

# Prevención y tratamiento del astigmatismo en queratoplastia penetrante

R.I. Barraquer  
J.P. Álvarez  
de Toledo  
M. Álvarez Fischer  
G. Martínez Grau

Centro  
de Oftalmología  
Barraquer  
Barcelona

## Resumen

La mejoría lograda en los últimos años en cuanto a la supervivencia de los trasplantes de córnea ha hecho que el resultado refractivo final de los mismos cobre una cada vez mayor importancia. El astigmatismo es uno de los factores que puede influir aquí de una forma más marcada y seguramente también uno de los más difíciles de prevenir y tratar. Analizaremos a continuación los distintos factores relacionados con el astigmatismo que concurren en los periodos pre-, intra- y postoperatorio del trasplante de córnea y como podemos influir sobre ellos.

## Resum

La millora aconseguida durant els últims anys quant a la supervivència del trasplantament de còrnia ha fet que el resultat refractiu final dels mateixos tingui cada cop més importància. L'astigmatisme és un dels factors que pot influir aquí d'una forma més marcada i segurament també un dels més difícils de preveure i tractar. Analitzarem a continuació els diferents factors relacionats amb l'astigmatisme que concurreixen en el període pre-, intr- i postoperatori del trasplantament de còrnia i com podem influir sobre ells.

## Summary

The improvement achieved in last years as for corneal grafts survival has brought a significant value to final refractive result. Astigmatism is one aspect that can strongly influence and may be surely difficult to prevent and treat. In this chapter we'll analyze the different features related to the astigmatism in the pre-, intra - and postoperative periods of the corneal graft surgery and how can we influence on them.

## Introducción

La queratoplastia penetrante (QP) implica el intercambio de tejido corneal de espesor completo, incluida la zona óptica, del receptor por el de donante con el fin de restaurar la transparencia corneal y/o corregir astigmatismo severo y/o irregular. Nos referiremos en este artículo a la QP estándar, central y redonda.

El astigmatismo secundario post-QP se ha convertido, debido al creciente éxito en cuanto a la supervivencia de los injertos, en uno de los mayores problemas a resolver en las QP. Un resultado anatómico excelente puede no ser satisfactorio si la visión a través de un injerto transparente no resulta buena debido a la existencia de un astigmatismo elevado o irregular.

## Patogenia del astigmatismo en la queratoplastia penetrante

El astigmatismo asociado a QP se puede considerar en cuanto a factores relacionados con el receptor, el tejido donante, factores quirúrgicos y evolución postoperatoria del injerto.

### *Factores relacionados con el receptor*

El primer factor que puede influir en el resultado refractivo de la QP es la patología preexistente en la córnea receptora, como queratocono, traumatismos y otras causas de adelgazamiento o irregularidad,

Correspondencia:  
Rafael I. Barraquer  
Centro de Oftalmología  
Barraquer  
Laforja 88  
08021 Barcelona

sobretudo periférica, y que por ello persistirá en la córnea trasplantada. Hemos observado como, en el caso del queratocono, puede aparecer un cambio astigmático progresivo con el paso de los años, después de una QP con resultado refractivo inicial correcto, debido al paulatino adelgazamiento y ectasia del anillo corneal receptor. La irregularidad inducida por heridas y cicatrización periférica en caso de traumatismos también puede influir, así como el grado de vascularización de las distintas áreas de córnea receptora residual; debido a que la cicatrización es más rápida en áreas vascularizadas, pueden producirse grados de tensión variables en sectores injerto-receptor diferentes. Diversas enfermedades sistémicas, como la diabetes, enfermedades del colágeno, etc., así como la edad del receptor, pueden influir en la cicatrización. Para evitar sorpresas –incluso con consecuencias desastrosas como la hemorragia expulsiva después de retirar la sutura descrita por Perry y Donnefeld en un paciente mayor a los 19 meses de la intervención<sup>1</sup>, es recomendable actuar con cautela en estos casos. Es también importante considerar las expectativas y agudeza visual potencial que puede alcanzar el paciente. A este respecto debemos recordar la importancia de informar adecuadamente al paciente sobre los resultados que se pueden esperar después de la cirugía. Un astigmatismo residual tendrá menos influencia en la satisfacción del paciente cuanto menores sean las expectativas.

