2 DALK

#### III.4.2.1 Técnica quirúrgica

Este procedimiento se realizaba bajo un microscopio quirúrgico, a cámara cerrada, bajo anestesia retrobulbar.

##### ➤ Preparación del Donante

El botón estromal donante se obtuvo de una córnea a la que se le retiró el endotelio y la MD. Usualmente se utilizaba este Descemet-roll para realizar una DMEK en otro paciente con patología del endotelio corneal.

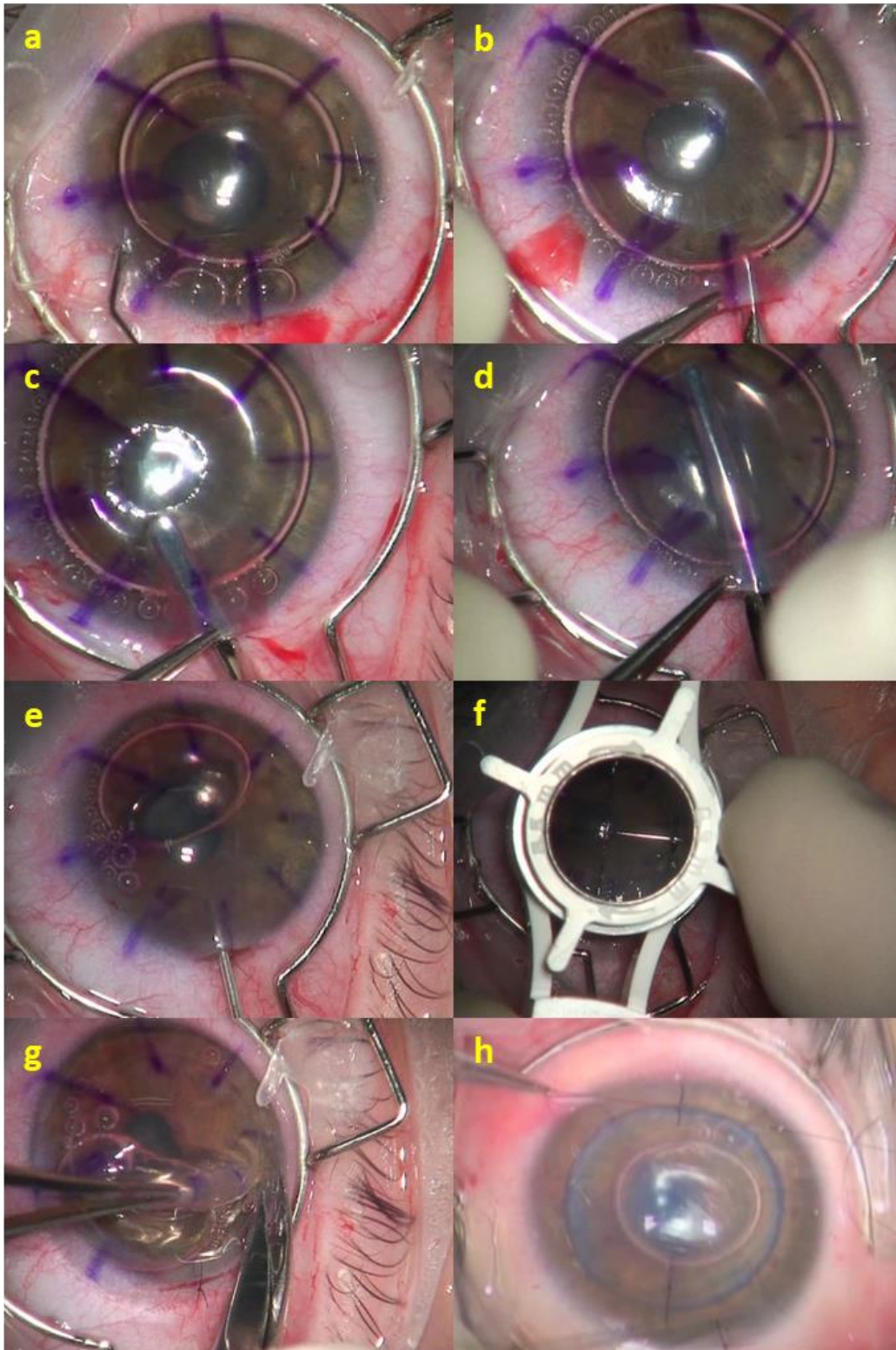
1. Se practicó el método de SCUBA para obtener el Descemet-roll,<sup>126</sup> siendo conservado el botón estromal en medio de conservación Carry®.
2. Durante la cirugía, tallado el bolsillo estromal en la córnea receptora; se trepanaba el injerto corneal donante con un trépano de un tamaño 0.25mm mayor al utilizado para la trepanación de la córnea receptora.
3. El injerto corneal era colocado en un bowl quirúrgico con medio Carry® hasta el momento de su colocación en el lecho receptor.

##### ➤ Preparación del Receptor

##### ✚ Técnica Predescemética

Se practicó la técnica de Melles<sup>88</sup> en la mayoría de pacientes (**Figura III-5**).

1. Localización del centro corneal receptor e intercambio del humor acuoso por aire. La burbuja de aire sirve como espejo.
2. Incisión escleral en el sector temporal con tunelización hasta el limbo.
3. Búsqueda de plano predescemético con espátula cortante número 1 (set de espátulas 2110, DORC International, Zuidland, Países Bajos), hasta lograr una profundidad del 90-95% del espesor corneal total.
4. Una vez conseguido el plano predescemético, se proseguía con la espátula número 2. Finalmente, con la espátula número 3 se intentaba llegar hasta la región perilimbar opuesta a la incisión.
5. Inyección de viscoelástico viscoadaptativo dentro del bolsillo estromal, buscando desplazar la capa profunda hacia el iris
6. Marcaje epitelial de la circunferencia del lecho receptor, comprobando que el injerto este bien centrado, o que ocupe el área patológica.
7. Trepanación de la córnea.
8. Corte del lecho estromal con tijeras Katzin y Vannas, dejando un lecho receptor de 7.5 - 8.5 mm de diámetro.



**Figura III-5. Cirugía DALK con técnica de Melles.**

*Inyección de aire en CA (a). Con espátula pica iniciamos la disección lo más profunda posible (b). Con las espátulas dos y tres disecamos el estroma predescemético (c y d). Inyectamos viscoelástico en el bolsillo estromal (e). Trepanamos la córnea patológica y completamos la extracción con tijeras (f y g). Finalmente se procede a suturar el injerto al lecho estromal receptor (h).*

## Técnica Descemética

### **a. Big Bubble**

1. Marcaje epitelial de la circunferencia del lecho receptor, comprobando que esté centrado y que ocupe el área patológica de la córnea receptora.
2. Trepanación inicial a una profundidad de 300  $\mu\text{m}$ .
3. Con ayuda de una aguja de 30G unida a una jeringa de 2 ml, insertada dentro del estroma paracentral, cerca de la MD, se inyectó aire.
4. Una vez que el aire formó una burbuja entre el estroma profundo y la MD, se inyectó una pequeña burbuja de aire en cámara anterior.
5. Disección de tejido estromal con un cuchillete Crescent. Se realizó una queratectomía mayor al 60% del espesor estromal.
6. Con un cuchillete de 15° se creó una pequeña apertura a la pared anterior de la burbuja. Inyectándose viscoelástico viscoadaptativo.
7. Con la ayuda de un cuchillete de 15° apoyado en una espátula de iris, por debajo del estroma, se cortó el estroma posterior en dos mitades.
8. Con tijeras Katzin y Vannas se recortó el estroma patológico hasta la trepanación dejando un lecho receptor de 7.5 - 8.5mm de diámetro.

### **b. Visco – DALK**

1. Trepanación inicial con trépano de Hessburg-Barron a una profundidad del 80 – 90% del espesor corneal.
2. Introducción de un disector de Paufigue en el borde de la incisión, creando un bolsillo centrípeto, paralelo al endotelio.
3. Siringación del bolsillo con una cánula de 25G, inyectando material viscoelástico para disecar el plano entre el estroma posterior y la MD.
4. Con tijeras Katzin y Vannas se recortó el botón estromal patológico, dejando un lecho receptor de 7.5 - 8.5mm de diámetro.

### ➤ Sutura del Injerto

La sutura del injerto fue un procedimiento común para todas las técnicas:

1. Se suturó el injerto al lecho receptor con 16 puntos de Nylon 10/0.
2. El material viscoelástico fue retirado de la interfase con ayuda de una cánula de irrigación de 25G, por donde se infundía BSS.
3. Finalmente se introducía una pequeña burbuja dentro de la cámara anterior que ayudase a la aplicación del endotelio al estroma donante.
4. Se concluía con la colocación de una lentilla terapéutica.

### III.4.2.2 Tratamiento postoperatorio

#### ➤ Postoperatorio inmediato

En el postoperatorio inmediato todos los pacientes recibieron tratamiento con metilprednisolona intravenosa a dosis de 1mg/Kg peso/día durante tres días.

En la revisión de 24 horas:

1. Se tomaba la AV.
2. Durante la biomicroscopia: Se comprobó el estado de las suturas corneales. Se observó el estado del injerto, especialmente la aplicación de la MD al estroma donante. Este examen concluía con la toma de la PIO y la colocación de una nueva lentilla terapéutica.
3. Se realizaba una topografía Pentacam, en caso no se obtuviese una imagen clara, se procedía a realizar un examen con el OCT Visante.
4. Se inició el tratamiento con Tobradex ® 5 veces al día.
5. Si no existía ninguna complicación, se daba de alta al paciente.
6. En la revisión de la semana postoperatoria se examinaba al paciente con los mismos pasos y procedimientos de la evaluación a las 24 horas.

#### ➤ Postoperatorio tardío

Se pautaba citas de revisión al mes, a los tres y seis meses.

1. En la revisión de los seis meses postoperatorios se inició el retiro de las suturas según los resultados de la queratometría obtenida por el topógrafo Pentacam, retirándose las suturas ubicadas en el eje más curvo.
2. Durante este tiempo se iniciaba la disminución en la frecuencia de la instilación del corticoide tópico. Posteriormente se rotaba el corticoide tópico a fluorometolona una vez al día en forma permanente.

#### ➤ Postoperatorio en el primer año

Se llevaba a cabo el “Protocolo de examen de los trasplantes corneales”.

1. Se daba una cita de revisión en dos meses, en caso de encontrar una buena queratometría (astigmatismo bajo) se procedía a la refracción y prescripción de gafas u otra corrección, por otro lado, si existía un astigmatismo elevado, se continuaba con el retiro de suturas.

#### ➤ Postoperatorio en segundo año

1. Se realizaba el “Protocolo de examen de los trasplantes corneales”.
2. Generalmente el paciente intervenido de DALK llegaba a los dos años sin suturas, cuando se le prescribió la mejor corrección posible.

### III.4.3 DSAEK

#### III.4.3.1 Técnica quirúrgica

Todos los procedimientos DSAEK fueron realizados por un mismo cirujano. Esta técnica se llevaba a cabo bajo anestesia retrobulbar.

##### ➤ Preparación del Donante

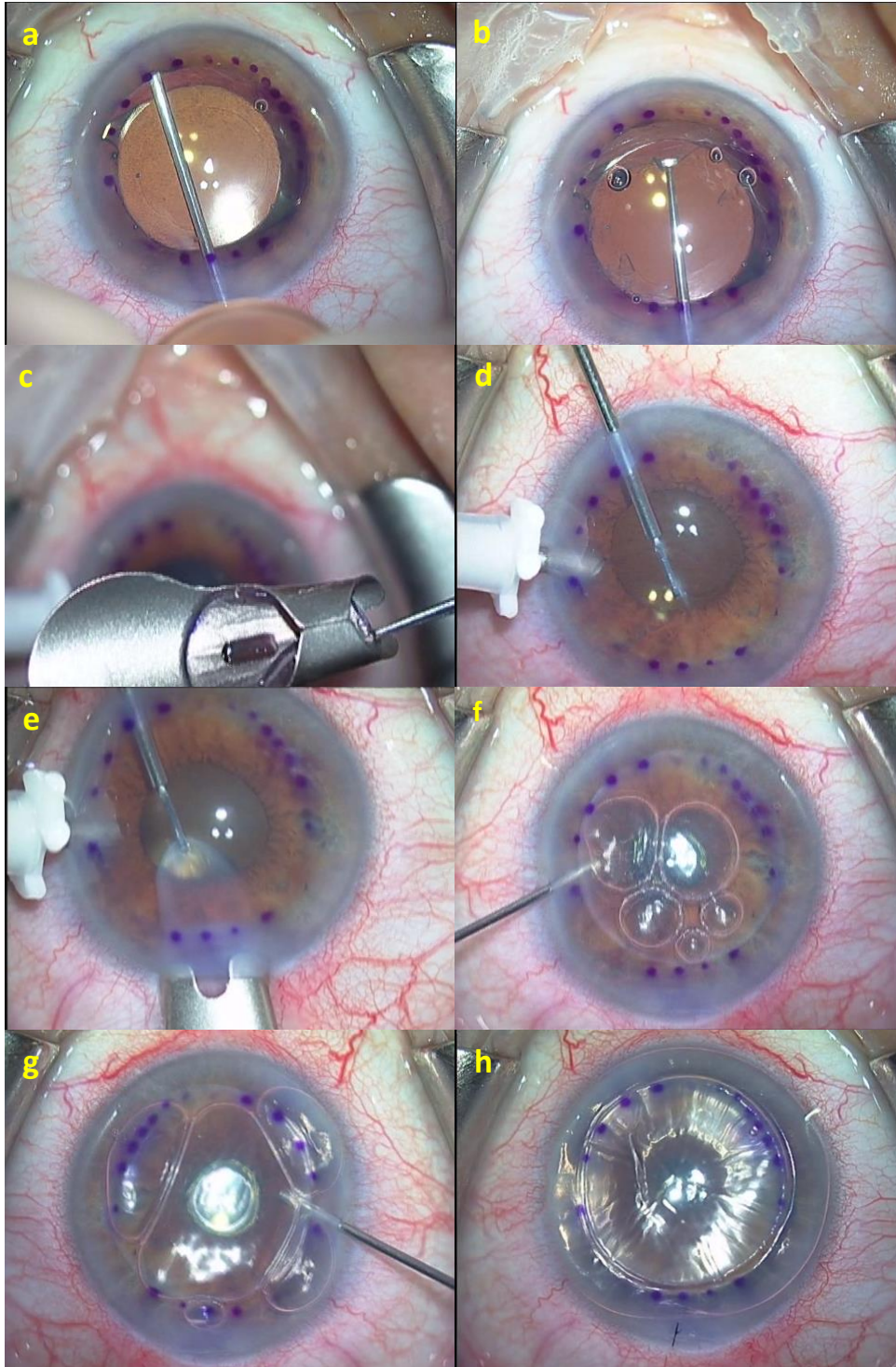
La obtención del botón endotelial se realizó previo a la cirugía, para este procedimiento utilizamos un microqueratomo mecánico Amadeus II (Ziemer Ophthalmic Systems AG, Suiza).

1. Se colocaba el disco esclerocorneal en la cámara anterior artificial (Ziemer group®, Port, Suiza), centrándolo lo mejor posible.
2. Se procedía a desepitelizar la córnea donante.
3. Realizábamos una paquimetría corneal.
4. Colocábamos el microqueratomo y se cortaba la córnea donante expuesta.
5. Se obtenía un disco completo de estroma anterior (free cap) de 9.5 mm que nos dejaba un lecho estromal posterior de 100 a 200 micras. El lentículo donante obtenido estaba compuesto de estroma posterior, MD y endotelio.
6. Se recolocaba el “free cap” nuevamente en el lecho estromal donante para una mejor preservación del endotelio; conservándose en medio deturgesciente Carry®.
7. Durante la cirugía, después de realizar la descemetorrexia, tomamos el disco corneoescleral completo y lo depositamos en un punch para trepanarlo con un diámetro de 7.5 - 8.5 mm.

##### ➤ Preparación del Receptor. (Figura III-6)

La cirugía fue realizada desde el lado temporal del paciente.

1. Con un cuchillete de 15° se realizaron dos incisiones a 0° y 180°
2. Retiramos humor acuoso introduciendo viscoelástico o aire en cámara.
3. Realizamos la descemetorrexia con un cistitomo invertido o con un gancho de Sinsky bajo viscoelástico cohesivo o con aire.
4. Ampliábamos la incisión temporal a 4.5 mm
5. Retiramos la MD y el endotelio patológico.
6. Reavivábamos el estroma con la ayuda de un scraper, a la vez que retiramos los restos de endotelio o MD.
7. Introducíamos un mantenedor de cámara anterior conectado a un sistema de infusión de BSS.



**Figura III-6. Técnica quirúrgica DSAEK.**

Con cistitomo invertido realizamos la descemetorrexis (a), luego con un scraper de John retiramos la Descemet (b). Ponemos el injerto en el glide de Busin (c), colocamos un mantenedor de cámara (d), con micropinzas de retina tiramos del botón donante (e), con la ayuda de pequeñas burbujas de aire y BSS centramos el injerto (f). Apoyamos el injerto a la cara estromal posterior del receptor y presurizamos la cámara con la ayuda de aire o SF<sub>6</sub> (g y h).

- Introducción y pneumopexia del Lentículo Donante
  1. Se colocaba el botón endotelial en un glide de Busin.
  2. Introducíamos una pinza de microcirugía de 23 G por la incisión de servicio y sacamos la punta por la principal de 4.5 mm.
  3. Insertábamos el glide de Busin por la incisión principal, orientando las células endoteliales del botón hacia el iris.
  4. Con la ayuda de las pinzas de microcirugía introducíamos el disco donante en cámara anterior.
  5. Se procedía a suturar la incisión principal
  6. Inyectábamos aire o SF<sub>6</sub> para producir una pneumopexia del injerto al estroma receptor.
  7. Seguíamos con un ordeñado de la córnea.
  8. Se concluía con la colocación de una lentilla terapéutica y un protector rígido.

#### **III.4.3.2 Tratamiento postoperatorio**

- *Postoperatorio inmediato.*
  1. Finalizando la cirugía se indicaba la primera infusión intravenosa de metilprednisolona intravenosa a 1mg/Kg peso/día, por tres días. Si el paciente era dado de alta antes de terminar esta pauta, se le prescribía prednisona 1mg/Kg peso/día hasta completar los tres días de corticoides sistémicos.
  2. Durante el tiempo de estancia en la unidad de recuperación el paciente permanecía en reposo tumbado en decúbito supino con la mirada al techo.
  3. Después de 1 hora de postoperatorio el paciente era examinado en una lámpara de hendidura, valorando la adherencia y el centrado del lentículo; así como también la presencia de aire retroiridiano.
  4. Si no existían complicaciones el paciente era trasladado a su habitación con la indicación de mantener la postura.
  5. En la revisión de las 24 horas:

Se tomaba la AV.

- a. Durante la biomicroscopia: Se retiraba la lentilla terapéutica, observando el estado del injerto, especialmente la aposición del botón

endotelial al estroma receptor. Se toma la PIO y se coloca una nueva lentilla terapéutica.

- b. Se realizaba una topografía Pentacam observando la aplicación del injerto al estroma receptor, en caso no obtuviese una imagen clara, se procedía a realizar un examen con la OCT Visante.
- c. Durante este periodo se inició el tratamiento con Tobradex ® 5 veces al día.
- d. Si no existiese ninguna complicación, normalmente se daba de alta al paciente.
- e. En la revisión de la semana postoperatoria se examinaba al paciente con los mismos pasos y procedimientos de la evaluación a las 24 horas.

➤ *Postoperatorio tardío*

Si el paciente no cursaba con alguna complicación y tenía una evolución favorable, se pautaba citas de revisión al mes, a los tres y seis meses.

En la revisión mensual se iniciaba la pauta descendente de la instilación del Tobradex que duraba cerca de dos meses. Posteriormente se rotaba el corticoide tópico a prednisolona por otros 3 meses para finalmente prescribirse fluorometolona 0.1 mg/ml una o dos veces al día en forma permanente.

El punto de sutura de la incisión principal se retiraba a los 3 meses postoperatorios excepto cuando se encontraba en el eje astigmático plano.

➤ *Postoperatorio en el primer año*

1. En esta revisión se llevaba a cabo el “Protocolo de examen de los trasplantes corneales”, descrito en la sección de seguimiento postoperatorio.
2. Se procedía a la refracción y prescripción de gafas u otra corrección.
3. Todos los datos obtenidos y los procedimientos realizados se registraban en la historia clínica del paciente.

➤ *Postoperatorio en el segundo año*

1. Se realizaba el “Protocolo de examen de los trasplantes corneales”.
2. Se realizaba una nueva refracción prescribiendo la mejor corrección posible.

### III.4.4 DMEK

#### III.4.4.1 Técnica quirúrgica

La DMEK es una técnica con un mayor grado de dificultad.

➤ Preparación del Donante

1. Se practicó el método de SCUBA para obtener el Descemet-roll.
2. Durante la cirugía, una vez terminada la descemetorrexis, se vertía el Descemet-roll en un cuenco quirúrgico, donde se le teñía con azul tripán al 0,06% (VisionBlue®, D. O. R. C. International) hasta en dos ocasiones.
3. Con un sistema propio, constituido por un inyector de lentes intraoculares unido al cabo de una guía de venoclisis, y esta última a una jeringa de 5 cc, se aspiraba el Descemet-roll, procediendo luego a su inyección.

➤ Preparación del Receptor. (Figura III-7)

A excepción de algunos pasos, fue similar a la preparación del receptor en la DSAEK.

1. Con un cuchillete de 15° se realizaron tres incisiones, estando la principal en la región temporal del ojo a intervenir. El cuchillete fue teñido con violeta de genciana para mejorar la visualización de las incisiones.
2. Se intercambié el humor acuoso introduciendo viscoelástico o aire en la cámara anterior.
3. Se realizó una marca epitelial de 8.0 – 9.0mm de diámetro para delimitar el área de escisión de la descemetorrexis.
4. Realizamos la descemetorrexis con un cistitomo invertido o con un gancho de Sinsky bajo viscoelástico cohesivo o con aire.
5. Ampliábamos la incisión temporal a 2.75 mm (tunelizada y autosellable).
6. Retiramos la MD y el endotelio patológico con un scraper.
7. En caso de haber usado viscoelástico, éste era lavado con BSS, intentando dejar el lecho estromal lo más limpio posible.

➤ Introducción y pneumopexia del Lentículo Donante

1. Se introducía el injerto con el endotelio orientado hacia el iris.
2. Se suturó la incisión principal con un punto de Nylon 10/0.
3. El Descemet-roll fue desplegado cuidadosamente sobre la superficie iridiana por medio de masajes y toques sobre la córnea.
4. Introduciendo pequeñas cantidades de BSS centramos el injerto.
5. Se inyectó una burbuja de aire debajo del injerto de la MD para posicionarla, aplicarla y mantenerla en contacto con el estroma posterior del receptor.

### III.4.4.2 Tratamiento postoperatorio

➤ Postoperatorio inmediato.

El tratamiento postoperatorio precoz fue el mismo que en la técnica DSAEK.

1. La revisión de las 24 horas, era similar a la DSAEK, teniendo especial atención a la aplicación del Descemet-roll al estroma receptor.
2. Se realizaba una topografía Pentacam, en caso no se obtuviese una imagen clara, se procedía a realizar un examen con el OCT Visante.
3. El tratamiento farmacológico tópico era el mismo que la DSAEK.

➤ Postoperatorio tardío

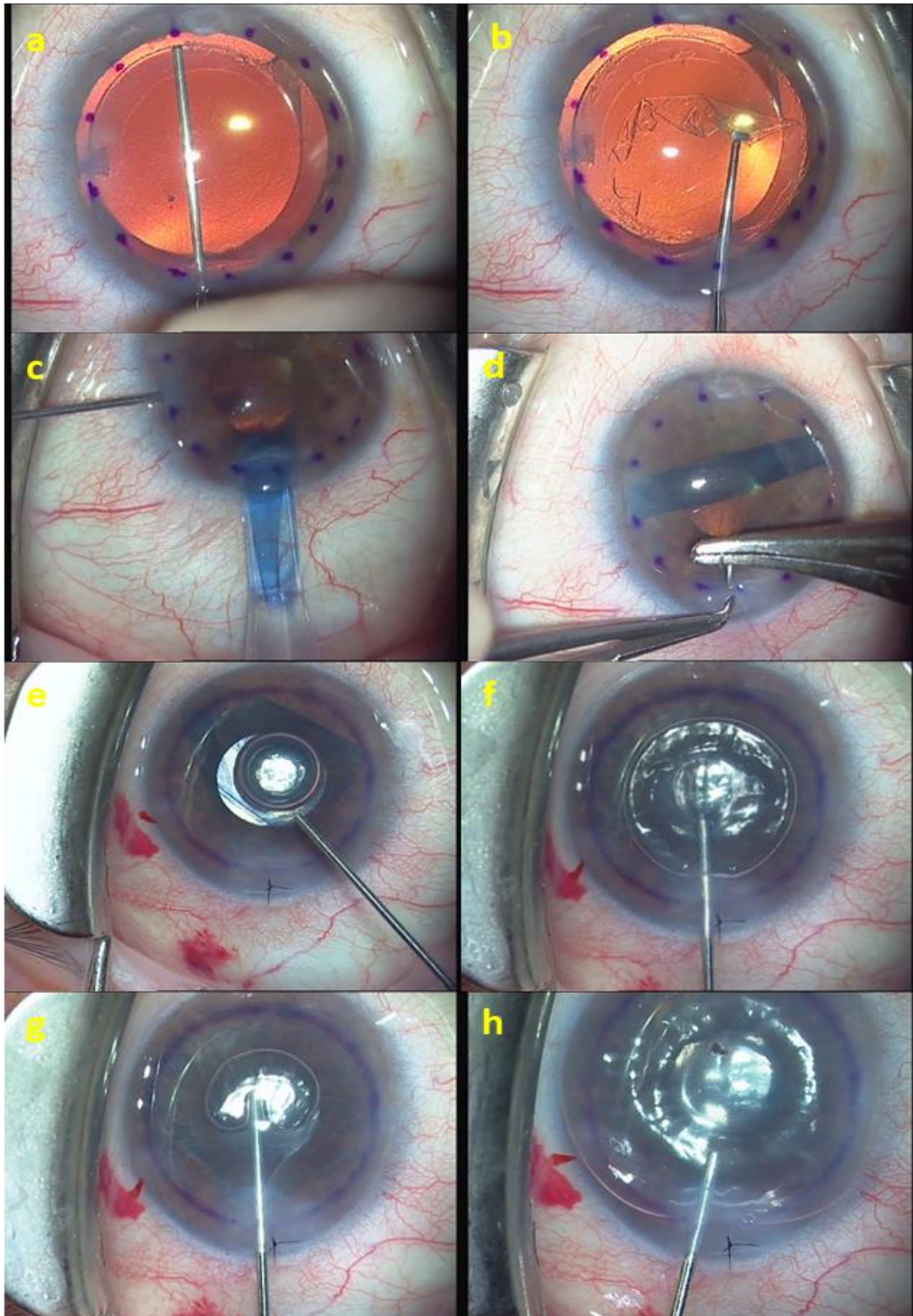
Era exactamente el mismo al de la DSAEK.

➤ Postoperatorio en el primer año

1. Llevábamos a cabo el “Protocolo de examen de los trasplantes corneales”.
2. Se procedía a la refracción y prescripción de gafas u otra corrección.

➤ Postoperatorio en segundo año

1. Se realizaba el “Protocolo de examen de los trasplantes corneales”.
2. Prescribíamos la mejor corrección óptica posible.



**Figura III-7. Técnica quirúrgica de DMEK.**

*Realizamos la descemetorrexis con cistitomo invertido (a). Con un scraper retiramos la Descemet, (b). Se inyecta el Descemet-roll (c). Suturamos la incisión principal para evitar que el injerto sea expulsado (d). Se inserta una burbuja de aire dentro del Descemet-roll, que nos ayudará a desplegarlo (e y f). Cuando el injerto está extendido sobre el iris retiramos la burbuja anterior de aire (g) y la inyectamos posterior al injerto para que lo adhiera al estroma receptor, concluimos presurizando la cámara con aire o SF6 (h).*

### **III.5 DETERMINACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA DE LOS TRASPLANTES CORNEALES.**

El tiempo de supervivencia de los trasplantes corneales fue calculado tomando en consideración el periodo de tiempo comprendido desde el día de la cirugía hasta el primer examen postoperatorio en el cual se realizó el diagnóstico de fallo primario o secundario del injerto.

En esta sección de la tesis, nuestra principal medida fue el tiempo medio de supervivencia del injerto, donde la falla del injerto se definió como la pérdida irreversible de la claridad óptica suficiente para comprometer la visión por un mínimo de 3 meses consecutivos,<sup>190</sup> o la recurrencia o aparición de patologías que justifiquen el tratamiento mediante un retrasplante corneal.

El diagnóstico de fallo primario se realizaba cuando la córnea trasplantada no había ganado transparencia, en caso de los trasplantes endoteliales; o la recurrencia de procesos de melting corneal, o la amenaza de la integridad tectónica del injerto o de la totalidad de la córnea trasplantada, en caso de DALK o QPP, que justifique un retrasplante corneal dentro de los tres primeros meses del procedimiento primario de queratoplastia.<sup>191</sup>

El diagnóstico de fallo secundario se realizaba cuando se presentaba una pérdida de la transparencia corneal y disminución considerable de la AV por un tiempo mayor a 3 meses, no recuperable con tratamiento médico, posteriores a una ganancia de transparencia y AV después de la cirugía de queratoplastia.<sup>192</sup>

Se consideró a todos los pacientes que cumplían los criterios de inclusión de esta tesis, incluso a aquellos que no llegaron a completar los dos años de seguimiento, debido a fallecimiento o regreso a sus centros de derivación.

### **III.6 MEDIDA DE LAS ABERRACIONES CORNEALES**

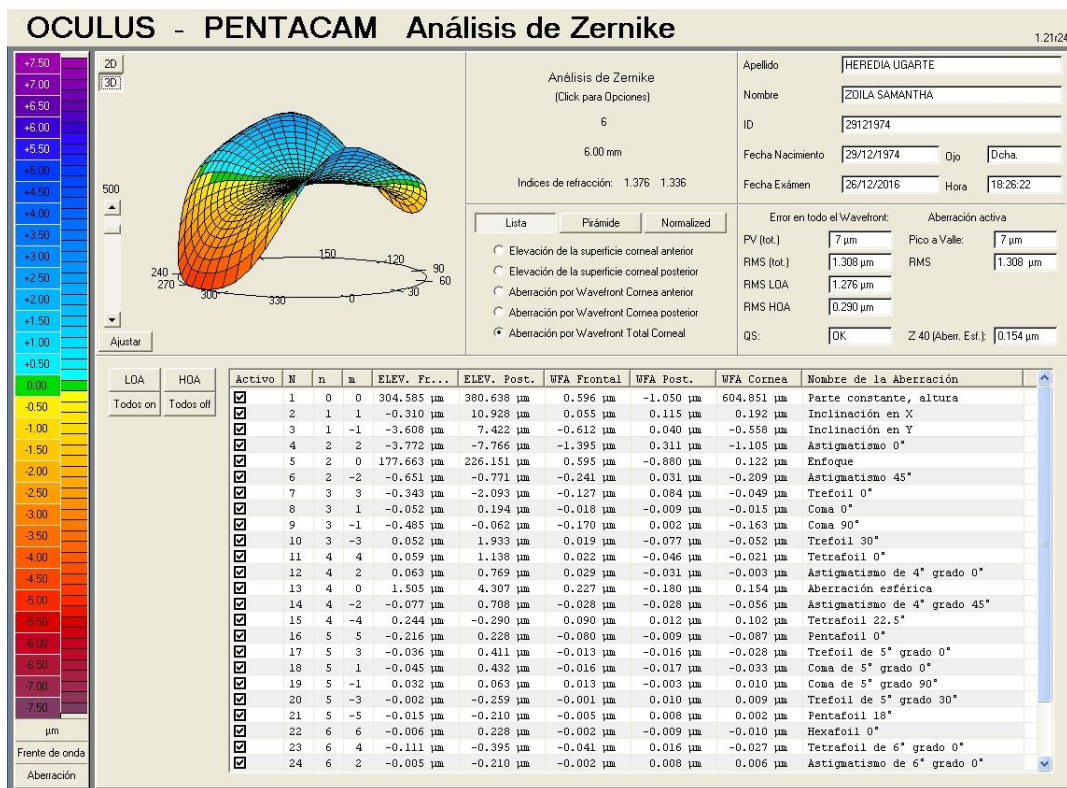
Fue suministrada por el software (versión 1.17) del topógrafo Pentacam HR, descrito en capítulo I. Fueron evaluados los datos representados en la pantalla “Análisis de Zernike”. Se obtuvieron los polinomios de Zernike hasta el 6° orden.

Se eligieron los diámetros de 4 y 6 mm para analizar el error del frente de onda. Se ha elegido una zona de 4 mm porque corresponde aproximadamente al diámetro pupilar promedio adulto en condiciones de iluminación fotópica, siendo las condiciones habituales de medida de la AV. La zona de 6 mm se eligió porque en condiciones escotópicas la distribución del tamaño pupilar es una curva sinusoidal

o en forma de campana con un promedio de 5.86 mm (+/- 0.9 mm),<sup>193</sup> además se eligió este diámetro para poder valorar la asfericidad corneal.<sup>194</sup> Se eligieron los diámetros de 4 y 6 mm independientemente del tamaño pupilar ya que el Pentacam realiza una medición del frente de onda corneal, no de la totalidad del ojo.

En la parte superior izquierda de la pantalla de “Análisis de Zernike” existe una representación de las aberraciones corneales, siendo una imagen que incluye a todas las aberraciones. Sin embargo, también podemos observar la forma de cada una de las aberraciones tras hacer click en “Todos Off” para posteriormente elegir sólo aquel o aquellos polinomios que buscamos sean representados. Esta imagen puede ser bidimensional o tridimensional, así podemos intuir cual es la aberración dominante.

En la pantalla “Análisis de Zernike” se eligió la representación de los coeficientes de los polinomios de Zernike denominada “Lista”, donde se enumeran todos los polinomios. Se tomaron los coeficientes pertenecientes a los polinomios desde el 3<sup>er</sup> orden hasta el 6<sup>o</sup>, de este último solo se consideró la aberración esférica secundaria. Se estudió los polinomios de Zernike de la córnea total, de la superficie corneal anterior y de la posterior, para los diámetros de 4 y 6mm (**Figura III-8**).



**Figura III-8. Pantalla “Análisis de Zernike”**

Representación de los coeficientes de los polinomios de Zernike denominada “Lista”. En la región superior izquierda se observa una imagen tridimensional de las aberraciones corneales, brindándonos una idea de cuán aberrada esta la córnea.

Los coeficientes de Zernike considerados están descritos en la siguiente tabla:

Número	Coefficiente de Zernike	Nombre de la Aberración
7	$Z_3^3$	Trefoil 0°
8	$Z_3^1$	Coma 0°
9	$Z_3^{-1}$	Coma 90°
10	$Z_3^{-3}$	Trefoil 30°
11	$Z_4^4$	Tetrafoil 0°
12	$Z_4^2$	Astigmatismo de 4° grado 0°
13	$Z_4^0$	Aberración esférica
14	$Z_4^{-2}$	Astigmatismo de 4° grado 45°
15	$Z_4^{-4}$	Tetrafoil 22.5°
16	$Z_5^5$	Pentafoil 0°
17	$Z_5^3$	Tetrafoil de 5° grado 0°
18	$Z_5^1$	Coma de 5° grado 0°
19	$Z_5^{-1}$	Coma de 5° grado 90°
20	$Z_5^{-3}$	Tetrafoil de 5° grado 0°
21	$Z_5^{-5}$	Pentafoil 18°
22	$Z_6^0$	Aberración esférica secundaria o de 6° grado.

*Tabla III-1. Listado de polinomios de Zernike, de las aberraciones de alto grado hasta el 6° orden, según la notación estándar de la OSA, por ello la lista se inicia en 7.*

Inicialmente se analizaron los coeficientes de los polinomios de Zernike que se han reportado más frecuentemente asociados a las córneas trasplantadas. Se consideraron los coeficientes de 4 y 6 mm para la superficie anterior, posterior y la córnea total tanto en el primer como en el segundo año de seguimiento. Estos polinomios son:

$Z_3^3$  = Coeficiente de Zernike para el trefoil 0°.

$Z_3^{-3}$  = Coeficiente de Zernike para el trefoil 30°.

$Z_3^1$  = Coeficiente de Zernike del coma primario horizontal (coma 0°).

$Z_3^{-1}$  = Coeficiente de Zernike para el coma primario vertical (coma 90°).

$Z_4^4$  = Coeficiente de Zernike del tetrafoil 0°.

$Z_4^{-4}$  = Coeficiente de Zernike del tetrafoil 22.5°.

$Z_4^2$  = Coeficiente de Zernike del astigmatismo secundario de 0°.

$Z_4^{-2}$  = Coeficiente de Zernike del astigmatismo secundario de 45°.

$Z_4^0$  = Coeficiente de Zernike de la aberración esférica primaria.

Posteriormente calculamos la magnitud del vector resultante para cada uno de los pares de polinomios de Zernike de las aberraciones de tercer, cuarto, quinto y sexto orden.

El coeficiente del vector resultante expresa su magnitud, siendo calculado a través de la media cuadrática o RMS (root mean square), expresándose en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ).<sup>195</sup>

El coeficiente del vector resultante es obtenido con la fórmula:

$$RMS = \sqrt{(Z_n^m)^2 + (Z_n^{-m})^2} \quad (\text{si } m \neq 0)$$

Cuando  $m=0$ , como en la aberración esférica primaria ( $Z_4^0$ ) y en la aberración esférica secundaria ( $Z_6^0$ ), el coeficiente, que expresa la magnitud del vector resultante, es obtenido usando la fórmula:

$$RMS = Z_n^m$$

Esto debido a que son polinomios que no tienen un par, por lo tanto carecen de eje ya que son aberraciones rotacionalmente simétricas.<sup>196</sup>

Se calcularon las RMS de 4 y 6mm de la superficie anterior, posterior y la córnea total, tanto en el primer y segundo año de seguimiento. Se calcularon las magnitudes de:

**Trefoil:**

$$RMS = \sqrt{(Z_3^3)^2 + (Z_3^{-3})^2}$$

**Coma:**

$$RMS = \sqrt{(Z_3^1)^2 + (Z_3^{-1})^2}$$

**Tetrafoil:**

$$RMS = \sqrt{(Z_4^4)^2 + (Z_4^{-4})^2}$$

**Astigmatismo secundario o Astigmatismo de 4° grado:**

$$RMS = \sqrt{(Z_4^2)^2 + (Z_4^{-2})^2}$$

**Aberración esférica:**

$$RMS = Z_4^0$$

**Pentafoil:**

$$RMS = \sqrt{(Z_5^5)^2 + (Z_5^{-5})^2}$$

**Tetrafoil secundario o Tetrafoil de 5° grado**

$$RMS = \sqrt{(Z_5^3)^2 + (Z_5^{-3})^2}$$

**Coma secundario o coma de 5° grado:**

$$RMS = \sqrt{(Z_5^1)^2 + (Z_5^{-1})^2}$$

**Aberración esférica secundaria o aberración esférica de 6° orden:**

$$RMS = Z_6^0$$

Seguidamente se calcularon los vectores resultantes de:

**RMS total:** Todas las aberraciones en general:

$$RMS \text{ total}$$

**Las aberraciones de alto orden (HOA),** consideramos hasta el 6 orden:

$$RMS \text{ HOA} = \sqrt{(Z_3^3)^2 + \dots + (Z_{10}^{-10})^2}$$

**Las aberraciones totales del 3<sup>er</sup> orden:**

$$RMS = \sqrt{(Z_3^3)^2 + (Z_3^{-3})^2 + (Z_3^1)^2 + (Z_3^{-1})^2}$$

**Las aberraciones totales del 4° orden:**

$$RMS = \sqrt{(Z_4^4)^2 + (Z_4^{-4})^2 + (Z_4^2)^2 + (Z_4^{-2})^2 + (Z_4^0)^2}$$

**Las aberraciones totales del 5° orden:**

$$RMS = \sqrt{(Z_5^5)^2 + (Z_5^{-5})^2 + (Z_5^3)^2 + (Z_5^{-3})^2 + (Z_5^1)^2 + (Z_5^{-1})^2}$$

**Coma - like:** RMS de las aberraciones comáticas primarias y secundarias.

$$RMS = \sqrt{(Z_3^1)^2 + (Z_3^{-1})^2 + (Z_5^1)^2 + (Z_5^{-1})^2}$$

**Aberración esférica - like:** RMS de las aberraciones esféricas primarias y secundarias.

Aunque son aberraciones rotacionalmente simétricas, en este caso se realiza la media cuadrática para ver la magnitud de su suma, ya que ambas son centrales.

$$RMS = \sqrt{(Z_4^0)^2 + (Z_6^0)^2}$$

El dato de RMS total de la córnea anterior, de la córnea posterior y de toda la córnea; además de los valores corneales de la RMS de las aberraciones ópticas de alto orden (RMS HOA) para la córnea total, de la superficie anterior y de la posterior, se tomaron directamente en forma práctica de la pantalla “Análisis de Zernike.”