### **Factores relacionados con el donante**

Existe poca información acerca de la influencia que puedan tener los parámetros refractivos de la córnea donante (valores K, astigmatismo, irregularidad etc) en el resultado visual final tras una QP. La frecuencia creciente de cirugía refractiva corneal puede llevarnos a una sorpresa refractiva, en caso de utilizar una córnea donante operada. Tarde o temprano será necesario incluir el estudio de la topografía de la córnea donante en el protocolo preoperatorio estándar. Ésta se puede realizar en ojos donantes enteros de forma similar a la del paciente, siempre que la presión intraocular se mantenga y la superficie corneal sea regular, lo que a veces puede requerir la retirada del epitelio<sup>2</sup>; en el caso de segmentos corneoesclerales conservados será necesaria una cámara anterior artificial, y aún así puede ser difícil obtener lecturas fiables. Recordemos que el examen biomicroscópico con lámpara de hendidura también es de gran ayuda a la hora de detectar posibles anomalías corneales como opacidades, aumento de la curvatura, guttata u otras alteraciones endoteliales, alteraciones del espesor,

cirugía previa etc. Naturalmente, todo esto solo es factible en globos enteros y no en segmentos corneoesclerales.

### **Factores quirúrgicos**

Todos y cada uno de los pasos que el cirujano lleve a cabo durante la QP pueden influir de forma clara sobre el astigmatismo final; delimitar en qué medida pueda influir cada uno de ellos por separado ya es, sin embargo, una cuestión más difícil de determinar. Como dijeron Troutman y Buzard<sup>3</sup>: “los intentos de predecir, incluso cualitativamente, el astigmatismo que se va a inducir en una queratoplastia, y mas aún los intentos de compensarlo en la cirugía primaria, continúan resultando decepcionantes”. Consideramos que el objetivo más importante ha de ser el de conseguir una cicatrización de espesor completo lo más homogénea posible, evitando el error de colocar la sutura demasiado superficial.

La preparación y fijación del ojo receptor constituyen también requisitos importantes. Cualquier compresión o deformación del globo, por tono ocular disminuido, fisura interpalpebral estrecha, blefarostato inadecuado o mal colocado, hilo de tracción de recto superior o anillo de soporte escleral mal colocado, puede deformar la córnea durante la trepanación y provocar una ventana receptora ovalada o distorsionada.

La trepanación constituye uno de los pasos de mayor importancia en relación al astigmatismo postquirúrgico. La ventana receptora y el botón donante deberían presentar idealmente unas dimensiones idénticas (o al menos congruentes), excepto en casos en que busquemos intencionadamente diámetros dispares. Todo tipo de trepanación mecánica requiere la aplicación de una cierta compresión, la cual provocará determinado grado de distorsión tisular. Esto influirá de forma diferente según el tipo de trépano utilizado. La trepanación no mecánica con láser de excímero pretende solventar esta dificultad<sup>4</sup>, aunque problemas técnicos y de disponibilidad han limitado hasta ahora su uso. Resulta, por tanto, prácticamente inevitable que durante la trepanación mecánica se produzca un cierto bisel en el corte de la ventana, el botón o ambos. Es importante identificar y hacer coincidir lo mejor posible estos biseles para optimizar la adaptación injerto-receptor y mejorar en lo posible su congruencia.

La técnica de sutura es, probablemente, el factor que más influye en la inducción y prevención del astigmatismo en la QP. El material, la profundidad, la configuración y la tensión de la misma, son parámetros

que tendrán una gran importancia en este aspecto y que a veces sólo se pondrán de manifiesto tras retirarla. Creemos, por tanto, que resulta esencial utilizar un control queratoscópico durante esta fase, como veremos más adelante.

### **Factores postoperatorios**

Numerosos factores durante el período postoperatorio pueden influir en el astigmatismo final. El proceso de cicatrización se ve influido por la edad y la patología existente en el receptor, tanto local como sistémica, el uso de esteroides locales y el tiempo que cada sutura se mantiene antes de ser retirada; cuanto más tiempo se mantengan, menor cambio astigmático al retirarlas<sup>5</sup> (aunque esto sólo es cierto si la cicatrización ha sido de espesor completo en cada sector). También se deben considerar procesos que pueden aparecer en este periodo, como episodios de rechazo, pérdida prematura de suturas, ectasia traumática o espontánea, dehiscencia de la cicatriz, problemas epiteliales, infección secundaria etc.

Tampoco debemos olvidar que el periodo postoperatorio actualmente comprende en la práctica toda la vida del injerto, por lo que es poco realista hablar de un estado refractivo y astigmático "definitivo".

### **Prevencción intraoperatoria del astigmatismo**

El periodo durante el que se actúa de un modo más significativo sobre el astigmatismo en una QP, es sin duda el acto quirúrgico. Por ello se requiere un equipo microquirúrgico adecuado que incluya, aparte del instrumental idóneo, la optimización del microscopio quirúrgico, a ser posible, con un sistema de iluminación que incluya una lámpara de hendidura quirúrgica, una fuente de luz oblicua (aparte de la coaxial estándar) y un queratoscopio circular fijo o queratómetro cualitativo, como el propuesto por Troutman<sup>6</sup>. Existen diversas opciones comerciales y no resulta difícil adaptar un anillo de luces o LEDs al objetivo del microscopio (Figura 1). La prevencción del astigmatismo intra-operatorio se abordará considerando los principales pasos quirúrgicos: fijación, trepanación, adaptación injerto-huésped y sutura.

#### **Preparación y fijación**

Es importante evitar cualquier tipo de compresión que pueda distorsionar el globo durante la trepanación,

adaptación del injerto y sutura. Se debe elegir, en primer lugar, el blefarostato más adecuado. En casos normales puede utilizarse un blefarostato de tipo colibrí; si la fisura interpalpebral es estrecha optaremos por uno más fuerte, asegurando que los brazos del mismo ejerzan una presión simétrica. Esto también resulta válido para la sutura de fijación del recto superior o los anillos de soporte escleral; solemos aplicar estos últimos en casos de afaquia, pseudofaquia con cápsula posterior no íntegra u otras situaciones de riesgo (Figura 2).

Es prácticamente imposible evitar que se produzca cierto grado de ovalización mientras el globo está abierto, por lo que recomendamos un control y ajuste queratoscópico final después de finalizar la sutura y haber restablecido el tono normal. En casos de órbitas estrechas es preferible finalizar con un discreto patrón contra la regla pues la presión de los párpados ejercerá un efecto contrario (a favor de la regla), una vez retirado el blefarostato.

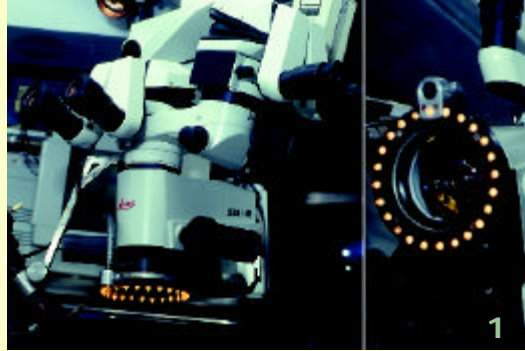
#### **Trepanación**

Hay que decidir, en primer lugar, el diámetro del injerto y de la ventana. A menudo será necesario un compromiso entre incluir toda la zona opaca o afectada por un lado y procurar no llegar al limbo o zonas vascularizadas periféricas por otro, con el fin de minimizar el riesgo de rechazo.

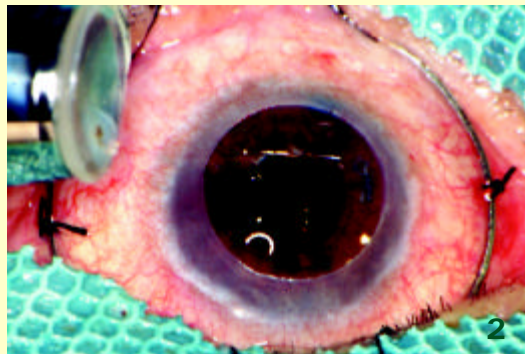
Disponemos de gran variedad de trépanos, aunque todavía no existe un sistema ideal. En primer lugar, con los más sencillos trépanos, manuales y abiertos, resulta muy difícil mantener la verticalidad en el eje visual durante la rotación. La pérdida de axialidad se traducirá en un corte irregular y biselado. La presión que se ejerza con el trépano debe ser la mínima posible para evitar la distorsión tisular. La presión sobre el globo cerrado provoca, en los trépanos abiertos, la entrada del tejido corneal en el cilindro del mismo durante el corte, con lo que se produce un corte cónico; este fenómeno resultará más acusado cuanto mayor presión se ejerza durante la trepanación. Cuando el globo se perfora en uno de sus sectores se produce una descompresión del globo que provocará deformación y formación de bisel si no se detiene la trepanación inmediatamente (Figura 3).