El mismo análisis aberrométrico se realizó en el grupo control.

Dado que los pacientes en este estudio fueron evaluados al año y a los dos años de haber sido sometidos a cualquiera de los 4 tipos de queratoplastia, se recogieron todos estos datos de interés para el primer y segundo año de seguimiento postoperatorio.

### III.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### III.7.1 Fase descriptiva

Las variables sociodemográficas y bioqueratométricas se resumieron con los estadísticos descriptivos adecuados a la naturaleza de cada variable:

➤ Medidas de tendencia central y de dispersión (media y desviación estándar) para las variables cuantitativas.

➤ Frecuencias absolutas y relativas (porcentajes) para las variables cualitativas.

Para las aberraciones corneales optamos por una descripción de los valores originales y una descripción y representación gráficas de los valores tipificados: Los valores tipificados se obtuvieron utilizando como distribución de referencia la obtenida en los controles sanos. Para cada paciente y para cada parámetro se obtuvo su valor tipificado en base a la siguiente fórmula:

$$Z_{ij} = (X_{ij} - \mu_j) / S_j$$

Donde:

$Z_{ij}$  = valor tipificado del parámetro  $j$  en el paciente  $i$

$X_{ij}$  = valor observado del parámetro  $j$  en el paciente  $i$

$\mu_j$  = media del parámetro  $j$  en el grupo de controles

$S_j$  = desviación típica del parámetro  $j$  en el grupo de controles

De esta forma obtenemos un valor  $z$  para cada parámetro y paciente que puede ser comparado entre diferentes grupos de pacientes y entre diferentes técnicas quirúrgicas. En su representación gráfica hemos marcado los límites de normalidad en el intervalo  $z$  de  $-2$  a  $+2$ , que recoge el 95% de casos esperados si la distribución fuera equivalente a la de los controles.

### III.7.2 Fase inferencial

Los cambios en el tiempo de estas variables fueron evaluados comparando los valores postquirúrgicos y al año con los valores previos a la intervención. Para ello utilizamos un análisis de la covarianza (ANCOVA). Este tipo de análisis nos permite estimar las diferencias asociadas a cada técnica quirúrgica respecto a la de referencia (en este trabajo se ha escogido la QPP en todos los contrastes) ajustando el cambio respecto a otras variables confusoras (por ejemplo, la edad) y respecto al nivel de partida (niveles previos a la cirugía). Con ello obtenemos la ganancia (o pérdida) asociada a cada técnica en cada uno de los parámetros bioqueratométricos.

Las correlaciones entre la magnitud de las aberraciones corneales y la AV se estimaron con la Rho de Spearman (correlación no paramétrica). La relación funcional entre aberraciones y AV se exploró gráficamente mediante la interpolación de una línea de ajuste local tipo Loess.

Todas las comparaciones se han interpretado en base a un contraste de hipótesis con un riesgo alfa del 5% ( $p < 0,05$ ).

Los cálculos se realizaron con el programa estadístico PASW 18.0 (SPSS Inc).



## **R**ESULTADOS

---



IV.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS GENERALES

De 298 trasplantes realizados durante el periodo de estudio (2009-2015), se han recogido las intervenciones realizadas en 229 pacientes con una edad media de 60,0 años (DE 19,5 años) y un predominio de mujeres (134: 58,5%) sobre hombres (95: 41,5%).

En total el número de ojos intervenidos, que cumplían los criterios de inclusión, fueron de 270 ojos, siendo la técnica más utilizada la queratoplastia penetrante (Tabla 1).

Tabla IV-1. Técnicas de queratoplastia utilizadas

Técnica	N	%
Queratoplastia penetrante (QPP)	86	31,9
Queratoplastia laminar anterior profunda (DALK)	55	20,4
Queratoplastia endotelial con pelado de Descemet automatizado (DSAEK)	69	25,6
Queratoplastia endotelial de la MD (DMEK)	60	22,2

La distribución por sexos, y sobre todo por edad fue desigual entre las 4 técnicas de queratoplastia (p 0,09 para sexo, p<0,001 para la edad): Tabla 2.

Tabla IV-2. Edad y sexo en relación con la técnica de queratoplastia

Técnica	Sexo				Edad	
	Mujeres		Hombres		Media	DE
	N	%	N	%		
QPP	51	59,3%	35	40,7%	57,0	21,2
DALK	27	49,1%	28	50,9%	49,0	19,5
DSAEK	46	66,7%	23	33,3%	67,8	14,8
DMEK	42	70,0%	18	30,0%	69,3	11,3

DE: desviación estándar

En la tabla 3 se muestran las indicaciones para cada técnica. Se observa una concentración de casos específica para cada tipo de intervención. La queratitis y leucoma microbiano en la DALK, el edema corneal en DSAEK y la distrofia de Fuchs en DMEK. La QPP es la técnica con más heterogeneidad en sus indicaciones, con un predominio de intervenciones en la ectasia corneal, la queratitis y leucoma microbiano y en el retrasplante corneal.

*Tabla IV-3. Indicaciones para cada queratoplastia*

	Queratoplastia							
	QPP		DALK		DSAEK		DMEK	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Cirugía postrefractiva	0	0%	1	1,8%	-	-	-	-
Distrofia de Fuchs	6	7,0%	-	-	15	21,7%	26	43,3%
Distrofia u otras degeneraciones	5	5,8%	3	5,5%	0	0%	0	0%
Ectasia corneal	17	19,8%	11	20,0%	-	-	-	-
Edema corneal postcirugía de catarata	8	9,3%	-	-	24	34,8%	9	15,0%
Otras causas disf. corneal no endotelial	2	2,3%	0	0%	-	-	-	-
Otras causas de dis. corneal o distorsión	0	0%	3	5,5%	0	0%	0	0%
Otras causas de disfuncion endotelial	2	2,3%	-	-	12	17,4%	7	11,7%
Queratitis ulcerativa no infecciosa	1	1,2%	0	0%	0	0%	0	0%
Queratitis y leucoma microbiano	19	22,1%	33	60,0%	-	-	-	-
Retrasplante corneal	20	23,3%	2	3,6%	18	26,1%	18	30,0%
Trauma mecánico o químico	6	7,0%	2	3,6%	-	-	-	-

## IV.2 VALORES QUERATOMÉTRICOS BASALES Y CAMBIOS POR TÉCNICA QUIRÚRGICA

Los valores queratobiométricos basales, para cada técnica fueron relativamente heterogéneos (Tabla 4). Por ejemplo, la AV estuvo más conservada en los pacientes sometidos a DMEK que en el resto de las técnicas.

En esta tabla se comparan las medias de cada una de las técnicas para cada variable, inicialmente se comparan todos los promedios en conjunto obteniéndose el valor de p, siendo menor a 0.05 cuando existe diferencia entre los valores de las cuatro técnicas en su conjunto. Así se encuentra diferencias en la agudeza visual, el cilindro refractivo, el conteo endotelial y en el astigmatismo topográfico. Este análisis no se realizó para el conteo endotelial debido a que se contaba con pocos datos de la técnica DMEK (solo se registró en 7 pacientes) debido a la poca fiabilidad del resultado de la densidad de células endoteliales y a que en otros pacientes este examen fue imposible realizarlo debido al edema estromal y a la opacidad central, en los casos crónicos.

Por otro lado, en esta misma tabla se muestran los resultados de la comparación de los valores medios entre dos técnicas, para cada una de las variables; Para esto a cada técnica se le asignó un superíndice (a, b, c y d para QPP, DALK, DSAEK y DMEK, respectivamente), cuando se encuentra una diferencia significativa entre los resultados de los valores medios de una técnica respecto a otra se le coloca el superíndice de la segunda. Así podemos observar que la agudeza visual de la técnica QPP es estadísticamente diferente de la técnica DMEK (por ello colocamos el superíndice “d” sobre el valor medio de la QPP), otros resultados resaltantes es la diferencia de la paquimetría de las técnicas endoteliales con la DALK, pero no con la QPP.

*Tabla IV-4. Valores queratobiométricos basales*

	Queratoplastia								p
	QPP (a)		DALK (b)		DSAEK (c)		DMEK (d)		
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Agudeza visual (escala decimal)	0,048 <sup>d</sup>	0,075	0,084 <sup>d</sup>	0,071	0,076 <sup>d</sup>	0,094	0,143 <sup>a,b,c</sup>	0,120	<0,001
Equivalente esférico (D)	-4,45 <sup>d</sup>	8,90	-2,15	6,87	-1,32	6,13	0,31 <sup>a</sup>	3,81	0,013
Esfera (D)	-2,54	8,76	,34	7,27	,06	6,27	1,27	4,04	0,079
Cilindro (D)	-3,75 <sup>d</sup>	2,71	-5,43 <sup>c,d</sup>	3,56	-2,74 <sup>b</sup>	2,34	-2,04 <sup>a,b</sup>	1,72	<0,001
PIO (mmHg)	15	5	14 <sup>d</sup>	3	16	5	16 <sup>b</sup>	3	0,024
Paquimetría (µm)	645	260	526 <sup>c,d</sup>	147	743 <sup>b</sup>	191	748 <sup>b</sup>	182	<0,001
Contaje endotelial (cel/mm <sup>2</sup> )	787	241	2501	571	582	238	-	-	
Córnea anterior - Queratometría media (D)	46,65	15,04	47,49	8,69	44,75	2,75	44,08	2,26	0,23
Córnea anterior - Astigmatismo (D)	6,7 <sup>d</sup>	4,1	6,3 <sup>d</sup>	4,6	4,0	3,3	2,6 <sup>a,b</sup>	1,9	<0,001
Córnea anterior - Asfericidad	-0,58	2,37	-0,16	1,24	-0,13	0,81	-0,31	0,38	0,56
Córnea posterior - Queratometría media (D)	-6,74	3,45	-6,81	2,25	-5,57	3,19	-5,99	1,83	0,21
Córnea Posterior - Astigmatismo (D)	3,2 <sup>d</sup>	3,2	3,0 <sup>d</sup>	3,8	1,5	1,4	1,0 <sup>a,b</sup>	1,8	0,001
Córnea posterior - Asfericidad	-2,09	4,11	0,04	2,16	-0,01	3,71	-0,51	2,78	0,11

*Contrastes por Análisis de la Varianza (superíndices: contrastes significativos en pruebas post-hoc)*

En las tablas IV-5 y IV-6 se muestran los resultados al año (Tabla IV-5) y a los dos años (Tabla IV-6) de las variables estudiadas para las técnicas QPP y DALK. Además se realiza un análisis de la variación de dicho valor para cada variable respecto a su valor basal, en cada una de las técnicas, mostrándose la diferencia de las variaciones entre las dos técnicas (covarianza) teniendo como referencia la técnica QPP, para esta última se consideraron todas sus indicaciones quirúrgicas. Esta comparación se ha realizado mediante un análisis ANCOVA expresado como la diferencia entre las covarianzas de ambos grupos y su intervalo de confianza al 95%, en este análisis se intenta homogenizar (ajustar) dos parámetros que eran distintos en nuestras poblaciones: la edad y el nivel basal de cada una de las variables en estudio.

En la tabla IV-5 (análisis al año de la cirugía) resalta una mayor ganancia de AV con la técnica DALK (aunque mínima); la miopización del equivalente esférico, basado en una miopización de la esfera refractiva, de la DALK respecto a la QPP. Además se observa que la técnica laminar modifica la paquimetría incrementando su grosor en  $56\mu\text{m}$  respecto a la modificación de la QPP. También observamos que la técnica DALK genera córneas más oblatas en comparación con la técnica QPP.

El análisis a los dos años del postoperatorio, se realizó comparando los resultados de cada uno de los casos con sus respectivos datos preoperatorios, analizando las variaciones de cada una de las variables en estudio (tabla IV-6). Aquí se observa una menor diferencia en la ganancia de AV con la técnica DALK respecto a la QPP, no llegando a ser clínicamente significativa. Además vemos una atenuación de la variación del equivalente esférico hacia la miopización en la técnica lamelar. Por otro lado, observamos que la DALK genera una mayor curvatura tanto en la superficie corneal anterior como en la superficie posterior.

**Tabla IV-5. Cambios en los valores queratobiométricos tras un año de la queratoplastia (DALK versus QPP)**

	Queratoplastia				Diferencia (IC95%)*	p
	QPP		DALK			
	Media	DE	Media	DE		
Agudeza visual (prev) (escala decimal)	0,049	0,075	0,085	0,072	0,028 (-0,059 ; 0,114)	0,53
Agudeza visual (1a) (escala decimal)	0,306	0,227	0,362	0,262		
Equivalente esférico (prev) (D)	-4,45	8,90	-2,15	6,87	-4,535 (-7,199; -1,871)	0,001
Equivalente esférico (1a) (D)	0,98	5,22	-2,71	5,02		
Esfera (prev) (D)	-2,54	8,76	0,34	7,27	-4,486 (-7,069; -1,902)	0,001
Esfera (1a) (D)	2,98	5,08	-0,81	4,81		
Cilindro (prev) (D)	-3,75	2,71	-5,43	3,56	-0,485 (-1,815; 0,846)	0,47
Cilindro (1a) (D)	-4,07	2,66	-3,93	2,31		
PIO (prev) – (mmHg)	15	5	14	3	-2,183 (-4,636 ; 0,269)	0,08
PIO (1a) – (mmHg)	16	5	14	6		
Paquimetría (prev) (µm)	645	260	526	147	56,15 (0,302 ; 104,0)	0,023
Paquimetría (1a) (µm)	526	63	591	71		
Cornea anterior - K (prev) (D)	46,65	15,04	47,49	8,69	1,49 (0,20 ; 2,79)	0,025
Cornea anterior - K (1a) (D)	43,56	3,20	44,90	2,15		
Cornea Anterior - Astigmatismo (prev) (D)	6,7	4,1	6,3	4,6	0,51 (-1,16 ; 2,17)	0,54
Cornea Anterior - Astigmatismo (1a)	4,77	3,64	4,67	3,70		
Cornea anterior - Asfericidad (prev)	-0,58	2,37	-0,16	1,24	0,688 (0,287 ; 1,089)	0,001
Cornea anterior - Asfericidad (1a)	-0,85	0,93	0,19	0,84		
Cornea posterior - Queratometría media (prev) (D)	-6,74	3,45	-6,81	2,25	-0,22 (-0,53 ; 0,08)	0,15
Cornea posterior - Queratometría media (1a) (D)	-6,65	0,44	-6,90	0,41		
Cornea posterior - Astigmatismo (prev) (D)	3,2	3,2	3,0	3,8	-0,180 (-0,495 ; 0,135)	0,26
Cornea posterior - Astigmatismo (1a) (D)	1,0	0,6	1,0	0,9		
Cornea posterior - Asfericidad (prev)	-2,09	4,11	0,04	2,16	0,076 (-0,486 ; 0,638)	0,78
Cornea posterior - Asfericidad (1a)	-0,751	0,986	-0,011	1,007		

*Diferencias (IC95%): diferencias entre técnicas (ANCOVA) ajustadas por edad y nivel basal: QPP: técnica de referencia*

**Tabla IV-6. Cambios en los valores queratobiométricos tras dos años de la queratoplastia (DALK versus QPP)**

	Queratoplastia				Diferencia (IC95%)*	p
	QPP		DALK			
	Media	DE	Media	DE		
Agudeza visual (prev) (escala decimal)	0,048	0,075	0,085	0,072	-0,038 (-0,135 ; 0,059)	0,44
Agudeza visual (2a) (escala decimal)	0,374	0,277	0,392	0,240		
Equivalente esférico (prev) (D)	-4,45	8,90	-2,15	6,87	-3,832 (-6,365 ; -1,299)	0,004
Equivalente esférico (2a) (D)	0,33	5,81	-2,70	4,68		
Esfera (prev) (D)	-2,54	8,76	0,34	7,27	-4,046(- 6,485 ; -1,607)	0,002
Esfera (2a) (D)	2,33	6,02	-0,71	4,25		
Cilindro (prev) (D)	-3,75	2,71	-5,43	3,56	0,122 (-1,054 ; 1,299)	0,84
Cilindro (2a) (D)	-4,09	2,27	-4,20	2,16		
PIO (prev) – (mmHg)	15	5	14	3	-0,08 (-2,15; 1,98)	0,94
PIO (2a) – (mmHg)	16	5	14	4		
Paquimetría (prev) (µm)	645	260	526	147	74,9 (6,5 ; 143,4)	0,03
Paquimetría (2a) (µm)	551	70	608	82		
Contaje endotelial (prev) (cel/mm <sup>2</sup> )	787	241	2501	571	-	-
Contaje endotelial (2a) (cel/mm <sup>2</sup> )	1429	670	1895	374	-	-
Cornea anterior - Queratometría media (prev) (D)	46,65	15,04	47,49	8,69	2,44 (0,76 ; 4,11)	0,006
Cornea anterior - Queratometría media (2a) (D)	43,17	3,47	45,27	2,30		
Cornea Anterior - Astigmatismo (prev) (D)	6,7	4,1	6,3	4,6	0,88 (-0,72 ; 2,48)	0,27
Cornea Anterior - Astigmatismo (2a)	4,67	3,51	4,32	3,26		
Cornea anterior - Asfericidad (prev)	-0,58	2,37	-0,16	1,24	0,582 (-0,081 ; 1,245)	0,08
Cornea anterior - Asfericidad (2a)	-0,386	1,393	0,383	0,646		
Cornea posterior - Queratometría media (prev) (D)	-6,74	3,45	-6,81	2,25	-0,59 (-0,92 ; -0,26)	0,001
Cornea posterior - Queratometría media (2a) (D)	-6,46	,57	-6,85	,43		
Cornea posterior - Astigmatismo (prev) (D)	3,2	3,2	3,0	3,8	-0,48 (-1,94 ; 0,97)	0,50
Cornea posterior - Astigmatismo (2a) (D)	1,1	1,3	1,1	1,3		
Cornea posterior - Asfericidad (prev)	-2,09	4,11	0,04	2,16	0,128 (-0,67 ; 0,95)	0,75
Cornea posterior - Asfericidad (2a)	-0,653	1,178	0,237	1,039		

*Diferencias (IC95%): diferencias entre técnicas (ANCOVA) ajustadas por edad y nivel basal: QPP: técnica de referencia*

En las tablas IV-7 y IV-8 se muestran los resultados al año (Tabla IV-7) y a los dos años (Tabla IV-8) de las variables estudiadas para las técnicas DSAEK, DMEK y QPP.

Para este análisis se consideraron todos los diagnósticos de los tres grupos de estudio.

Se analizaron las covarianzas de la técnica DSAEK vs QPP donde se compararon las variaciones de las variables en estudio con los datos obtenidos preoperatoriamente, expresándose las diferencias en intervalos de confianza al 95%, igual análisis se realizó para la técnica DMEK considerándose a la QPP como técnica de referencia. Para este análisis se controlaron las variables de edad y nivel basal para cada uno de los casos intervenidos.

En la tabla IV-7 se puede observar que la DSAEK genera una mayor AV respecto a la QPP, sin llegar a ser estadísticamente significativo. Por otro lado, genera una menor variación de la refracción que la generada por la técnica penetrante; e incrementa el valor paquimétrico. Con respecto a la técnica DMEK se puede observar que genera una mayor ganancia visual, que llega a ser clínicamente significativa; además, ocasiona una menor variación de los valores refractivos, así como de los valores topográficos tanto de la superficie anterior como posterior, respecto a la variación de los valores de los pacientes intervenidos de QPP evaluados al año postoperatorio. No se consideró a la variable del conteo endotelial debido a la imposibilidad de obtener valores fiables en el preoperatorio.

En la tabla IV-8 se realiza el análisis a los dos años del postoperatorio, se observa que las diferencias entre las técnicas DSAEK y QPP se mantienen. Mientras que en la comparación de las técnicas DMEK y QPP resalta que la diferencia de la ganancia visual de la técnica lamelar sobre la penetrante ha dejado de ser clínicamente significativa; manteniendo un comportamiento similar en las otras variables respecto a los resultados obtenidos al primer año.

Tabla IV-7 Cambios en los valores queratobiométricos tras un año de la queratoplastia (DSAEK y DMEK versus QPP)

	Queratoplastia				Diferencia DSAEK vs. QPP (IC95%)*	p	Diferencia DMEK vs. QPP (IC95%)*	p
	DSAEK		DMEK					
	Media	DE	Media	DE				
Agudeza visual (prev) (escala decimal)	0,077	0,095	0,143	0,120	0,058 (-0,029; 0,145)	0,19	0,141 (0,041 ; 0,240)	0,006
Agudeza visual (1a) (escala decimal)	0,386	0,302	0,546	0,309				
Equivalente esférico (prev) (D)	-1,32	6,13	0,31	3,81	-3,56 (-5,58; -1,53)	0,001	-3,65 (-5,50 ; -1,80)	<0,001
Equivalente esférico (1a) (D)	-0,67	2,44	-0,80	1,87				
Esfera (prev) (D)	0,06	6,27	1,27	4,04	-3,92 (-5,90 ; -1,94)	<0,001	-3,92 (-5,72 ; -2,12)	<0,001
Esfera (1a) (D)	0,42	2,42	0,31	1,86				
Cilindro (prev) (D)	-2,74	2,34	-2,04	1,72	1,26 (0,19 ; 2,33)	0,021	1,08 (2 ,07 ; 2,09)	0,036
Cilindro (1a) (D)	-2,02	1,22	-2,18	1,44				
PIO (prev) – (mmHg)	16	5	16	3	-0,76 (-2,87 ; 1,34)	0,47	-1,19 (-3,37 ; 0,99)	0,28
PIO (1a) – (mmHg)	16	5	16	5				
Paquimetría (prev) (µm)	743	191	748	182	114,4 (69,4 ; 159,5)	<0,001	-14,1 (-55,9 ; 27,6)	0,50
Paquimetría (1a) (µm)	662	88	534	56				
Cornea anterior - Queratometría media (prev) (D)	44,75	2,75	44,08	2,26	-0,05 (-1,30 ; 1,20)	0,94	0,17 (-1,00 ; 1,35)	0,77
Cornea anterior - Queratometría media (1a) (D)	43,85	2,01	43,74	1,80				
Cornea Anterior - Astigmatismo (prev) (D)	4,0	3,3	2,6	1,9	-0,02 (-1,34 ; 1,30)	0,98	-0,13 (-1,46 ; 1,19)	0,84
Cornea Anterior - Astigmatismo (1a)	2,15	1,61	2,26	1,51				
Cornea anterior - Asfericidad (prev)	-0,13	0,81	-0,31	0,38	0,69 (0,36 ; 1,02)	<0,001	0,45 (0,14 ; 0,75)	0,004
Cornea anterior - Asfericidad (1a)	-0,22	0,43	-0,37	0,32				
Cornea posterior - Queratometría media (prev) (D)	-5,57	3,19	-5,99	1,83	-0,48 (-0,75 ; -0,21)	0,001	0,39 (0,14 ; 0,63)	0,002
Cornea posterior - Queratometría media (1a) (D)	-7,21	0,54	-6,41	0,32				
Cornea posterior - Astigmatismo (prev) (D)	1,48	1,37	1,01	1,79	-0,20 (-,051 ; 0,11)	0,20	-0,44 (-0,74 ; -0,13)	0,006
Cornea posterior - Astigmatismo (1a) (D)	0,72	0,47	0,51	0,34				
Cornea posterior - Asfericidad (prev)	-0,01	3,71	-0,51	2,78	0,19 (-0,21 ; 0,59)	0,34	0,40 (0,03 ; 0,77)	0,035
Cornea posterior - Asfericidad (1a)	-0,252	0,661	-0,111	0,411				

Diferencias (IC95%): diferencias entre técnicas (ANCOVA) ajustadas por edad y nivel basal: QPP: técnica de referencia

*Tabla IV-8. Cambios en los valores queratobiométricos tras dos años de la queratoplastia (DSAEK y DMEK versus QPP)*

	Queratoplastia				Diferencia DSAEK vs. QPP (IC95%)*	p	Diferencia DMEK vs. QPP (IC95%)*	p
	DSAEK		DMEK					
	Media	DE	Media	DE				
Agudeza visual (prev) (escala decimal)	0,077	0,095	0,143	0,120	0,026 (-0,073; 0,125)	0,61	0,089 (-0,028 ; 0,206)	0,14
Agudeza visual (2a) (escala decimal)	0,412	0,326	0,558	0,294				
Equivalente esférico (prev) (D)	-1,32	6,13	0,31	3,81	-1,68 (-3,56 ;0,20)	0,08	-2,42 (-4,16 ; -0,68)	0,007
Equivalente esférico (2a) (D)	-0,48	2,10	-0,67	1,95				
Esfera (prev) (D)	0,06	6,27	1,27	4,04	-2,78 (-4,57 ; -0,98)	0,003	-3,43 (-5,08 ; -1,78)	<0,001
Esfera (2a) (D)	0,60	2,04	0,24	1,76				
Cilindro (prev) (D)	-2,74	2,34	-2,04	1,72	2,26 (1,26 ; 3,25)	<0,001	2,53 (1,57 ; 3,50)	<0,001
Cilindro (2a) (D)	-2,19	1,53	-1,88	1,12				
PIO (prev) (mmHg)	16	5	16	3	0,23 (-1,66 ; 2,11)	0,81	-0,48 (-2,43 ; 1,47)	0,63
PIO (2a) (mmHg)	15	5	15	4				
Paquimetría (prev) (µm)	743	191	748	182	166,6 (116,5 ; 216,6)	<0,001	21,9 (-25,1 ; 68,9)	0,36
Paquimetría (2a) (µm)	690	96	559	60				
Contaje endotelial (prev) (cel/mm <sup>2</sup> )	582	238	-	-	-	-	-	-
Contaje endotelial (2a) (cel/mm <sup>2</sup> )	920	521	1092	472	-	-	-	-
Cornea anterior - Queratometría media (prev) (D)	44,75	2,75	44,08	2,26	1,65 (0,41 ; 2,88)	0,01	1,66 (0,46 ; 2,86)	0,007
Cornea anterior - Queratometría media (2a) (D)	44,08	1,87	43,83	1,78				
Cornea Anterior - Astigmatismo (prev) (D)	4,0	3,3	2,6	1,9	0,36 (-0,75 ; 1,48)	0,52	0,52 (-0,61 ; 1,65)	0,36
Cornea Anterior - Astigmatismo (2a)	2,18	1,30	2,26	1,45				
Cornea anterior - Asfericidad (prev)	-0,13	0,81	-0,31	0,38	0,29 (-0,18 ; 0,77)	0,22	0,22 (-0,23 ; 0,67)	0,34
Cornea anterior - Asfericidad (2a)	-0,267	,3347	-,3004	0,3912				
Cornea posterior - Queratometría media (prev) (D)	-5,57	3,19	-5,99	1,83	-0,99 (-1,35 ; -0,63)	<0,001	0,06 (-0,28 ; 0,39)	0,74
Cornea posterior - Queratometría media (2a) (D)	-7,23	0,68	-6,38	0,24				
Cornea posterior - Astigmatismo (prev) (D)	1,48	1,37	1,01	1,79	-0,28 (-1,09 ; 0,53)	0,49	-,063 (-1,40 ; 0,15)	0,11
Cornea posterior - Astigmatismo (2a) (D)	0,81	0,61	0,52	0,32				
Cornea posterior - Asfericidad (prev)	-0,01	3,71	-0,51	2,78	0,50 (-0,04 ; 1,05)	0,07	0,76 (0,26 ; 1,26)	0,004
Cornea posterior - Asfericidad (2a)	-0,188	0,638	0,002	0,443				

*Diferencias (IC95%): diferencias entre técnicas (ANCOVA) ajustadas por edad y nivel basal: QPP: técnica de referencia*

En las tablas IV-9 a IV-13 se realiza un análisis de las variaciones de los resultados para según la indicación quirúrgica más frecuentes tanto de la patología estromal como de la endotelial. Como es esperable cuando estratificamos por la indicación o patología las comparaciones entre técnicas se minimizan, aunque la capacidad de detectar diferencias significativas desde el punto estadístico se reduce por el bajo tamaño de muestra.

Para este análisis se siguió el mismo procedimiento que el practicado en las tablas IV-5 al IV-8, expresando en cada tabla las medias de los datos preoperatorios (prev), al primer año (1a) y al segundo año (2a) postoperatorio. Posteriormente se realizó un análisis de las covarianzas con la técnica estadística ANCOVA teniendo como categoría de referencia a la técnica QPP, mostrando las variables con diferencias estadísticamente sombreadas.

En la tabla IV-9 se muestran los resultados de pacientes con ectasia corneal intervenidos con QPP o DALK, observándose resultados similares en ambos grupos.

En cuanto a la indicación quirúrgica de queratitis y leucoma microbiano (tabla IV-10) intervenidos con DALK o QPP, no se observan diferencias estadísticamente significativas a los dos años.

En la tabla IV-11 se muestran los resultados de los trasplantes lamelares endoteliales y QPP para la distrofia de Fuchs. Resalta que para esta indicación no se observe una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la ganancia de la agudeza visual de la DMEK y DSAEK respecto a la QPP.

En la indicación quirúrgica de retrasplante endotelial (tabla IV-12), no se observan diferencias entre DMEK respecto a QPP, resaltando solo la mayor paquimetría de la DSAEK en comparación con la técnica penetrante.

En la tabla IV-13 se muestran los resultados de los ojos intervenidos de queratoplastia por edema corneal postcirugía de catarata, encontrándose diferencias entre DSAEK y QPP solo en la paquimetría, y la refracción. No se encontraron diferencias entre DMEK y QPP.

Tabla IV-9 Cambios en los valores queratobiométricos, uno y dos años después de la queratoplastia (DALK versus QPP)

-Ectasia Corneal-

	Queratoplastia			
	QPP		DALK	
	Media	DE	Media	DE
Agudeza visual (pre) (escala decimal)	0,044	0,068	0,057	0,078
Agudeza visual (1a) (escala decimal)	0,364	0,171	0,351	0,298
Agudeza visual (2a) (escala decimal)	0,409	0,276	0,396	0,291
Equivalente esférico (prev) (D)	-8,63	9,20	-5,00	4,78
Equivalente esférico (1a) (D)	0,44	5,12	-4,18	3,87
Equivalente esférico (2a) (D)	0,50	6,11	-3,03	5,46
Esfera (prev)	-6,56	8,74	-1,53	5,22
Esfera (1a)	2,33	5,15	-2,00	3,77
Esfera (2a)	2,56	5,96	-1,13	5,02
Cilindro (prev)	-3,96	3,18	-6,91	3,22
Cilindro (1a)	-3,70	2,48	-4,32	2,63
Cilindro (2a)	-4,52	2,48	-3,55	2,12
PIO (prev) (mmHg)	13	1	15	4
PIO (1a) (mmHg)	14	3	16	7
PIO (2a) (mmHg)	13	3	17	5
Paquimetría (prev)	374	105	422	137
Paquimetría (1a)	521	56	572	58
Paquimetría (2a)	532	55	573	54
Cornea anterior - Queratometría media (prev) (D)	61,24	15,87	55,27	10,99
Cornea anterior - Queratometría media (1a) (D)	44,45	1,99	45,84	1,66
Cornea anterior - Queratometría media (2a) (D)	43,93	3,79	46,60	2,30
Cornea Anterior - Astigmatismo (prev) (D)	5,7	1,9	6,7	4,2
Cornea Anterior - Astigmatismo (1a)	5,20	2,75	4,87	2,79
Cornea Anterior - Astigmatismo (2a)	4,59	1,89	3,54	2,82
Cornea anterior - Asfericidad (prev)	-1,14	0,76	-0,67	0,95
Cornea anterior - Asfericidad (1a)	-0,52		0,43	
Cornea anterior - Asfericidad (2a)	-0,357	0,630	0,483	0,682

Sombreado: diferencias estadísticamente significativas respecto a la categoría de referencia (QPP)

**Tabla IV-10. Cambios en los valores queratobiométricos, uno y dos años después de la queratoplastia (DALK versus QPP)**

*- Queratitis y leucoma microbiano -*

	Queratoplastia			
	QPP		DALK	
	Media	DE	Media	DE
Agudeza visual (pre) (escala decimal)	0,060	0,071	0,099	0,075
Agudeza visual (1a) (escala decimal)	0,292	0,209	0,341	0,246
Agudeza visual (2a) (escala decimal)	0,398	0,269	0,388	0,223
Equivalente esférico (prev) (D)	-2,28	6,05	-1,25	7,55
Equivalente esférico (1a) (D)	0,72	4,13	-2,17	5,21
Equivalente esférico (2a) (D)	0,10	3,79	-2,39	5,14
Esfera (prev)	-0,38	6,10	1,02	8,08
Esfera (1a)	3,13	3,53	-0,23	4,92
Esfera (2a)	2,48	3,33	-0,63	4,57
Cilindro (prev)	-3,78	2,43	-4,73	2,78
Cilindro (1a)	-4,88	2,83	-3,97	2,29
Cilindro (2a)	-4,83	1,86	-4,01	2,06
PIO (prev) (mmHg)	13	5	14	3
PIO (1a) (mmHg)	15	5	14	6
PIO (2a) (mmHg)	16	5	14	3
Paquimetría (prev)	569	60	544	148
Paquimetría (1a)	505	70	599	70
Paquimetría (2a)	529	76	632	81
Cornea anterior - Queratometría media (prev) (D)	47,25	5,87	44,55	5,79
Cornea anterior - Queratometría media (1a) (D)	43,80	3,80	44,55	2,38
Cornea anterior - Queratometría media (2a) (D)	43,30	2,77	44,81	2,38
Cornea Anterior - Astigmatismo (prev) (D)	2,3	1,6	5,3	4,5
Cornea Anterior - Astigmatismo (1a)	5,02	1,93	4,97	4,26
Cornea Anterior - Astigmatismo (2a)	4,92	4,46	4,33	3,55
Cornea anterior - Asfericidad (prev)	-0,65	0,62	-0,01	1,43
Cornea anterior - Asfericidad (1a)	-1,01		0,14	
Cornea anterior - Asfericidad (2a)	-0,518	0,073	0,328	0,071

*Sombreado: diferencias estadísticamente significativas respecto a la categoría de referencia (QPP)*

*Tabla IV-11. Cambios en los valores queratobiométricos, uno y dos años después de la queratoplastia (DSAEK y DMEK versus QPP)*

*-Distrofia de Fuchs-*

	QPP		Queratoplastia			
	Media	DE	DSAEK		DMEK	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Agudeza visual (prev) (escala decimal)	0,104	0,152	0,183	0,114	0,208	0,129
Agudeza visual (1a) (escala decimal)	0,360	0,230	0,623	0,265	0,611	0,298
Agudeza visual (2a) (escala decimal)	0,520	0,228	0,677	0,259	0,587	0,304
Equivalente esférico (prev) (D)	-2,17	1,01	-1,73	4,49	0,49	2,29
Equivalente esférico (1a) (D)	5,25	4,19	-0,02	1,16	-0,66	1,08
Equivalente esférico (2a) (D)	0,80	3,13	-0,31	1,34	-0,44	1,04
Esfera (prev)	-0,75	0,87	-0,41	3,66	1,29	2,31
Esfera (1a)	6,70	3,40	0,83	1,15	0,29	1,39
Esfera (2a)	2,55	3,81	0,44	0,90	0,56	1,07
Cilindro (prev)	-2,67	0,88	-2,64	2,63	-1,83	1,37
Cilindro (1a)	-2,35	1,04	-1,62	1,25	-1,75	0,96
Cilindro (2a)	-3,60	2,17	-1,48	1,61	-1,84	1,29
PIO (prev) (mmHg)	15	3	16	3	17	3
PIO (1a) (mmHg)	17	6	15	4	17	7
PIO (2a) (mmHg)	15	1	14	3	17	5
Paquimetría (prev)	.	.	671	80	679	59
Paquimetría (1a)	509	.	669	95	549	65
Paquimetría (2a)	605	44	675	132	548	35
Cornea anterior - Queratometría media (prev) (D)	.	.	43,79	1,62	44,12	1,74
Cornea anterior - Queratometría media (1a) (D)	45,05	.	43,26	1,53	43,85	1,56
Cornea anterior - Queratometría media (2a) (D)	44,15	4,30	43,50	1,26	43,84	1,48
Cornea Anterior - Astigmatismo (prev) (D)	.	.	1,5	1,7	2,0	1,2
Cornea Anterior - Astigmatismo (1a)	3,20	.	1,32	0,94	1,88	1,26
Cornea Anterior - Astigmatismo (2a)	7,34	3,25	1,43	1,45	1,60	1,13
Cornea anterior - Asfericidad (prev)	.	.	-0,22	0,23	-0,29	0,33
Cornea anterior - Asfericidad (1a)	-0,76	.	-0,21	.	-0,45	.
Cornea anterior - Asfericidad (2a)	-0,248	2,128	-0,272	0,157	-0,396	0,236

*Sombreado: diferencias estadísticamente significativas respecto a la categoría de referencia (QPP)*

**Tabla IV-12. Cambios en los valores queratobiométricos, uno y dos años después de la queratoplastia (DSAEK y DMEK versus QPP)**

*-Retrasplante corneal endotelial-*

	Queratoplastia					
	QPP		DSAEK		DMEK	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Agudeza visual (pre) (escala decimal)	0,040	0,060	0,035	0,037	0,100	0,091
Agudeza visual (1a) (escala decimal)	0,289	0,276	0,286	0,285	0,538	0,371
Agudeza visual (2a) (escala decimal)	0,275	0,337	0,355	0,304	0,546	0,354
Equivalente esférico (prev) (D)	-6,85	11,69	-3,75	9,04	-0,56	6,49
Equivalente esférico (1a) (D)	-1,18	5,50	-0,18	1,74	-1,15	3,04
Equivalente esférico (2a) (D)	-1,69	8,67	-0,15	1,95	-1,33	3,47
Esfera (prev)	-4,60	12,48	-1,58	9,82	0,87	7,04
Esfera (1a)	0,41	5,72	1,13	1,66	0,27	2,90
Esfera (2a)	-0,42	9,14	1,22	1,85	-0,47	3,09
Cilindro (prev)	-4,65	2,72	-4,46	2,93	-2,83	2,44
Cilindro (1a)	-3,59	2,82	-2,53	1,39	-2,77	2,19
Cilindro (2a)	-2,90	2,57	-2,73	1,61	-1,75	1,36
PIO (prev) (mmHg)	15	7	16	7	15	4
PIO (1a) (mmHg)	16	5	17	6	16	3
PIO (2a) (mmHg)	15	4	14	5	14	3
Paquimetría (prev)	767	214	716	181	808	265
Paquimetría (1a)	547	65	677	111	526	51
Paquimetría (2a)	520	38	736	84	604	62
Cornea anterior - Queratometría media (prev) (D)	41,37	13,52	45,57	3,20	44,83	2,90
Cornea anterior - Queratometría media (1a) (D)	43,52	3,28	43,85	2,66	43,59	2,40
Cornea anterior - Queratometría media (2a) (D)	42,31	3,46	44,80	1,08	43,88	2,61
Cornea Anterior - Astigmatismo (prev) (D)	7,4	5,0	4,8	3,3	3,6	2,4
Cornea Anterior - Astigmatismo (1a)	3,24	2,48	3,32	1,58	2,90	1,91
Cornea Anterior - Astigmatismo (2a)	3,22	1,75	2,93	1,60	3,21	1,83
Cornea anterior - Asfericidad (prev)	-0,71	3,22	-0,06	1,17	-0,30	0,50
Cornea anterior - Asfericidad (1a)	-0,55		-0,01		-0,21	
Cornea anterior - Asfericidad (2a)	0,424	2,175	-0,118	0,471	-0,195	0,559

*Sombreado: diferencias estadísticamente significativas respecto a la categoría de referencia (QPP)*

**Tabla IV-13. Cambios en los valores queratobiométricos, uno y dos años después de la queratoplastia (DSAEK y DMEK versus QPP)**

– Edema corneal postcirugía de catarata -

	Queratoplastia					
	QPP		DSAEK		DMEK	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Agudeza visual (pre) (escala decimal)	0,006	0,004	0,064	0,083	0,108	0,105
Agudeza visual (1a) (escala decimal)	0,307	0,305	0,314	0,237	0,536	0,219
Agudeza visual (2a) (escala decimal)	0,425	0,287	0,337	0,270	0,586	0,273
Equivalentente esférico (prev) (D)	7,33	7,23	0,63	3,26	0,19	1,90
Equivalentente esférico (1a) (D)	3,31	6,83	-1,27	3,33	-0,89	1,38
Equivalentente esférico (2a) (D)	3,93	4,84	-0,93	2,36	-0,38	1,63
Esfera (prev)	8,17	6,71	2,10	3,61	0,69	1,98
Esfera (1a)	4,97	6,27	-0,22	3,32	0,14	1,24
Esfera (2a)	5,25	5,09	0,18	2,40	0,25	0,99
Cilindro (prev)	-1,67	1,53	-2,60	1,76	-1,00	0,82
Cilindro (1a)	-3,53	2,44	-2,01	1,18	-2,07	0,37
Cilindro (2a)	-2,68	1,30	-2,34	1,55	-2,08	0,86
PIO (prev) (mmHg)	18	3	14	4	17	4
PIO (1a) (mmHg)	18	6	16	4	16	3
PIO (2a) (mmHg)	17	5	15	3	14	2
Paquimetría (prev)	.	.	683	56	871	209
Paquimetría (1a)	468	28	645	78	515	41
Paquimetría (2a)	560	57	665	86	524	33
Cornea anterior - Queratometría media (prev) (D)	.	.	43,65	1,66	42,38	1,35
Cornea anterior - Queratometría media (1a) (D)	43,70	3,22	44,60	2,14	43,00	1,58
Cornea anterior - Queratometría media (2a) (D)	42,24	4,11	44,28	2,45	42,75	1,50
Cornea Anterior - Astigmatismo (prev) (D)	.	.	2,9	1,9	2,2	1,5
Cornea Anterior - Astigmatismo (1a)	4,90	2,13	1,73	0,65	2,59	1,48
Cornea Anterior - Astigmatismo (2a)	4,90	2,48	2,18	0,84	2,43	1,17
Cornea anterior - Asfericidad (prev)	.	.	-0,14	0,36	-0,44	0,30
Cornea anterior - Asfericidad (1a)	-3,84		-0,31		-0,44	
Cornea anterior - Asfericidad (2a)	-1,270	1,032	-0,398	0,285	-0,269	0,227

Sombreado: diferencias estadísticamente significativas respecto a la categoría de referencia (QPP)

### IV.3 INCIDENCIA DE COMPLICACIONES

La incidencia de complicaciones asociadas a cada técnica es significativamente diferente (Tabla 14), sobre todo en el seguimiento al año y dos años, aumentando en los casos intervenidos por QPP. Este patrón diferencial se sigue observando incluso cuando estratificamos por patología o indicación (Tabla 15).