Los trépanos obturados, como el modelo manual de Franceschetti, presentan un pistón discretamente cóncavo micrométricamente ajustable que cierra la abertura del cilindro. Esto limita la entrada del tejido corneal en dicho cilindro durante el corte y previene el efecto de corte cónico antes mencionado.

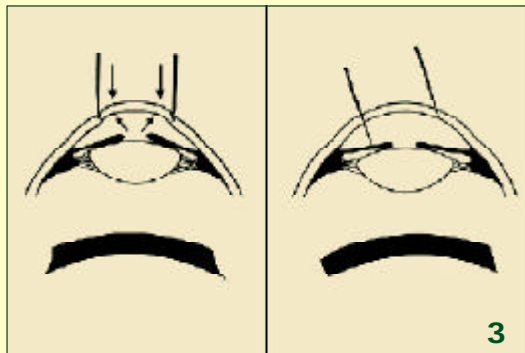
**Figura 1.**  
Queratoscopio en anillo de luces adaptado al objetivo del microscopio quirúrgico



**Figura 2.**  
Anillo de Flieringa en ojo pseudofáquico, ayuda a mantener la geometría del globo a cielo abierto



**Figura 3.**  
Formación de bisel en los bordes de la trepanación, mayor cuanto más presión (en ausencia de obturador), o por la inclinación del trépano



El trépano obturado y motorizado (versión motorizada del trépano de Franceschetti desarrollada por Barraquer y Mateus, (Figura 4) libera además al cirujano de los movimientos manuales, permitiendo concentrarse en el mantenimiento de la verticalidad. Esto permite obtener cantos muy regulares, como demostraron Parel y cols. con análisis fotogramétrico de los perfiles de botones trepanados<sup>7</sup>. El movimiento motorizado oscilatorio, en vez de continuo, permite minimizar el riesgo de lesionar el iris o el cristalino al penetrar. Es recomendable detener

en este punto la trepanación y completarla de modo manual con tijera.

Los trépanos con fijación neumática (Barron, Krumeich, Hanna) pretenden solucionar el problema del mantenimiento de la verticalidad, aunque no es siempre posible colocar el anillo de succión en la posición deseada. La aplicación del vacío provoca un abombamiento de la córnea hacia la abertura del anillo central, por lo que la combinación de vacío con un trepano abierto (como el de Barron) tiende a causar un severo efecto de corte en bisel y riesgo de lesión iridiana si no se detiene la trepanación antes de penetrar. Los trépanos de succión obturados, como los de Krumeich y Hanna evitan el fenómeno de corte biselado y permiten obtener buenos cortes cilíndricos. Ambos presentan un control independiente de la profundidad y el corte. El primero utiliza cuchillas estándar, con un único diámetro de 8 mm, y presenta una visibilidad de la cámara anterior un tanto limitada, que dificulta el control del centrado. El trépano de Hanna permite diámetros de 6,0 a 9,5 mm de diámetro y ofrece mejor visibilidad que el anterior, pero ha mostrado una cierta tendencia a "derivar" sobre la córnea.

La trepanación mediante láser promete, al evitar cualquier tipo de distorsión tisular, obtener trepanaciones perfectamente congruentes. Primero se probaron los infrarrojos [HF<sup>8</sup>, Er:YAG<sup>9</sup>] aunque se obtuvo mejor aplicación clínica con los ultravioleta [Ar-F excímero]. La forma de la trepanación ya no tiene que ser obligatoriamente circular: el grupo de Erlangen ha trabajado, utilizando máscaras, con ventanas elípticas<sup>10</sup> e incluso círculos con 8 pequeños apéndices radiales para facilitar un ajuste exacto y servir de guía para las suturas. La mayor limitación de estos sistemas consiste en su incapacidad para actuar en presencia de sangre (córnea vascularizada) o humor acuoso. La penetración en CA por un solo punto detiene el proceso, teniendo que completarse manualmente en todos los casos.

Se recomienda, por razones de seguridad, obtener el botón corneal donante antes de trepanar la córnea receptora. En caso de obtener el botón de un globo entero, se emplea la misma técnica de trepanación y en general el mismo diámetro que para el receptor; los biseles resultantes se ajustarán por rotación después de colocar el botón en la ventana receptora. Si se obtiene el botón donante a partir de un segmento corneoescleral, como en las córneas preservadas, se trepanará el mismo desde el lado endotelial con la ayuda de un trépano troquel; a menos que se utilice una cámara anterior artificial, en cuyo caso puede trepanarse desde el lado epitelial. Al utilizar el troquel es importante asegurarse de que la córnea

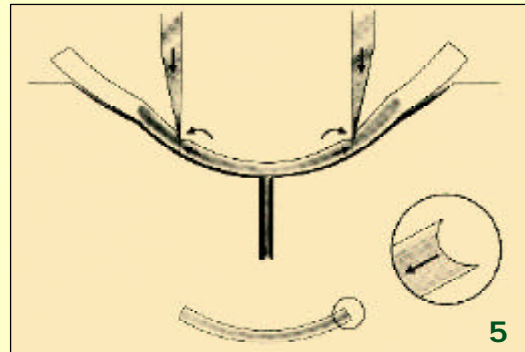
quede bien fijada, para evitar desplazamientos laterales, y de que la hoja actúe verticalmente y esté bien afilada en toda su circunferencia para evitar cortes cónicos y biseles. El trépano-troquel de Barron-Katena, con fijación mediante succión, hojas desechables y guías que garantizan la verticalidad, resuelve prácticamente todos estos problemas. Los botones donantes así obtenidos no presentan, por lo general, bisel; sin embargo, suelen presentar un perfil cóncavo en su borde, debido a la inevitable compresión que se produce al troquelar: el estroma comprimido se expande lateralmente durante y se retrae después del corte, lo que explica dicho perfil, y que se obtenga un botón de diámetro unos 0,25 mm menor que el nominal. Por lo tanto, si deseamos que botón y ventana tengan el mismo diámetro, con esta técnica debemos escoger un troquel 0,25 mm mayor que el trépano de la ventana. Otra cosa es que busquemos un injerto realmente mayor que la ventana, en cuyo caso debemos añadir 0,25 mm a la diferencia deseada (Figura 5).

Durante la trepanación del receptor debemos intentar la máxima axialidad del corte y centrarlo prefe-

rentemente con el eje visual y no con el centro geométrico de la córnea (aquél suele ser discretamente supero-nasal). La presión aplicada será la mínima posible y es recomendable detener la trepanación al penetrar en cámara anterior y concluir la misma con un cuchillito de diamante (Alfonso) o una tijera fina curvada y de corte vertical como la de Troutman-Katzin de filo único lateral. Dejar el perfil lo más recto y regular posible evitará crear una lengüeta de tejido profunda que puede levantar un sector del injerto y provocar astigmatismo (Figura 6).

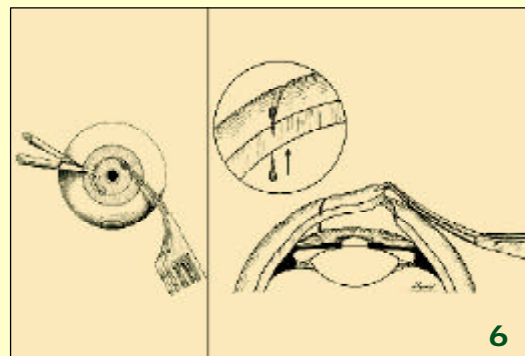
### Adaptación injerto-receptor

La desigualdad de tamaño entre injerto y ventana provocará, si el botón donante resulta más grande, un incremento de los valores K finales, profundización de la cámara anterior y miopización. En general no es recomendable usar injertos menores que la ventana (p.ej. para corregir miopía), pues tiende a causar mala coaptación y astigmatismos altos. Un botón menor que la ventana provocará un aplastamiento, cámara anterior más estrecha e hipermetropización.



**Figura 4.**  
Trépano obturado y motorizado, desarrollado por Joaquín Barraquer y F. Mateus (Grieshaber)

**Figura 5.**  
Trepanación por cara endotelial con trépano troquel, la compresión del estroma produce un perfil cóncavo del botón donante



**Figura 6.**  
Se concluye la trepanación con tijera una vez se ha entrado en cámara anterior con el trépano

Este efecto se puede buscar intencionadamente en algunas circunstancias:

- para prevenir sinequias anteriores (disgenesias de CA y extracción de implantes de CA), profundizando la CA,
- para restaurar la curvatura normal si la cicatrización (postraumática, etc.) ha aplanado la córnea receptora,
- para corregir hipermetropía.