*Tabla IV-14 Incidencia de complicaciones postquirúrgicas  
Todas las técnicas \_ todos los procedimientos*

	Complicaciones Post Q				Complicaciones (1a)*				Complicaciones (2 años)*			
	No		Sí		No		Sí		No		Sí	
<b>Queratoplastia</b>	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
QPP	67	77,9%	19	22,1%	30	36,1%	53	63,9%	33	42,9%	44	57,1%
DALK	48	87,3%	7	12,7%	32	59,3%	22	40,7%	34	69,4%	15	30,6%
DSAEK	50	72,5%	19	27,5%	37	53,6%	32	46,4%	35	58,3%	25	41,7%
DMEK	42	70,0%	18	30,0%	41	68,3%	19	31,7%	33	71,7%	13	28,3%

*\*Diferencias entre técnicas estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ )*

*Tabla IV-15. Incidencia de complicaciones postquirúrgicas en las principales indicaciones*

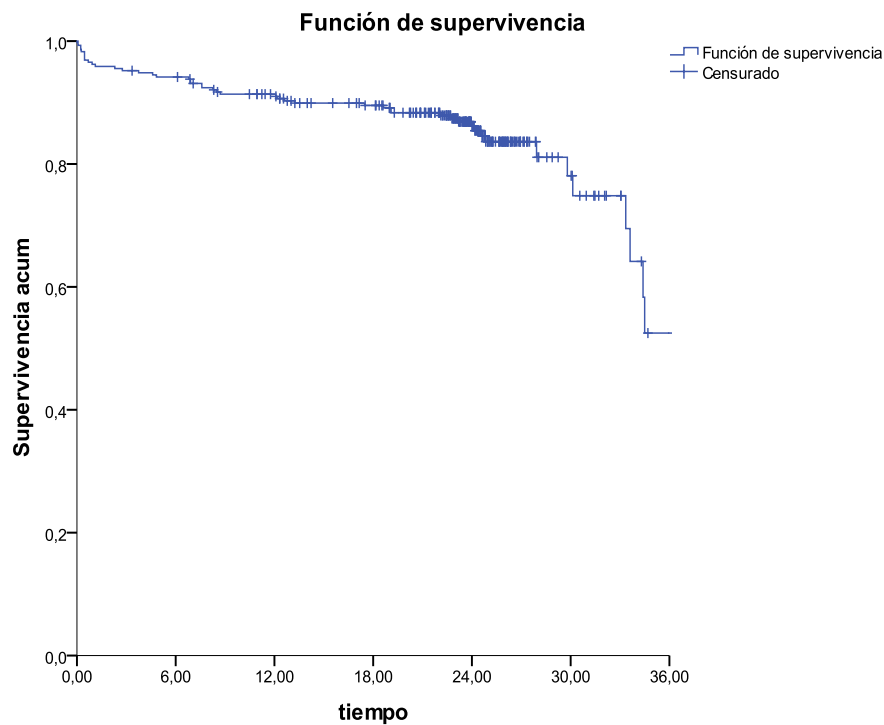
Indicación	Técnica	Complicaciones Post Q				Complicaciones (1a)				Complicaciones (2 años)			
		Sí		No		Sí		No		Sí		No	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Distrofia de Fuchs	QPP	0	0%	6	100,0%	5	100,0%	0	0%	3	60,0%	2	40,0%
	DALK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DSAEK	4	26,7%	11	73,3%	1	6,7%	14	93,3%	3	23,1%	10	76,9%
	DMEK	9	34,6%	17	65,4%	9	34,6%	17	65,4%	5	26,3%	14	73,7%
Ectasia corneal	QPP	3	17,6%	14	82,4%	7	43,8%	9	56,3%	6	42,9%	8	57,1%
	DALK	3	27,3%	8	72,7%	3	27,3%	8	72,7%	3	27,3%	8	72,7%
	DSAEK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DMEK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Edema corneal postcirugía de catarata	QPP	2	25,0%	6	75,0%	6	75,0%	2	25,0%	6	75,0%	2	25,0%
	DALK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DSAEK	8	33,3%	16	66,7%	12	50,0%	12	50,0%	9	42,9%	12	57,1%
	DMEK	2	22,2%	7	77,8%	3	33,3%	6	66,7%	3	37,5%	5	62,5%
Queratitis y leucoma microbiano	QPP	4	21,1%	15	78,9%	11	61,1%	7	38,9%	8	47,1%	9	52,9%
	DALK	3	9,1%	30	90,9%	14	43,8%	18	56,3%	8	27,6%	21	72,4%
	DSAEK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DMEK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Retrasplante corneal	QPP	5	25,0%	15	75,0%	13	65,0%	7	35,0%	9	52,9%	8	47,1%
	DALK	0	0%	2	100,0%	0	0%	2	100,0%	0	0%	1	100,0%
	DSAEK	4	22,2%	14	77,8%	9	50,0%	9	50,0%	6	42,9%	8	57,1%
	DMEK	5	27,8%	13	72,2%	7	38,9%	11	61,1%	5	41,7%	7	58,3%

#### IV.4 SUPERVIVENCIA DE LOS TRASPLANTES CORNEALES

En la figura IV-1 y en la figura IV-2 se muestran los gráficos de supervivencia de los ojos tratados con queratoplastia. En la primera figura se analizan todos los casos en conjunto mientras que en la segunda se realiza un análisis por grupo de estudio.

Se considera caso censurado aquel paciente tratado y que en el periodo de su seguimiento no ha presentado fallo del trasplante hasta la última revisión, pero se desconoce la evolución posterior, es decir el tiempo de seguimiento termina antes de producirse el fallo del injerto. Debido a que el periodo de seguimiento de nuestros pacientes fue de 2 años se observa que la gran mayoría de casos censurados se da alrededor de los 24 meses.

En la figura IV-1 se muestra que la supervivencia mediana de los trasplantes durante el periodo de seguimiento de 36 meses (IC95% 33,6 a 39,6 meses).

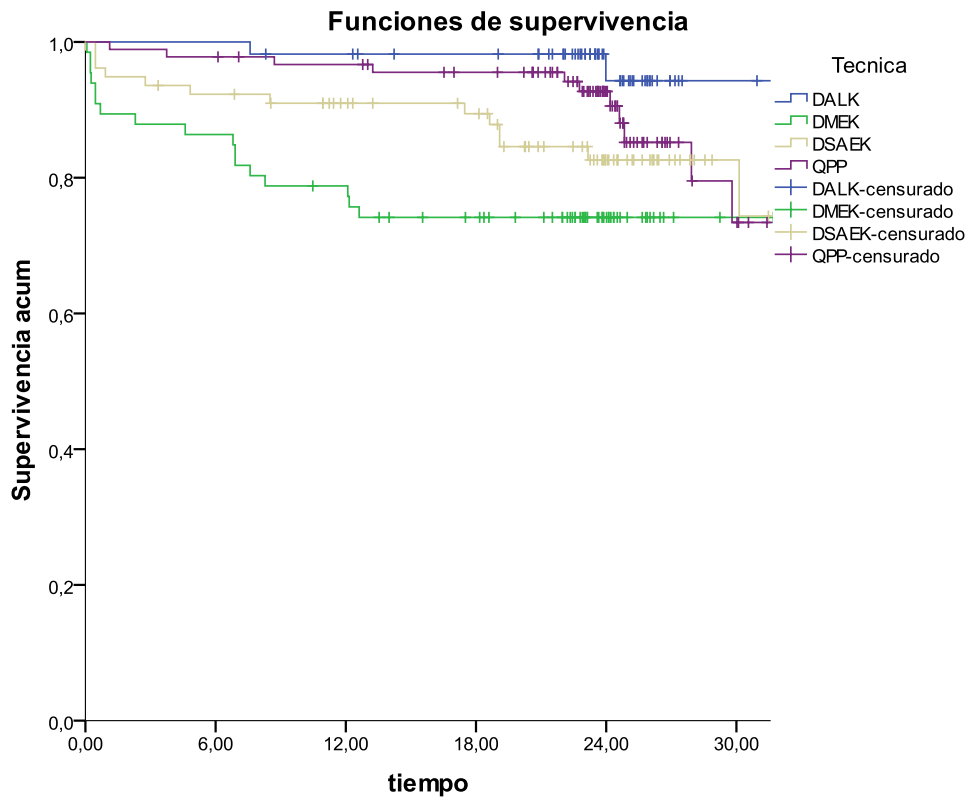


*Figura IV-1. Tiempo de supervivencia/viabilidad del trasplante en todos los pacientes intervenidos.*

Medias y medianas del tiempo de supervivencia			
Media <sup>a</sup>		Mediana	
Intervalo de confianza al 95%		Intervalo de confianza al 95%	
Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
34,367	44,178	33,162	40,038

a. La estimación se limita al mayor tiempo de supervivencia si se ha censurado.

En la figura IV-2, se observa que la técnica DMEK fue la que tuvo una curva de supervivencia más desfavorable respecto al resto de técnicas, sobre todo en los primeros 12 meses (log-rank:  $p < 0,001$ ); a diferencia de la técnica QPP que muestra una mejor supervivencia durante este mismo periodo de tiempo. Por otro lado, se puede apreciar que la técnica DALK cuenta con la menor tasa de fallo de la queratoplastia.



*Figura IV-2. Tiempo de supervivencia/viabilidad del trasplante en relación con la técnica quirúrgica*

*Caso censurado: línea de corte vertical representa la última revisión de un caso sin que haya presentado fallo del injerto.*

Comparaciones globales			
	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	17,264	3	,001

Prueba de igualdad de distribuciones de supervivencia para diferentes niveles de técnica.

## IV.5 ABERRACIONES CORNEALES DE LOS TRASPLANTES

En esta sección se muestran los resultados de las aberraciones ópticas de las córneas tratadas mediante queratoplastia, ya sea laminar o penetrante.

De la tabla IV-16 a la tabla IV-21 se muestran las medias de los valores obtenidos para cada una de las variables aberrométricas consideradas en este estudio, tanto para el primer como para el segundo año de todos los pacientes trasplantados en conjunto. Además, se analiza si la variación del segundo año respecto al primero es estadísticamente significativa. Para este análisis se consideró solo a los pacientes que contaban con un QS mayor a 90, debido a esto es que la población en estudio es cambiante para cada una de las variables, ya que los datos se analizaron en forma pareada para cada uno de los ojos tratados mediante queratoplastia. Se exponen los resultados aberrométricos de la córnea total, de la superficie corneal anterior y de la superficie posterior para un diámetro de estudio de 4 mm y 6 mm.

En la segunda parte de esta sección, desde la figura IV-3 a la figura IV-8, se muestran las barras de error de los valores tipificados de las aberraciones en relación con la técnica quirúrgica empleada, donde se analiza el comportamiento aberrométrico de cada una de las técnicas empleadas respecto a las aberraciones de un grupo control.

En general, en las tablas IV-16 a IV-21 se puede observar que la mayoría de los valores se mantienen estables a los dos años respecto al año postoperatorio, resaltando que la RMS de las aberraciones corneal de alto orden incrementan su valor al segundo año en el estudio aberrométrico de los 6 mm centrales. Por otro lado, las aberraciones son mayores en la córnea total y en la córnea anterior respecto a la posterior; mientras que las aberraciones corneales multiplican su valor cuando el estudio es en los 6 mm centrales, respecto a los 4 mm.

**Tabla IV-16: Aberrometría. Córnea total (4 mm)**

Media cuadrática (RMS: Root Mean Square)	N	1 año		2 años		p
		Media	DE	Media	DE	
Aberraciones totales	109	2,339	2,025	2,395	1,758	0,728
Aberraciones de alto orden (HOA)	109	0,691	0,575	0,738	0,594	0,391
Aberraciones totales de 3er orden	137	0,698	0,615	0,626	0,491	0,139
Aberraciones totales de 4º orden	139	0,472	0,396	0,404	0,318	0,016
Aberraciones totales de 5º orden	139	0,185	0,143	0,180	0,158	0,695
Coma like	138	0,509	0,542	0,470	0,429	0,377
Esfera like	134	0,200	0,264	0,156	0,165	0,041
Trefoil	138	0,423	0,382	0,370	0,349	0,112
Coma	138	0,499	0,540	0,458	0,429	0,363
Tetrafoil	139	0,299	0,282	0,282	0,248	0,477
Astigmatismo secundario o de 4º grado	139	0,214	0,207	0,175	0,155	0,016
Aberración esférica	139	-0,017	0,350	0,060	0,256	0,004
Pentafoil	139	0,116	0,097	0,101	0,097	0,076
Tetrafoil secundario o de 5º grado	108	0,095	0,111	0,0851	0,088	0,331
Coma secundario o de 5º grado	139	0,077	0,080	0,0811	0,065	0,586
Aberración esférica secundaria o de 6º orden	135	-0,001	0,044	-0,003	0,041	0,694

*Sombreado: diferencias estadísticamente significativas de la variación de la magnitud aberrométrica del segundo año postoperatorio respecto al primero.*

*Tabla IV-17. Aberrometría. Córnea anterior (4 mm)*

<b>Media cuadrática (RMS: Root Mean Square)</b>	<b>N</b>	<b>1 año</b>		<b>2 años</b>		<b>p</b>
		<b>Media</b>	<b>DE</b>	<b>Media</b>	<b>DE</b>	
Aberraciones totales	107	2,546	2,185	2,554	1,976	0,96
Aberraciones de alto orden (HOA)	105	0,730	0,616	0,707	0,553	0,63
Aberraciones totales de 3er orden	111	0,570	0,523	0,596	0,616	0,66
Aberraciones totales de 4º orden	113	0,389	0,320	0,404	0,383	0,64
Aberraciones totales de 5º orden	113	0,184	0,156	0,169	0,142	0,20
Coma like	112	0,406	0,425	0,450	0,489	0,36
Esfera like	111	0,160	0,175	0,173	0,212	0,59
Trefoil	112	0,367	0,366	0,350	0,439	0,69
Coma	112	0,395	0,421	0,438	0,489	0,38
Tetrafoil	113	0,260	0,249	0,286	0,308	0,33
Astigmatismo secundario o de 4º grado	113	0,182	0,190	0,171	0,178	0,56
Aberración esférica	113	0,033	0,232	0,084	0,257	0,06
Pentafoil	113	0,119	0,103	0,104	0,115	0,12
Tetrafoil secundario o de 5º grado	113	0,095	0,113	0,083	0,083	0,25
Coma secundario o de 5º grado	113	0,074	0,082	0,079	0,069	0,44
Aberración esférica secundaria o de 6º orden	111	-0,004	0,044	-0,002	0,039	0,66

*Tabla IV-18. Aberrometría. Córnea posterior (4 mm)*

Media cuadrática (RMS: Root Mean Square)	N	1 año		2 años		p
		Media	DE	Media	DE	
Aberraciones totales	107	0,635	0,352	0,747	0,600	0,03
Aberraciones de alto orden (HOA)	107	0,211	0,109	0,287	0,199	<0,001
Aberraciones totales de 3er orden	112	0,246	0,460	0,286	0,350	0,09
Aberraciones totales de 4º orden	113	0,159	0,237	0,180	0,345	0,23
Aberraciones totales de 5º orden	113	0,072	0,165	0,068	0,117	0,64
Coma like	112	0,136	0,239	0,155	0,253	0,20
Esfera like	106	0,050	0,032	0,057	0,036	0,02
Trefoil	113	0,206	0,420	0,227	0,267	0,40
Coma	112	0,133	0,232	0,152	0,248	0,20
Tetrafoil	113	0,111	0,197	0,130	0,270	0,18
Astigmatismo secundario o de 4º grado	113	0,063	0,095	0,066	0,143	0,83
Aberración esférica	113	-0,031	0,128	-0,048	0,187	0,07
Pentafoil	113	0,057	0,144	0,051	0,094	0,46
Tetrafoil secundario o de 5º grado	113	0,028	0,059	0,026	0,044	0,66
Coma secundario o de 5º grado	113	0,023	0,061	0,027	0,059	0,35
Aberración esférica secundaria o de 6º orden	106	0,001	0,011	0,003	0,013	0,09

*Sombreado: diferencias estadísticamente significativas de la variación de la magnitud aberrométrica del segundo año postoperatorio respecto al primero.*

*Tabla IV-19. Aberrometría. Córnea total (6 mm)*

<b>Media cuadrática (RMS: Root Mean Square)</b>	<b>N</b>	<b>1 año</b>		<b>2 años</b>		<b>p</b>
		<b>Media</b>	<b>DE</b>	<b>Media</b>	<b>DE</b>	
Aberraciones totales	106	6,088	4,751	6,189	3,957	0,78
Aberraciones de alto orden (HOA)	107	2,078	1,422	2,321	1,599	0,02
Aberraciones totales de 3er orden	135	1,637	1,200	1,706	1,168	0,39
Aberraciones totales de 4º orden	136	1,274	0,874	1,236	0,805	0,54
Aberraciones totales de 5º orden	136	0,619	0,466	0,594	0,445	0,51
Coma like	136	1,305	1,094	1,332	1,030	0,69
Esfera like	132	0,658	0,647	0,596	0,508	0,20
Trefoil	136	0,882	0,793	0,928	0,832	0,56
Coma	136	1,264	1,090	1,291	1,027	0,69
Tetrafoil	137	0,815	0,708	0,840	0,709	0,67
Astigmatismo secundario o de 4º grado	137	0,492	0,408	0,491	0,417	0,97
Aberración esférica	136	0,080	0,905	0,292	0,720	<0,001
Pentafoil	136	0,434	0,401	0,409	0,374	0,46
Tetrafoil secundario o de 5º grado	107	0,264	0,256	0,250	0,256	0,65
Coma secundario o de 5º grado	137	0,252	0,227	0,257	0,219	0,81
Aberración esférica secundaria o de 6º orden	135	0,030	0,177	-0,002	0,154	0,07

*Sombreado: diferencias estadísticamente significativas de la variación de la magnitud aberrométrica del segundo año postoperatorio respecto al primero.*

*Tabla IV-20. Aberrometría. Córnea anterior (6 mm)*

<b>Media cuadrática (RMS: Root Mean Square)</b>	<b>N</b>	<b>1 año</b>		<b>2 años</b>		<b>p</b>
		<b>Media</b>	<b>DE</b>	<b>Media</b>	<b>DE</b>	
Aberraciones totales	106	6,534	5,128	6,789	5,038	0,57
Aberraciones de alto orden (HOA)	106	2,231	1,573	2,509	1,872	0,03
Aberraciones totales de 3er orden	109	1,608	1,224	1,807	1,394	0,05
Aberraciones totales de 4º orden	112	1,221	0,850	1,295	0,871	0,23
Aberraciones totales de 5º orden	112	0,612	0,513	0,615	0,517	0,94
Coma like	106	1,176	1,030	1,271	1,063	0,26
Esfera like	110	0,634	0,529	0,657	0,537	0,61
Trefoil	110	1,010	0,927	1,147	1,105	0,20
Coma	111	1,148	1,025	1,221	1,084	0,39
Tetrafoil	112	0,815	0,758	0,851	0,785	0,59
Astigmatismo secundario o de 4º grado	112	0,435	0,381	0,467	0,433	0,37
Aberración esférica	112	0,123	0,795	0,319	0,772	<0,001
Pentafoil	112	0,445	0,446	0,456	0,432	0,79
Tetrafoil secundario o de 5º grado	112	0,269	0,267	0,233	0,261	0,28
Coma secundario o de 5º grado	112	0,233	0,209	0,263	0,245	0,20
Aberración esférica secundaria o de 6º orden	111	0,002	0,177	-0,012	0,149	0,50

*Sombreado: diferencias estadísticamente significativas de la variación de la magnitud aberrométrica del segundo año postoperatorio respecto al primero.*

*Tabla IV-21. Aberrometría. Córnea posterior (6 mm)*

Media cuadrática (RMS: Root Mean Square)	N	1 año		2 años		p
		Media	DE	Media	DE	
Aberraciones totales	104	1,727	0,880	1,923	1,115	0,03
Aberraciones de alto orden (HOA)	106	0,631	0,304	0,792	0,433	<0,001
Aberraciones totales de 3er orden	110	0,477	0,384	0,583	0,404	<0,001
Aberraciones totales de 4º orden	110	0,411	0,391	0,416	0,239	0,87
Aberraciones totales de 5º orden	112	0,306	0,545	0,295	0,361	0,72
Coma like	107	0,324	0,222	0,337	0,277	0,61
Esfera like	105	0,195	0,102	0,219	0,139	0,03
Trefoil	111	0,351	0,317	0,453	0,352	<0,001
Coma	111	0,288	0,278	0,337	0,318	0,09
Tetrafoil	110	0,283	0,361	0,269	0,228	0,59
Astigmatismo secundario o de 4º grado	111	0,155	0,173	0,154	0,173	0,95
Aberración esférica	111	-0,136	0,226	-0,157	0,276	0,21
Pentafoil	112	0,254	0,496	0,223	0,290	0,34
Tetrafoil secundario o de 5º grado	112	0,112	0,188	0,117	0,146	0,69
Coma secundario o de 5º grado	112	0,088	0,160	0,112	0,190	0,08
Aberración esférica secundaria o de 6º orden	106	0,015	0,037	0,016	0,036	0,68

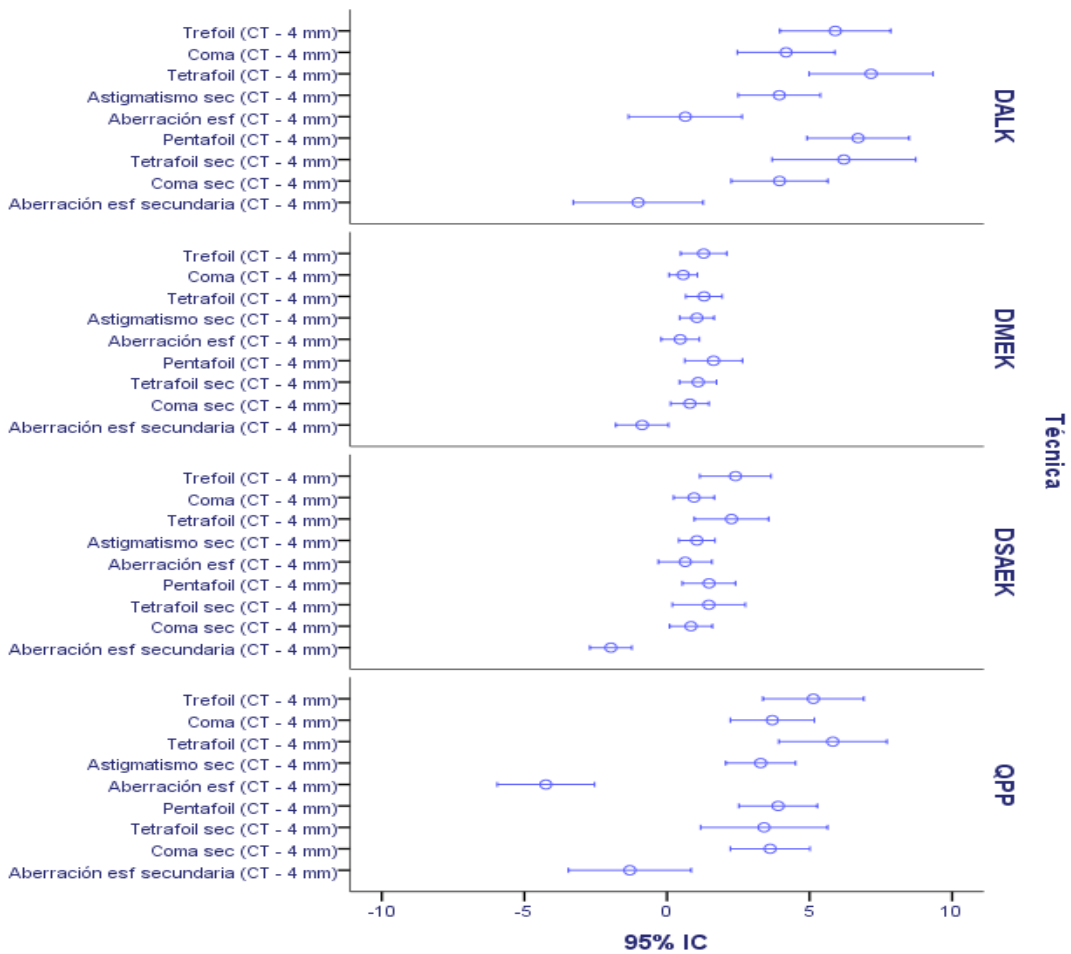
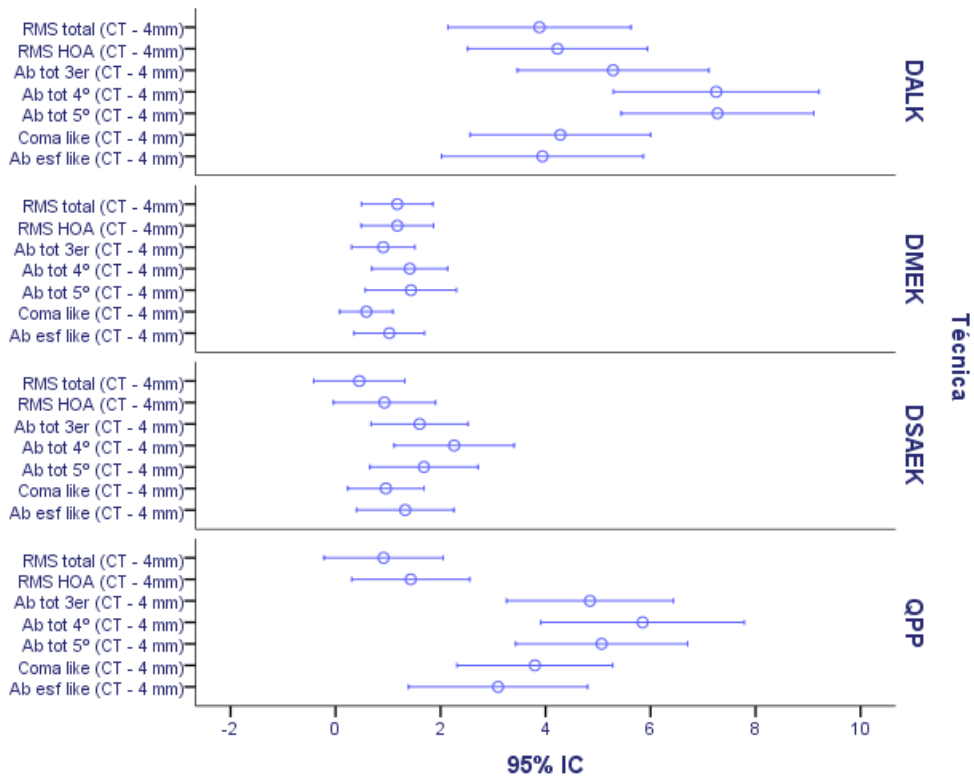
*Sombreado: diferencias estadísticamente significativas de la variación de la magnitud aberrométrica del segundo año postoperatorio respecto al primero.*

Desde la figura IV-3 a la figura IV-8 se muestra una descripción y representación gráficas de los valores tipificados de las aberraciones ópticas corneales de nuestros casos, recogidos del segundo año postoperatorio, para cada una de las técnicas de queratoplastia en estudio; además de la superficie corneal en estudio y del diámetro central considerado para el estudio aberrométrico.

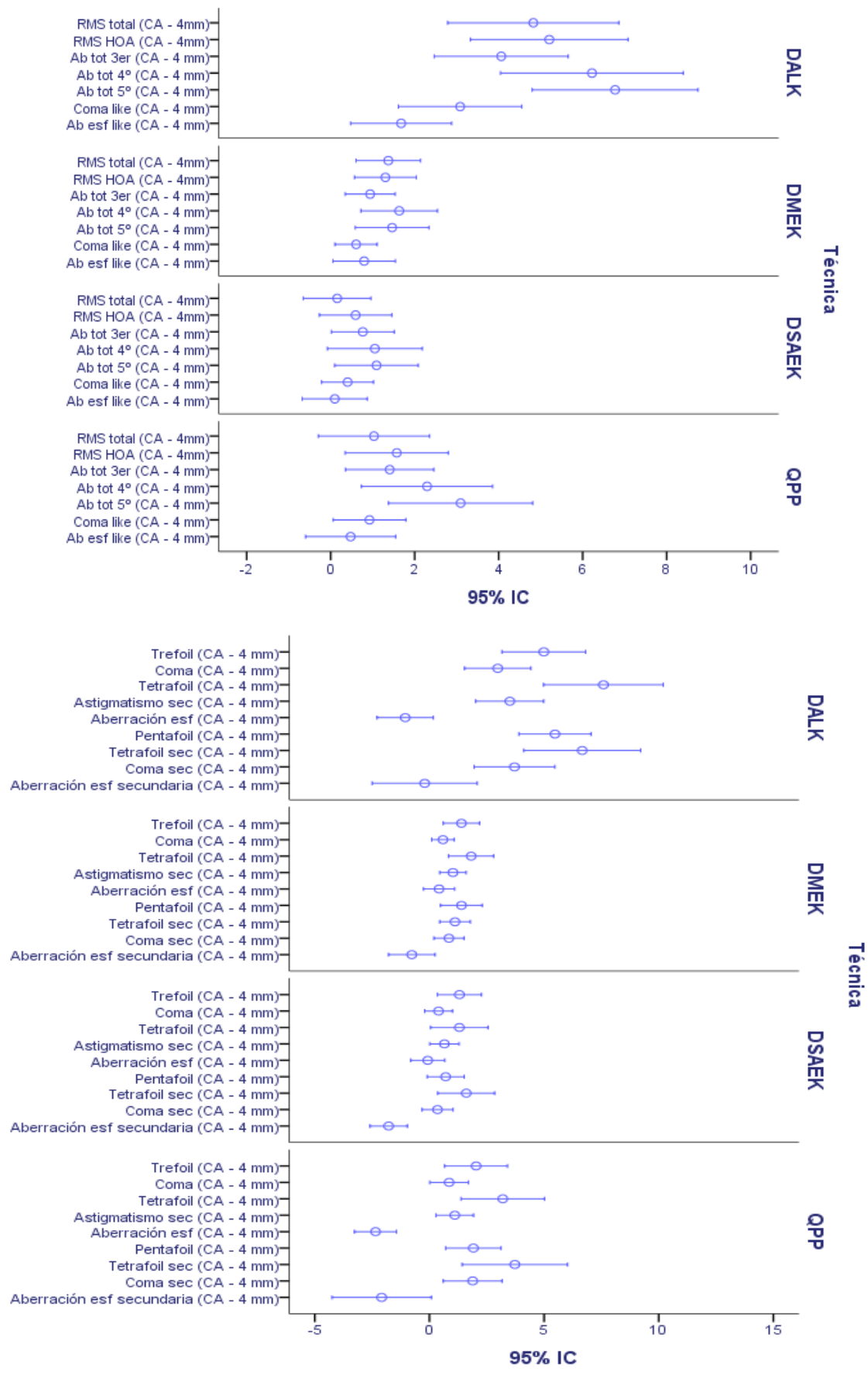
Los valores tipificados de cada paciente se obtuvieron utilizando como distribución de referencia la obtenida de los controles sanos. Para este análisis fue necesario la tipificación debido a que los datos aberrométricos pertenecían a distintas poblaciones, obteniéndose un valor z para cada parámetro y paciente que podía ser comparado entre diferentes grupos de pacientes y entre diferentes técnicas quirúrgicas.

Los valores tipificados de las aberraciones de nuestros casos fueron representados en barras de error que nos dan una idea de cuán patológicos se encuentran respecto al grupo normal. Se marcó los límites de normalidad en el intervalo de -2 a +2, que recoge el 95% de casos esperados si la distribución fuera equivalente a la de los controles sanos. Los valores que se encuentren fuera de este intervalo se consideran como valores patológico.

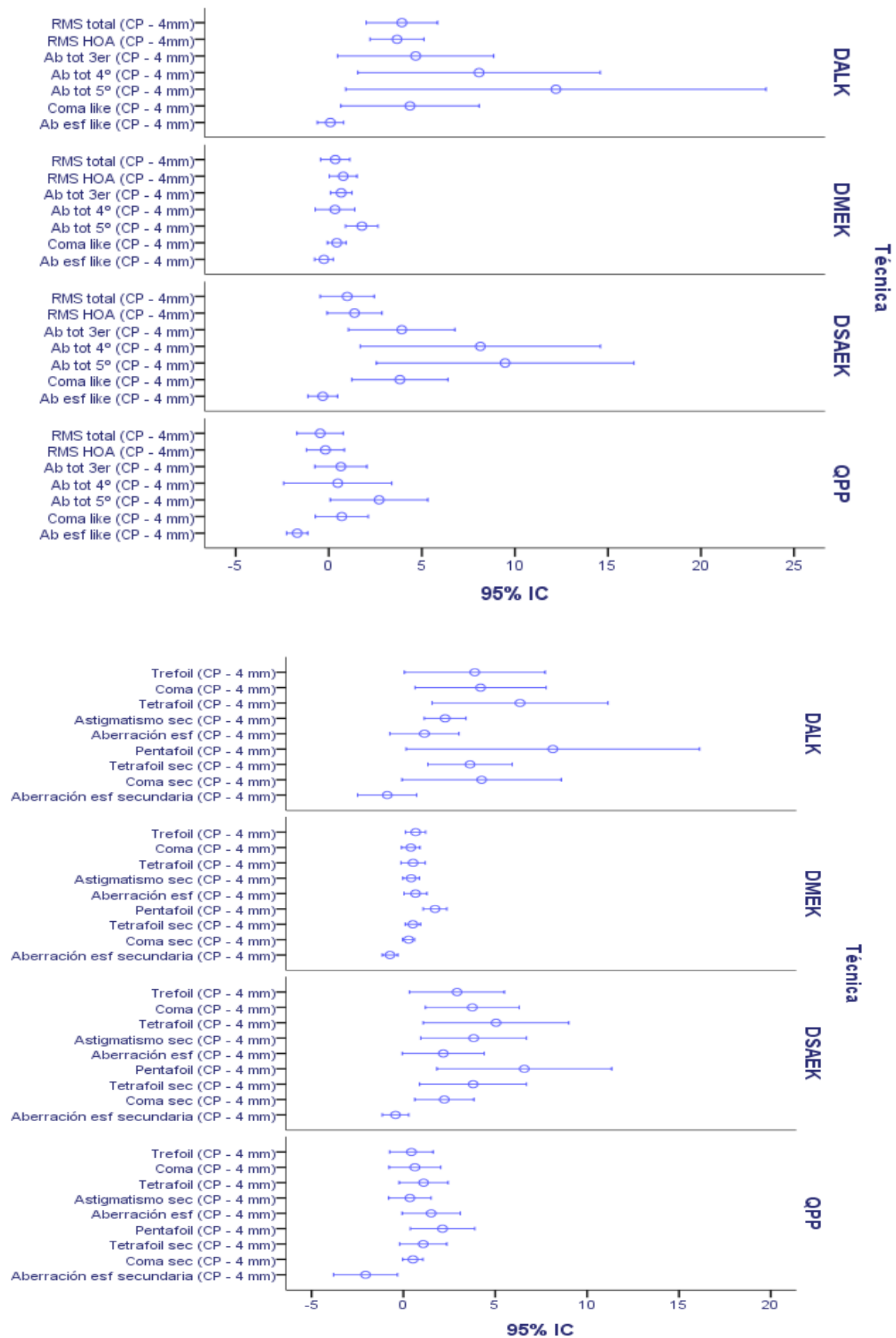
De la figura IV-3 a la figura IV-5 se muestran las barras de error de los valores tipificados de las aberraciones ópticas corneales, para cada una de las variables aberrométricas consideradas, generadas en un diámetro corneal central de 4 mm. Se puede observar que las aberraciones corneales medidas a los dos años tras la cirugía se mantienen en niveles patológicos respecto al grupo control. Resaltando que la DALK genera mayores aberraciones, respecto a las otras técnicas, tanto en la cara anterior como en la superficie corneal posterior. Por otro lado, la técnica DMEK es la que genera una menor cantidad de aberraciones respecto a las otras técnicas, aunque siguen siendo mayores que el grupo control.



**Figura IV-3.** Barras de error de los valores tipificados de las aberraciones en relación con la técnica quirúrgica empleada. **Medición:** córnea total – 4mm.



**Figura IV-4.** Barras de error de los valores tipificados de las aberraciones en relación con la técnica quirúrgica empleada. **Medición:** córnea anterior – 4mm.



*Figura IV-5. Barras de error de los valores tipificados de las aberraciones en relación con la técnica quirúrgica empleada. Medición: córnea posterior – 4mm.*

De la figura IV-6 a la figura IV-8 se muestran las barras de error de los valores tipificados de las aberraciones ópticas corneales a los dos años de la queratoplastia, para cada una de las variables aberrométricas consideradas, generadas dentro de un diámetro corneal central de 6 mm.

En estas figuras resalta el gran aumento de la magnitud de las aberraciones corneales, principalmente en el estudio aberrométrico de la córnea total, donde se observa que muchas de las variables aberrométricas se encontraban en rangos claramente patológicos.

Se observa, similar a las barras de error generadas en los 4 mm centrales, que la técnica DALK es la que genera una mayor magnitud de las aberraciones corneales; siendo la DMEK la que, aunque en rangos patológicos, ocasiona una menor cantidad de aberraciones ópticas corneales.

Con respecto a las aberraciones ópticas generadas en los 6 mm centrales de la superficie corneal posterior, donde se consideraron solo los pacientes con un QS mayor de 90, se puede observar que tanto la DSAEK como la DALK son las que generan un mayor aumento de las aberraciones de alto orden estudiadas.