### Sutura

La sutura es posiblemente el factor que más puede influir en la prevención o inducción del astigmatismo en la QP. Es importante colocar correctamente todos y cada uno de los puntos, pues uno solo de ellos mal colocado puede inducir un astigmatismo que quizás no se descubre hasta que se retiran las suturas y que puede ser difícil de corregir con un procedimiento secundario.

El material de sutura ideal debería mantener la aposición tisular con una tensión correcta y constante e inducir la mínima reacción tisular durante todo el periodo de cicatrización. Para la fijación inicial del injerto utilizamos 4 puntos de seda de 9-0, por su facilidad de manejo, retirándola al final de la intervención o a los pocos días. El monofilamento de nilón 10-0 es todavía el material de referencia para la sutura definitiva del botón, aunque en realidad es biodegradable y suele romperse en un periodo de uno a tres años. El polipropileno de 10-0 (*Prolene*) parece un material realmente inalterable, pero se ha observado que pierde eventualmente su fuerza de tensión y se cuartea por acción de los rayos UV. El poliéster (*Dacron*, *Mersilene*) es un material realmente no-reabsorbible, y su grosor de 11-0 presenta una resistencia similar a la de nilón 10-0. Resulta un poco menos elástico y requiere por ello un ajuste más preciso con ayuda del queratoscopio (el *Mersilene* de 10-0 no debe emplearse, pues es mucho más rígido). Su comportamiento hidrofóbico evita además la tendencia del nilón a adherirse al viscoelástico y a provocar "láminas jabonosas" entre las asas; hemos observado además que se mantiene inalterado durante años sin romperse y que no suele presentar pérdida apreciable de su fuerza tensil.

En cuanto a la configuración de la sutura se distinguen dos modelos principales: sutura continua y puntos radiales simétricos independientes. La primera, habitualmente de 16 a 20 o más vueltas alrededor de la circunferencia del injerto, se tendría que colocar de tal manera que cada asa adopte la forma de

un triángulo isósceles (sutura antitorsión) o dos suturas continuas de dirección opuesta (doble sutura torsión-antitorsión)<sup>11</sup>. La sutura continua presenta como ventajas una mayor rapidez de colocación y su simplicidad -un solo nudo-, así como una tendencia natural a distribuir la tensión, además de poder ajustarse intra y postoperatoriamente (habitualmente entre 2 y 4 meses). La sutura con puntos independientes resulta, en cambio, más laboriosa -16 nudos o más-, los cuales pueden además inducir una mayor reacción tisular por lo que es preferible enterrarlos en el lado del botón donante (cuanto más hacia el limbo, mayor fibrosis y dificultad para su extracción). Presenta las ventajas de mantener mejor la tensión con la que se han dejado al finalizar la operación, sin presentar apenas redistribución; la pérdida o posición inadecuada de un punto tendrá por lo tanto menos impacto en el conjunto de la sutura; será, pues, preferible en tejidos que presenten mayor reactividad como córneas inflamadas, vascularizadas o casos pediátricos. Permite además un control del astigmatismo postoperatorio más preciso mediante su retirada selectiva (y el mantenimiento de otros). Nosotros preferimos esta técnica con *Mersilene* 11-0 y ocasionalmente añadiendo algún que otro punto compresivo adicional si se requiere para minimizar el astigmatismo apreciado al final de la operación. Empleamos sutura continua con nilón 10-0 en pacientes que viven lejos, en los que no es posible realizar visitas de control con la frecuencia necesaria para la retirada selectiva de puntos. Las suturas combinadas independientes y continuas pretenden aunar las ventajas de ambas técnicas, aunque también lo hacen con las desventajas; sobre todo existe menos margen para manipular el astigmatismo.