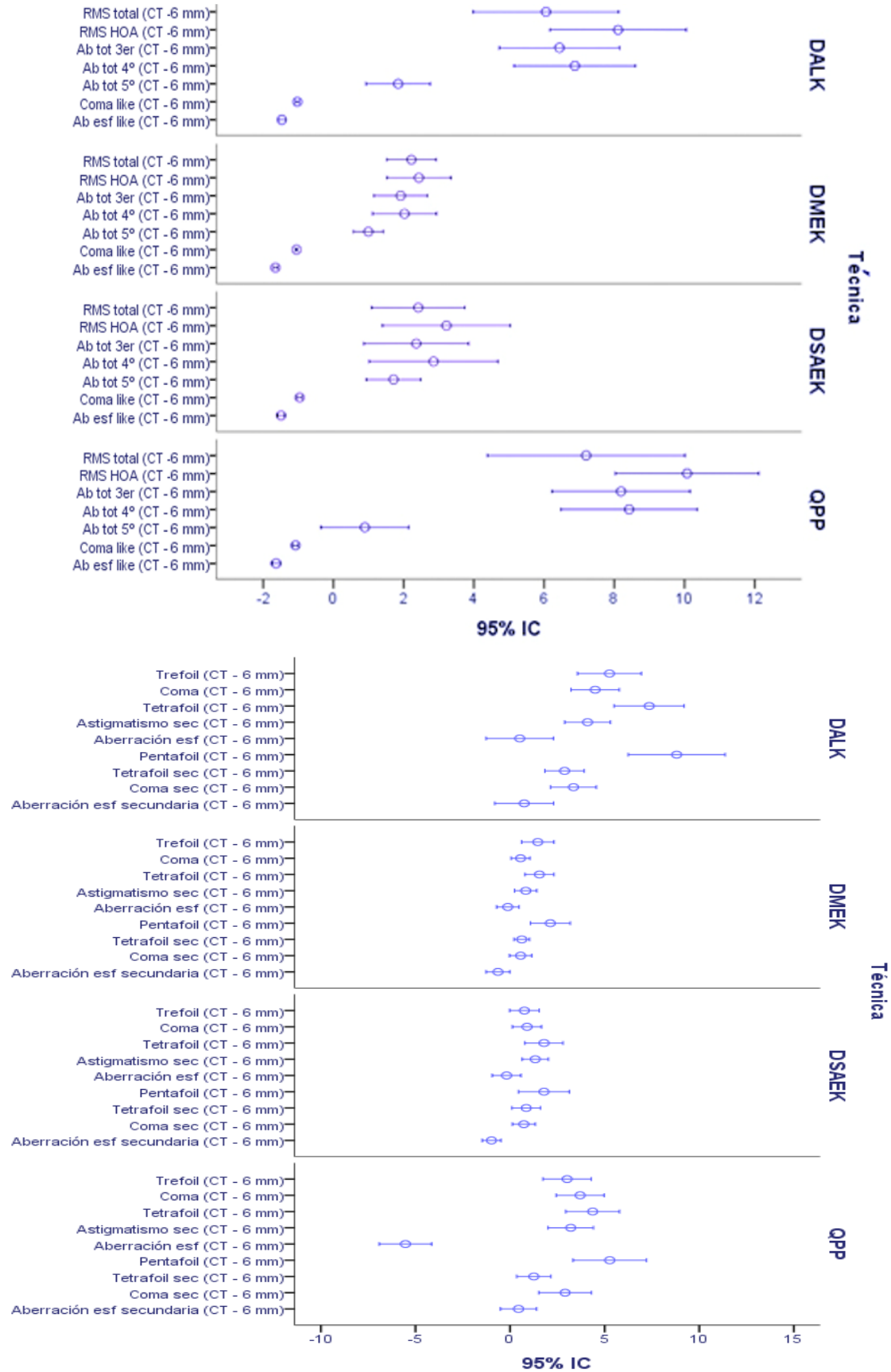


Figura IV-6. Barras de error de los valores tipificados de las aberraciones en relación con la técnica quirúrgica empleada. **Medición:** córnea total – 6 mm.

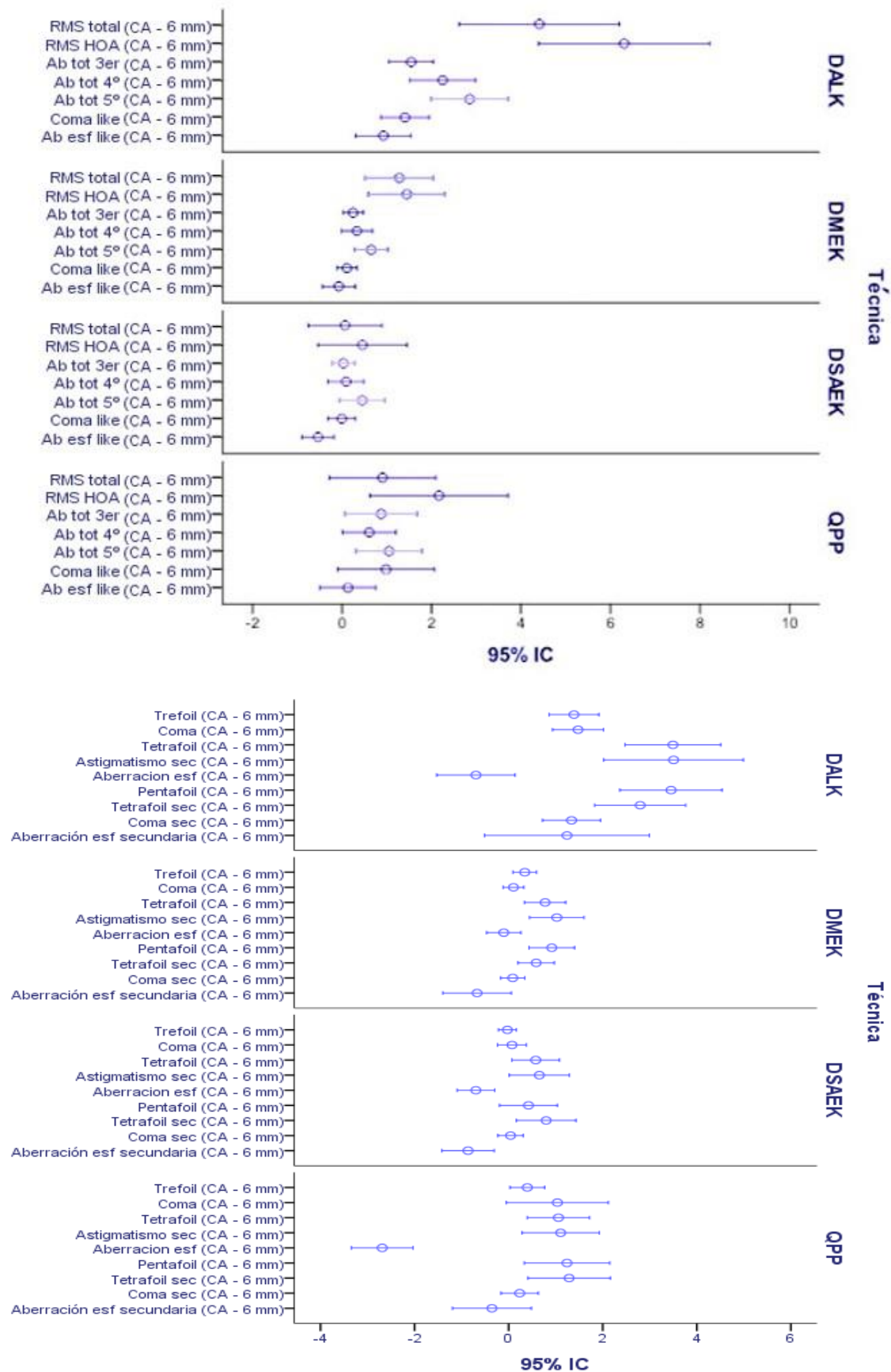


Figura IV-7. Barras de error de los valores tipificados de las aberraciones en relación con la técnica quirúrgica empleada. **Medición:** córnea anterior – 6 mm.

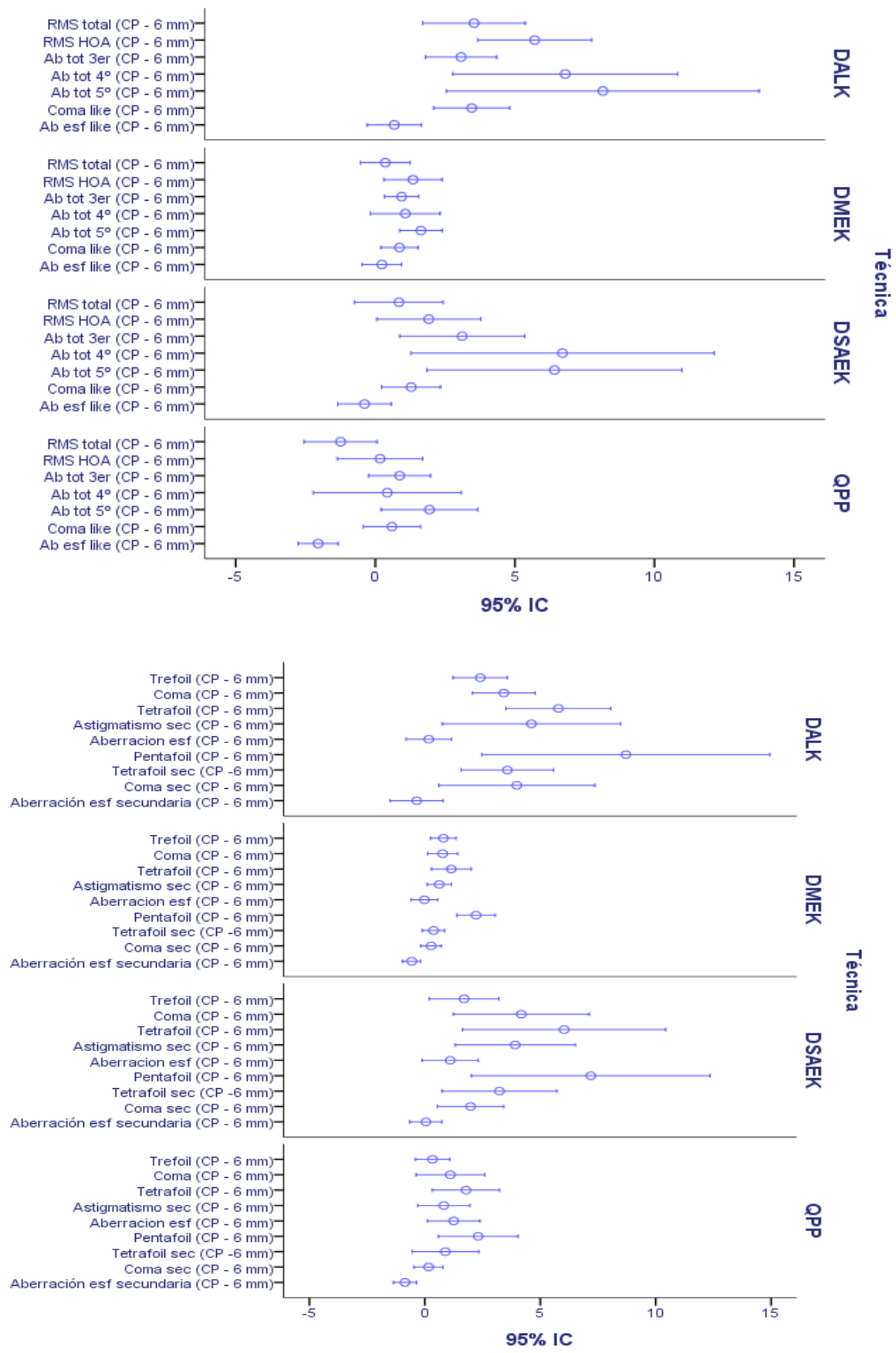


Figura IV-8. Barras de error de los valores tipificados de las aberraciones en relación con la técnica quirúrgica empleada. **Medición:** córnea posterior – 6 mm.

#### IV.6 CORRELACIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL Y LAS ABERRACIONES ÓPTICAS CORNEALES

La AV alcanzada a los dos años de seguimiento se correlacionó de forma negativa y significativa con la magnitud de la mayoría de las aberraciones corneales, sobre todo con las aberraciones totales y de alto grado (Tabla IV-22).

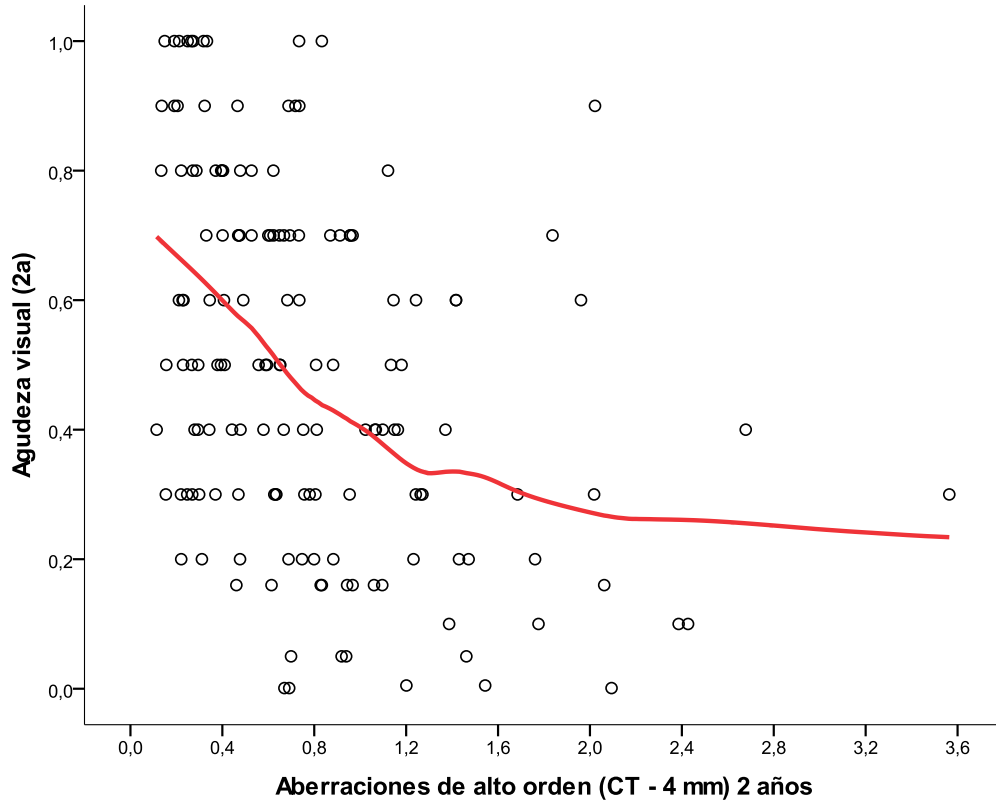
*Tabla IV-22 Asociación entre los valores aberrométricos y la AV a los dos años de la intervención*

	Córnea total		Córnea anterior		Córnea posterior	
	4mm	6mm	4mm	6mm	4mm	6mm
Aberraciones totales	-0,478**	-0,456**	-0,454**	-0,409**	-0,333**	-0,295**
Aberraciones de alto orden (HOA)	-0,437**	-0,405**	-0,405**	-0,376**	-0,290**	-0,327**
Trefoil	-0,255**	-0,150	-0,255**	-0,150	-0,255**	-0,150
Coma	-0,361**	-0,295**	-0,361**	-0,295**	-0,361**	-0,295**
Tetrafoil	-0,324**	-0,360**	-0,324**	-0,360**	-0,324**	-0,360**
Astigmatismo secundario o de 4 <sup>o</sup>	-0,305**	-0,302**	-0,305**	-0,302**	-0,305**	-0,302**
Pentafoil	-0,354**	-0,331**	-0,354**	-0,331**	-0,354**	-0,331**
Tetrafoil secundario o de 5 <sup>o</sup> grado	-0,268**	-0,214**	-0,268**	-0,214**	-0,268**	-0,214**
Coma secundario o de 5 <sup>o</sup> grado	-0,312**	-0,342**	-0,312**	-0,342**	-0,312**	-0,342**
Aberraciones totales de 3er orden	-0,331**	-0,284**	-0,331**	-0,284**	-0,331**	-0,284**
Aberraciones totales de 4 <sup>o</sup> orden	-0,382**	-0,411**	-0,382**	-0,411**	-0,382**	-0,411**
Aberraciones totales de 5 <sup>o</sup> orden	-0,369**	-0,359**	-0,369**	-0,359**	-0,369**	-0,359**
Coma like	-0,361**	-0,305**	-0,361**	-0,305**	-0,361**	-0,305**
Aberración esférica-like	-0,361**	-0,369**	-0,361**	-0,369**	-0,361**	-0,369**
Aberración esférica de 6 <sup>o</sup> orden	0,181*	0,163*	0,054	0,118	0,098	0,091

*Los valores representan la correlación de Spearman (Rho) entre la aberración observada al segundo año y la AV alcanzada al segundo año.*

*\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral). \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).*

La relación funcional entre ambas variables (aberraciones de alto orden y agudeza visual) no parece lineal (**Figura IV-9**). Se producen ganancias/pérdidas en la agudeza visual más marcadas con los cambios en las aberraciones situadas en los valores más bajos (por debajo de 2).



**Figura IV-9.** La Relación funcional entre el nivel de aberraciones de alto orden a los dos años y la agudeza visual alcanzada.

La línea roja representa un ajuste local no paramétrico (tipo loess), con una ventana del 60%



## **D**ISCUSIÓN

---



En este apartado, se discutirán los resultados obtenidos en nuestro trabajo y se compararán con los encontrados en otros estudios para facilitar la extracción de las conclusiones derivadas de esta tesis.

La importancia de la calidad de la visión ha sido reconocida recientemente como uno de los factores importantes que afectan a la calidad de vida.

La calidad visual, es un parámetro que, aunque no está claramente definido, engloba medidas directas e indirectas de la AV, la percepción subjetiva de la imagen, la difracción, las aberraciones oculares y la dispersión de dicha imagen. Los métodos de medida incluyen, además de los cuestionarios de satisfacción, la biomicroscopía, los análisis topográficos; la medida de la AV, de los defectos ópticos, de la sensibilidad al contraste, y de las aberraciones ópticas.

Varios estudios analizan los diversos factores que influyen en la calidad de visión.<sup>197</sup> Entre ellos se mencionan: el astigmatismo irregular, los defectos esféricos y el astigmatismo regular, las patologías oculares, los resultados postquirúrgicos de las cirugías oculares, y las variaciones en las aberraciones corneales asociadas a la edad. Mención particular se hace a las aberraciones de alto orden (HOA) y a los cambios en la sensibilidad al contraste.

### V.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS GENERALES

Esta tesis doctoral es un estudio retrospectivo de pacientes con diversas patologías corneales, que fueron tratados mediante diferentes técnicas de queratoplastia entre los años 2009 y 2015, en el Hospital General La Mancha Centro, y que habían completado un periodo de seguimiento de dos años desde la intervención. Además, debido a la imposibilidad de llevar a cabo las medidas de aberraciones corneales preoperatorias en estos pacientes, se constituyó un grupo control con pacientes oftalmológicamente sanos, de un rango de edad similar al grupo de estudio.

Todos los pacientes participantes en el estudio fueron intervenidos de queratoplastia por el mismo cirujano oftalmólogo experto en cirugía corneal; de este modo se ha intentado homogenizar los datos para evitar posibles sesgos.

Durante el tiempo de estudio (2009-2015) se realizaron 298 trasplantes en el Hospital La Mancha Centro, siendo la población de nuestro estudio 270 ojos intervenidos de 229

pacientes que cumplieron los criterios de inclusión, con una edad media de 60,0 años (DE 19,5 años), existiendo un predominio de mujeres (134: 58,5%) sobre hombres (95: 41,5%), siendo la distribución por sexo de la población general desigual, aunque esta no fue estadísticamente significativa. En el análisis por grupos se observó que en el grupo de DALK la distribución fue prácticamente homogénea, mientras que el grupo de QPP se halló una prevalencia de mujeres. Por otro lado, se observaron diferencias estadísticamente significativas en los grupos de DSAEK y DMEK, donde se registró que la prevalencia de mujeres era de 66,7% y de 70% respectivamente. Esta gran diferencia puede deberse a que la distrofia de Fuchs, una indicación de trasplante laminar endotelial, tiene una mayor prevalencia en mujeres, teniendo un ratio medio mujer-hombre de 3,5/1.<sup>198</sup>

Por otro lado, se observó que la distribución de la edad de los pacientes era también desigual, aunque esta diferencia tampoco era estadísticamente significativa; siendo DALK el grupo de menor edad, posiblemente debido a que el queratocono es una de las principales indicaciones de este tipo de queratoplastia, siendo esta patología prevalente en edades tempranas, a diferencia de los trasplantes endoteliales DSAEK y DMEK, en los cuales se encuentra que el promedio de edad es de 67,8 y 69,3 años respectivamente, siendo esta edad mayor debido a que la distrofia de Fuchs es rara en personas menores de 40 años, desarrollándose en la séptima década, principalmente.<sup>198</sup>

En la *tabla 3* se exponen las indicaciones para cada una de las 4 técnicas de queratoplastia según la EBAA (Asociación Banco de ojos de América); e incluyen diagnósticos preoperatorios como: causticación corneal, descemetocele, distrofia endotelial, distrofia estromal, ectasia, ectasia en DALK, fallo tardío DMEK en QPP, fallo primario DSAEK, fallo primario QPP, fallo tardío DSAEK, fallo tardío QPP, fibrosis de interfase, hidrops corneal, leucoma corneal post infeccioso, leucoma corneal, perforación corneal, queratitis infecciosa, queratopatía bullosa, queratopatía bullosa pseudofáquica, rechazo QPP, y recidiva de distrofia estromal.

En la *tabla 3* encontramos que la QPP fue principalmente realizada en ectasia corneal (19.8%), queratitis y leucoma microbiano (22.1%) y retrasplante corneal (23.3%). La QPP es un procedimiento consistente en el reemplazo del espesor total de la córnea patológica; ha sido la técnica de elección para el tratamiento de la mayoría de las enfermedades corneales que cursan con disminución visual durante el siglo pasado y actualmente viene siendo reemplazada por las técnicas laminares. En nuestro estudio esta

técnica fue frecuentemente practicada durante los años 2009 – 2010, posteriormente fue reemplazada progresivamente por la indicación de técnicas laminares.

En esta misma tabla se observa, como es lógico, que la técnica DALK es muy practicada en patologías como queratitis y leucoma microbiano (60%) y ectasia corneal (20%), ya que estos comprometen principalmente a las estructuras de la córnea anterior. La DALK es una alternativa de tratamiento a la QPP para pacientes con enfermedades corneales que no afectan la MD ni el endotelio corneal. Aunque la QPP ha sido el procedimiento de elección para el manejo de diversas patologías corneales, existe varios estudios que abogan por convertir a la DALK en el nuevo método de referencia de las queratoplastias para el tratamiento de patologías corneales que respeten la MD y el endotelio.<sup>199</sup>

Las publicaciones de bancos de ojos y tejidos de distintas partes del mundo como Estados Unidos, Australia, Reino Unido, entre otros, sugieren que el número de procedimientos tipo DALK se está incrementando gradualmente desde la aparición de esta técnica; por otro lado, se han descrito diferentes técnicas con el objetivo de estandarizar este procedimiento, mejorar los resultados visuales y disminuir su dificultad.

La DALK posee varias ventajas sobre la QPP:

- Preserva el endotelio corneal del receptor eliminado el riesgo de rechazo inmunológico endotelial y reduciendo la pérdida celular.
- La DALK es un procedimiento quirúrgico que se lleva a cabo a cámara cerrada reduciendo potenciales complicaciones como la hemorragia coroidea, disminuyendo la inflamación intraocular postoperatoria y el riesgo de endoftalmitis.
- Se ha descrito que la DALK genera un trasplante corneal tectónicamente más fuerte, menos propenso a la dehiscencia de sutura y con una mayor resistencia al estallido ocular tras un traumatismo contuso.
- Varios estudios han demostrado que la sobrevivencia del injerto laminar tipo DALK es más larga que la sobrevivencia del injerto en la QPP.
- Los requerimientos de corticoides tópicos después de la DALK son menores comparados con la QPP, viéndose beneficios en los efectos secundarios de esta familia de medicamentos para la reducción de la catarata secundaria, glaucoma, infecciones secundarias y problemas relacionados con la cicatrización de la interfase.

En contraposición a estas ventajas la DALK es una técnica con un alto grado de dificultad, lo cual limita su práctica y popularidad; esto porque presenta una curva de aprendizaje más larga requiriendo un mayor número de intervención respecto a la QPP.

La práctica de la queratoplastia endotelial laminar se ha incrementado rápidamente desde su introducción próxima a los 20 años. En este sentido la DSAEK ha llegado a ser un procedimiento preferido por muchos cirujanos para el tratamiento de la patología endotelial sin compromiso del estroma corneal receptor. Esta técnica ha logrado una estandarización de sus pasos, con lo cual se ha conseguido una preservación del endotelio donante, logrando excelentes resultados visuales para los pacientes. En nuestro estudio fue practicada principalmente en edema corneal postcirugía de catarata (34,8%), ya que en estos pacientes es común observar la desestructuración del polo anterior, convirtiéndose esta técnica en la preferida respecto a la DMEK por su menor dificultad.

La DMEK cuenta con varias ventajas respecto a otras técnicas de queratoplastia para el tratamiento del endotelio patológico: provee una rápida rehabilitación visual, los cambios refractivos son mínimos, tiene una menor probabilidad de rechazo inmunológico y proporciona una mayor calidad visual debido a que provoca un mínimo incremento de las aberraciones ópticas. Además, desde el punto de vista técnico, no necesita una dotación de equipos especializados para su realización. En nuestro estudio la DMEK fue practicada principalmente en la distrofia de Fuchs (43,3%), seguida por el trasplante corneal (30%).

La distribución de diagnósticos de nuestro estudio es ligeramente diferente a estudios previos, probablemente porque los pacientes incluidos pertenecen a un área rural de España. Esto puede ser una razón para la alta tasa de trasplantes, además existe una frecuencia elevada de leucoma corneales y queratitis infecciosa debido a que éstas son más prevalentes en el área agrícola, probablemente causadas por los traumatismos oculares durante los trabajos del campo y los menores cuidados de higiene.

## **V.2. VALORES QUERATOMÉTRICOS BASALES Y CAMBIOS POR TÉCNICA QUIRÚRGICA**

En la *tabla 4* se muestran los valores queratobiométricos basales. Se puede observar que existe una diferencia estadísticamente significativa en la AV basal entre los pacientes sometidos a QPP, DALK y DSAEK respecto a la DMEK, esto debido a que en la elección de los pacientes esta última era indicada en pacientes con mayor AV, ya que como está descrito,<sup>200</sup> la ganancia de visión es mayor cuando la DMEK es practicada en estadios

iniciales y moderados, antes de que exista fibrosis estromal que condicione una menor transparencia corneal.

También podemos observar que existía una diferencia estadísticamente significativa entre los equivalentes esféricos preoperatorios de los pacientes sometidos a QPP (-4,45 D) y de los que fueron tratados mediante DMEK (0,31 D), esto puede ser debido a que las córneas que experimentaron un trasplante total eran córneas que presentaban más irregularidades, como en el caso de los pacientes con queratocono. Por otro lado, las enfermedades del endotelio condicionan una menor irregularidad de la córnea, además de conducir a un edema corneal lo que disminuye el poder refractivo de la córnea.<sup>201</sup>

Otra variable con diferencias estadísticamente significativas es la referida al cilindro refractivo, en esta se observa que los pacientes sometidos a DALK poseían el cilindro más elevado (5,43 D) y siendo mayor con respecto a la DSAEK (2,74 D) y la DMEK (2,04 D), mostrando una diferencia estadísticamente significativa. Por otro lado, el cilindro preoperatorio de los pacientes sometidos a QPP (3,75D) solo era estadísticamente más elevado que los pacientes sometidos a DMEK. No existían diferencias entre los grupos de QPP y DALK, ni en DSAEK y DMEK. Esta diferencia es debida a que dentro de las indicaciones de la QPP y DALK están las patologías de la córnea anterior, lo que determina una mayor irregularidad corneal elevando el astigmatismo y su corrección con una lente cilíndrica. Se observa un menor cilindro en el grupo de QPP con respecto a la DALK (aunque no estadísticamente significativo), probablemente, debido a que en los primeros años de este estudio (2009-2010) esta técnica también era aplicada para enfermedades de la córnea posterior. Por otro lado, las patologías del endotelio corneal conllevan una menor irregularidad de la córnea, modificando levemente la curvatura corneal, auren así con respecto a otros estudios<sup>202, 203</sup> nuestros pacientes contaban con un mayor cilindro postoperatorio, esto debido a que eran referidos a nuestro centro en un estado de mayor descompensación corneal que provocaba una mayor irregularidad corneal y una menor AV preoperatoria.

Con respecto a la PIO preoperatoria, se observó que los pacientes sometidos a DALK tenían un PIO menor (14 mmHg) respecto a los pacientes tratados mediante DMEK (16 mmHg). Esto puede estar condicionado las ectasias corneales y las queratitis microbiana, en la cual se obtienen menores medidas de PIO, debido a una menor rigidez de la córnea en la primera<sup>204</sup> y de un posible adelgazamiento corneal en las queratitis microbiana.

En el análisis de la paquimetría corneal preoperatoria, se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre la DSAEK (743  $\mu\text{m}$ ) y DMEK (748  $\mu\text{m}$ ) con respecto

al grupo DALK (526  $\mu\text{m}$ ), no encontrándose diferencia con los pacientes sometidos a QPP (645  $\mu\text{m}$ ). Esto es explicado por el edema corneal con el que cursan las córneas con endotelio patológico. Con respecto a las indicaciones de la DALK, las ectasias corneales, los leucomas y la queratitis microbiana es común que cursen con un adelgazamiento corneal.

Este estudio también evaluó el astigmatismo topográfico preoperatorio, se observó que los pacientes con indicaciones para QPP (6,7 D) y DALK (6,3 D) tenían un astigmatismo mayor a aquellos con indicaciones para DMEK (2,6 D), siendo estadísticamente significativo. Esto, al igual que el cilindro refractivo, es debido a la irregularidad de la superficie corneal anterior en los ojos susceptibles a tratamiento con las dos primeras técnicas, por otro lado, los pacientes tributarios de DMEK cursan con un menor astigmatismo topográfico, debido a que la patología del endotelio deforma escasamente la superficie corneal anterior.<sup>205</sup>

Por otro lado, este es el primer estudio que describe el astigmatismo topográfico preoperatorio de la superficie corneal posterior en las cuatro técnicas de queratoplastia descritas, encontrando diferencia en ojos con indicaciones de QPP y DALK (3,2 D y 3,0 D; respectivamente), en comparación a aquellos susceptibles de tratamiento con DMEK (1,0 D), las cuales fueron estadísticamente significativas. La explicación de este fenómeno está fuera del alcance de este estudio, pero es probable que, en córneas desestructuradas, como en los casos de queratitis microbiana y aquellas patologías que cursan con perforación corneal, donde se practica la DALK o QPP se altere la regularidad de la superficie corneal posterior, creando astigmatismos elevados.

El objetivo principal de la QPP y DALK en córneas patológicas, pero con buen potencial visual del resto de estructuras oculares, es mejorar la AV no corregida y corregida. En la tabla 5 y en la tabla 6 se muestran los resultados de las variables estudiadas en el primer y segundo año postoperatorio en el grupo QPP y DALK, además se analizan las diferencias entre ambos grupos mediante la prueba estadística ANCOVA, tomando el grupo QPP como referencia, esta prueba se realizó ajustando la edad y el nivel basal de cada uno de los pacientes.

En ambas tablas podemos observar que no se encuentran diferencia estadísticamente significativa en la ganancia de la AV, tanto al primer como al segundo año postoperatorio. Esto está acorde con un reporte de la Academia Americana de Oftalmología donde concluyó que la DALK es comparable a la QPP en términos de AV corregida, resultados refractivos y queratométricos.<sup>206</sup> Resultados similares fueron descritos por Reddy en un

estudio comparativo llevado a cabo en pacientes con distrofia estromal macular, encontrando que la AV mayor a 0.5 fue obtenido por un 67% de pacientes intervenidos de DALK, y por un 60% de los pacientes intervenidos de QPP, no encontrando diferencias estadísticamente significativas.<sup>207</sup> Sin embargo otros estudios han encontrado resultados menos favorables para DALK.<sup>208</sup> Kim describió que en pacientes operados de QPP debido a queratocono y distintas distrofias, la AV igual o mayor a 0.5 fue alcanzada por el 88.9% de los ojos tras un seguimiento medio de 2 años.<sup>209</sup>

Existen varios estudios donde la AV alcanzada por la DALK es variable respecto a la obtenida con la QPP, esta variabilidad puede ser explicada por las diferentes técnicas quirúrgicas que se emplean para la primera y la habilidad del cirujano para obtener una interfase donante-receptor lo más regular posible.

Las técnicas de DALK que buscan exponer la capa de Dua conducen a una óptima interfase donante - receptor con resultados visuales comparables a la queratoplastia penetrante. La técnica de Big Bubble requiere una alta curva de entrenamiento y en nuestro estudio incluimos todos los casos operados durante el proceso de aprendizaje; por otro lado, la gran mayoría de nuestros pacientes fueron intervenidos por medio de la técnica de disección manual de Melles con la cual excepcionalmente se logra alcanzar la capa de Dua; sin embargo se ha observado que la diferencias de la AV a largo plazo entre las técnicas predesceméticas y las desceméticas no son significativas.<sup>199</sup>

Es sabido que la AV está directamente influenciada por la cantidad de estroma residual predescemético. Se ha sugerido que la DALK con lechos menores de 20  $\mu\text{m}$  logran unas agudezas visuales similares a la queratoplastia penetrante.<sup>11</sup> Por otro lado, Bhatt describió que la DALK predescemética con un lecho residual menor de 65  $\mu\text{m}$  es comparable con aquella que logra alcanzar la capa de Dua en términos de AV corregida.<sup>210</sup>

Romano y colaboradores describen que la ganancia visual en pacientes en los que se practicó una DALK con técnica de disección estromal manual, es tiempo dependiente; observando que en pacientes con una evolución menor de 5 años las diferencias de AV entre las técnicas predesceméticas y desceméticas es significativa, pero estas diferencias no se mantienen después de este tiempo de seguimiento, alegan que esta mejoría de la AV es gracias a la ganancia de transparencia en la interfase donante-receptor que se observa a través del tiempo.<sup>199</sup>

En estas mismas tablas se describen los resultados refractivos, donde encontramos una diferencia significativa en los cambios del equivalente esférico y esfera entre la técnica DALK y QPP que se observa en el primer año postoperatorio y se mantiene durante el

segundo. En estas se observa que la técnica DALK provoca un cambio refractivo de alrededor de 4 D menor al ocasionado por la QPP tanto en el equivalente esférico como en la esfera refractiva. Sin embargo, al analizar el cilindro refractivo no se encuentran diferencias en el cambio de potencia, al primer y segundo año, en ambos grupos estudiados.

Nuestros resultados están acorde con estudios previos que han descrito una tendencia de la DALK a originar equivalentes esféricos miópicos;<sup>211</sup> sin embargo otros estudios han presentado resultados donde la ocurrencia de miopía es similar a la provocada por la QPP, esto último se diferencia de nuestro estudio, ya que se observa que la QPP ocasiona un cambio hipermetrópico. Tres factores han sido supuestos en la contribución de la DALK para un equivalente esférico miópico, estos son: el espesor estromal del lecho residual, la curvatura corneal del injerto y la longitud axial del ojo trasplantado,<sup>212</sup> por otro lado el implantar un botón donante con un diámetro mayor al diámetro del lecho receptor puede incrementar la curvatura corneal y la longitud axial lo cual contribuye a los resultados refractivos miópicos.

Por otro lado se ha descrito que los pacientes tratados mediante DALK tienen una córnea más curva, respecto a los pacientes sometidos a QPP bajo condiciones similares de trepanación, como los diámetros de injerto y lecho,<sup>213</sup> lo que ocasionaría un cambio miópico.

Finalmente, en un estudio de pacientes tratados mediante QPP con 9 años de seguimiento, la esfera refractiva fue de  $5.0 \pm 1.5$  D. Por otro lado, este mismo estudio encontró que el astigmatismo miópico manifiesto se incrementó progresivamente durante los primeros 5 años del postoperatorio.<sup>214</sup>

Tras el análisis ANCOVA de la variación de la paquimetría, se observa que la DALK tiene un mayor grosor corneal de  $56,5 \mu\text{m}$  y  $74,9 \mu\text{m}$  al primer y segundo año postoperatorio respectivamente. Estos resultados son esperados, debido a que en la técnica DALK se conserva la región posterior de la córnea receptora que incrementa el grosor total de la córnea tratada mediante queratoplastia.

En un estudio con un tiempo de seguimiento de 5 años de ojos tratados mediante QPP, se encontró que la paquimetría media fue de  $540 \mu\text{m}$ .<sup>215</sup> En nuestro estudio la QPP tiene una paquimetría promedio de  $526 \mu\text{m}$  al año y de  $551 \mu\text{m}$  a los dos años postoperatorios. Resultados parecidos obtiene Kim, tras 2 años de seguimiento de una serie de QPP ha descrito que la paquimetría fue de  $532 \mu\text{m}$ , aunque la serie fue de un tamaño relativamente pequeño.<sup>209</sup> Resultados equivalentes fueron publicados por Kettesi, quien encontró una

paquimetría media de 560  $\mu\text{m}$  tras un seguimiento de 5 años, medida con un microscopio especular de contacto. También se vio que existe una correlación positiva estadísticamente significativa entre el tiempo postoperatorio y la paquimetría.<sup>216</sup>

En el análisis de la queratometría de la superficie anterior se observó que la técnica DALK origina un cambio queratométrico de 1,49 D mayor a la QPP al final del primer año, y de 2,44 D en el segundo año postcirugía. Por otro lado, no se encontraron diferencias en la variación del astigmatismo topográfico tanto en el primer como en el segundo año.

Se ha publicado un astigmatismo topográfico entre 0 y 10,0 D en ojos sometidos a DALK. Por otro lado, en un estudio de ojos tratados mediante QPP, con un tiempo de seguimiento postoperatorio de 9 años, se ha encontrado que la queratometría media fue de 47.3 D, mientras que el astigmatismo topográfico medio fue de 8.7 dioptrías.<sup>214</sup>

También realizamos un análisis de la variación de la asfericidad en DALK y QPP, encontrando que esta es mayor en 0.69 en los ojos sometidos a la técnica DALK al final del primer año postoperatorio, lo cual constituye una diferencia significativa. Dicha diferencia de variación es de 0.58 mayor en la técnica DALK, perdiendo significancia a los dos años de la cirugía.

En esta misma tabla podemos observar un análisis de la variación de la queratometría de la superficie corneal posterior, la cual no ha sido estudiada en trabajos previos. Se observa que durante el primer año existe una pequeña diferencia de la variación queratométrica entre ambas técnicas, siendo la variación de la técnica DALK menor en 0.22D respecto a la variación de la queratometría de la superficie corneal posterior en ojos tratados mediante QPP. Sin embargo, durante el segundo año se observa un incremento de la diferencia de la variación debido a que la DALK origina un cambio 0,59D menor al cambio ocasionado por la QPP, lo cual llega a ser significativo. Este es esperable ya que en la técnica DALK se preserva la superficie corneal posterior del receptor, conllevando a una menor alteración de la queratometría posterior.

En la *tabla 7* y *8* se exponen los resultados queratobiométricos al primer y segundo año de los ojos sometidos a DSAEK y DMEK, así como el análisis y comparación de sus variaciones respecto a la técnica QPP.

Durante el primer año se observa que los ojos tratados mediante la técnica DMEK obtienen una mayor AV (0.55) que aquellos que experimentaron DSAEK (0.39). Por otro lado, al comparar la ganancia visual, ajustada a la edad y nivel basal se observa que los pacientes sometidos a DSAEK ganan una mayor AV respecto a la QPP, aunque esto no

es significativo. Por otra parte, se muestra que la ganancia de AV en pacientes tratados con DMEK es significativamente mayor con respecto a QPP durante el primer año; sin embargo, esta diferencia pierde significancia al segundo año.

Hay muchos factores que determinan la AV final tras una queratoplastia, como por ejemplo, las HOA, la opacidad de los medios, el astigmatismo irregular de la córnea y el propio lentículo donante.

En la técnica DSAEK la MD y el endotelio disfuncional son reemplazados por dichas estructuras y una fina capa de estroma donante. Como consecuencia, desde un punto de vista anatómico, se añade más tejido del que se elimina, pudiendo afectar a la AV.