La profundidad a la que se pasa la aguja en el tejido corneal al colocar el punto es posiblemente el factor más importante y más difícil de controlar en cuanto a los parámetros posicionales de la sutura. Clásicamente se recomendaba su paso por entre el tercio medio y profundo, para evitar fístulas y la invasión epitelial<sup>12</sup>. Troutman aboga por la sutura penetrante<sup>13</sup>, aunque estudios post-mortem han mostrado que ésta no garantiza la correcta aposición injerto-receptor<sup>14</sup>. Nosotros recomendamos situar las suturas lo más profundo posible, pre-Desceméticas, para asegurar la aposición y hermeticidad de los tejidos, evitando tanto el riesgo de dehiscencia o "bostezo" posterior de la cicatriz (dando lugar a ectasias y valores K altos) que provocan las suturas demasiado superficiales, como el riesgo de infección que puede suponer una sutura penetrante (Figura 7).

La dirección de cada punto debe ser radial y rectilínea, con una longitud de aproximadamente 1,0

a 1,5 mm en el lado del receptor y 0,5 a 1,0 mm en el lado donante. Los puntos más largos tienden a almacenar más tensión y los puntos demasiado cortos proporcionan menos margen de control del grado de tensión y pueden aflojarse más fácilmente al ceder el edema inicial o si el tejido es cortado por la sutura.

La tensión aplicada a cada punto ha de ser la suficiente para garantizar la correcta aposición de los tejidos durante todo el periodo de cicatrización y la precisa para minimizar el astigmatismo; este ajuste intraoperatorio resulta más sencillo si se hace mediante nudos corredizos. Recordemos una vez más la ayuda que nos proporciona un queratoscopio acoplado al microscopio en este cometido. Los queratómetros de mano son poco prácticos, ya que es difícil asegurar constantemente su horizontalidad, y ocupan una mano del cirujano. El edema inicial, tanto de la córnea receptora como la donante, requiere la aplicación de un cierto grado de tensión adicional para evitar el aflojamiento de las suturas al disminuir en el postoperatorio. En el caso de la sutura continua puede distribuirse la tensión adecuada a cada sector levantando secuencialmente las asas alrededor del injerto -maniobra del "carrusel"- con el nudo pre-colocado; esto puede realizarse de forma rápida y atraumática para la sutura con dos dilatadores de punto lagrimal utilizados bimanualmente (Figura 8). Una vez anudado, se repite la maniobra para enterrarlo y reducir el astigmatismo residual distribuyendo la tensión según el patrón del queratoscopio: las asas del meridiano más plano se aprietan más, repartiendo la tensión de las asas más flojas hacia el meridiano más curvado. Krumeich ha ideado un anillo de aleación metálica para ser implantado en la unión donante-receptor, el cual se deja durante una media de 6 meses<sup>15</sup> y que actuaría como un dispositivo "de desacoplamiento" forzando una adaptación y cicatrización del tejido según la perfecta circunferencia del anillo, lo que puede ser útil en caso de incongruencia donante-receptor.

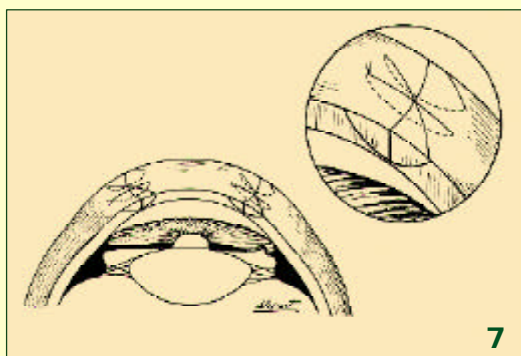
## Tratamiento del astigmatismo postoperatorio

En este apartado debemos considerar por separado la fase en la que existe la sutura y aquella en la que ya ha sido retirada por completo. En la medición del astigmatismo postoperatorio nos solemos basar en la refracción, aunque una AV baja o la asociación de astigmatismo irregular puede limitar la precisión de ésta, siendo de utilidad el estudio topográfico corneal,