Un estudio de 100 DSAEK con un tiempo de seguimiento de 6 meses después de la cirugía, encontró una AV media de 20/32. Este mismo estudio encontró que el 85% de ojos alcanzaron una AV igual o superior a 20/40, 31% de los ojos alcanzaron una AV de 20/20 o mejor y 13% de ojos lograron una visión igual a 20/20 o superior durante los 6 meses de seguimiento.<sup>217</sup>

Otros estudios han reportado una AV mejor corregida igual o superior a 20/40 en el 80%.

Un estudio de pacientes diagnosticados de distrofia endotelial de Fuchs y queratopatía bullosa tratados con DSAEK encontró que la AV mejor corregida preoperatoria fue 20/161; tras un seguimiento de 4,73 meses del periodo postoperatorio, la AV mejor corregida postoperatoria fue 20/41.<sup>218</sup>

Un estudio de 100 DMEK con un tiempo de seguimiento de 6 meses después de la cirugía, encontró una AV media de 20/26. Este mismo estudio encontró que el 94% de ojos alcanzaron una AV igual o superior a 20/40, 67% de los ojos alcanzaron una AV de 20/25 o mejor y 46% de ojos lograron una visión igual a 20/20 o superior durante el mismo tiempo de seguimiento.<sup>217</sup>

En un estudio consecutivo de 500 DMEK, tras un seguimiento de 24 meses después de la cirugía DMEK, 82% de los ojos alcanzaron una AV mejor corregida  $\geq 20/25$  (0,8), 52%  $\geq 20/20$  (1,0) y 16%  $\geq 20/17$  (1,2); éstos no difieren de los resultados obtenidos a los 12 meses donde un 81% de los ojos alcanzaron una AV mejor corregida  $\geq 20/25$  (0,8), 49%  $\geq 20/20$  (1,0) y 15%  $\geq 20/17$  (1,2) la AV mejor corregida mejoró desde los 6 hasta los 12 meses después de la DMEK y permaneció estable hasta los 24 meses, similar a nuestro estudio. Los cambios en la AV fueron relacionados con los siguientes parámetros: edad del paciente, paquimetría preoperatoria, indicación quirúrgica, y el estado de la adherencia del injerto. Los pacientes con diagnóstico de distrofia de Fuchs alcanzaron las

mejores agudezas visuales; por otro lado, los ojos con adhesión completa del injerto obtuvieron mejores agudezas visuales que aquellos que cursaron con un desprendimiento parcial.<sup>219</sup>

Un metaanálisis que comparó los resultados de DMEK y DSAEK, encontró resultados superiores de la AV mejor corregida con la técnica DMEK, aunque los resultados de los respectivos estudios incluidos presentaban una gran heterogeneidad. Este mismo estudio no encontró diferencias significativas en la proporción de ojos con agudezas visuales mejor corregidas superiores o iguales a 0,5 entre los grupos sometidos a DSAEK y DMEK; sin embargo una mayor proporción de pacientes lograron una AV mejor corregida superior o igual a 20/25 y 20/20 dentro del grupo DMEK que en el grupo de DSAEK.<sup>220</sup>

En estas tablas también podemos observar el análisis refractivo de las técnicas endoteliales. Respecto al equivalente esférico de los ojos intervenidos de DSAEK se observó que sufrieron una hipermetropización con la cirugía al primer (-0,67 D) y segundo año (-0,48 D) con respecto al equivalente esférico que presentaban dichos ojos antes de la cirugía (-1,32 D), y cuando comparamos la variación de esta medida refractiva con respecto a la QPP se observa que la DSAEK origina un menor cambio con respecto a la técnica tectónica, siendo de -3,56 D al primer año y de -1,68 D al segundo año, existiendo una diferencia significativa solo al cabo del primer año. Similar cambio hipermetrópico fue encontrado por Seery en ojos intervenidos de DSAEK por distrofia de Fuchs,<sup>221</sup> Koenig encontró un cambio hipermetrópico de +1,19 dioptrías en pacientes intervenidos con la técnica DSAEK después de un seguimiento de 6 meses.<sup>222</sup> Otro estudio similar describió un cambio hipermetrópico de +1,13 dioptrías, las cuales fueron tomadas en cuenta para la selección del poder dióptrico de la lente intraocular en pacientes operados con un triple procedimiento.<sup>223</sup> Aunque existe la posibilidad de conseguir un resultado refractivo neutro<sup>224</sup> Price no encontró cambios refractivos significativos (+0,08 dioptrías) en pacientes tratados con esta técnica.<sup>225</sup> Además, reconocemos que la medición de la refracción no es completamente fiable en los ojos que presentan descompensación corneal, como en el caso de la distrofia endotelial de Fuchs y el edema bulloso pseudofáquico.

El botón donante que es aplicado a la cara posterior del estroma de una córnea receptora en la DSAEK tiene características propias que son la fuente principal del cambio hiperópico observado. Cuando el injerto DSAEK es obtenido con un microqueratomo automatizado, el botón tallado no tiene un grosor uniforme; por el

contrario, debido a que el microqueratomo presiona superficialmente sobre la cara anterior de la córnea y posteriormente procede a realizar un corte profundo sobre el tejido de la córnea central, se obtiene un injerto más grueso en la región periférica y más delgado en la zona central, es decir se ha tallado una lente negativa que se coloca dentro del ojo; el resultado óptico de esta lente divergente puede causar un cambio hipermetrópico. Se ha demostrado en la DSAEK, que la diferencia entre el grosor central y periférico del botón donante tiene una relación directa con el poder refractivo del injerto.<sup>226</sup>

En un estudio con 44 ojos tratados mediante DSAEK, se describió que el diámetro promedio del injerto fue 8,39 milímetros, hallando una correlación positiva ( $r=0.29$ ) entre los cambios refractivos y el diámetro del injerto, siendo esto estadísticamente significativo. El cambio refractivo hipermetrópico era mayor a medida que se incrementaba el diámetro del injerto.<sup>218</sup>

Holz describió que las variaciones en el grosor del injerto donante inducen el cambio hipermetrópico, y descubrió que la hiperopía inducida disminuye durante el postoperatorio con los cambios en la curvatura corneal posterior.<sup>227</sup> Similares resultados han sido encontrados en nuestro estudio, donde se observa una disminución de 0,19D de hipermetropización del segundo año respecto al primero.

El cambio refractivo hipermetrópico debería ser tomado en consideración cuando se decide el poder dióptrico de la lente intraocular a elegir en los pacientes programados para un triple procedimiento, esto podría ayudar a anticipar los cambios refractivos y mejorar la AV final de los pacientes tratados con esta técnica quirúrgica.<sup>218</sup>

Con respecto a la DMEK se observa un cambio miópico al primer año (-0,80 D) que disminuye levemente al segundo año postoperatorio (-0,67 D). Comparada con la QPP en pacientes de similar edad y estado basal, se observa que la DMEK origina un menor cambio en el equivalente esférico en el primer año (-3,65 D) siendo dicha diferencia aún menor en el segundo año (-2,42 D), aunque esta diferencia es clínicamente significativa durante todo el tiempo de seguimiento.

Aunque en este estudio no se evalúa las diferencias de equivalentes esféricos entre ambas técnicas endoteliales, en un metaanálisis no se encontraron diferencias significativas entre los equivalentes esféricos de los pacientes sometidos a DMEK o DSAEK.<sup>220</sup>

Resultados similares al equivalente esférico se encuentran en la esfera refractiva. Con respecto al cilindro refractivo encontrado en los ojos intervenidos de cirugía DSAEK, este fue de -2,02 D al año y de -2,19 D a los dos años de la cirugía, no siendo muy diferente

con respecto al preoperatorio (-2,74 D) y fue similar al encontrado en otros estudios, sugiriendo su origen en las incisiones creadas en la cirugía.<sup>228, 229</sup> También se ha descrito que el error astigmático absoluto no fue significativamente diferente entre los dos grupos, siendo de 1,6 D en el grupo de DSAEK primaria y de 1.8 D en el grupo de re-DSAEK.<sup>230</sup> En el análisis ANCOVA con respecto a la QPP, se advierte que la DSAEK provoca un menor incremento del cilindro con respecto al cambio originado por la QPP al primer año (1,26 D) lo cual se agudiza durante el segundo año postoperatorio (2,26 D), siendo ambos estadísticamente significativos. Situación muy similar se observa en el cilindro refractivo de la DMEK. Alnawaiseh describió que el astigmatismo de la superficie corneal posterior cambiaba de potencia y orientación tras una DMEK, lo que conducía a una modificación del astigmatismo corneal total.<sup>205</sup>

El análisis de la paquimetría de las técnicas endoteliales mostró que en ambas técnicas se disminuía el grosor corneal central preoperatorio medido con Pentacam, lo cual se mantenía en el primer y segundo año. El análisis comparativo por medio de la ANCOVA con la técnica QPP, mostró que el cambio paquimétrico ocasionado por la DSAEK es mayor en 144,4  $\mu\text{m}$  al ocasionado por la QPP al final del primer año postoperatorio, mientras que esta diferencia es de 166,6  $\mu\text{m}$  al final del segundo año, dichos resultados fueron ajustados a la edad y nivel basal de los pacientes; siendo en ambos años estadísticamente significativo.

Se ha encontrado que la medida del espesor corneal mediante Pentacam es comparable con la paquimetría ultrasónica,<sup>231</sup> por lo tanto, esta medida del espesor corneal realizada mediante Pentacam, es una medida fiable.

Se han encontrado diferencias significativas entre el espesor central del lentículo endotelial y el espesor a 2 mm a ambos lados del centro en los ojos intervenidos de DSAEK, siendo más grueso en la periferia que en el centro, gracias a la morfología del lentículo donante.<sup>229, 232</sup> Además, la diferencia en el espesor entre el centro y la periferia del lentículo endotelial induce un cambio en la curvatura posterior ocasionando un cambio hipermetrópico. Dicho cambio decrece con el tiempo ya que el lentículo disminuye de grosor de manera más rápida en la periferia que en el centro.<sup>233</sup> De forma similar, un estudio publicado con 44 ojos tratados con DSAEK, describió que el espesor del injerto fue de 124,36 micras en el sector central, hallándose una correlación negativa ( $r=-0,16$ ) entre el grosor del injerto y los cambios refractivos, aunque esto no fue estadísticamente significativo.<sup>218</sup>

Se ha encontrado una relación estadísticamente significativa y negativa entre el espesor del injerto y la mejor AV corregida, demostrándose esta aseveración en varios estudios.<sup>229, 234, 224, 228</sup> Actualmente se vienen desarrollando técnicas para la introducción de un lentículo donante lo más fino posible, debido a que conlleva mejores resultados visuales postoperatorios con respecto a la DSAEK clásica.<sup>235</sup> Sin embargo, esto también incrementa la dificultad técnica de este procedimiento ya que el manejo intracamerular de un lentículo donante fino podría acrecentar la incidencia de complicaciones intra y postoperatorias.<sup>236</sup>

En el análisis paquimétrico de la técnica DMEK, se observó que disminuía el grosor corneal tanto al primer año (534  $\mu\text{m}$ ), como al segundo año (559  $\mu\text{m}$ ) después de la cirugía con respecto al valor basal de 748  $\mu\text{m}$ . Al comparar la variación del grosor corneal central ocasionado por esta técnica con respecto a la QPP, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas al primer año ni al segundo año postoperatorio.

Nuestros resultados son similares a un estudio donde se observó que el grosor de la córnea central disminuyó desde un promedio de 667 micras de grosor en el preoperatorio a 525  $\mu\text{m}$  a los 6 meses de seguimiento, 527  $\mu\text{m}$  a los 12 meses postoperatorios y 534  $\mu\text{m}$  a los 2 años de seguimiento tras la cirugía DMEK, lo cual se corresponde con una disminución del 20% de la paquimetría total a los seis meses, 20% a los 12 meses y 19% a los 24 meses de seguimiento postoperatorio.<sup>219</sup>

En la *tabla 7* y *8* también se realiza el análisis queratométrico de la superficie corneal anterior, donde se observa que tanto en la técnica DSAEK como en la DMEK se observa un ligero aplanamiento de esta cara corneal al primer (43,85 D y 44,08 D) y segundo año (44,08 D y 43,83 D, respectivamente), lo cual puede influir en el cambio hipermetrópico observado en estas dos técnicas gracias a la disminución de su poder refractivo con respecto a los valores basales tanto en la DSAEK como en la DMEK (44,75 D y 44,08 D, respectivamente). Cuando realizamos la comparación con los valores obtenidos por la técnica QPP, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas al primer año; sin embargo, durante el segundo año se observó que la variación queratométrica en las dos técnicas laminares endoteliales mayor tanto en la DSAEK (1,65 D) como en la DMEK (1,66 D), lo cual fue clínicamente significativo.

El análisis topométrico de la DSAEK y la DMEK mostró que en ambas técnicas se observa un aumento negativo de la asfericidad (-0,22 y -0,37, respectivamente) al primer año, es decir estas técnicas, aunque son terapéuticas de la superficie posterior, también modifican la cara anterior, convirtiéndola en más hiperprolata con respecto a los valores

basales, -0,13 en las córneas tratadas mediante DSAEK y de -0,31 en DMEK. Sin embargo, durante el segundo año sus valores fueron de -0,27 y -0,30, respectivamente, al cabo de dos años después de la cirugía. No se encuentran publicaciones donde se estudie el comportamiento de la asfericidad de córneas tratadas con queratoplastia laminar o total, probablemente debido a la poca fiabilidad de este valor en córneas desestructuradas. En nuestro estudio se consideró la asfericidad de aquellos pacientes cuyos valores de confiabilidad del examen con Pentacam superaba el 90%.

También se realizó un análisis de la queratometría y topometría de la superficie posterior, donde se encontró que tanto la DSAEK como la DMEK incrementan la curvatura de la superficie posterior con respecto a los valores basales (-5,57 D y -5,99 D, respectivamente), siendo de -7,21 D y -6,41 D al final del primer año postoperatorio y de (-7,23 D y -6,38 D) al segundo año tanto en la DSAEK y DMEK, respectivamente. En el análisis ANCOVA de los valores de la queratometría de la superficie corneal posterior de la técnica QPP y la DSAEK, se evidencia que la DSAEK incrementa la curvatura posterior en -0,48 D al cabo del primer año y en -0,99 D tras dos años de la cirugía con respecto al cambio queratométrico originado por la QPP durante el mismo periodo de tiempo, esto es explicable con la configuración del lentículo donante, el cual es de mayor grosor en la periferia. Por otro lado, el análisis ANCOVA de los valores de la queratometría de la cara posterior de la técnica QPP y DMEK, encontró que esta última tiende a disminuir la curvatura de esta superficie al cabo del año en 0,39 D respecto al cambio originado por la QPP, siendo estadísticamente significativo. Sin embargo, no se encuentran diferencias significativas durante el segundo año postcirugía.

En la *tabla 9 y 10* se realiza un análisis de los cambios de los valores de las distintas variables en la técnica DALK y QPP para ectasia corneal, y leucoma y queratitis microbiana, ya que estas indicaciones son las dos principales en estos procedimientos quirúrgicos. En el análisis de la ectasia corneal no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la DALK y la QPP, salvo en la queratometría media al año de la cirugía, donde se observa una mayor disminución de este valor en la técnica penetrante respecto a la queratoplastia laminar. Por otro lado, en la indicación de queratitis y leucoma microbiano se observan diferencias en la esfera y en la asfericidad al primer año de seguimiento, en la primera se observa que la DALK miopiza al paciente, mientras que la QPP tiene un efecto contrario, Además, puede verse que la QPP genera córneas hiperprolatas, mientras que en la DALK se originan córneas oblatas.

Numerosos trabajos han descrito que del 73% al 91% de ojos sometidos a una QPP por queratocono alcanzan una AV igual o mejor a 0,5,<sup>66</sup> siendo similar a lo publicado por la técnica laminar DALK. Un metaanálisis encontró que la queratoplastia penetrante lograba una mejor AV comparada con la DALK para pacientes con queratocono.<sup>237</sup>

En pacientes sometidos a DALK por queratocono, se ha descrito que el error del equivalente esférico es secundario al incremento de la longitud del segmento posterior del ojo, con una pequeña contribución de la curvatura del injerto corneal.<sup>238</sup>

Otro factor predictivo de la refracción final es el momento de la extracción de la sutura, la remoción temprana, la elongación de la sutura o su neovascularización conducen a una mayor curvatura postoperatoria, por otro lado, después de la formación de la cicatriz en la interfase donante-receptor, la extracción de la sutura tiene mínimo efecto en la queratometría final.

Un metaanálisis describió la aparición de un astigmatismo más alto en la QPP respecto a la DALK en pacientes intervenidos por queratocono, aunque dichas diferencias no fueron estadísticamente significativas.<sup>237</sup>

En la *tabla 11* se muestran los cambios en los valores refractivos, queratométricos y topométricos durante el primer y segundo año postoperatorio de las técnicas de queratoplastia endotelial DSAEK y DMEK comparadas con la QPP para el diagnóstico de distrofia de Fuchs.

La calidad de visión en algunos pacientes con distrofia endotelial de Fuchs es muy mala y mejora significativamente tras la cirugía DSAEK. Además, se ha demostrado que la AV mejora gradualmente durante los primeros años después de la cirugía.<sup>234</sup> Dicha mejora tiene relación con los posibles cambios que se puedan generar en el espesor corneal así como en la dispersión de la luz en la córnea. Se han encontrado tres razones que podrían contribuir a la pérdida de visión en la distrofia endotelial de Fuchs: la aparición de guttas, el edema estromal y los cambios crónicos en la región subepitelial y estromal. Una intervención quirúrgica temprana mejoraría la visión que podría alcanzar el paciente tras la cirugía.<sup>239</sup>

En la *tabla 12* se muestran los cambios en los valores refractivos, queratométricos y topométricos durante el primer y segundo año postoperatorio de las técnicas de queratoplastia endotelial DSAEK y DMEK comparadas con la QPP para la indicación de trasplante corneal por diagnósticos como fallo del injerto y rechazo corneal.

En un estudio donde se compararon los trasplantes DSAEK primarios con los trasplantes DSAEK (re-DSAEK), se encontró que el promedio del equivalente esférico

postoperatorio no difería entre los dos grupos, incluso cuando se observó cierta tendencia hacia la miopización en ambas cohortes, siendo ésta de  $-0,01D \pm 1,9D$  en el grupo de DSAEK primaria comparado con  $-0,5D \pm 0,49 D$  obtenidos en las córneas que habían sido tratadas mediante una re-DSAEK. Los cambios del equivalente esférico variaron en un rango de  $-6,1 D$  a  $+3,75 D$ , un 47,8% de ojos presentaron una variación del equivalente esférico mayor a 1 dioptría, siendo un 68% de ojos los que presentaron un cambio miópico.<sup>230</sup>

Durante el desarrollo de la queratopatía bullosa pseudofáquica hay proliferación del colágeno estromal y un aumento del depósito de material fibrilar en la capa subepitelial que ocasionan interrupciones en la membrana de Bowman,<sup>240</sup> provocando la aparición de cicatrices corneales que deterioran la recuperación visual e incrementan las aberraciones ópticas.<sup>241</sup> En la *tabla 13* se muestran los cambios en los valores refractivos, queratométricos y topométricos durante el primer y segundo año postoperatorio de las técnicas de queratoplastia endotelial DSAEK y DMEK comparadas con la QPP para la indicación de edema corneal postcirugía de catarata.

Como en las otras indicaciones de DSAEK, en este subgrupo de estudio resalta el incremento de la paquimetría corneal, además de la ligera miopización del equivalente esférico respecto a valores basales. Esto como ya ha sido explicado anteriormente es debido a la forma de lente negativa que tiene el injerto de esta técnica.

### V.3 COMPLICACIONES DE LOS TRASPLANTES CORNEALES.

En la *tabla 14* se muestra la incidencia de complicaciones postquirúrgicas según la técnica, mientras que en la *tabla 15* podemos observar la incidencia de complicaciones según la indicación quirúrgica.

Aunque la QPP es un tratamiento efectivo para las patologías corneales que respetan la MD y el estroma, sus desventajas no pueden ser ignoradas. La córnea trasplantada tiene un alto riesgo de rechazo y pérdida endotelial debido a que sacrificamos el endotelio sano del receptor para implantar el injerto de córnea total, en caso de indicaciones por patología estromal. Se ha publicado que la tasa de pérdida endotelial es más alta en la QPP que en la población normal.<sup>237</sup>

En una serie de 509 ojos sometidos a QPP se observó que el 12% presentaron un rechazo inmunológico, 5,5% sufrieron un trauma, 31,6% presentaron incremento de la PIO por encima de 21 mm, la infección corneal estuvo presente en el 15,3% de los pacientes, siendo los agentes bacterias, hongos y virus herpes.<sup>242</sup>

Varios estudios prospectivos han reportado una disminución progresiva en la supervivencia y en el número de células endoteliales en QPP durante su evolución. Esta técnica tiene una tasa de supervivencia del 91% a los 10 años de seguimiento en pacientes con queratocono.<sup>243</sup> Un estudio basado en el registro de trasplantes corneales australiano encontró una mejor tasa de supervivencia del injerto en QPP comparable con la técnica DALK.<sup>244</sup>

En cuanto a DALK, una serie de queratoconos tratados con esta técnica laminar encontró una tasa de complicaciones postoperatorias de 22,7%, tras un seguimiento de 77 meses. Se ha descrito que el principal factor de riesgo para el fracaso del injerto DALK son: el haz en la interfase donante receptor y las cicatrices estromales.<sup>206</sup> En nuestro estudio encontramos una tasa de complicaciones de 40,7% al cabo del año, mientras que esta tasa disminuyó a 30,6% tras un seguimiento de 2 años. Esta diferencia se debe a que, como está descrito, el queratocono y las distrofias cuentan con la mejor tasa de supervivencia de la DALK, en cambio, la menor supervivencia se da en córneas de alto riesgo, por ejemplo, en córneas con queratitis infecciosa. El análisis en nuestro estudio incluía todos los diagnósticos e indicaciones de DALK.

Las alteraciones en la interfase donante-receptor como haz, neovascularización y pliegues en la MD son raros en la DALK, con una frecuencia entre 0,7 y 0,5% de incidencia.

La pseudocámara fue observada en 3 pacientes de nuestro estudio, Reddy publicó la aparición de esta complicación en 43% de los pacientes intervenidos mediante DALK, este alto porcentaje fue atribuido a la larga curva de aprendizaje de la DALK.<sup>70</sup> En este mismo sentido, la tasa de aparición de pseudocámara tiene un amplio rango, yendo desde 3.5% a 30%. Se ha reportado que el desprendimiento de la MD postoperatorio y la formación de la pseudocámara se resuelven espontáneamente en algunos pacientes, requiriendo algún procedimiento solo el 2,5% de los casos.<sup>206</sup> En nuestro estudio se observaron tres casos de pseudocámara, siendo resueltos dos mediante inyección de aire (reubbling), mientras que en uno de ellos solo se realizó un lavado de la interfase, ya que la pseudocámara fue secundaria a persistencia de material viscoelástico.

Como la MD y el endotelio del receptor son preservados, el número de células endoteliales es significativamente más elevado que en la QPP, y la tasa de rechazo del aloinjerto es mucho menor.

Aunque la DALK elimina el riesgo de rechazo endotelial, el rechazo epitelial y estromal pueden ocurrir como una complicación postoperatoria tanto en la QPP como en

la DALK, teniendo una tasa similar entre estas dos técnicas para enfermedades como el queratocono.<sup>237</sup> En la DALK, el rechazo estromal raramente es una causa de fallo total del injerto. Los rechazos estromales y epiteliales usualmente responden muy bien al tratamiento con esteroides tópicos, pero cuando no existe una respuesta adecuada puede producirse una neovascularización y opacificación del injerto, pudiendo incluso ser necesario un retrasplante.

El retrasplante con la técnica de DALK es técnicamente menos complicado que el retrasplante en la QPP, siendo frecuentemente realizado con la preservación del endotelio receptor. La tasa de rechazo estromal y epitelial después de una DALK está entre 0 y 14% en pacientes trasplantados por queratocono avanzado. Varias series han descrito que la tasa de rechazo ocurre en los primeros 24 meses después de la cirugía a diferencia de la QPP donde se observa episodios de rechazo inmunológico incluso 10 años después de la cirugía.<sup>82</sup>

Con respecto a la DSAEK, como se puede observar en la sección de anexos, las principales complicaciones intraoperatorias y postoperatorias hasta el periodo mediato de nuestro estudio fueron desprendimiento del injerto, úlcera corneal, afaquia, glaucoma agudo, hifema intraoperatorio, HTO, queratitis infecciosa, Seidel positivo y vitreorragia; siendo la más frecuente el desprendimiento del injerto, presente en 9 pacientes, llegando a ser el 47,4% de todas las complicaciones de este periodo de la DSAEK.

En una serie de 82 pacientes intervenidos con esta técnica endotelial (DSAEK), y seguidos durante 6 meses del postoperatorio se encontró que 2 de ellos presentaron desprendimiento total del injerto, requiriendo rebubbling. Un solo ojo desarrolló un episodio de rechazo inmunológico, resolviéndose completamente con tratamiento tópico. En esta misma serie se describe que no se hallaron fallos primarios del injerto.<sup>217</sup>

En una serie de 102 ojos tratados con DSAEK con un tiempo de seguimiento medio de 65,3 meses, se observó que la complicación más común fue el desprendimiento del injerto en 11 casos (10,78%), seguido por el fallo primario del injerto presente en 6 (5,88%) ojos, el bloqueo pupilar y el fallo tardío del injerto también afectaron a 6 (5,88%) ojos respectivamente. El rechazo del injerto se presentó en 5 (4,9%) ojos, 3 (2,94%) ojos padecieron glaucoma de ángulo cerrado secundario, mientras que la subluxación de la lente intraocular fue la complicación en 1 (1,39%) caso.<sup>245</sup>

En una serie de 118 ojos, se publicó que el desprendimiento del injerto fue la complicación más común, presentándose en 27 (23%) casos. 21 ojos (17%) tuvieron un fallo del injerto, definido por edema persistente después de la DSAEK. 7 ojos (6%)

presentaron un rechazo inmunológico del injerto. En 5 (4%) ojos apareció un desprendimiento de retina. En 6 casos (5%) se desarrolló un edema macular cistoide. En un paciente afáquico se utilizó SF<sub>6</sub> debido a la imposibilidad de mantener la burbuja de aire en CA durante la cirugía. Por otro lado, 1 ojo (1%) sufrió un crecimiento epitelial en la interfase; un ojo (1%) tuvo sangre retenida en interfase donante-receptor. La hemorragia supracoroidea intraoperatoria limitada fue descrita en un caso de esta serie. Mientras que dos ojos (2%) sufrieron bloqueo pupilar después de la cirugía que se resolvió con la disminución de la cantidad de aire de la burbuja intracameral.<sup>114</sup>

Otros trabajos han publicado variables tasas de desprendimiento del injerto. Price presentó una tasa de desprendimiento del 50% en sus primeros 10 ojos intervenidos de DSAEK. Esta tasa fue reducida a un 13% en los siguientes 126 casos después de cambiar el procedimiento para posicionar el injerto y alisar el lecho corneal receptor. Posteriormente la tasa de despegamiento del injerto volvió a ser reducida a un 6% en sus últimos 64 casos, esto se logró gracias a la remoción del líquido presente en la interfase a través de aberturas paracentrales de espesor total en la córnea receptora.<sup>246</sup>

Al contrario de lo anterior, Terry et al.<sup>247</sup> sugieren que las superficies estromales posteriores muy lisas de la córnea receptora puede impedir la aplicación efectiva del estroma donante al estroma receptor. Ante esto, él recomienda provocar rugosidades en la superficie posterior del estroma desnudo (después de la descemetorrexis), antes de que el botón donante sea aplicado. Durante esta maniobra se debe tener especial precaución con no desvitalizar el endotelio propio de la córnea receptora adyacente a la interfase injerto-receptor para evitar la aparición de queratopatía bullosa focal periférica. Por otro lado, las excesivas rugosidades del estroma posterior pueden provocar haze y la formación de cicatrices en la interfase que conducen a un deterioro de la cantidad y la calidad visual.

Se ha encontrado significativamente menores tasas de rebubbling en los pacientes sometidos a DSAEK, comparados con aquellos tratados con la técnica DMEK.<sup>220</sup>

En DSAEK, la reinyección de aire es requerida solo si el botón donante está totalmente desprendido y flotando en la cámara anterior, debido a que los desprendimientos parciales y periféricos del injerto se resuelven sin ningún procedimiento.

En cuanto al rechazo en las técnicas laminares endoteliales, en un metaanálisis que compara la técnica DSAEK con la DMEK, no se encontraron diferencias significativas en la proporción de pacientes que sufrieron rechazo del injerto, fallo primario del injerto o hipertensión intraocular.<sup>220</sup>

Aunque la DMEK sea una técnica superior respecto a otros procedimientos para el tratamiento de las patologías endoteliales, aún existe cierta resistencia por parte de algunos cirujanos para su generalización; debido a la larga curva de aprendizaje y las complicaciones que puede presentar.

En nuestra serie la principal complicación de la DMEK en el postoperatorio inmediato fue el despegamiento del injerto, 14 (20,6%) ojos intervenidos presentaron esta complicación, representando el 77,8% de las complicaciones durante este periodo de tiempo. Es necesario destacar que esta tasa de complicaciones es debido a que nuestra serie está conformada por las primeras 68 DMEK, siendo comparables con otras series que publican sus resultados durante la curva de aprendizaje.<sup>248, 249</sup>

Un metaanálisis, donde se compararon las complicaciones de la DMEK y la DSAEK, encontró que el riesgo postoperatorio de desprendimiento del injerto es más alto en la DMEK, consecuentemente las tasas de inyección de aire y rebubbling son mayores. Inyecciones de aire repetidas conducen a un mayor número de revisiones, incrementa el riesgo de pérdida de células endoteliales, rechazo del injerto y elevación de la PIO.<sup>250</sup>

En una serie de 74 pacientes intervenidos de DMEK, con un seguimiento de 6 meses después de la cirugía se encontró que 6 ojos presentaron desprendimiento parcial del injerto DMEK, requiriendo rebubbling. Ningún ojo desarrolló algún episodio de rechazo inmunológico. Cuatro ojos presentaron fallo primario del injerto, siendo tres casos debido a la aplicación invertida del Descemet-roll (con el endotelio hacia arriba), y uno debido a la ruptura intraquirúrgica del injerto.<sup>217</sup>

En una serie de 500 DMEK se describió que tras los primeros seis meses del postoperatorio el despegamiento del injerto fue la principal complicación, 34 casos (6,8%) presentaron un despegamiento mayor a un tercio de la superficie total del injerto y 45 ojos (9%) cursaron un con desprendimiento menor a un tercio del área total del Descemet-roll.<sup>6</sup>

En un estudio realizado por Heinzelmann y colaboradores donde comparaba los resultados clínicos de las técnicas DMEK, DSAEK y QPP, encontró que la tasa de reoperaciones era más alta en el grupo de DMEK debido al número de rebubbling que se encontraban por encima del 20%. Por otro lado, este mismo estudio no encontró complicaciones importantes como endoftalmitis o hemorragia coroidea.<sup>249</sup>

En una serie de 135 ojos sometidos a DMEK, se destacó la disminución de la tasa de rebubbling desde el 20% inicial al 4.4%, esto fue atribuido al efecto de la curva de aprendizaje. También adjudicaron la disminución de la tasa de desprendimientos del

injerto a la prolongación del tiempo que permanece el paciente con la cámara llena de aire, inmediatamente después de la cirugía, de 30 minutos a 45 o 60 minutos y a la eliminación de inyectores plásticos para la introducción del injerto durante la cirugía, utilizando en vez de éstos, inyectores de vidrio.<sup>248</sup>

Se ha descrito que la tasa de rebubbling es mayor en los pacientes sometidos a DMEK comparados con aquellos que fueron tratados mediante una DSAEK.<sup>220</sup> Esto puede ser debido a que la reinyección de aire en la cámara anterior con la técnica DSAEK solo se realiza cuando el injerto se encuentra totalmente desprendido; mientras que el tratamiento del desprendimiento parcial del Descemet-roll varía entre los distintos cirujanos, unos realizan un rebubbling en forma temprana, mientras otros prefieren esperar y observar.

Aunque también se ha publicado que la tasa de rebubbling en la DMEK no afecta los resultados visuales, ni la supervivencia de las células endoteliales, está asociado a una mayor tasa de intervenciones postoperatorias. Se ha observado que la tasa de rebubbling disminuye cuando se supera la curva de aprendizaje.<sup>248</sup>

El uso de un OCT de segmento anterior (Visante®), nos proporciona la información temprana del estado y la adherencia del injerto DMEK al lecho receptor, facilitando la decisión respecto de una posible reintervención quirúrgica.

La aplicación invertida del injerto es otra complicación que aparece con relativa frecuencia, debido a que determinar la correcta orientación del injerto dentro de la cámara anterior es todo un reto quirúrgico. En nuestra serie de DMEK, esta complicación se presentó en 2 ojos. Para eliminar el riesgo de la aplicación invertida del injerto, se ha descrito el uso de signos y figuras asimétricas estampados en la cara descemética o endotelial del Descemet-roll. En nuestra serie no se aplicó este procedimiento para ayudarnos durante el proceso de orientación del injerto, esta puede ser una razón por lo que esta complicación estuvo presente.

El glaucoma agudo por bloqueo pupilar se presentó en una paciente que experimentó DSAEK y en dos que fueron sometidas a DMEK. El principal mecanismo para la elevación de la PIO en ojos sometidos a queratoplastia endotelial es el bloqueo pupilar secundario a una burbuja de aire que migra a cámara posterior o cámara vítrea, mecanismo que se presenta principalmente en el postoperatorio inmediato. En etapas tardías la principal causa de elevación de la PIO es la respuesta a esteroides.<sup>251</sup> Una buena medida y control de la PIO es importante para prevenir un pobre resultado visual debido efectos adversos sobre el injerto endotelial y sobre el nervio óptico.

Se recomienda realizar una iridectomía profiláctica para prevenir el bloqueo pupilar reverso, además los pacientes deberían adoptar una postura en decúbito supino. En nuestros casos el glaucoma agudo en las DMEK se debió a una iridectomía inferior muy periférica y pequeña que se ocluía con una mínima midriasis, por lo que la migración de la burbuja a cámara posterior precipitó la elevación de PIO, en cambio en la DSAEK se observó una oclusión de la pupila por la burbuja de aire originando un glaucoma agudo debido a que no se realizó una iridectomía profiláctica, causando un síndrome de Urrets-Zavalía.<sup>252</sup>

Respecto al rechazo inmunológico del injerto, un estudio encontró que en pacientes con distrofia endotelial de Fuchs la técnica DMEK demostró tener la menor tasa de rechazo con un 7%, tras un seguimiento de 2 años del postoperatorio, seguido por el 18% en pacientes sometidos a DSAEK y un 21% en pacientes tratados mediante QPP. Los pacientes con queratopatía bullosa tratados mediante las mismas técnicas mostraron resultados similares.<sup>249</sup> En nuestra serie el rechazo inmunológico se presentó en un paciente al año y en dos durante el segundo año postoperatorio, es decir, tuvimos una tasa de total de rechazo de 4.4% durante los dos años de seguimiento de las DMEK.

En una serie de 500 DMEK, se ha descrito una tasa de rechazo inmunológico del injerto de 1,4% tras un seguimiento de 2 años y un fallo secundario del injerto de 1,4 % durante este mismo periodo. 32 ojos (6,4%) requirieron un retrasplante, un caso fue por fallo primario del injerto, 5 fueron retrasplantados por fallo secundario del injerto y 26 ojos sufrieron un retrasplante debido a un despegamiento significativo del Descemet-roll.<sup>219</sup>

La baja incidencia de rechazos del injerto en pacientes sometidos a DMEK puede ser debido a que en esta técnica no se trasplanta ningún tejido estromal y por lo tanto el Descemet-roll carece de células presentadoras de antígenos, disminuyendo la posibilidad de una reacción inmunológica. Las células presentadoras de antígenos se encuentran en el estroma anterior y en el posterior periférico.<sup>253</sup>

#### **V.4 SUPERVIVENCIA DE LOS TRASPLANTES CORNEALES**

En los últimos años, gracias al mejor conocimiento de la fisiopatología corneal y del sistema inmune a nivel ocular, a la mejora de la calidad asistencial, los medios técnicos, al desarrollo de potentes fármacos inmunosupresores y al perfeccionamiento y popularización de nuevas técnicas quirúrgicas como las queratoplastias laminares hemos observado un aumento paulatino de la supervivencia de los trasplantes de córnea.

Como se muestra en la figura IV-2, en nuestro estudio la DMEK tenía el mayor número de fallos de injerto que necesitaron retrasplante, siendo más evidente este comportamiento durante el primer año; en cambio, la DALK fue la técnica con una mejor supervivencia, mostrando solo dos casos de retrasplante por fallo del injerto. Por otro lado, se observa que la técnica QPP muestra una buena viabilidad de los injertos durante los primeros 18 meses, presentando un mayor número de fallos después de este tiempo de seguimiento.

Algunos de nuestros resultados de supervivencia fueron peores que, en otras series. En el caso de las técnicas endoteliales el efecto de la curva de aprendizaje y que la mayoría de los injertos fueron de 8 mm o menos tanto en el grupo de DMEK como DSAEK pudo hacer que los resultados fueran inferiores. En este mismo sentido, es necesario explicar que nuestro estudio recoge todos los trasplantes realizados durante la curva de aprendizaje, esto puede estar bien reflejado en el alto número de fracasos primarios que tuvimos en las técnicas laminares endoteliales que requirieron retrasplante durante el postoperatorio mediato y tardío, principalmente por diagnósticos de fallo primario.

Ono encontró que la probabilidad acumulada de supervivencia del injerto en ojos intervenidos de QPP fue de 60,4%, tras un seguimiento de 12 años. Así mismo describió que la probabilidad acumulada de supervivencia en el queratocono fue 100%, en las distrofias corneales 100%, en leucomas 70,8%, en queratopatía bullosa fue 51,7%, en úlceras corneales fue 59,2%, retrasplantes 31,8%, y en perforaciones corneales la supervivencia acumulada fue de 0%. En esta misma serie Ono encontró que la probabilidad acumulada de supervivencia de un injerto de espesor total en un queratoplastia penetrante primaria fue de 65,4%, en un segundo retrasplante fue de 43,4%, y en pacientes que fueron sometidos a un tercer y cuarto retrasplantes la supervivencia acumulada fue de 0% tras un seguimiento de 8 años.<sup>242</sup>

Estudios previos han encontrado que el rechazo inmunológico, la infección, el uso de tratamiento antiglaucomatoso tópico, la cirugía de glaucoma, la cirugía de retina y complicaciones relacionadas a las suturas son un factor de riesgo para el fallo del trasplante.

Bidaul-Garnier publicó los resultados de un estudio donde evaluó la supervivencia a 5 años de las queratoplastias ajustando los factores de riesgo pronósticos con el objetivo de identificar si existe diferencias en las tasas de supervivencia entre la QPP y las queratoplastias laminares. Se evaluó la supervivencia de los injertos a 1, 3 y 5 años en tres periodos de tiempo de 10 años: 1983-1993, 1994-2003 y 2004-2014, sólo en este último periodo se realizaron las técnicas laminares. La tasa de supervivencia global fue

de 87,8% en el primer año, 77% a 3 años y 70% a 5 años. La tasa de supervivencia a 5 años mejoró desde 61,4% en 1983-1993 a 76,5% en 2004-2014 ( $P=0,0004$ ). A su vez la tasa de fracaso del injerto a 5 años disminuyó significativamente de 31,5% en el primer periodo a 20,2% en segundo y a 15,7% en el tercero ( $P<0,0001$ ). No se encontraron diferencias en la supervivencia entre los pacientes intervenidos mediante QPP y DALK. La tasa de supervivencia del injerto a 1 año fue del 60,8% en el grupo de trasplante endotelial y 90,6% en el grupo de QPP. En conclusión, este estudio no encuentra diferencias en la supervivencia de los injertos corneales en los últimos 30 años ajustando los factores pronósticos. Además, se vio que las técnicas endoteliales no mejoran la supervivencia con respecto a la QPP, lo cual está acorde con los resultados obtenidos en nuestro estudio, sin embargo, el grupo de DALK mostró una mejor supervivencia respecto a la QPP.<sup>254</sup>

Los resultados del Cornea Donor Study, donde la mayor parte de los diagnósticos eran pacientes con distrofia de Fuchs y edema pseudofáquico o afáquico, muestran que la mayor parte de los injertos penetrantes para la distrofia de Fuchs y el edema postquirúrgico permanecen claros 10 años después de la cirugía. No hallan que la edad del donante suponga un factor de riesgo para el fracaso del injerto; sin embargo, si encuentran significativo el diagnóstico previo, porque el edema postquirúrgico tiene un porcentaje de fracasos mayor, la presencia de glaucoma y lecturas anormales del contaje endotelial y la paquimetría postquirúrgicas.<sup>255</sup> En nuestro estudio se analiza la supervivencia incluyendo a todos los pacientes sometidos a queratoplastia, incluso aquellos con córneas de alto riesgo de presentar un rechazo inmunológico.