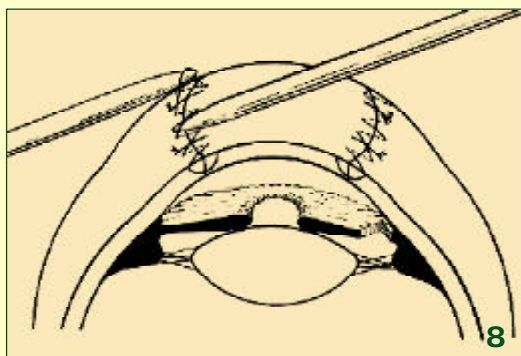
sea mediante videoqueratoscopia por disco de Plácido o los instrumentos capaces de medir elevaciones (PAR, Orbscan). No disponemos, por desgracia, de ningún método para medir un aspecto tan importante como el de la resistencia de la cicatriz en un determinado sector de la misma, lo cual sería de gran ayuda para ajustar o retirar las suturas. La paquimetría corneal ultrasónica proporciona cierta información acerca del estado de la unión injerto-receptor (espesor normal, adelgazamiento y distensión), aunque puede ser poco fiable en la zona de la cicatriz. La paquimetría topográfica (basada en un barrido óptico) sería más informativa, si bien la irregularidad de la cicatriz puede crear artefactos de medición. Un examen biomicroscópico minucioso con lámpara de hendidura continua siendo, seguramente, la opción más útil en la práctica.

## Control del astigmatismo con suturas presentes

El manejo del astigmatismo con las suturas en posición depende, en primer lugar, de la técnica utilizada. La sutura continua puede ajustarse, mediante la

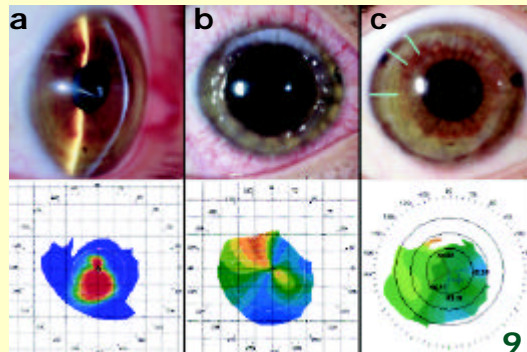


**Figura 7.**  
Sutura con monofilamento en posición estromal profunda (pre-Descemet), evita el "bostezo" posterior de la cicatriz



**Figura 8.**  
Ajuste de la sutura continua por rotación, con la ayuda de dos dilatadores de punto lagrimal (técnica de "carrusel")

**Figura 9.**  
**Compensación del astigmatismo mediante retirada selectiva de puntos independientes.**  
**A: preoperatorio (queratocono).**  
**B: Postoperatorio inicial (4D de astigmatismo).**  
**C: Tras retirar sólo tres suturas el astigmatismo es sólo de 0,5 D. Es posible dejar los restantes indefinidamente (lo que no ocurre en caso de usar nilón)**



ya mencionada maniobra de "carrusel", durante un cierto periodo del postoperatorio<sup>16</sup>. Aunque la hemos aplicado con éxito hasta un año después de la operación, resulta mas efectiva y segura durante los 2 a 4 primeros meses. Con el paso del tiempo se incrementa el riesgo de rotura de la sutura. Se realiza con anestesia tópica elevando las asas de la sutura, tensándolas en el eje más plano y desplazando la sutura sobrante hacia el más curvado, que así queda aflojado y se aplana. Aunque sea posible realizarlo en el despacho preferimos el quirófano, con ayuda del queratoscopio quirúrgico, y por motivos de seguridad. Es importante que la congruencia de los tejidos receptor-donante sea la mejor posible, pues no parece que este tipo de ajuste sea capaz de corregir el astigmatismo inducido por dicha incongruencia, el cual reaparecerá al retirar la sutura definitivamente.

La sutura con puntos independientes puede manipularse mediante la retirada selectiva. El efecto biomecánico de retirar puntos es análogo al de las técnicas relajantes<sup>17</sup>. Preferimos no retirar ningún punto antes de los 3 a 6 primeros meses (en función de la edad, etc.) a menos que algún punto se rompa o se afloje. Es difícil determinar si el efecto "relajante" se debe a la eliminación de la compresión que induce la sutura o por "debilitamiento" local de la unión donante-huésped (esto último es más probable al retirar suturas demasiado pronto, aunque podría ayudar a compensar una posible incongruencia injerto-huésped). El problema reside en diferenciar las dos posibles causas de astigmatismo: tensional o bien dimensional, a lo largo del proceso de cicatrización. La eventual degradación y rotura de las suturas de nilón residuales puede llevar (a pesar de haber realizado una correcta retirada selectiva), a una "sorpresa astigmática" final, sobre todo si los puntos eran demasiado superficiales o se retiraron demasiado

precozmente. Aunque ello