En cuanto a DALK, Henein revisó 11 estudios diferentes, no encontrando diferencias en la tasa de supervivencia entre DALK y QPP.<sup>208</sup>

La AAO reportó que el promedio del fallo secundario del injerto en la DMEK fue de 2,2% (0-6%) durante un periodo de seguimiento de 6 meses a 8 años.<sup>256</sup> Ham encontró una probabilidad de supervivencia del injerto DMEK de 0,95 durante un tiempo de seguimiento de 4 a 7 años,<sup>257</sup> de manera similar Schlögl tras un seguimiento de 5 años reportó una tasa de 0,96 (95% de probabilidad acumulada) de supervivencia del injerto.<sup>258</sup> Estos rangos son comparables con la probabilidad de supervivencia de la DSAEK en ojos sin glaucoma, establecida en un 96% tras 5 años de seguimiento.<sup>259</sup>

La probabilidad acumulada de supervivencia del injerto en el presente estudio fue relativamente baja comparado con los estudios descritos previamente. Una de las causas más probables de este resultado es la agrupación de todos los diagnósticos. En los

estudios mostrados anteriormente se estudian diagnósticos específicos; por ejemplo, se sabe que la tasa de supervivencia de las queratoplastias en queratocono y distrofia de Fuchs es más alta en la indicación de retrasplante, siendo este último el diagnóstico prevalente en nuestro estudio.

Se ha descrito que el sexo masculino, el rechazo previo, el traumatismo, la queratitis infecciosa y la elevación de la PIO incrementan el fallo del injerto, siendo el traumatismo el de mayor riesgo.<sup>242</sup> Considerando que este estudio recogió pacientes de un área rural con ocupación en labores agrícolas, es de esperar que los traumatismos y las queratitis infecciosas sean una complicación relativamente frecuente durante el postoperatorio, condicionando una falla del injerto, principalmente en la técnica QPP. Además, muchos de los pacientes asistían en estados avanzados de sus respectivas patologías.

## **V.5 ABERRACIONES CORNEALES DE LOS TRASPLANTES**

De la *tabla 16 a la 21* se muestran los resultados de las diferentes aberraciones ópticas, tanto de 4 y 6mm, de la córnea total, de la superficie corneal anterior y de la posterior. Además, se analiza el cambio cuantitativo de cada una de las aberraciones entre el primer y segundo año.

El análisis del frente de ondas para cuantificar las aberraciones corneales de bajo y alto orden han ayudado a explicar la disminución de la AV y de la sensibilidad al contraste en ojos normales<sup>260</sup> y en ojos con diversas patologías.<sup>261</sup> Además, en varias patologías corneales se ha descrito que una superficie corneal posterior irregular causa aberraciones de alto orden lo cual conduce a un deterioro de la AV del paciente, por lo que se deduce que existe una correlación entre dichas aberraciones y la AV final.<sup>262</sup>

Se han creado y desarrollado diferentes sistemas para analizar la córnea, tanto de manera estructural como funcional. Esto es importante para el diagnóstico y sobre todo el seguimiento de patologías corneales. El sistema Pentacam proporciona un examen del segmento anterior que comprende desde la superficie corneal anterior hasta el cristalino. Este hecho es importante ya que se pueden utilizar diversos algoritmos para un análisis de cada una de las superficies por separado.<sup>263</sup>

Las aberraciones totales de la superficie corneal están dominadas principalmente por las aberraciones creadas en la superficie corneal anterior, debido al gran cambio del índice de refracción entre aire – superficie corneal anterior, en comparación con dicho cambio del índice de refracción entre superficie corneal posterior y el humor acuoso. Por otro

lado, las aberraciones de la superficie anterior aumentan ligeramente al avanzar la edad, aunque no de manera significativa.<sup>264</sup>

En nuestra serie de cuatro tipos de queratoplastia se observa que no existe una variación significativa en la magnitud de las aberraciones corneales de la córnea total y anterior en los 4 mm centrales de estudio. Sin embargo, hallamos un incremento de la aberración esférica del primer al segundo año en la córnea total y anterior para un análisis de los 6 mm centrales, lo cual es estadísticamente significativo. Por otro lado, se observa un aumento de las aberraciones de alto orden de la superficie corneal posterior tanto en 4 como en los 6 mm centrales.

Para este estudio se tomó un grupo control, con lo cual determinamos la normalidad de los valores de cada una de las aberraciones estudiadas mediante el número de desviaciones estándar con respecto al valor medio de las aberraciones en la población normal de la misma edad y sexo (Z-score), siendo mostradas en gráficos, donde se asume como un resultado satisfactorio un valor menor a 2 desviaciones estándar ( $\leq 2$  DS).

En este estudio demostramos que las HOA están incrementadas en todas las córneas sometidas a trasplante en comparación con el grupo control. Respecto a los resultados aberrométricos de la córnea total (considerando la suma de la superficie anterior y posterior) se observa que la queratoplastia que induce más aberraciones es la DALK, seguida por la QPP, DSAEK, y finalmente la DMEK, siendo los polinomios de 4° y 5° orden los más aberrados.

Estos resultados están acordes con estudios previos. Rudolph reportó que la DMEK fue superior a la DSAEK con respecto a inducir menos HOA en la superficie corneal posterior y logrando mejor AV final.<sup>14</sup>

Por otro lado, van Dijk encontró que la calidad óptica de la visión fue mejorada después de practicar una DMEK a córneas con el endotelio patológico, en comparación con los controles, sin embargo en este mismo estudio se observó que las HOA de la superficie corneal anterior y posterior se encuentran aumentadas en los ojos intervenidos con respecto a los controles normales.<sup>265</sup>

Las HOA de la superficie corneal anterior son compensadas por la cara corneal posterior en ojos con córneas sanas y en córneas patológicas, lo cual reduce las aberraciones corneales totales desde un 4% hasta 33%.<sup>266, 267</sup> En nuestro estudio, las aberraciones ópticas de alto orden de la córnea total fueron similares a las HOA de la superficie corneal anterior tanto en la DMEK como en la DSAEK en los 4 mm centrales.

Un estudio encontró que la aberración esférica se encontraba significativamente aumentada en las córneas que habían sido tratadas con una queratoplastia endotelial, principalmente después de una DSAEK. Es razonable que el valor de la aberración esférica después de la DMEK sea más pequeño que la DSAEK, debido a que la DMEK no incluye un injerto de estroma corneal con forma de menisco que pudiese aumentar la aberración esférica como en la DSAEK.<sup>268</sup> Ha sido bien documentado que una aberración esférica incrementada deteriora la AV y la sensibilidad al contraste.<sup>269</sup> Por lo que los pacientes programados para una queratoplastia endotelial y cirugía de catarata podrían beneficiarse del implante de una lente intraocular asférica, mejorando no solo su cantidad, sino también su calidad visual.

Dado que la DMEK comprende el trasplante de la MD y las células endoteliales, se esperaría que las córneas tratadas conservasen, tanto la curvatura de la cara posterior y la aberración esférica, dentro de parámetros fisiológicos, sin embargo, la aberración esférica del grupo de DMEK estuvo significativamente elevada ( $\geq 2DS$ ). Resultados similares fueron encontrados por Hayashi.<sup>268</sup> Es probable que el incremento de la aberración esférica se deba a una mayor deshidratación del edema corneal central, lo que origina un incremento de la curvatura de la córnea posterior, condicionando un cambio hipermetrópico y un aumento de la aberración esférica después de la DMEK.

Aunque algunos estudios han reportado resultados visuales comparables entre la DALK y la QPP otros han descrito resultados menos favorecedores para esta técnica laminar, es por ello por lo que esta tesis busca extender el conocimiento sobre la calidad visual y óptica en una serie considerable de ojos de pacientes sometidos a DALK, estudiando un factor determinante como son las aberraciones ópticas de alto orden.

Los estudios previos que midieron las aberraciones ópticas del frente de onda corneal en pacientes sometidos a DALK, encontraron que dichas aberraciones eran mucho mayores que en pacientes sanos, utilizados como controles. Este aumento de las aberraciones ópticas se ha asociado a la nueva curvatura de la córnea trasplantada, que a la vez depende de la curvatura del injerto y del tejido receptor; también se ha asociado la paquimetría postoperatoria, el diámetro del injerto y su relación con el tamaño del lecho receptor y por tensión de las suturas y, por último, la cicatrización de la interfase donante-receptor.

En nuestro estudio se puede observar que la DALK aumenta la magnitud de las aberraciones corneales medidas en mayor cuantía que la QPP, tanto en la córnea total como en cada una de sus superficies. Resalta en este sentido que incrementa las

aberraciones de la córnea posterior, ya que teóricamente esta parte es conservada de la córnea receptora y por lo tanto se espera que conserve sus medidas queratométricas, refractivas y topométricas fisiológicas. Es posible que esta alteración se deba a que la gran mayoría de las DALK realizadas se llevaron a cabo mediante la técnica de Melles, la cual conserva una mayor cantidad de estroma posterior, lo que conduce a una irregularidad de esta superficie cuando se coloca el botón donante de estroma completo.

A diferencia de nuestro estudio, Sogutlu no encontró diferencias estadísticamente significativas entre las aberraciones de alto orden de DALK y QPP, en este estudio se evaluó los RMS total, RMS total de las aberraciones de alto orden y la RMS de la aberración esférica, utilizando un aberrómetro Hartmann – Shack, por lo que también se evaluó la interfase donante receptor en la técnica DALK, no siendo un factor predisponente al aumento de las aberraciones ópticas corneales.<sup>66</sup>

Ardjomand y colaboradores midieron las aberraciones ópticas con la ayuda del aberrómetro WaveScan, el cual utiliza un sensor tipo Hartmann-Shack, en 9 pacientes sometidos a DALK y en 8 tratados mediante QPP, no encontrando diferencias significativas en la RMS de ambos grupos.<sup>11</sup> Koh y colaboradores estudiaron las HOA de 24 ojos sometidos a QPP, y 28 ojos tratados mediante DALK; utilizó como instrumento el tomógrafo Pentacam®, encontró que las aberraciones ópticas de alto orden derivadas de la superficie corneal posterior eran similares entre ambas técnicas. Por otro lado tampoco se encontraron diferencias cuando se analizaron las aberraciones ópticas de alto orden derivadas de la superficie anterior.<sup>187</sup> A diferencia de nuestro estudio, Koh midió las aberraciones solo en los 4 mm centrales, además de tener un tiempo de seguimiento promedio (45.5 y 35.3 meses para QPP y DALK respectivamente) mayor a nuestro estudio.

Bahar et al evaluaron las aberraciones ópticas de alto orden con el instrumento OPD-SCAN III (Nidek), basado en la tecnología de esquiascopia dinámica; en ojos con queratocono tratados con DALK, QPP estándar y QPP en sombrero de copa, obteniendo una significativa menor magnitud de las aberraciones en la técnica QPP estándar comparada con las otras 2 técnicas; esta diferencia es posible que se deba a la interfase que tiene tanto la DALK como la QPP en sombrero de copa en su zona periférica. Las medidas aberrométricas fueron tomadas en los 6mm de diámetro pupilar.<sup>10</sup> Al igual que nuestro estudio, en este, las DALK fueron realizadas con la técnica de Melles lo que supondría un incremento de las aberraciones corneales.

Es posible que independientemente de la técnica DALK que se utilice, el factor determinante del incremento de las aberraciones sea el grosor del lecho estromal receptor, ya que a un mayor grosor condiciona un peor acoplamiento del botón donante, además de incrementar el haz de la interfase aumentando las aberraciones totales del ojo que pueden ser detectadas por los aberrómetros ópticos.

## **V.6 CORRELACIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL Y LAS ABERRACIONES DE ALTO ORDEN**

En el presente estudio se encontró que la AV a los dos años de una queratoplastia estaba correlacionada con las HOA corneales, tanto de la córnea total como de cada una de sus superficies, además se observa que estas se correlacionan significativamente hasta las aberraciones de 5° grado. Similares resultados se han publicado para DSAEK y DMEK.<sup>268</sup>

Yamaguchi encuentra que las HOA afectan la AV en pacientes sometidos a queratoplastia, determinando que la influencia de las aberraciones ópticas derivadas de la superficie corneal anterior y posterior combinadas son importantes en el resultado visual de los ojos sometidos a trasplante corneal debido a que disminuyen la cantidad y la calidad visual.<sup>262</sup>

A diferencia de los ojos normales y de otros tipos de queratoplastia, en los pacientes sometidos a DSAEK, las aberraciones de la superficie corneal posterior no compensan a las derivadas de la superficie corneal anterior, en vez de esto, contribuye a aumentar las aberraciones corneales totales lo cual deteriora la calidad de la imagen que llega a la retina. Adicionalmente, en este tipo de trasplante endotelial además de las aberraciones corneales existen otros factores que impactan negativamente en la calidad de la imagen que llega a la fovea, siendo estos el descentramiento del injerto, el edema estromal y las irregularidades de la interfase donante-receptor.

Yamaguchi defiende que el deterioro visual causado por las aberraciones de alto orden se debe a la ruptura del paralelismo de la superficie corneal anterior y posterior e incluso de las irregularidades del tejido estromal, por lo que recomienda que en las técnicas laminares se ponga especial cuidado en el estado final de la superficie posterior, principalmente en la DSAEK y DALK, en las cuales se añade tejido estromal.<sup>270</sup>

A diferencia de los resultados encontrados en el presente estudio, existen publicaciones que no han encontrado relación entre la AV postoperatoria y las aberraciones corneales. Sánchez no encontró ninguna relación entre la AV postoperatoria y las aberraciones de la

superficie corneal posterior, tanto para 4 como para 6 mm de diámetro de zona óptica en pacientes intervenidos de DSAEK.<sup>229</sup> Este hecho es similar al encontrado por Hindman donde tampoco encontraron relación entre las aberraciones corneales y el cambio en la AV, concluyendo además que si las aberraciones anteriores presentaban cambios significativos durante el primer año posterior a la cirugía, dichos cambios no impactaban significativamente en la AV.<sup>228</sup> Es posible que la AV puede estar afectada por la dispersión en la interfase huésped – donante de los trasplantes laminares, o por otras enfermedades coexistentes que la limiten, haciendo que esta relación no sea fácil de valorar. También podría existir una influencia del momento de la cirugía, ya que la cirugía temprana puede resultar en una mejor AV o en una mejor recuperación, mientras que las intervenciones tardías condicionan una fibrosis de las estructuras corneales.

En nuestro estudio se observa que la relación funcional entre las HOA y la AV no es lineal, por el contrario, se produce una mayor variación de la AV cuando los valores de las aberraciones ópticas son menores a 2. Esto podría deberse a que las aberraciones de baja magnitud se encuentran en córneas muy susceptibles de pérdida visual, ya que por ejemplo son córneas transparentes con alguna irregularidad, en contraste las aberraciones muy altas pertenecen a córneas irregulares que condicionan una baja visión por su comorbilidad.

## V.7 LIMITACIONES

Nuestro estudio tiene algunas limitaciones que es necesario señalar.

- a. El diseño del estudio es retrospectivo y observacional lo que condiciona que, por ejemplo, las condiciones basales de los pacientes sean diferentes, y que no se haya aleatorizado a los pacientes para ser sometidos a un tipo de queratoplastia u otra si esta era permitida por su diagnóstico.
- b. El tamaño de la muestra reducido puede haber afectado a la precisión de la estimación de algunos parámetros donde un aumento del número de casos podría mejorar determinar un posible resultado significativo.
- c. El estudio refractivo, queratométrico y topométrico de las patologías corneales específicas incluía un pequeño número de casos, constituyendo una limitación a la hora de extrapolar las conclusiones.
- d. No se evaluaron algunos parámetros que también influyen en la AV final de las córneas sometidas a queratoplastia como la medida de la dispersión intraocular o la densidad de interfase en los trasplantes laminares.
- e. Aunque se tomaron los datos brindados por el Pentacam con un grado de confiabilidad superior al 90%, uno de los problemas a la hora de procesar la imagen surge por el hecho de que la aberración de onda ha de referirse a un sistema de ejes cuyo origen debe ser el centro pupilar, lo que obliga que el eje óptico de la cámara de Scheimpflug tiene que alinearse con la mirada del paciente, siendo algunas veces difícil debido a la baja visión de los pacientes.
- f. La repetitividad Pentacam ha sido descrita en varios estudios, sin embargo, este no cuenta con un tracker que asegure la misma alineación de la córnea en cada una de las exploraciones; condición importante ya que en nuestro estudio analizamos las variaciones de los distintos parámetros

## V.8 PUNTOS FUERTES

- a. El principal punto fuerte de este trabajo creemos que lo constituye el hecho de ser el primer estudio en la literatura oftalmológica y también el primero en España que ofrece datos comparativos de las 4 técnicas principales de queratoplastia. Estos resultados, creemos que vienen a ofrecer un punto de partida que permitirá avanzar en la investigación para mejorar la cantidad y calidad de AV de los pacientes sometidos a una queratoplastia.

- b. Todas las queratoplastias fueron realizadas por un mismo cirujano y evaluadas con el mismo instrumento, lo que evita posibles sesgos originados por la técnica quirúrgica y la medición de los diversos parámetros, obteniendo resultados más homogéneos y con una mayor credibilidad.
- c. Es innovador el estudio y comparación de los datos queratométricos, refractivos y topométricos de la superficie posterior de las córneas trasplantada. Por otro lado, se realiza un análisis de todas las HOA hasta el quinto orden, y además se considera la aberración esférica de sexto orden. Todos estos parámetros son poco considerados en las diversas publicaciones sobre queratoplastias y aberraciones, sin embargo, está demostrado que tienen una importante influencia en la AV final.
- d. Otra ventaja de este trabajo es el momento cuando se realizan los exámenes. Este estudio, aunque retrospectivo, analiza los resultados en forma longitudinal ya que se recogieron los datos de la última cita preoperatoria, del primer año postoperatorio y del segundo año. Esto minimiza la dispersión de los datos secundaria a la realización de los exámenes en diferentes periodos del postoperatorio, lo cual es muy frecuente en las publicaciones sobre estos mismos temas.
- e. La significación tan evidente que arroja la estadística en muchos de los parámetros analizados hace pensar que la muestra elegida es representativa, y, por lo tanto, las conclusiones derivadas del estudio podrían ser generalizables.

## V.9 APLICACIONES PRÁCTICAS

Las aplicaciones clínicas derivadas de esta investigación tienen especial interés en 3 campos: el queratobiométrico, el referido a complicaciones y el aberrométrico: diagnóstico de patologías y en investigación.

- a. Basados en los resultados visuales de nuestro estudio, el paciente puede recibir una información más clara y confiable, basada en evidencias, sobre las expectativas de AV, así como de los cuidados para evitar las posibles complicaciones.
- b. El cirujano cuenta con un conjunto de datos para poder elegir en forma más acertada una determinada técnica quirúrgica a aplicar, ya que mostramos evidencia de que las queratoplastias están asociados a un incremento de las aberraciones de alto orden, aunque existen diferencias en la magnitud de cada una de ellas, o las posibles variaciones de su queratometría.

- c. Los datos aportados por esta tesis nos ayudan a prever las posibles complicaciones de la aplicación de una técnica. Como es el caso de la QPP, que, aunque induce menos aberraciones que la DALK, está asociada a un mayor número de complicaciones.
- d. Gracias a los resultados de esta tesis que demuestran que las HOA no se modifican entre el primer y segundo año en corneas trasplantadas, podemos detectar algunas complicaciones como una posible ectasia del injerto, al observar una modificación significativa de los parámetros.
- e. La elección del tipo de lente intraocular más adecuada ya sea durante la realización de un triple procedimiento o en la cirugía de catarata tiempo después de haberse realizado una queratoplastia, debido a que en los trasplantes endoteliales y en la QPP existe un incremento de la aberración esférica, por lo que convendría la elección de LIO esféricas.
- f. Los resultados del frente de onda adquieren gran importancia, ya que mediante la ablación personalizada se pueden corregir las aberraciones de alto orden que ocasionan un deterioro de la visión, mejorando por lo tanto en la mayoría de las veces, la sensibilidad al contraste y proporcionando una mejor calidad visual y una alta satisfacción del paciente.

#### **V.10 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN**

- a. Es necesario que se realicen estudios prospectivos y ensayos clínicos comparando los resultados de las diversas técnicas de queratoplastia, así como que estos estudios sean realizados sobre diagnósticos específicos.
- b. Es recomendable continuar con la recolección de los datos aberrométricos de personas oftalmológicamente sanas de la región, obtenidas mediante el Pentacam, para poder establecer los parámetros de normalidad según sexo y edad para la población española.
- c. Se debería llevar a cabo estudios prospectivos y ensayos clínicos sobre el implante de lentes intraoculares esféricas en los trasplantes endoteliales y en la QPP.
- d. El presente estudio puede servir como base para futuras investigaciones que analicen más profundamente, en conjunto y en forma individual, la influencia de las aberraciones sobre la AV y determinar aquellas con mayor importancia para su posterior corrección personalizada.

## CONCLUSIONES

---



1. En pacientes sometidos a trasplante corneal, la agudeza visual corregida mejoró tras la realización del tratamiento quirúrgico, con respecto a los valores preoperatorios. La técnica DMEK fue la queratoplastia que demostró una mayor ganancia visual respecto a las otras técnicas de trasplante endotelial.
2. La DALK causa un menor cambio refractivo respecto a la QPP en pacientes con patologías epiteliales y estromales, no encontrando diferencias en cuanto al astigmatismo inducido. Mientras que la DMEK es la técnica que produce un menor cambio refractivo respecto a valores preoperatorios en la técnicas endoteliales.
3. Las técnicas endoteliales causan un mínimo cambio queratométrico respecto a la DALK y QPP. No se encontraron diferencias respecto a las variaciones del astigmatismo provocado por las técnicas laminares respecto al inducido por la QPP. La técnica DALK y DSAEK aumentan significativamente el espesor corneal central. No se observan diferencias significativas en la asfericidad corneal de las técnicas estudiadas.
4. La incidencia de glaucoma es superior en las técnicas QPP y DSAEK, mientras que DALK no presenta esta complicación.
5. La técnica DMEK tiene un mayor número de complicaciones en el postoperatorio inmediato respecto a la técnica QPP, sin embargo estas se invierten al cabo del primer y segundo año.
6. Durante el periodo de seguimiento, la mediana de la supervivencia de los trasplantes corneales estudiados fue de 36 meses, exhibiendo una peor supervivencia la técnica DMEK, mientras que DALK muestra la mejor tasa.
7. Se observa un aumento del primer al segundo año de las aberraciones corneales de alto orden y de la aberración esférica en el análisis de los 6mm centrales de la córnea total.
8. Las cuatro técnicas de queratoplastia estudiadas aumentan significativamente las aberraciones corneales de alto orden, con respecto al grupo control.
9. Los ojos sometidos a trasplante corneal que muestran una mayor magnitud de aberraciones de alto orden presentan un deterioro de su agudeza visual.



## BIBLIOGRAFÍA

---



1. Guirao a, Redondo M, Artal P. Optical aberrations of the human cornea as a function of age. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*. 2000;17(10):1697-1702.
2. Artal P, Berrio E, Guirao A, Piers P. Contribution of the cornea and internal surfaces to the change of ocular aberrations with age. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*. 2002;19(1):137-143.
3. Espandar L, Carlson AN. Lamellar keratoplasty: A literature review. *J Ophthalmol*. 2013;2013:1-8.
4. Paz-Valiñas L, de la Fuente-Cid R, de Rojas-Silva MV, López-Rodríguez I, López-García M. Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty (DEAEK). Systematic review of clinical-effectiveness and safety. *Arch la Soc Española Oftalmol (English Ed)*. 2015;90(4):164-179.
5. Price MO, Gorovoy M, Price FW, Benetz B a., Menegay HJ, Lass JH. Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty: Three-year graft and endothelial cell survival compared with penetrating keratoplasty. *Ophthalmology*. 2013;120(2):246-251.
6. Rodríguez-Calvo-de-Mora M, Quilendrin R, Ham L, et al. Clinical Outcome of 500 Consecutive Cases Undergoing Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty. *Ophthalmology*. 2015;122(3):464-470.
7. Kymionis GD, Mikropoulos DG, Portaliou DM, et al. New Perspectives on Lamellar Keratoplasty. *Adv Ther*. 2014;31(5):494-511.
8. Keane M, Coster D, Ziaei M, Williams K. Deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty for treating keratoconus. *Cochrane database Syst Rev*. 2014;7:CD009700.
9. Pantanelli SM, Sabesan R, Ching SST, Yoon G, Hindman HB. Visual performance with wave aberration correction after penetrating, deep anterior lamellar, or endothelial keratoplasty. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53(8):4797-4804.
10. 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(6):905-912.
11. Ardjomand N, Hau S, McAlister JC, et al. Quality of Vision and Graft Thickness in Deep Anterior Lamellar and Penetrating Corneal Allografts. *Am J Ophthalmol*. 2007;143(2):228-235.
12. Bahar I, Kaiserman I, Levinger E, Sansanayudh W, Slomovic AR, Rootman DS. Retrospective contralateral study comparing descemet stripping automated endothelial keratoplasty with penetrating keratoplasty. *Cornea*. 2009;28(5):485-488.
13. Muftuoglu O, Prasher P, Bowman RW, McCulley JP, Mootha VV. Corneal Higher-Order Aberrations after Descemet's Stripping Automated Endothelial Keratoplasty. *Ophthalmology*. 2010;117(5):878-884.e6.
14. Rudolph M, Laaser K, Bachmann BO, Cursiefen C, Epstein D, Kruse FE. Corneal higher-order aberrations after descemet's membrane endothelial keratoplasty. *Ophthalmology*. 2012;119(3):528-535.
15. Piñero DP, Alió JL, Alesón A, Escaf M, Miranda M. Pentacam posterior and anterior corneal aberrations in normal and keratoconic eyes. *Clin Exp Optom*. 2009;92(3):297-303.
16. Krachmer JH, Mannis MJ, Holland EJ. *Cornea*. St. Louis, MO: Mosby; 2011.
17. Cwiklik L. Tear film lipid layer: A molecular level view. *Biochim Biophys Acta*.

- 2016;1858(10):2421-2430.
18. Tear Film & Ocular Surface Society. 2007 Report of the international Dry Eye Workshop Dews. *Ocul Surf.* 2007;5(2):142.
  19. King-Smith PE, Fink BA, Hill RM, Koelling KW, Tiffany JM. The thickness of the tear film. *Curr Eye Res.* 2004;29(4-5):357-368.
  20. Del Buey Sayas MA, Peris Martinez C. *Biomecánica y Arquitectura Corneal*. Barcelona: Elsevier; 2014.
  21. 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(9):1778-1785.
  22. Dua HS, Said DG. Clinical evidence of the pre-Descemets layer (Dua's layer) in corneal pathology. *Eye (Lond).* 2016;30(8):1144-1145.
  23. Zirm EK. Eine erfolgreiche totale Keratoplastik (A successful total keratoplasty). 1906. *Refract Corneal Surg.* 1906;5(4):258-261.
  24. Doughman DJ, Van Horn D, Harris JE, Miller GE, Lindstrom R, Good RA. The ultrastructure of human organ-cultured cornea. I. Endothelium. *Arch Ophthalmol (Chicago, Ill 1960).* 1974;92(6):516-523.
  25. Lang GK, Koch JW, Schröder E, Yanoff M, Naumann GO. Configuration of corneal incisions with the excimer laser: an experimental study. *Fortschr Ophthalmol.* 1989;86(5):437-442.
  26. Por YM, Cheng JYC, Parthasarathy A, Mehta JS, Tan DTH. Outcomes of Femtosecond Laser-Assisted Penetrating Keratoplasty. *Am J Ophthalmol.* 2008;145(5):772-774.
  27. Daniel M, Bohringer D. Comparison of Long-Term Outcomes of Femtosecond Laser-Assisted Keratoplasty with Conventional Keratoplasty. *Cornea.* 2016;53(3):293-298.
  28. Panda A, Aggarwal A. Fibrin Glue for Opposing Wound Edges in "Top Hat" Penetrating Keratoplasty-A Laboratory Study. *Cornea.* 2008;27(10):1216-1217.
  29. Bahar I, Kaiserman I, Slomovic A, McAllum P, Rootman D. Fibrin glue for opposing wound edges in "Top Hat" penetrating keratoplasty: a laboratory study. *Cornea.* 2007;26(10):1235-1238.
  30. Eye Bank Association of America. 2016. EYE BANKING. Statistical Report Final. 2016:99.
  31. Barraquer RI, Álvarez De Toledo J. *Queratoplastias: Nuevas Técnicas Para El Siglo XXI*. Madrid, España: Sociedad Española de Oftalmología; 2016.
  32. Pan Q, Li X, Gu Y. Indications and outcomes of penetrating keratoplasty in a tertiary hospital in the developing world. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2012;40(3):232-238.
  33. Agarwal A, John T. *Mastering Corneal Surgery: Recent Advances and Current Techniques*. 1e ed.; 2015.
  34. Spaniol K, Borrelli M, Holtmann C, Schrader S, Geerling G. Komplikationen der Descemetmembran-Endothel-Keratoplastik. *Der Ophthalmol.* 2015;112(12):974-981.
  35. Vajpayee RB, Sharma N, Tabin G, Taylor HR. *Corneal Transplantation*. Jaypee Bros. Medical Publishers; 2010.
  36. Paulus YM, Cockerham GC. Abiotrophia defectiva causing infectious crystalline keratopathy and corneal ulcer after penetrating keratoplasty: a case report. *J Ophthalmic Inflamm Infect.* 2013;3(1):20.
  37. Barut Selver Ö, Palamar M, Eğrilmez S, Yağcı A. Traumatic Wound Dehiscence After Penetrating Keratoplasty. *Turkish J Trauma Emerg Surg.* 2016;22(5):437-440.

38. Meyer JJ, McGhee CNJ. Incidence, severity and outcomes of traumatic wound dehiscence following penetrating and deep anterior lamellar keratoplasty. *Br J Ophthalmol.* 2016;100(10):1412-1415.
39. Ma JF, Rapuano CJ, Hammersmith KM, Nagra PK, Dai Y, Azari AA. Outcomes of Wound Dehiscence Post–Penetrating Keratoplasty. *Cornea.* 2016;35(6):778-783.
40. Goweida MB, Helaly HA, Ghaith AA. Traumatic Wound Dehiscence after Keratoplasty: Characteristics, Risk Factors, and Visual Outcome. *J Ophthalmol.* 2015;2015:1-5.
41. Moorthy S, Graue E, Jhanji V, Constantinou M, Vajpayee RB. Microbial keratitis after penetrating keratoplasty: Impact of sutures. *Am J Ophthalmol.* 2011;152(2):189-194.e2.
42. Chen MC, Cortés DE, Harocopos G, Mannis MJ. Epithelial Downgrowth After Penetrating Keratoplasty : Imaging by High-Resolution Optical Coherence Tomography and In Vivo Confocal Microscopy. *Cornea.* 2013;32(11):1505-1508.
43. Dhiman R, Pillay G, Kashyap S, Vanathi M. Anterior segment optical coherence tomography of intrastromal corneal donor lenticule for recurrent intrastromal epithelial inclusion cyst in a corneal graft. *Case Reports.* 2015;2015(jun11 1):bcr2014209273-bcr2014209273.
44. Khan MS, Basit I, Ishaq M, Shakoor T, Yaqub A, Intisar R. Corneal Collagen Cross Linking (Cxl) in Treatment of Pseudophakic Bullous Keratopathy. *Pakistan J Med Sci.* 1969;32(4):965-968.
45. Davila JR, Mian SI. Infectious keratitis after keratoplasty. *Curr Opin Ophthalmol.* 2016;27(4):358-366.
46. Tixier J, Bourcier T, Borderie V, Laroche L. Infectious keratitis after penetrating keratoplasty. *J Fr Ophtalmol.* 2001;24(6):597-602.
47. Haddadin RI, Chodosh J. Corneal transplantation and glaucoma. *Semin Ophthalmol.* 2014;29(5-6):380-396.
48. Borderie VM, Loriaut P, Bouheraoua N, Nordmann JP. Incidence of Intraocular Pressure Elevation and Glaucoma after Lamellar versus Full-Thickness Penetrating Keratoplasty. *Ophthalmology.* 2016;123(7):1428-1434.
49. Oruçoglu F, Blumenthal EZ, Frucht-Pery J, Solomon A. Risk Factors and Incidence of Ocular Hypertension After Penetrating Keratoplasty. *J Glaucoma.* 2014;23(9):599-605.
50. Kornmann HL, Gedde SJ. Glaucoma management after corneal transplantation surgeries. *Curr Opin Ophthalmol.* 2015;27(March):132-139.
51. Parihar JKS, Jain VK, Kaushik J, Mishra A. Pars Plana-Modified versus Conventional Ahmed Glaucoma Valve in Patients Undergoing Penetrating Keratoplasty: A Prospective Comparative Randomized Study. *Curr Eye Res.* June 2016:1-7.
52. Laíns I, Rosa AM, Guerra M, et al. Irregular Astigmatism After Corneal Transplantation- Efficacy and Safety of Topography-Guided Treatment. *Cornea.* 2016;35(1):30-36.
53. Böhringer D, Dineva N, Maier P, et al. Long-term follow-up of astigmatic keratotomy for corneal astigmatism after penetrating keratoplasty. *Acta Ophthalmol.* 2016;94(7):e607-e611.
54. Bhandari V, Ganesh S, Raj M, Batra A. A rare case of atypical sympathetic ophthalmia post therapeutic keratoplasty. *J Ophthalmic Inflamm Infect.* 2016:4-6.
55. Park Yuli, Kim Min Hee, Won Jae Yon, Kim Hyun Seung PY-H. Vitreoretinal Complications After Penetrating Keratoplasty. *Retina.* 2016;36(11):2110-2115.
56. Yu T, Rajendran V, Griffith M, Forrester J V, Kuffová L. High-risk corneal allografts: A therapeutic challenge. *World J Transplant.* 2016;6(1):10.

57. Szaflik JP, Major J, Izdebska J, Lao M, Szaflik J. Systemic immunosuppression with mycophenolate mofetil to prevent corneal graft rejection after high-risk penetrating keratoplasty: a 2-year follow-up study. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2016.
58. Bali S, Filek R, Si F, Hodge W. Systemic Immunosuppression in High-Risk Penetrating Keratoplasty: A Systematic Review. *J Clin Med Res*. 2016;8(4):269-276.
59. Luengo-Gimeno F, Tan DT, Mehta JS. Evolution of deep anterior lamellar keratoplasty (DALK). *Ocul Surf*. 2011;9(2):98-110.
60. Anwar M. Dissection technique in lamellar keratoplasty. *Br J Ophthalmol*. 1972;56(9):711-713.
61. Sugita J, Kondo J. Deep lamellar keratoplasty with complete removal of pathological stroma for vision improvement. *Br J Ophthalmol*. 1997;81(3):184.
62. 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(3):327-333.
63. Manche EE, Holland GN, Maloney RK. Deep lamellar keratoplasty using viscoelastic dissection. *Arch Ophthalmol*. 1999;117(11):1561-1565.
64. Anwar M, Teichmann KD. Big-bubble technique to bare Descemet's membrane in anterior lamellar keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2002;28(3):398-403.
65. Javadi MA, Feizi S, Yazdani S, Mirbabae F. Deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty for keratoconus: A clinical trial. *Cornea*. 2010;29(4):365-371.
66. Söğütlü Sari E, Kubaloğlu A, Ünal M, et al. Penetrating keratoplasty versus deep anterior lamellar keratoplasty: comparison of optical and visual quality outcomes. *Br J Ophthalmol*. 2012;96(8):1063-1067.
67. Al-Torbak AA. Deep anterior lamellar keratoplasty for pellucid marginal degeneration. *Saudi J Ophthalmol*. 2013;27(1):11-14.
68. Villarrubia A, Pérez-Santonja JJ, Palacín E, Rodríguez-Ausín P P, Hidalgo A. Deep anterior lamellar keratoplasty in post-laser in situ keratomileusis keratectasia. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33(5):773-778.
69. Salouti R, Nowroozzadeh MH, Makateb P, Zamani M, Ghoreyshi M, Melles GRJ. Deep anterior lamellar keratoplasty for keratectasia after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(12):2011-2018.
70. Reddy JC, Murthy SI, Vaddavalli PK, et al. Clinical outcomes and risk factors for graft failure after deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty for macular corneal dystrophy. *Cornea*. 2015;34(2):171-176.
71. Arslan OS, Ünal M, Tuncer I, Yücel I. Deep anterior lamellar keratoplasty using big-bubble technique for treatment of corneal stromal scars. *Cornea*. 2011;30(6):629-633.
72. 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(2):282-289.e1.
73. Omoto M, Shimmura S, Hatou S, Ichihashi Y, Kawakita T, Tsubota K. Simultaneous deep anterior lamellar keratoplasty and limbal allograft in bilateral limbal stem cell deficiency. *Jpn J Ophthalmol*. 2010;54(6):537-543.
74. Fogla R, Padmanabhan P. Deep anterior lamellar keratoplasty combined with autologous limbal stem cell transplantation in unilateral severe chemical injury. *Cornea*. 2005;24(4):421-425.
75. Gabison EE, Doan S, Catanese M, Chastang P, Ben M'hamed M, Cochereau I. Modified

- deep anterior lamellar keratoplasty in the management of small and large epithelialized descemetocelles. *Cornea*. 2011;30(10):1179-1182.
76. Sharma N, Kumar C, Mannan R. Surgical Technique of Deep Anterior Lamellar Keratoplasty in Descemetocelles. *Cornea*. 2010;29(12):1448-1451.
  77. Ogawa A, Yamaguchi T, Mitamura H, et al. Aetiology-specific comparison of long-term outcome of deep anterior lamellar keratoplasty for corneal diseases. *Br J Ophthalmol*. 2015;1176-1183.
  78. Busin M, Beltz J. Deep anterior lamellar keratoplasty after descemet stripping automated endothelial keratoplasty. *Cornea*. 2011;30(9):1048-1050.
  79. Ashar JN, Pahuja S, Ramappa M, Vaddavalli PK, Chaurasia S, Garg P. Deep anterior lamellar keratoplasty in children. *Am J Ophthalmol*. 2013;155(3):570-574.
  80. Arora R, Jain P, Jain P, Manudhane A, Goyal J. Results of Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Advanced Keratoconus in Children Less Than 18 Years. *Am J Ophthalmol*. 2016;162:191-198.
  81. Jhanji V, Sharma N, Vajpayee Rasik B. *Deep Anterior Lamellar Keratoplasty: Different Strokes*. 1st ed. Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.; 2012.
  82. Sarnicola V, Toro P, Gentile D, Hannush SB. Descemet DALK and predescemet DALK: outcomes in 236 cases of keratoconus. *Cornea*. 2010;29(1):53-59.
  83. Schiano-Lomoriello D, Colabelli-Gisoldi RA, Nubile M, et al. Descemet and Predescemet DALK in Keratoconus Patients: A Clinical and Confocal Perspective Study. *Biomed Res Int*. 2014;2014:1-7.
  84. Malbran E. Lamellar keratoplasty in keratoconus. *Int Ophthalmol Clin*. 1966;6(1):99-109.
  85. Mosca L, ed. *Keratoplasties - Surgical Techniques and Complications*. InTech; 2012.
  86. Melles GR, Eggink FA, Lander F, et al. A surgical technique for posterior lamellar keratoplasty. *Cornea*. 1998;17(6):618-626.
  87. Melles GR, Remeijer L, Geerards a J, Beekhuis WH. A quick surgical technique for deep, anterior lamellar keratoplasty using visco-dissection. *Cornea*. 2000;19(4):427-432.
  88. 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(3):327-333.
  89. Banerjee S, Li HJ, Tsaousis KT, Tabin GC. Salvaging deep anterior lamellar keratoplasty with microbubble incision technique in failed “big bubble” cases: an update study. *Eur J Ophthalmol*. June 2016:0-0.
  90. Foroutan A, Tabatabaei SA, Soleimani M, Nekoozadeh S. Urrets-Zavalía syndrome in different methods of keratoplasty. *Int J Ophthalmol*. 2016;9(9):1358-1360.
  91. Roberts HW, Maycock NJR, O’Brart DPS. Late Stromal Rejection in Deep Anterior Lamellar Keratoplasty: A Case Series. *Cornea*. 2016;35(9):1179-1181.
  92. Olson EA, Tu EY, Basti S. Stromal Rejection Following Deep Anterior Lamellar Keratoplasty: Implications for Postoperative Care. *Cornea*. 2012;31(9):969-973.
  93. Le Q, Wu D, Li Y, Ji J, Cai R, Xu J. Early-Onset Candida glabrata Interface Keratitis after Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Optom Vis Sci*. 2015;92(5):e93-e96.
  94. Terry M a. The evolution of lamellar grafting techniques over twenty-five years. *Cornea*. 2000;19(5):611-616.
  95. Young AL, Rao SK, Cheng LL, Lam PTH. Endothelial keratoplasty. *HKJOphthalmol*. 12(1):25-32.

96. John T. *Corneal Endothelial Transplant: DSEAK, DMEK and DLEK*. New Delhi, India: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.; 2010.
97. Busin M, Arffa RC, Sebastiani A. Endokeratoplasty as an alternative to penetrating keratoplasty for the surgical treatment of diseased endothelium: Initial results. *Ophthalmology*. 2000;107(11):2077-2082.
98. Azar DT, Jain S, Sambursky R, Strauss L. Microkeratome-assisted posterior keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2001;27(3):353-356.
99. Terry M a, Ousley PJ. Deep lamellar endothelial keratoplasty in the first United States patients: early clinical results. *Cornea*. 2001;20(3):239-243.
100. Melles GRJ, Wijdh RHJ, Nieuwendaal CP. A technique to excise the descemet membrane from a recipient cornea (descemetorhexis). *Cornea*. 2004;23(3):286-288.
101. Price FW, Price MO. Descemet's stripping with endothelial keratoplasty in 50 eyes: a refractive neutral corneal transplant. *J Refract Surg*. 2005;21(4):339-345.
102. Gorovoy MS. Descemet-Stripping Automated Endothelial Keratoplasty. *Cornea*. 2006;25(8):886-889.
103. Busin M, Patel AK, Scorgia V, Ponzin D. Microkeratome-Assisted Preparation of Ultrathin Grafts for Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty. *Investig Ophthalmology Vis Sci*. 2012;53(1):521.
104. Hsu M, Hereth WL, Moshirfar M, Moshirfar M. Double-pass microkeratome technique for ultra-thin graft preparation in Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty. *Clin Ophthalmol*. 2012;6:425-432.
105. Tsatsos M, Konstantopoulos A, Hossain P, Anderson D. Presoaking with BSS used for thin manually dissected DSEK (TMDSEK): a viable option for thin DSEK. *Eye (Lond)*. 2014;28(6):701-704.
106. Oh KT, Weil LJ, Oh DM, Mathers WD. Corneal thickness in Fuchs' dystrophy with and without epithelial oedema. *Eye (Lond)*. 1998;12 ( Pt 2)(319):282-284.
107. Richard J, Hoffart L, Chavane F, Ridings B, Conrath J. Corneal endothelial cell loss after cataract extraction by using ultrasound phacoemulsification versus a fluid-based system. *Cornea*. 2008;27(1):17-21.
108. Ho JW, Afshari NA. Advances in cataract surgery: preserving the corneal endothelium. *Curr Opin Ophthalmol*. 2015;26(1):22-27.
109. Abell RG, Kerr NM, Howie AR, Kamal MAAM, Allen PL, Vote BJ. Effect of femtosecond laser-assisted cataract surgery on the corneal endothelium. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(11):1777-1783.
110. Dapena I. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK): Surgical Technique, Results and Complications. Tesis doctoral. 2012.
111. Anshu A, Price MO, Price FW. Descemet's stripping endothelial keratoplasty under failed penetrating keratoplasty: Visual rehabilitation and graft survival rate. *Ophthalmology*. 2011;118(11):2155-2160.
112. Mitry D, Bhogal M, Patel AK, et al. Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty After Failed Penetrating Keratoplasty Survival, Rejection Risk, and Visual Outcome. *Jama Ophthalmol*. 2015;132(6):742-749.
113. Mearza AA, Qureshi MA, Rostron CK. Experience and 12-month results of descemet-stripping endothelial keratoplasty (DSEK) with a small-incision technique. *Cornea*. 2007;26(3):279-283.
114. Suh LH, Yoo SH, Deobhakta A, et al. Complications of Descemet's Stripping with

- Automated Endothelial Keratoplasty. Survey of 118 Eyes at One Institute. *Ophthalmology*. 2008;115(9):1517-1524.
115. Villarrubia A. *Trasplante Del Endotelio Corneal*. Madrid, España: Sociedad Española de Oftalmología; 2010.
  116. Tsui E, Fogel E, Hansen K, et al. Candida Interface Infections After Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty. *Cornea*. 2016;35(4):456-464.
  117. Wong RK, Greene DP, Shield DR, Eberhart CG, Huang JJ, Shayegani A. 5-Fluorouracil for Epithelial Downgrowth After Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty. *Cornea*. 2013;32(12):1610-1612.
  118. Melles GRJ, Ong TS, Ververs B, van der Wees J. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK). *Cornea*. 2006;25(8):987-990.
  119. Price MO, Giebel AW, Fairchild KM, Price FW. Descemet's membrane endothelial keratoplasty: prospective multicenter study of visual and refractive outcomes and endothelial survival. *Ophthalmology*. 2009;116(12):2361-2368.
  120. Studeny P, Farkas A, Vokrojova M, Liskova P, Jirsova K. Descemet membrane endothelial keratoplasty with a stromal rim (DMEK-S). *Br J Ophthalmol*. 2010;94(7):909-914.
  121. Chandra Balachandran, Lianne Ham, Christianne A. Verschoor, T. San Ong, Jacqueline Van Der Wees AGRJM. Spontaneous Corneal Clearance Despite Graft Detachment in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Am J Ophthalmol*. 2010;149(3):531.
  122. Dirisamer M, Ham L, Dapena I, van Dijk K, Melles GRJ. Descemet membrane endothelial transfer: "free-floating" donor Descemet implantation as a potential alternative to "keratoplasty". *Cornea*. 2012;31(2):194-197.
  123. Avendaño-Cantos EM, Celis-Sánchez J, Mesa-Varona D, Gálvez-Martínez J, López-Arroquia E, González del Valle F. Corneal toxicity due to amantadine. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2012;87(9):290-293.
  124. Dapena I, Moutsouris K, Droutsas K, Ham L, van Dijk K, Melles GRJ. Standardized "no-touch" technique for descemet membrane endothelial keratoplasty. *Arch Ophthalmol*. 2011;129(1):88-94.
  125. Muraine M, Gueudry J, He Z, Piselli S, Lefevre S, Toubeau D. Novel technique for the preparation of corneal grafts for descemet membrane endothelial keratoplasty. *Am J Ophthalmol*. 2013;156(5):851-859.
  126. Brissette A, Conlon R, Teichman JC, Yeung S, Ziai S, Baig K. Evaluation of a new technique for preparation of endothelial grafts for descemet membrane endothelial keratoplasty. *Cornea*. 2015;34(5):557-559.
  127. Agarwal AAA, Dua HS, Narang P, et al. Pre-Descemet's endothelial keratoplasty (PDEK). *Br J Ophthalmol*. 2014;98(9):1181-1185.
  128. Dua HS, Termote K, Kenawy MB, et al. Scrolling Characteristics of Pre-Descemet Endothelial Keratoplasty Tissue: An Ex Vivo Study. *Am J Ophthalmol*. 2016;166:84-90.
  129. Saad A, Guilbert E, Grise-Dulac A, Sabatier P, Gatinel D. Intraoperative OCT-Assisted DMEK. *Cornea*. 2015;34(7):802-807.
  130. Steven P, Le Blanc C, Velten K, et al. Optimizing Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Using Intraoperative Optical Coherence Tomography. *Jama Ophthalmol*. 2013;131(9):1135-1142.
  131. Veldman PB, Mayko ZM, Straiko MD, Terry MA. Intraoperative S-Stamp Enabled Rescue of 3 Inverted Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Grafts. *Cornea*. 2017;36(6):661-664.

132. Veldman PB, Dye PK, Holiman JD, et al. The S-stamp in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Safely Eliminates Upside-down Graft Implantation. *Ophthalmology*. 2016;123(1):161-164.
133. Maier A-KB, Gundlach E, Schroeter J, et al. Influence of the difficulty of graft unfolding and attachment on the outcome in descemet membrane endothelial keratoplasty. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2015;253(6):895-900.
134. Price MO, Baig KM, Brubaker JW, Price FW. Randomized, prospective comparison of precut vs surgeon-dissected grafts for descemet stripping automated endothelial keratoplasty. *Am J Ophthalmol*. 2008;146(1):36-41.
135. Terry MA, Straiko MD, Veldman PB, et al. Standardized DMEK Technique: Reducing Complications Using Prestripped Tissue, Novel Glass Injector, and Sulfur Hexafluoride (SF6) Gas. *Cornea*. 2015;34(8):845-852.
136. Cursiefen C, Steven P, Roters S, Heindl LM. Prevention and management of complications in Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK) and Descemet stripping automated endothelial keratoplasty (DSAEK). *Ophthalmologie*. 2013;110(7):614-621.
137. Kruse FE, Laaser K, Cursiefen C, et al. A stepwise approach to donor preparation and insertion increases safety and outcome of Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Cornea*. 2011;30(5):580-587.
138. Jacob S, Agarwal A, Agarwal A, Narasimhan S, Kumar DA, Sivagnanam S. Endoilluminator–assisted transcorneal illumination for Descemet membrane endothelial keratoplasty: Enhanced intraoperative visualization of the graft in corneal decompensation secondary to pseudophakic bullous keratopathy. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(8):1332-1336.
139. Botsford B, Vedana G, Cope L, Yiu SC, Jun AS. Comparison of 20% sulfur hexafluoride with air for intraocular tamponade in Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK). *Arq Bras Oftalmol*. 2016;79(5):299-302.
140. Ham L, Dapena I, Liarakos VS, et al. Midterm Results of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty: 4 to 7 Years Clinical Outcome. *Am J Ophthalmol*. 2016;171:113-121.
141. Price MO, Gorovoy M, Benetz BA, et al. Descemet's Stripping Automated Endothelial Keratoplasty Outcomes Compared with Penetrating Keratoplasty from the Cornea Donor Study. *Ophthalmology*. 2010;117(3):438-444.
142. Dapena I, Ham L, van Luijk C, van der Wees J, Melles GRJ. Back-up procedure for graft failure in Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK). *Br J Ophthalmol*. 2010;94(2):241-244.
143. Price MO, Thompson RW, Price FW. Risk factors for various causes of failure in initial corneal grafts. *Arch Ophthalmol*. 2003;121(8):1087-1092.
144. Hos D, Tuac O, Schaub F, et al. Incidence and Clinical Course of Immune Reactions after Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Ophthalmology*. 2017;124(4):512-518.
145. Norn M, Jensen OA. Marius Tscherning (1854-1939): His life and work in optical physiology. *Acta Ophthalmol Scand*. 2004;82(5):501-508.
146. Howland HC. High order wave aberration of eyes. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2002;22(5):434-439.
147. Liang J, Grimm B, Goelz S, Bille JF. Objective measurement of wave aberrations of the human eye with the use of a Hartmann-Shack wave-front sensor. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*. 1994;11(7).

148. Ruiz Mesa R, Tañá Rivero P. *Óptica Para El Cirujano Facio-Refractivo*. Barcelona: Elsevier Health Sciences Spain; 2015.
149. Llovet F. Calidad visual en LASIK hipermetrópico. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Oftalmología. 2007.
150. Gómez Vieyra Armando P, Malacara Hernández D. Reconstrucción de Frentes de Onda con Datos Interferométricos Utilizando Polinomios de Cuasi-Zernike. Tesis maestría. Centro de Investigaciones en Óptica de Guanajuato. Departamento de Óptica. 2006.
151. Born M, Wolf E, Bhatia AB. *Principles of Optics: Electromagnetic Theory of Propagation, Interference and Diffraction of Light*. Cambridge, England: Cambridge University Press; 1999.
152. Dai G. *Wavefront Optics for Vision Correction*. Bellingham, WA: SPIE Press; 2008.
153. Mejia Y. El frente de onda y su representación con polinomios de Zernike. *Cienc Tecnol para la Salud Vis y Ocul*. 2012;9(2):145-166.
154. Smolek MK, Klyce SD. Zernike Polynomial Fitting Fails to Represent All Visually Significant Corneal Aberrations. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2003;44(11):4676-4681.
155. Roddier F, Roddier C. Wavefront reconstruction using iterative Fourier transforms. *Appl Opt*. 1991;30(11):1325.
156. Oshika T, Tomidokoro A, Maruo K, Tokunaga T, Miyata N. Quantitative Evaluation of Irregular Astigmatism by Fourier Series Harmonic Analysis of Videokeratography Data. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1998;39(5):705-709.
157. Oshika T, Tanabe T, Tomidokoro A, Amano S. Progression of keratoconus assessed by fourier analysis of videokeratography data. *Ophthalmology*. 2002;109(2):339-342.
158. Tomidokoro A, Oshika T. Quantitative assessment of videokeratography data using fourier series harmonic analysis. *Cornea*. 2004;23(0277-3740 (Print)):S71-S77.
159. Herrero Hernández S. Series armónicas de Fourier aplicadas al análisis del queratocono. *Gac Optom y óptica oftálmica*. 2011;(450):18-20.
160. Dai G-M. Comparison of wavefront reconstructions with Zernike polynomials and Fourier transforms. *J Refract Surg*. 2006;22(9):943-948.
161. Yoon G, Pantanelli S, Macrae S. Comparison of Zernike and Fourier wavefront reconstruction algorithms in representing corneal aberration of normal and abnormal eyes. *J Refract Surg*. 2008;24:582-590.
162. Tomas-Juan J. Aberrometría ocular: aplicaciones clínicas y limitaciones de los sensores de frente de onda. *Cienc y Tecnol para la salud Vis y Ocul*. 2014;12(1):93-105.
163. Navarro R, Rivera R, Aporta J. Representation of wavefronts in free-form transmission pupils with complex zernike polynomials. *J Optom*. 2011;4(2):41-48.
164. Applegate RA, Thibos LN, Bradley A, et al. Reference axis selection: subcommittee report of the OSA Working Group to establish standards for measurement and reporting of optical aberrations of the eye. *J Refract Surg*. 2000;16(5):S656-8.
165. Klyce SD, Karon MD, Smolek MK. Advantages and disadvantages of the Zernike expansion for representing wave aberration of the normal and aberrated eye. *J Refract Surg*. 2004;20(5):S537-41.
166. Eastwood RJ, Johnson AM, Greenaway AH. Calculation and correction of piston phase aberration in synthesis imaging. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*. 2009;26(1):195-205.
167. Johnson AM, Eastwood RJ, Greenaway AH. Calculation and correction of subaperture tilt aberration modes in synthesis imaging. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*. 2012;29(5):757-766.

168. Rosas A. Una aproximación a la Tecnología de Frentes de Onda: Bases de Aberrometría (1ª Parte). *Rev Soc Colomb Oftalmol*. 2005;38(3):68-81.
169. Vidal R. Entendiendo e interpretando las aberraciones ópticas. *Cienc Tecnol para la Salud Vis y Ocul*. 2011;9(2):105-122.
170. Wang L, Dai E, Koch DD, Nathoo A. Optical aberrations of the human anterior cornea. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29(8):1514-1521.
171. de Gracia P, Dorronsoro C, Gamba E, Marin G, Hernández M, Marcos S. Combining coma with astigmatism can improve retinal image over astigmatism alone. *Vision Res*. 2010;50(19):2008-2014.
172. Piñero-Llorens DP, Ortiz Marquez D. La aberración esférica ocular: inducción y corrección quirúrgica. *Gac Opt*. 2008;424:20-26.
173. Lindskoog Pettersson A, Mårtensson L, Salkic J, Unsbo P, Brautaset R. Spherical aberration in relation to visual performance in contact lens wear. *Contact Lens Anterior Eye*. 2011;34(1):12-16.
174. Wang Y, Zhao K, Jin Y, Niu Y, Zuo T. Changes of Higher Order Aberration With Various Pupil Sizes in the Myopic Eye. *J Refract Surg*. 2003;19(2):S270-S274.
175. Salmon TO, van de Pol C. Normal-eye Zernike coefficients and root-mean-square wavefront errors. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32(12):2064-2074.
176. Marsack JD, Thibos LN, Applegate R a. Metrics of optical quality derived from wave aberrations predict visual performance. *J Vis*. 2004;4(4):322-328. doi:10.1167/4.4.8.
177. Bille JF, Harner CFH (Carol FH., Loesel FF. *Aberration-Free Refractive Surgery : New Frontiers in Vision*. 2nd ed. Springer Berlin Heidelberg; 2004.
178. Braaf B, Dubbelman M, van der Heijde RGL, Sicam VADP. Performance in specular reflection and slit-imaging corneal topography. *Optom Vis Sci*. 2009;86(5):467-475.
179. Oliveira CM, Ferreira A, Franco S. Wavefront analysis and Zernike polynomial decomposition for evaluation of corneal optical quality. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(2):343-356.
180. Alió J. Aberrometría, frente de onda, cirugía refractiva. *Rev Soc Colomb Oftalmol*. 2005;38(3):63-67.
181. Sinjab. Mazen. *Corneal Topography in Clinical Practice (Pentacam System) Basics and Clinical Interpretation*. 1st ed. Damascus: Jaypee Brothers; 2012.
182. Jain R, Grewal S. Pentacam: Principle and Clinical Applications. *Curr J Glaucoma Pract with DVD*. 2009;3(2):20-32.
183. Arredondo-Flores S, Castellanos MA, Ruiz-Quintero N, Naranjo-Tackman R. Reproducibilidad de la medida del ángulo iridocorneal con el uso de Pentacam®, cámara rotatoria tipo Scheimpflug. *Rev Mex Oftalmol*. 2009;83(2):106-109.
184. Oliveira CM, Ribeiro C, Franco S. Corneal imaging with slit-scanning and Scheimpflug imaging techniques. *Clin Exp Optom*. 2011;94(1):33-42.
185. McAlinden C, Khadka J, Pesudovs K. A comprehensive evaluation of the precision (repeatability and reproducibility) of the Oculus Pentacam HR. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2011;52(10):7731-7737.
186. Jonuscheit S. Data extraction and reporting strategies of studies assessing non-central corneal thickness by Pentacam: A review. *Contact Lens Anterior Eye*. 2014;37(5):323-330.
187. Koh S, Maeda N, Nakagawa T, et al. Characteristic higher-order aberrations of the anterior and posterior corneal surfaces in 3 corneal transplantation techniques. *Am J Ophthalmol*.

- 2012;153(2):284-290.e1.
188. Shankar H, Taranath D, Santhirathelagan CT, Pesudovs K. Anterior segment biometry with the Pentacam: Comprehensive assessment of repeatability of automated measurements. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(1):103-113.
  189. Shankar H, Taranath D, Santhirathelagan CT, Pesudovs K. Repeatability of corneal first-surface wavefront aberrations measured with Pentacam corneal topography. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(5):727-734.
  190. Ang M, Mehta JS, Sng CCA, Htoon HM, Tan DTH. Indications, Outcomes, and Risk Factors for Failure in Tectonic Keratoplasty. *Ophthalmology.* 2012;119(7):1311-1319.
  191. Vanathi M, Sharma N, Titiyal JS, Tandon R, Vajpayee RB. Tectonic grafts for corneal thinning and perforations. *Cornea.* 2002;21(8):792-797.
  192. Price FW, Whitson WE, Marks RG. Graft survival in four common groups of patients undergoing penetrating keratoplasty. *Ophthalmology.* 1991;98(3):322-328.
  193. Bernal Reyes N, Arias Díaz A, Camacho Rangel LE. Aberraciones corneales anteriores y posteriores medidas mediante imágenes de Scheimpflug en el queratocono en niños. *Rev Mex Oftalmol.* 2015;89(4):210-218.
  194. Montés-Micó R. Medida de aberraciones ópticas en el ojo. *Gac Óptica.* 2005;(394):10-14.
  195. Oie Y, Maeda N, Kosaki R, et al. Characteristics of ocular higher-order aberrations in patients with pellucid marginal corneal degeneration. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(11):1928-1934.
  196. Kosaki R, Maeda N, Bessho K, et al. Magnitude and Orientation of Zernike Terms in Patients with Keratoconus. *Investig Ophthalmology Vis Sci.* 2007;48(7):3062.
  197. Oshika T. Quantitative assessment of quality of vision. *Nihon Ganka Gakkai Zasshi.* 2004;108(12):770-807; discussion 808.
  198. Eghrari AO, Gottsch JD. Fuchs' corneal dystrophy. *Expert Rev Ophthalmol.* 2010;5(2):147-159.
  199. 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(3):505-511.
  200. Deng SX, Sanchez PJ, Chen L. Clinical Outcomes of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Using Eye Bank-Prepared Tissues. *Am J Ophthalmol.* 2015;159(3):590-596.
  201. Eghrari AO, Riazuddin SA, Gottsch JD. Fuchs Corneal Dystrophy. In: *Progress in Molecular Biology and Translational Science.* Vol 134. ; 2015:79-97.
  202. van Dijk K, Rodriguez-Calvo-de-Mora M, van Esch H, et al. Two-Year Refractive Outcomes After Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea.* 2016;35(12):1548-1555.
  203. Alnawaiseh M, Rosentreter A, Eter N, Zumbach L. Changes in Corneal Refractive Power for Patients With Fuchs Endothelial Dystrophy After DMEK. *Cornea.* 2016;35(8):1073-1077.
  204. Goldich Y, Barkana Y, Avni I, Zadok D. Goldmann Applanation Tonometry Versus Ocular Response Analyzer for Intraocular Pressure Measurements in Keratoconic Eyes. *Cornea.* 2010;29(9):1011-1015.
  205. Alnawaiseh M, Zumbach L, Rosentreter A, Eter N. Changes in Anterior, Posterior, and Total Corneal Astigmatism after Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *J Ophthalmol.* 2017;2017:1-7.
  206. 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(1):209-218.
207. Reddy JC, Murthy SI, Vaddavalli PK, et al. Clinical outcomes and risk factors for graft failure after deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty for macular corneal dystrophy. *Cornea*. 2015;34(2):171-176.
  208. 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.
  209. Kim MH, Chung T-Y, Chung E-S. A Retrospective Contralateral Study Comparing Deep Anterior Lamellar Keratoplasty With Penetrating Keratoplasty. *Cornea*. 2013;32(4):385-389.
  210. Bhatt UK, Fares U, Rahman I, Said DG, Maharajan S V, Dua HS. Outcomes of deep anterior lamellar keratoplasty following successful and failed “big bubble”. *Br J Ophthalmol*. 2012;96(4):564-569.
  211. Jones MNA, Armitage WJ, Ayliffe W, Larkin DF, Kaye SB, NHSBT Ocular Tissue Advisory Group and Contributing Ophthalmologists (OTAG Audit Study 5). Penetrating and deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus: a comparison of graft outcomes in the United kingdom. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50(12):5625-5629.
  212. Klein AP, Suktitipat B, Duggal P, et al. Heritability analysis of spherical equivalent, axial length, corneal curvature, and anterior chamber depth in the Beaver Dam Eye Study. *Arch Ophthalmol (Chicago, Ill 1960)*. 2009;127(5):649-655.
  213. Borderie VM, Georgeon C, Borderie M, Bouheraoua N, Touzeau O, Laroche L. Corneal radius of curvature after anterior lamellar versus penetrating keratoplasty. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2014;52(3):449-456.
  214. Huang T, Hu Y, Gui M, Hou C, Zhang H. Comparison of refractive outcomes in three corneal transplantation techniques for keratoconus. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2015;53(11):1947-1953.
  215. Ing JJ, Ing HH, Nelson LR, Hodge DO, Bourne WM. Ten-year postoperative results of penetrating keratoplasty. *Ophthalmology*. 1998;105(10):1855-1865.
  216. Kettesy B, Nemeth G, Kemeny-Beke A, Berta A, Modis L. Assessment of endothelial cell density and corneal thickness in corneal grafts an average of 5 years after penetrating keratoplasty. *Wien Klin Wochenschr*. 2014;126(9-10):286-290.
  217. Hamzaoglu EC, Straiko MD, Mayko ZM, Sáles CS, Terry MA. The First 100 Eyes of Standardized Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty versus Standardized Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Ophthalmology*. 2015;122(11):2193-2199.
  218. Jun B, Kuo AN, Afshari NA, Carlson AN, Kim T. Refractive change after descemet stripping automated endothelial keratoplasty surgery and its correlation with graft thickness and diameter. *Cornea*. 2009;28(1):19-23.
  219. Peraza-Nieves J, Baydoun L, Dapena I, et al. Two-Year Clinical Outcome of 500 Consecutive Cases Undergoing Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea*. 2017;36(6):655-660.
  220. Zhu L, Zha Y, Cai J, Zhang Y. Descemet stripping automated endothelial keratoplasty versus descemet membrane endothelial keratoplasty: a meta-analysis. *Int Ophthalmol*. April 2017.
  221. Seery LS, McLaren JW, Kittleson KM, Patel S V. Retinal Point-Spread Function after Corneal Transplantation for Fuchs’ Dystrophy. *Investig Ophthalmology Vis Sci*. 2011;52(2):1003.

222. Koenig SB, Covert DJ, Dupps WJ, Meisler DM. Visual acuity, refractive error, and endothelial cell density six months after Descemet stripping and automated endothelial keratoplasty (DSAEK). *Cornea*. 2007;26(6):670-674.
223. Covert DJ, Koenig SB. New triple procedure: Descemet's stripping and automated endothelial keratoplasty combined with phacoemulsification and intraocular lens implantation. *Ophthalmology*. 2007;114(7):1272-1277.
224. Shinton AJ, Tsatsos M, Konstantopoulos A, et al. Impact of graft thickness on visual acuity after Descemet's stripping endothelial keratoplasty. *Br J Ophthalmol*. 2012;96(2):246-249.
225. Price MO, Price FW. Descemet's Stripping with Endothelial Keratoplasty: comparative outcomes with microkeratome-dissected and manually dissected donor tissue. *Ophthalmology*. 2006;113(11):1936-1942.
226. Yoo SH, Kymionis GD, Deobhakta AA, et al. One-year results and anterior segment optical coherence tomography findings of descemet stripping automated endothelial keratoplasty combined with phacoemulsification. *Arch Ophthalmol (Chicago, Ill 1960)*. 2008;126(8):1052-1055.
227. Holz HA, Meyer JJ, Espandar L, Tabin GC, Mifflin MD, Moshirfar M. Corneal profile analysis after Descemet stripping endothelial keratoplasty and its relationship to postoperative hyperopic shift. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34(2):211-214.
228. Hindman HB, Huxlin KR, Pantanelli SM, et al. Post DSAEK Optical Changes: A Comprehensive Prospective Analysis on the Role of Ocular Wavefront Aberrations, Haze, and Corneal Thickness. *Cornea*. 2013;32(12):1567-1577.
229. Sánchez Chaveinte D. Parámetros Ópticos en Ojos Intervenidos de DSAEK. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. Departamento de Medicina. 2017.
230. Nahum Y, Mimouni M, Madi S, Busin M. Visual Outcomes of Repeat Versus Primary Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty-A Paired Comparison. *Cornea*. 2016;35(5):592-595.
231. Ferrari G, Reichegger V, Ludergrani L, Delfini E, Macaluso C. In vivo evaluation of DSAEK interface with scanning-laser confocal microscopy. *BMC Ophthalmol*. 2012;12:32.
232. Nieuwendaal CP, van Velthoven MEJ, Biallostowski C, et al. Thickness Measurements of Donor Posterior Disks After Descemet Stripping Endothelial Keratoplasty With Anterior Segment Optical Coherence Tomography. *Cornea*. 2009;28(3):298-303.
233. Higashiura R, Maeda N, Nakagawa T, et al. Corneal Topographic Analysis by 3-Dimensional Anterior Segment Optical Coherence Tomography after Endothelial Keratoplasty. *Investig Ophthalmology Vis Sci*. 2012;53(7):3286.
234. Ahmed KA, McLaren JW, Baratz KH, Maguire LJ, Kittleson KM, Patel S V. Host and Graft Thickness after Descemet Stripping Endothelial Keratoplasty for Fuchs Endothelial Dystrophy. *Am J Ophthalmol*. 2010;150(4):490-497.e2.
235. Busin M, Albé E. Does thickness matter: ultrathin Descemet stripping automated endothelial keratoplasty. *Curr Opin Ophthalmol*. 2014;25(4):312-318.
236. Van Cleynenbreugel H, Remeijer L, Hillenaar T. Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty: Effect of Intraoperative Lenticule Thickness on Visual Outcome and Endothelial Cell Density. *Cornea*. 2011;30(11):1195-1200.
237. Liu H, Chen Y, Wang P, et al. Efficacy and safety of deep anterior lamellar keratoplasty vs. penetrating keratoplasty for keratoconus: a meta-analysis. Taylor AW, ed. *PLoS One*. 2015;10(1):e0113332.

238. Javadi MA, Feizi S, Yazdani S, Mirbabae F. Deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty for keratoconus: A clinical trial. *Cornea*. 2010;29(4):365-371.
239. van der Meulen IJE, Patel S V, Lapid-Gortzak R, Nieuwendaal CP, McLaren JW, van den Berg TJTP. Quality of Vision in Patients With Fuchs Endothelial Dystrophy and After Descemet Stripping Endothelial Keratoplasty. *Arch Ophthalmol*. 2011;129(12):1537.
240. Liu GJ, Okisaka S, Mizukawa A, Momose A. Histopathological study of pseudophakic bullous keratopathy developing after anterior chamber of iris-supported intraocular lens implantation. *Jpn J Ophthalmol*. 1993;37(4):414-425.
241. Agarwal A, Narang P, Kumar DA, Agarwal A. Young donor-graft assisted endothelial keratoplasty (PDEK/DMEK) with epithelial debridement for chronic pseudophakic bullous keratopathy. *Can J Ophthalmol / J Can d'Ophthalmologie*. 2017;52(5):519-526.
242. Ono T, Ishiyama S, Hayashidera T, et al. Twelve-year follow-up of penetrating keratoplasty. *Jpn J Ophthalmol*. 2017;61(2):131-136.
243. Williams K, Keane M, Galettis R, Jones V, Mills R, Coster D. *The Australian Corneal Graft Registry 2015 Report*. South Australian; 2016.
244. Coster DJ, Lowe MT, Keane MC, Williams KA, Australian Corneal Graft Registry Contributors. A Comparison of Lamellar and Penetrating Keratoplasty Outcomes. *Ophthalmology*. 2014;121(5):979-987.
245. Lekhanont K, Vanikieti K, Nimvorapun N, Chuckpaiwong V. Outcomes of descemet stripping automated endothelial keratoplasty using imported donor corneas. *BMC Ophthalmol*. 2017;17(1):41.
246. Price FW, Price MO. Descemet's stripping with endothelial keratoplasty in 200 eyes: Early challenges and techniques to enhance donor adherence. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32(3):411-418.
247. Terry MA, Hoar KL, Wall J, Ousley P. Histology of dislocations in endothelial keratoplasty (DSEK and DLEK): a laboratory-based, surgical solution to dislocation in 100 consecutive DSEK cases. *Cornea*. 2006;25(8):926-932.
248. Dapena I, Ham L, Droutsas K, van Dijk K, Moutsouris K, Melles GRJ. Learning Curve in Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty: First Series of 135 Consecutive Cases. *Ophthalmology*. 2011;118(11):2147-2154.
249. Heinzelmann S, Böhringer D, Eberwein P, Reinhard T, Maier P. Outcomes of Descemet membrane endothelial keratoplasty, Descemet stripping automated endothelial keratoplasty and penetrating keratoplasty from a single centre study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2016;254(3):515-522.
250. Singh A, Zarei-Ghanavati M, Avadhanam V, Liu C. Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical Outcomes of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Versus Descemet Stripping Endothelial Keratoplasty/Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty. *Cornea*. 2017;36(11):1437-1443.
251. Ang M, Sng CCA. Descemet membrane endothelial keratoplasty and glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol*. 2017;29(2):1.
252. Anwar DS, Chu CY, Prasher P, Bowman RW, Mootha VV. Features of Urrets-Zavalía syndrome after descemet stripping automated endothelial keratoplasty. *Cornea*. 2012;31(11):1330-1334.
253. Yamagami S, Ebihara N, Usui T, Yokoo S, Amano S. Bone Marrow-Derived Cells in Normal Human Corneal Stroma. *Arch Ophthalmol*. 2006;124(1):62.
254. Bidaut-Garnier M, Monnet E, Prongué A, et al. Evolution of Corneal Graft Survival Over a 30-Year Period and Comparison of Surgical Techniques: A Cohort Study. *Am J*

- Ophthalmol.* 2016;163:59-69.
255. Sugar A, Gal RL, Kollman C, et al. Factors Associated With Corneal Graft Survival in the Cornea Donor Study. *JAMA Ophthalmol.* 2015;133(3):246.
  256. Deng SX, Lee WB, Hammersmith KM, et al. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty: Safety and Outcomes: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology.* 2018;125(2):295-310.
  257. Ham L, Dapena I, Liarakos VS, et al. Midterm Results of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty: 4 to 7 Years Clinical Outcome. *Am J Ophthalmol.* 2016;171:113-121.
  258. Schlögl A, Tourtas T, Kruse FE, Weller JM. Long-term Clinical Outcome After Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Am J Ophthalmol.* 2016;169:218-226.
  259. Anshu A, Price MO, Price FW. Descemet's Stripping Endothelial Keratoplasty: Long-term Graft Survival and Risk Factors for Failure in Eyes with Preexisting Glaucoma. *Ophthalmology.* 2012;119(10):1982-1987.
  260. Oshika T, Okamoto C, Samejima T, Tokunaga T, Miyata K. Contrast Sensitivity Function and Ocular Higher-Order Wavefront Aberrations in Normal Human Eyes. *Ophthalmology.* 2006;113(10):1807-1812.
  261. Roberts B, Athappilly G, Tinio B, Naikoo H, Asbell P. Higher order aberrations induced by soft contact lenses in normal eyes with myopia. *Eye Contact Lens.* 2006;32(3):138-142.
  262. Yamaguchi T, Ohnuma K, Tomida D, et al. The contribution of the posterior surface to the corneal aberrations in eyes after keratoplasty. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011;52(9):6222-6229.
  263. Chamberlain W, Omid N, Lin A, Farid M, Gaster RN, Steinert RF. Comparison of Corneal Surface Higher-Order Aberrations After Endothelial Keratoplasty, Femtosecond Laser-Assisted Keratoplasty, and Conventional Penetrating Keratoplasty. *Cornea.* 2012;31(1):6-13.
  264. Atchison DA, Markwell EL. Aberrations of emmetropic subjects at different ages. *Vision Res.* 2008;48(21):2224-2231.
  265. van Dijk K, Droutsas K, Hou J, Sangsari S, Liarakos VS, Melles GRJ. Optical Quality of the Cornea After Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Am J Ophthalmol.* 2014;158(1):71-79.e1.
  266. Chen M, Yoon G. Posterior corneal aberrations and their compensation effects on anterior corneal aberrations in keratoconic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008;49(12):5645-5652.
  267. Oshika T, Tomidokoro A, Tsuji H. Regular and irregular refractive powers of the front and back surfaces of the cornea. *Exp Eye Res.* 1998;67(4):443-447.
  268. Hayashi T, Yamaguchi T, Yuda K, Kato N, Satake Y, Shimazaki J. Topographic characteristics after Descemet's membrane endothelial keratoplasty and Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty. Madigan M, ed. *PLoS One.* 2017;12(11):e0188832.
  269. Yamaguchi T, Negishi K, Yamaguchi K, et al. Effect of anterior and posterior corneal surface irregularity on vision after Descemet-stripping endothelial keratoplasty. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35(4):688-694.
  270. Yamaguchi T, Satake Y, MD P, et al. Visual Function and Higher-Order Aberrations in Eyes After Corneal Transplantation: How to Improve Postoperative Quality of Vision. *Cornea.* 2015;34(11):S128-S135.



## ANEXOS

---



*Complicaciones postquirúrgicas durante el tratamiento*

Complicación	Queratoplastia								
	QPP		DALK		DSAEK		DMEK		
	N	%	N	%	N	%	N	%	
Postquirúrgica	Afaquia	0	0,0%	0	0,0%	1	5,3%	0	0,0%
	Brida vítrea	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	5,6%
	Dehiscencia de punto	4	21,1%	3	42,9%	0	0,0%	0	0,0%
	Dellen	1	5,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Despegamiento de injerto	0	0,0%	0	0,0%	9	47,4%	14	77,8%
	Desplegamiento costoso	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	5,6%
	Ectasia de injerto	0	0,0%	1	14,3%	0	0,0%	0	0,0%
	Estallido ocular	1	5,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Glaucoma agudo	0	0,0%	0	0,0%	1	5,3%	2	11,1%
	Hifema intraoperatorio	0	0,0%	0	0,0%	1	5,3%	0	0,0%
	HTO	2	10,5%	0	0,0%	1	5,3%	0	0,0%
	Insuficiencia limbar	1	5,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Neovascularización corneal	0	0,0%	0	0,0%	1	5,3%	0	0,0%
	Pseudocámara	0	0,0%	3	42,9%	0	0,0%	0	0,0%
	Queratitis infecciosa	0	0,0%	0	0,0%	1	5,3%	0	0,0%
	Seidel positivo	7	36,8%	0	0,0%	1	5,3%	0	0,0%
	Úlcera corneal	3	15,8%	0	0,0%	2	10,5%	0	0,0%
Vitreorragia	0	0,0%	0	0,0%	1	5,3%	0	0,0%	
	33	38,4%	33	60,0%	37	53,6%	41	68,3%	
1 año	Afaquia	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	0	0,0%
	Astigmatismo elevado	0	0,0%	5	9,1%	0	0,0%	0	0,0%
	Atrofia macular	0	0,0%	1	1,8%	0	0,0%	0	0,0%
	Brida vítrea	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	0	0,0%
	Dehiscencia de injerto	1	1,2%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Dehiscencia de sutura	0	0,0%	1	1,8%	0	0,0%	0	0,0%
	Descemetocele	1	1,2%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Distiquiasis	2	2,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	DMAE	0	0,0%	1	1,8%	0	0,0%	0	0,0%
	DMAE húmeda	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	0	0,0%
	Fallo primario	1	1,2%	0	0,0%	2	2,9%	4	6,7%
	Fallo tardío	0	0,0%	0	0,0%	4	5,8%	4	6,7%
	Fallo válvula	1	1,2%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Fibrosis estromal	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,7%
Fibrosis subepitelial	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	0	0,0%	

Complicación	Queratoplastia							
	QPP		DALK		DSAEK		DMEK	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Glaucoma	18	20,9%	0	0,0%	8	11,6%	3	5,0%
Hemovítreo	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	0	0,0%
HTO	4	4,7%	1	1,8%	3	4,3%	2	3,3%
Insuficiencia limbar	0	0,0%	0	0,0%	2	2,9%	0	0,0%
Leucoma corneal	3	3,5%	0	0,0%	1	1,4%	1	1,7%
Miopización	0	0,0%	1	1,8%	0	0,0%	0	0,0%
Neovascularización corneal	4	4,7%	1	1,8%	0	0,0%	0	0,0%
Ojo seco	1	1,2%	2	3,6%	0	0,0%	0	0,0%
Opacificación de cap. post	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,7%
Opacificación de LIO	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,7%
Perforación corneal	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,7%
Pliegues endoteliales	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	0	0,0%
Queratitis infecciosa	3	3,5%	4	7,3%	2	2,9%	0	0,0%
Queratopatía bullosa	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	0	0,0%
Queratopatía cálcica	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	0	0,0%
Queratopatía cristalina	1	1,2%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Rechazo	3	3,5%	0	0,0%	1	1,4%	1	1,7%
Recidiva distrofia estroma	0	0,0%	1	1,8%	0	,0%	0	0,0%
Sínd de dispersión pigment.	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	0	0,0%
Sinequias anteriores	1	1,2%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Toxicidad endotelial	0	0,0%	1	1,8%	0	0,0%	0	0,0%
Úlcera corneal	9	10,5%	2	3,6%	0	0,0%	0	0,0%
Uveítis infecciosa	0	0,0%	1	1,8%	0	0,0%	0	0,0%
	9	17,0%	6	28,6%	9	26,5%	14	51,9%
Astigmatismo elevado	0	0,0%	3	14,3%	0	0,0%	0	0,0%
Descemetocele	1	1,9%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Desprendimiento de retina	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	3,7%
Diplopía	1	1,9%	0	0,0%	1	2,9%	0	0,0%
Distriquiiasis	1	1,9%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
DMAE	0	0,0%	1	4,8%	0	0,0%	0	0,0%
Ectasia	2	3,8%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Edema macular	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	3,7%
Endoftalmitis	1	1,9%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Exposición tubo valvular	1	1,9%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fallo tardío	3	5,7%	0	0,0%	6	17,6%	3	11,1%
Fibrosis capsular	1	1,9%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fibrosis de interfase	0	0,0%	0	0,0%	3	8,8%	0	0,0%
Fibrosis estromal	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	3,7%
Fibrosis subepitelial	3	5,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

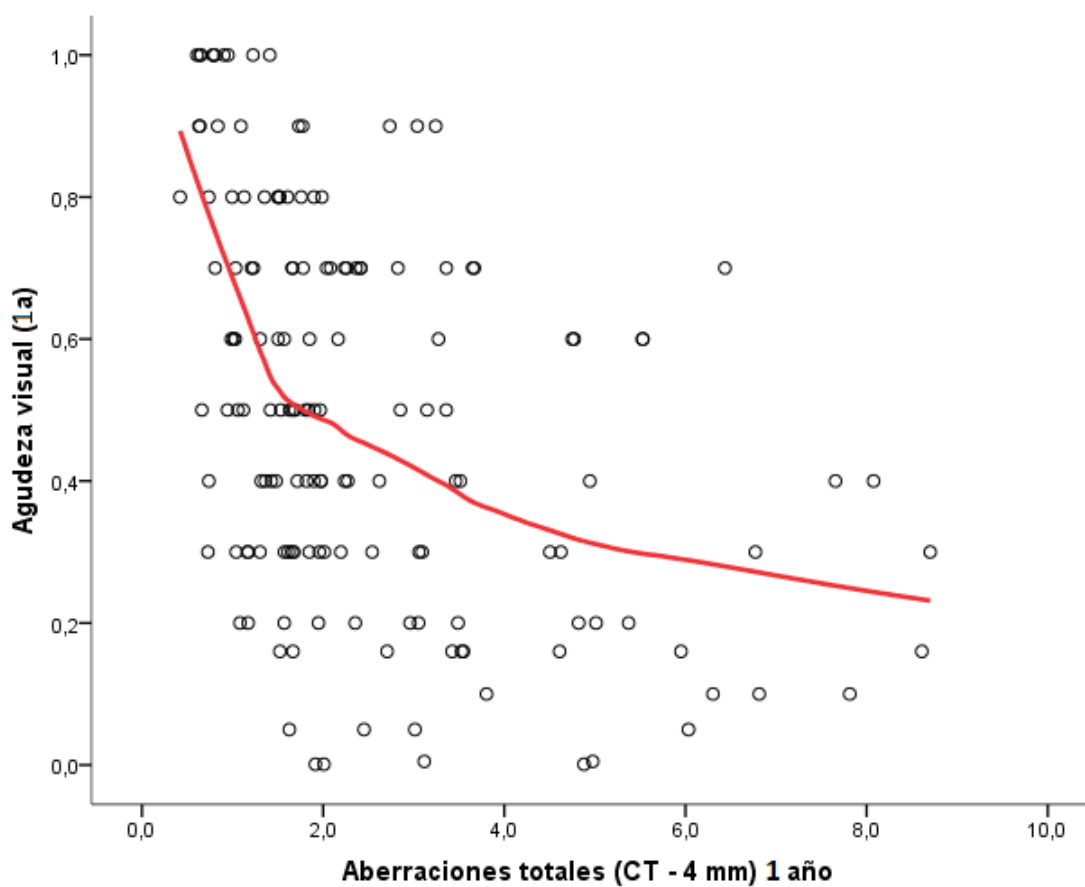
2 años

<b>Complicación</b>	<b>Queratoplastia</b>							
	<b>QPP</b>		<b>DALK</b>		<b>DSAEK</b>		<b>DMEK</b>	
	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
Glaucoma	12	22,6%	1	4,8%	6	17,6%	1	3,7%
HTO	2	3,8%	1	4,8%	0	0,0%	1	3,7%
Insuficiencia limbar	1	1,9%	0	0,0%	1	2,9%	0	0,0%
Leucoma corneal	4	7,5%	0	0,0%	1	2,9%	1	3,7%
Luxación de LIO	0	0,0%	0	0,0%	1	2,9%	0	0,0%
Neovascularización corneal	3	5,7%	3	14,3%	0	0,0%	0	0,0%
Ojo seco	1	1,9%	2	9,5%	0	0,0%	0	0,0%
Opacificación corneal	1	1,9%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Opacificación de cáp post	0	0,0%	0	0,0%	1	2,9%	0	0,0%
Opacificación de LIO	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	7,4%
Queratitis infecciosa	2	3,8%	2	9,5%	2	5,9%	0	0,0%
Queratopatía bullosa	0	0,0%	0	0,0%	1	2,9%	0	0,0%
Rechazo corneal	4	7,5%	0	0,0%	2	5,9%	2	7,4%
Úlcera corneal	0	0,0%	1	4,8%	0	0,0%	0	0,0%
Uveítis infecciosa	0	0,0%	1	4,8%	0	0,0%	0	0,0%

---

**Correlación de la Agudeza Visual y las Aberraciones Ópticas Corneales Totales**

La relación funcional entre ambas variables (aberraciones y AV) no parece lineal. Se producen ganancias/pérdidas en la AV más marcadas con los cambios en las aberraciones situadas en los valores más bajos (por debajo de 2).



*Relación funcional entre el nivel de aberraciones totales y la AV alcanzada después de un año de la cirugía. La línea roja representa un ajuste local no paramétrico (tipo loess), con una ventana del 50%.*

Author Contributions:

Conception and design: Yohannan, Wang, Chauhan, Boland, Friedman, Ramula

Data collection: Yohannan, Wang, Brown, Boland, Friedman, Ramula

Analysis and interpretation: Yohannan, Wang, Brown, Chauhan, Boland, Friedman, Ramula

Obtained funding: Not applicable

Overall responsibility: Yohannan, Wang, Brown, Chauhan, Boland, Friedman, Ramula

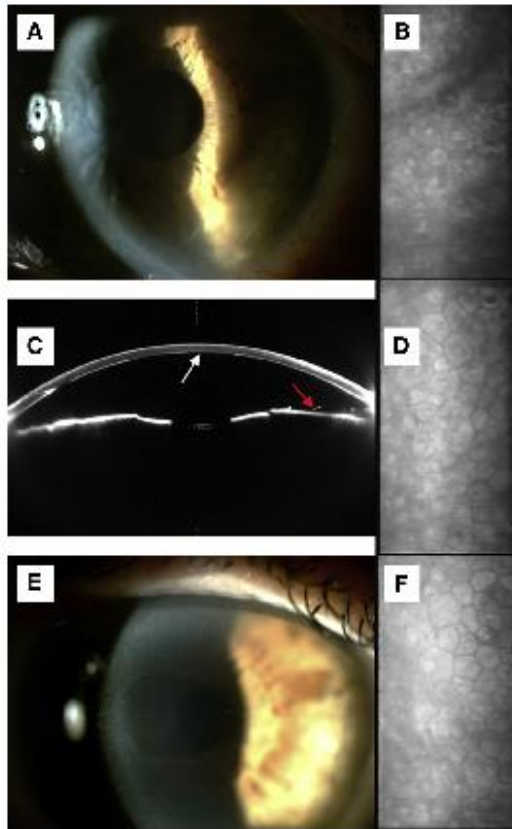
Abbreviations and Acronyms:

dB = decibels; ΔMD = delta mean deviation; FL = fixation loss; FN = false-negative; FP = false-positive; HFA = Humphrey Field Analyzer; MD = mean deviation; SD = standard deviation; SITA = Swedish Interactive Threshold Algorithm; VF = visual field.

Correspondence:

Pradeep Y. Ramula, MD, PhD, Wilmer Eye Institute, 600 N. Wolfe Street, Baltimore, MD 21287. E-mail: pramula@jhu.edu

Pictures & Perspectives



**Descemetorhexis Without Graft Placement: Transplant of Descemet-Free Fragments**

A 73-year-old woman diagnosed with severe Fuchs' dystrophy in her right eye, central corneal thickness (CCT) 751  $\mu\text{m}$ . After informed consent, she underwent phacoemulsification with intraocular lens (IOL). Central 3.0 mm descemetorhexis was performed without graft placement, and then we transplanted 2 Descemet's membrane-free fragments of peripheral endothelium of the cornea used in other keratoplasty. The longer fragment measured 4×1 mm and the other fragment measured 2×1 mm. Six weeks after the procedure, her edema decreased, the endothelial cell density (ECD); 639 cells/ $\text{mm}^2$  (Fig 1A and B). Three months after the procedure, the cornea was clear, ECD: 653 cells/ $\text{mm}^2$  (Fig 1C and D). Two years postoperatively, central cornea is transparent. The CCT: 546  $\mu\text{m}$ , ECD: 1290 cells/ $\text{mm}^2$  (Fig 1E and F). (Magnified version of Fig 1A-F is available online at [www.aajournal.org](http://www.aajournal.org)).

JAVIER CELIS SÁNCHEZ, MD  
EDGAR JAVIER INFANTES MOLINA, MD  
EVA AVENDAÑO CANTOS, MD

Department of Ophthalmology, La Mancha Centro General Hospital, Alcazar de San Juan, Ciudad Real, Spain

31º Congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva		Fecha de envío	08/03/2016
		Hora de envío	00:01
<b>Información de la persona de contacto</b>			
Nombre	Edgar Javier		
Apellido	Intantes Molira		
Centro de trabajo	Hospital La Mancha centro		
Población (centro de trabajo)	Alcázar de San Juan		
Teléfono	+34620078438		
Dirección Email	jvieira1001@hotmail.com		
<b>Información del resumen</b>			
Número de referencia	100	Código de presentación	OO 87
Título	<b>ABERRACIONES DE ALTO ORDEN EN CUATRO TÉCNICAS DE QUERATOPLASTIA</b>		
Tema	Córnea		
Presentación sociedad	Comunicación libre		
Autor(es)	Edgar Javier Intantes Molira <sup>1</sup> , Javier Galis Sanchez <sup>2</sup> , Iva Avendaño Górriz <sup>1</sup> , Diana Misa Varón <sup>1</sup> , María Francis González <sup>1</sup> , José Juan Valdes González <sup>2</sup>		
Centros	<sup>1</sup> Hospital La Mancha centro, Alcázar de San Juan, <sup>2</sup> Hospital La Mancha Centro, Alcázar de San Juan		
<b>Texto</b>			
<b>OBJETIVO:</b>			
Describir las aberraciones de alto orden de las superficies corneales anterior, posterior y de la córnea total en ojos que han sido sometidos a trasplante penetrante, la queratoplastia endotelial automatizada (DSAEK), queratoplastia lamelar anterior profunda (DALK), queratoplastia endotelial con membrana Descemet (DMEK).			
<b>INTRODUCCIÓN</b>			
La queratoplastia penetrante ha sido el gold standard para el tratamiento de las enfermedades corneales por muchos años; recientemente se han desarrollado técnicas de queratoplastia lamelar en las cuales se reemplaza selectivamente la capa corneal que se encuentra dañada. La técnica de DALK practicada en pacientes con enfermedades de la superficie corneal anterior. La DSAEK y la DMEK han llegado a ser muy populares para el tratamiento de las enfermedades endoteliales.			
Nuestro estudio intenta comparar la calidad óptica de cada una de estas técnicas quirúrgicas de queratoplastia mediante las aberraciones de alto orden.			
<b>MATERIAL Y MÉTODOS:</b>			
Estudio retrospectivo que incluyó a 26 pacientes tratados con trasplante penetrante, 32 sometidos a DALK, 37 intervenidos con DSAEK y 28 tratados con DMEK durante los años 2012 al 2014, además de un grupo control de 40 pacientes de edades pareadas. Las aberraciones de alto orden fueron descritas mediante los polinomios de Zernike, se consideró los 4 y 6 milímetros centrales. Se midieron las aberraciones de alto orden de superficie anterior, posterior y de la córnea total para las áreas medidas. Se utilizó como instrumento de medida un topógrafo corneal basado en el principio de Scheimpflug, Pentacam.			
<b>CONCLUSIÓN</b>			
Se encuentran diferencias significativas en las aberraciones de alto orden de la superficie anterior, posterior y de la córnea total en los distintos tipos de técnicas quirúrgicas de trasplante corneal. El conocimiento y la comprensión de estas diferencias será útil para entender las características ópticas de cada técnica de queratoplastia.			

10/5/2018

Official ESCRS | European Society of Cataract & Refractive Surgeons

### High order aberrations in four corneal transplantation techniques

#### Poster Details

First Author: E. Infantes Molina *SPAIN*

Co Author(s): J. Celis Sanchez E. Avendano Cantos D. Mesa Varona T. Infante Leon J. Valdes Gonzalez F. Gonzalez Del Valle

#### Abstract Details

##### Purpose:

To describe and compare the corneal higher-order aberrations of the anterior, posterior corneal surfaces and total cornea in eyes that underwent Descemet's membrane endothelial keratoplasty (DMEK), Descemet Stripping with Automated Endothelial Keratoplasty (DSAEK), deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) and penetrating keratoplasty (PK).

##### Setting:

La Mancha Centro General Hospital, Alcazar de San Juan, Ciudad Real, Spain

##### Methods:

A retrospective comparison of consecutive eyes which underwent: DMEK 28 eyes, DSAEK 37 eyes, 32 eyes which underwent DALK, and 28 PK, and 40 uncomplicated eyes of 40 control patients. The keratoplasties were realized by a single surgeon. In postoperative annual examination, each patient was analyzed with Pentacam (Pentacam HR, Oculus, Wetzlar Germany). The high order aberrations were calculated using the Pentacam software for Zernike analysis based in height. The central 4 and 6 mm area up to sixth Zernike order were analyzed. Outcome data were compared between groups.

##### Results:

We found significant differences in higher order aberrations of the anterior, posterior surface and total cornea in the central 4 mm area of the four corneal transplant surgery techniques. This differences were higher in the central 6 mm. Control eyes had significantly lower total high order aberrations of the anterior and posterior surface, and total cornea than the other groups.

##### Conclusions:

Our study showed that keratoplasty techniques induced high order aberrations, which were different according to layer or total cornea transplant. Evaluation of the corneal high order aberrations is helpful to understand the quality vision in the several keratoplasty techniques.

##### Financial Disclosure:

NONE

[Back to Poster listing](#)

PREMIO AL MEJOR CASO CLÍNICO

## MANEJO DE LAS QUERATOPLASTIAS DE ALTO RIESGO

Edgar Javier Infantes Molina

### COLABORADORES:

Diana V. Mesa Vazquez

Javier Celis Sánchez

Eva Arandaño Cantos

Sonia López Romero Moraleda

Ángela Barrajón Rodríguez

Marta Pradas González

Trinidad Infante León

Servicio de Oftalmología, Hospital General La Mancha Centro,  
Alcázar de San Juan (Ciudad Real).

### INTRODUCCIÓN

Entre los trasplantes, el más frecuente es el de córnea. La tasa de supervivencia del injerto en las queratoplastias penetrantes (QPT) es elevada, de alrededor del 86 % al año, atribuida en parte al privilegio inmunitario con que cuenta esta estructura anatómica<sup>1</sup>. A pesar de ello, hasta un 30 % de los trasplantes presentan algún episodio de rechazo a lo largo de su evolución, un porcentaje que llega hasta el 80 % en el caso de córneas de alto riesgo.

El rechazo corneal endotelial se manifiesta con la aparición de una línea (llamada línea de Khodadoust) formada por el acúmulo de células inflamatorias sobre el epitelio u endotelio; presencia de una banda estromal; células inflamatorias en cámara anterior con precipitados queráticos sobre el endotelio de la córnea trasplantada; u aumento del grosor del injerto corneal secundario al edema. Además, puede observarse hinc-

ción limbar asociada. En nuestro caso, todas estas características estaban presentes en los episodios de rechazo.

### CASO CLÍNICO

Presentamos el caso de una mujer de 23 años derivada a nuestra consulta por disminución de la agudeza visual (AV) en ambos ojos. La AV era de 0,3 en el ojo derecho (OD) y movimiento de manos (MM) a 3 m en el izquierdo (OI) que mejoraban a 0,9 y 0,4 con agujero astenopáico. En la topografía corneal con Eyemep® (Alcon), la queratometría máxima era de 54,2 dioptrías (D) en el OD y de 58,9 D en el OI, y una perimetría de 390 µm y 370 µm, respectivamente. Con diagnóstico de queratocoma bilateral en grados IV y V (clasificación de Ameler-Krummich), se le adaptaron lentes de contacto rígidas permeables al gas que, si bien inicialmente rindieron una mejora de la AV a 0,7 en el OD y a 0,4 en el OI, al poco tiempo comen-

10/5/2018

High-Order Corneal Aberrations In 4 Keratoplasty Techniques



Published on ASCRS (<http://www.ascrs.org>)

[Home](#) - High-Order Corneal Aberrations In 4 Keratoplasty Techniques

Share:

PRESENTER **EDGAR JAVIER INFANTES MOLINA, MD**

ADDITIONAL CONTRIBUTORS **EDGAR JAVIER INFANTES MOLINA, MD, DIANA MESA VARONA, MD, EVA AVENDANO CANTOS, MD, JAVIER GALVEZ, MD, MARTA PRADAS, JOSÉ MANUEL ZARCO TEJADA, MD, ESPERANZA LÓPEZ MONDÉJAR, MD**

MEETING **ANNUAL MEETING 2017**

Rate This Content

🗨️ 🗨️ 🗨️

Total votes: 0

**Purpose:**

To describe and compare the corneal higher-order aberrations of the anterior, posterior corneal surfaces and total cornea in eyes that underwent Descemet's membrane endothelial keratoplasty (DMEK), Descemet Stripping with Automated Endothelial Keratoplasty (DSAEK), deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) and penetrating keratoplasty (PK).

**Methods:**

A retrospective comparison of consecutive eyes which underwent: DMEK 28 eyes, DSAEK 37 eyes, 32 eyes which underwent DALK, and 26 PK, and 40 uncomplicated eyes of 40 control patients. The keratoplasties were realized by a single surgeon. In postoperative annual examination, each patient was analyzed with Pentacam (Pentacam HR, Oculus, Wetzlar Germany). The high order aberrations were calculated using the Pentacam software for Zernike analysis based in height. The central 4 and 6 mm area up to sixth Zernike order were analyzed. Outcome data were compared between groups.

**Results:**

We found significant differences in higher order aberrations of the anterior, posterior surface and total cornea in the central 4 mm area of the four corneal transplant surgery techniques. This differences were higher in the central 6 mm. Control eyes had significantly lower total high order aberrations of the anterior and posterior surface, and total cornea than the other groups.

**Conclusion:**

Our study showed that keratoplasty techniques induced high order aberrations, which were different according to layer or total cornea transplant. Evaluation of the corneal high order aberrations is helpful to understand the quality vision in the several keratoplasty techniques.



CL73

**Análisis topométrico y queratométrico en sometidos a queratoplastia penetrante**

María Pradas González, Edgar Javier Infantes Molina, Diana Mesa Varona, Eva Averdeño Cantos, Trinidad Infante León, Javier Célis Sánchez  
*La Mancha Centro Hospital*

*Objetivos:* Analizar la asfericidad y la queratometría de la superficie anterior y posterior en pacientes sometidos a queratoplastia penetrante analizados a los dos años postcirugía y su asociación con la agudeza visual.

*Método:* Estudio retrospectivo que incluyó a 87 pacientes tratados con trasplante penetrante durante los años 2010 al 2014. La asfericidad y las queratometrías fueron medidas utilizando como instrumento el topógrafo corneal Pentacam, basado en el principio de Scheimpflug. La agudeza visual mejor corregida a distancia fue medida en escala Snellen.

*Resultados:* En los pacientes sometidos a queratoplastia penetrante se encontró una asfericidad media de la cara anterior de  $-0.418$  y de la cara posterior de  $-0.677$ . En la cara anterior se encontró una media de la queratometría del eje plano de  $40.947$ , mientras que el eje curvo fue de  $45.375$ . En la cara posterior se encontró una queratometría del eje plano de  $-6.053$ , mientras el más curvo fue  $-6.749$ . La agudeza visual media fue de  $0.35$ .

Se encuentra una asociación estadísticamente significativa entre la asfericidad corneal y las medidas queratométricas con la agudeza visual final.

*Conclusiones:* En pacientes sometidos a queratoplastia penetrante es muy importante la consideración de medidas topométricas como la asfericidad corneal, así como medidas queratométricas; persiguiendo que éstas sean lo más fisiológicas posibles para incrementar la agudeza visual del paciente trasplantado.



CL83

**Análisis de la superficie posterior en córneas tratadas mediante trasplante lamelar**

Edgar Javier Infantes Molina, Diana Mesa Varona, Eva Avendaño Cantos, Marla Pradas González, Trinidad Infante León, Javier Célis Sánchez  
Hospital La Mancha Centro

*Objetivos:* Investigar la contribución de la superficie posterior en córnea sometidas a trasplante lamelar, cuantificando la forma de esta superficie por medio del análisis de trazado de rayos, y analizando su influencia sobre la superficie anterior para incrementar o disminuir los defectos de ésta.

*Método:* Estudio comparativo retrospectivo que incluyó a 50 sometidos a queratoplastia lamelar anterior profunda (DALK), 67 intervenidos de queratoplastia endotelial automatizada con pelado de la Descemet (DSAEK) y 48 pacientes tratados con queratoplastia endotelial con membrana de Descemet (DMEK) durante los años 2010 al 2014, además de un grupo control de 87 pacientes tratados con trasplante penetrante (QPP), y 60 pacientes sanos de edades pareadas.

*Resultados:* Los resultados de la DALK fueron: En el análisis central se encontró un índice de la córnea anterior de 2.797 y de la córnea posterior de 0.745. Mientras que el análisis periférico halló un índice de la córnea anterior de 7.424 y de la córnea posterior fue de 1.959.

Los resultados de la DMEK: En el análisis central se encontró un índice de la córnea anterior de 1.139 y de la córnea posterior de 0.299. Mientras que el análisis periférico halló un índice de la córnea anterior de 3.057 y de la córnea posterior fue de 0.863.

Los resultados de la DSAEK: En el análisis central se encontró un índice de la córnea anterior de 1.320 y de la córnea posterior de 0.605. Mientras que el análisis periférico halló un índice de la córnea anterior de 3.329 y de la córnea posterior fue de 1.651.

*Conclusiones:* En córneas sometidas a trasplante DMEK Y DSAEK la superficie posterior no tuvo una influencia significativa sobre la cara anterior, sin embargo en córneas normales y sometidas a DALK y queratoplastia penetrante la superficie posterior compensa los defectos de la cara anterior obteniendo una disminución significativa de éstos en el análisis de la córnea total.



CL88

### **Función visual y aberraciones de alto orden después del trasplante corneal**

Edgar Javier Infantes Molina, Eva Avelaño Cantos, Diana Mesa Varona, Javier Celis Sánchez, Javier Gálvez Martínez, Ángela Barrajón Rodríguez  
Hospital La Mancha Centro

*Objetivos:* Describir las aberraciones de alto orden (HOA) de las superficies corneales anterior, posterior y de la córnea total en ojos que han sido sometidos a trasplante penetrante (QPP), queratoplastia endotelial automatizada con pelado de la Descemet (DSAEK), queratoplastia lamelar anterior profunda (DAEK), y queratoplastia endotelial con membrana Descemet (DMEK); y determinar su asociación con la agudeza visual final a los dos años de la cirugía.

*Método:* Estudio retrospectivo que incluyó a 87 pacientes tratados con trasplante penetrante, 50 sometidos a DAEK, 67 intervenidos con DSAEK y 48 tratados con DMEK durante los años 2010 al 2014, además de un grupo control de 57 pacientes de edades pareadas. Las aberraciones de alto orden fueron medidas utilizando como instrumento el topógrafo corneal Pentacam, basado en el principio de Scheimpflug.

La cuantificación de las HOA se realizó mediante los polinomios de Zernike, se midieron las aberraciones de alto orden de superficie anterior, posterior y de la córnea total para las áreas medidas, se asoció con la agudeza visual mejor corregida a distancia en escala Snellen.

*Resultados:* Los resultados de DAEK: El análisis aberrométrico en los 4 mm centrales encontró una RMS de la córnea total de 3.397, la RMS de la anterior fue de 3.849 y RMS de la posterior fue 0.995. En 6 mm se halló una RMS de la córnea total de 9.274, la RMS de la anterior fue 10.215 y la RMS de la posterior fue 2.617.

DMEK: El análisis en los 4 mm centrales encontró una RMS de la córnea total de 1.485, la RMS de la anterior fue de 1.567 y RMS de la posterior fue 0.400. En 6 mm se halló una RMS de la córnea total de 4.468, la RMS de la anterior fue 4.206 y la RMS de la posterior fue 1.153.


DSAEK: El análisis en los 4 mm centrales encontró una RMS de la córnea total de 1.805, la RMS de la anterior fue de 1.817 y RMS de la posterior fue 0.808. En 6 mm se halló una RMS de la córnea total de 4.597, la RMS de la anterior fue 4.581 y la RMS de la posterior fue 2.206.

Los de QPP: El análisis en los 4 milímetros centrales encontró una RMS de la córnea total de 3.459, la RMS de la anterior fue de 3.589 y RMS de la posterior fue 0.750. El análisis a 6 milímetros halló una RMS de la córnea total de 8.513, la RMS de la anterior fue 9.120 y la RMS de la posterior fue 1.874.

Se encontró una correlación positiva inversa con la agudeza visual.

*Conclusiones:* El conocimiento y la comprensión de las HOA es útil para entender las características ópticas de las queratoplastias. Se encuentran diferencias significativas en las aberraciones de alto orden de la superficie anterior, posterior y de la córnea total en los distintos tipos de técnicas quirúrgicas de trasplante corneal. Existe una asociación estadísticamente significativa e inversa entre las medidas de las aberraciones y la agudeza visual final.

## Consentimiento Informado

	<p>HTAL. GRAL. "LA MANCHA CENTRO" ALCAZAR DE SAN JUAN</p> <p>SERVICIO DE OFTALMOLOGIA</p> <p><b>CONSENTIMIENTO PARA INTERVENCIONES QUIRURGICAS</b></p>
<p>(CONSENTIMIENTO INFORMADO. ARTICULO 10 DE LA LEY GENERAL DE SANIDAD)</p> <p><b>INTERVENCION: TRASPLANTE DE CORNEA.</b></p> <p>D.º: ..... N.º H. CLINICA: .....</p> <p>Se me ha explicado satisfactoriamente la naturaleza y propósitos de esta operación. También me han dicho los posibles riesgos y complicaciones, así como otras alternativas de tratamiento. Además se me han explicado los riesgos posibles de la anestesia que se me va a aplicar. Soy consciente de que no existen garantías absolutas de que el resultado de la operación sea el más satisfactorio. Comprendo perfectamente que la operación va a consistir más o menos en lo siguiente:</p> <p><b>En la sustitución de la córnea enferma por otra córnea sana, procedente de un cadáver que la ha donado al Banco de Ojos.</b></p> <p>Y que los riesgos típicos más importantes, aunque muy raros y poco frecuentes, pueden ser derivados de la anestesia, ya sea local o general, pudiendo ocurrir un coma irreversible por depresión del sistema nervioso central e incluso el fallecimiento por fallo cardio-respiratorio (estadísticamente estas complicaciones ocurren en la proporción de 1 de cada 25.000 a 1 de cada 100000 intervenciones).</p> <p>Otras complicaciones derivan de la propia intervención, como la pérdida ocular por hemorragia expulsiva o por infección grave o panofalmita, ocurriendo estadísticamente estas complicaciones en menos del 1% de las intervenciones.</p> <p>También pueden ocurrir otras complicaciones como cataratas secundarias, luxación del cristalino dentro del ojo o pérdida del líquido interno del ojo (vitreorragia).</p> <p>Posteriormente a la intervención puede ocurrir reapertura de la herida, aumento de la tensión del ojo, rechazo del injerto (con riesgo máximo del primero al sexto mes del postoperatorio), edema macular cistoide y otras complicaciones menos graves.</p> <p>He sido informado por el Dr.: ..... y doy mi consentimiento para que se me realice la operación descrita arriba y las operaciones que sean necesarias o convenientes durante la realización de ésta a juicio de los profesionales que la llevan a cabo.</p> <p>Doy mi consentimiento para que se me administre la anestesia adecuada en mi caso, así como las medidas complementarias que estimen oportunas.</p> <p>Doy mi consentimiento para que en la operación participen médicos en período de formación.</p>	

HIA 123/06

CONSENTIMIENTO PARA INTERVENCIONES QUIRURGICAS

Sé que pueden tomar fotografías o filmaciones de la operación y que posteriormente pueden ser vistas por el personal en formación de éste o de otro hospital. Doy mi consentimiento para que se tomen fotografías o vídeos. También doy mi consentimiento para que a la exploración pueda asistir como observador, personal autorizado. Pero debe cumplirse que no se empleará ni el nombre del paciente ni el de su familia para identificar las fotos o vídeos y que su uso se limitará a propósitos didácticos.

Información suplementaria solicitada por el paciente: .....

.....  
Firma del Paciente,

Médico que informa: he informado a este paciente del propósito y naturaleza de la operación descrita arriba, de sus alternativas, riesgos y de los resultados que se esperan.

.....  
Firma del Médico.  
.....  
.....

**Tutor Legal o Familiar:**

Sé que el paciente D. ....  
ha sido considerado, por ahora, incapaz de tomar por sí mismo la decisión de aceptar o rechazar la Cirugía descrita, o ha sido considerado incompetente. El médico me ha explicado de forma satisfactoria qué es, cómo se hace y para qué sirve esta prueba. También me ha explicado sus riesgos y complicaciones. He comprendido todo lo anterior perfectamente y por ello YO: .....

..... con D.N.I.: ..... como .....

doy mi consentimiento para que le realicen esta operación. Puedo retirar este consentimiento cuando en bien del paciente lo estime oportuno.

.....  
Firma del Tutor/Familiar.

.....  
Prelación de familiares: esposo/a, hijo/a, hermanos/as, otros.  
Teléfono de contacto: .....

.....  
Alcázar de San Juan, a ..... de ..... de 199 .....

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

FACULTAD DE MEDICINA

Departamento de Oftalmología



**TESIS DOCTORAL**

**ABERRACIONES ÓPTICAS DE ALTO ORDEN EN CUATRO**

**TÉCNICAS DE TRASPLANTE CORNEAL**

**CUADERNO DE RECOGIDA DE DATOS**

**Madrid, 2018**

### 1 Filiación:

Nombre.....NHC.....

Fecha de nacimiento.....

Sexo...Femenino ( ) Masculino ( )

Ojo... Derecho ( ) Izquierdo ( )

### 2. Datos preoperatorios:

Fecha de examen:.....Comorbilidad: Si ( ).....No ( )

Agudeza Visual:.....Equivalente esférico:.....Esfera:.....

Cilindro:.....PIO:.....Contaje endotelial:.....

#### Pentacam

- Córnea anterior:

Paquimetría pupilar:..... K1:.....K2:.....Astigmatismo:.....Asfericidad (Q).....

- Córnea posterior:

Paquimetría pupilar:..... K1:.....K2:.....Astigmatismo:.....Asfericidad (Q).....

### 3. Datos de cirugía:

Fecha quirúrgica:.....Tipo de queratoplastia:.....

Indicación EBAA.....Complicaciones:.....

Tratamiento:.....

### 4. Evaluación al año postoperatorio

Fecha de examen:.....Agudeza visual:.....

Equivalente esférico:.....Esfera:.....Cilindro:.....

PIO:.....Contaje endotelial:.....Complicaciones:.....

Tratamiento:.....

#### Pentacam

- Córnea anterior:

Paquimetría pupilar:.....K1:.....K2:.....Astigmatismo:.....Asfericidad (Q).....

- Córnea posterior:

Paquimetría pupilar:.....K1:.....K2:.....Astigmatismo:.....Asfericidad (Q).....

- Datos Aberrométricos:

- Córnea Total 4 mm:

RMS:.....RMS HOA:.....Trefoil 0°:.....

Coma 0°:.....Coma 90°:.....Trefoil 30°:.....

Tetrafoil 0°:.....Astigmatismo 4° grado 0°:.....

Aberración esférica:.....Astigmatismo 4° grado 45°:.....

Tetrafoil 22.5°:.....Pentafoil 0°:.....

Tetrafoil 5° grado 0°:.....Coma 5° grado 0°:.....

Coma 5° grado 90°:.....Trefoil 5° grado 30°:.....

Pentafoil 18°:.....Aberración esférica secundaria:.....

○ **Córnea Anterior 4 mm:**

RMS:.....RMS HOA:.....Trefoil 0°:.....  
Coma 0°:.....Coma 90°:.....Trefoil 30°.....  
Tetrafoil 0°:.....Astigmatismo 4° grado 0°:.....  
Aberración esférica:.....Astigmatismo 4° grado 45°:.....  
Tetrafoil 22.5°:.....Pentafoil 0°:.....  
Tetrafoil 5° grado 0°:.....Coma 5° grado 0°:.....  
Coma 5° grado 90°:.....Trefoil 5° grado 30°:.....  
Pentafoil 18°:.....Aberración esférica secundaria.....:

○ **Córnea Posterior 4 mm:**

RMS:.....RMS HOA:.....Trefoil 0°:.....  
Coma 0°:.....Coma 90°:.....Trefoil 30°.....  
Tetrafoil 0°:.....Astigmatismo 4° grado 0°:.....  
Aberración esférica:.....Astigmatismo 4° grado 45°:.....  
Tetrafoil 22.5°:.....Pentafoil 0°:.....  
Tetrafoil 5° grado 0°:.....Coma 5° grado 0°:.....  
Coma 5° grado 90°:.....Trefoil 5° grado 30°:.....  
Pentafoil 18°:.....Aberración esférica secundaria.....:

○ **Córnea Total 6 mm:**

RMS:.....RMS HOA:.....Trefoil 0°:.....  
Coma 0°:.....Coma 90°:.....Trefoil 30°.....  
Tetrafoil 0°:.....Astigmatismo 4° grado 0°:.....  
Aberración esférica:.....Astigmatismo 4° grado 45°:.....  
Tetrafoil 22.5°:.....Pentafoil 0°:.....  
Tetrafoil 5° grado 0°:.....Coma 5° grado 0°:.....  
Coma 5° grado 90°:.....Trefoil 5° grado 30°:.....  
Pentafoil 18°:.....Aberración esférica secundaria.....:

○ **Córnea Anterior 6 mm:**

RMS:.....RMS HOA:.....Trefoil 0°:.....  
Coma 0°:.....Coma 90°:.....Trefoil 30°.....  
Tetrafoil 0°:.....Astigmatismo 4° grado 0°:.....  
Aberración esférica:.....Astigmatismo 4° grado 45°:.....  
Tetrafoil 22.5°:.....Pentafoil 0°:.....  
Tetrafoil 5° grado 0°:.....Coma 5° grado 0°:.....  
Coma 5° grado 90°:.....Trefoil 5° grado 30°:.....  
Pentafoil 18°:.....Aberración esférica secundaria.....:

○ **Córnea Posterior 6 mm:**

RMS:.....RMS HOA:.....Trefoil 0°:.....  
Coma 0°:.....Coma 90°:.....Trefoil 30°.....  
Tetrafoil 0°:.....Astigmatismo 4° grado 0°:.....

Aberración esférica:.....Astigmatismo 4º grado 45º:.....  
 Tetrafoil 22.5º:.....Pentafoil 0º:.....  
 Tetrafoil 5º grado 0º:.....Coma 5º grado 0º:.....  
 Coma 5º grado 90º:.....Trefoil 5º grado 30º:.....  
 Pentafoil 18º:.....Aberración esférica secundaria:.....:

## 5. Evaluación al segundo año postoperatorio

Fecha de examen:.....Agudeza visual:.....  
 Equivalente esférico:.....Esfera:.....Cilindro:.....  
 PIO:.....Contaje endotelial:.....Complicaciones:.....  
 Tratamiento:.....

### Pentacam

- Córnea anterior:  
 Paquimetría pupilar:.....K1:.....K2:.....Astigmatismo:.....Asfericidad (Q).....
- Córnea posterior:  
 Paquimetría pupilar:.....K1:.....K2:.....Astigmatismo:.....Asfericidad (Q).....

- Datos Aberrométricos:

- Córnea Total 4 mm:

RMS:.....RMS HOA:.....Trefoil 0º:.....  
 Coma 0º:.....Coma 90º:.....Trefoil 30º.....  
 Tetrafoil 0º:.....Astigmatismo 4º grado 0º:.....  
 Aberración esférica:.....Astigmatismo 4º grado 45º:.....  
 Tetrafoil 22.5º:.....Pentafoil 0º:.....  
 Tetrafoil 5º grado 0º:.....Coma 5º grado 0º:.....  
 Coma 5º grado 90º:.....Trefoil 5º grado 30º:.....  
 Pentafoil 18º:.....Aberración esférica secundaria:.....:

- Córnea Anterior 4 mm:

RMS:.....RMS HOA:.....Trefoil 0º:.....  
 Coma 0º:.....Coma 90º:.....Trefoil 30º.....  
 Tetrafoil 0º:.....Astigmatismo 4º grado 0º:.....  
 Aberración esférica:.....Astigmatismo 4º grado 45º:.....  
 Tetrafoil 22.5º:.....Pentafoil 0º:.....  
 Tetrafoil 5º grado 0º:.....Coma 5º grado 0º:.....  
 Coma 5º grado 90º:.....Trefoil 5º grado 30º:.....  
 Pentafoil 18º:.....Aberración esférica secundaria:.....:

- Córnea Posterior 4 mm

RMS:.....RMS HOA:.....Trefoil 0º:.....  
 Coma 0º:.....Coma 90º:.....Trefoil 30º.....  
 Tetrafoil 0º:.....Astigmatismo 4º grado 0º:.....

Aberración esférica:.....Astigmatismo 4° grado 45°:.....  
 Tetrafoil 22.5°:.....Pentafoil 0°:.....  
 Tetrafoil 5° grado 0°:.....Coma 5° grado 0°:.....  
 Coma 5° grado 90°:.....Trefoil 5° grado 30°:.....  
 Pentafoil 18°:.....Aberración esférica secundaria:.....:

○ **Córnea Total 6 mm:**

RMS:.....RMS HOA:.....Trefoil 0°:.....  
 Coma 0°:.....Coma 90°:.....Trefoil 30°  
 Tetrafoil 0°:.....Astigmatismo 4° grado 0°:.....  
 Aberración esférica:.....Astigmatismo 4° grado 45°:.....  
 Tetrafoil 22.5°:.....Pentafoil 0°:.....  
 Tetrafoil 5° grado 0°:.....Coma 5° grado 0°:.....  
 Coma 5° grado 90°:.....Trefoil 5° grado 30°:.....  
 Pentafoil 18°:.....Aberración esférica secundaria:.....:

○ **Córnea Anterior 6 mm:**

RMS:.....RMS HOA:.....Trefoil 0°:.....  
 Coma 0°:.....Coma 90°:.....Trefoil 30°  
 Tetrafoil 0°:.....Astigmatismo 4° grado 0°:.....  
 Aberración esférica:.....Astigmatismo 4° grado 45°:.....  
 Tetrafoil 22.5°:.....Pentafoil 0°:.....  
 Tetrafoil 5° grado 0°:.....Coma 5° grado 0°:.....  
 Coma 5° grado 90°:.....Trefoil 5° grado 30°:.....  
 Pentafoil 18°:.....Aberración esférica secundaria:.....:

○ **Córnea Posterior 6 mm:**

RMS:.....RMS HOA:.....Trefoil 0°:.....  
 Coma 0°:.....Coma 90°:.....Trefoil 30°  
 Tetrafoil 0°:.....Astigmatismo 4° grado 0°:.....  
 Aberración esférica:.....Astigmatismo 4° grado 45°:.....  
 Tetrafoil 22.5°:.....Pentafoil 0°:.....  
 Tetrafoil 5° grado 0°:.....Coma 5° grado 0°:.....  
 Coma 5° grado 90°:.....Trefoil 5° grado 30°:.....  
 Pentafoil 18°:.....Aberración esférica secundaria:.....: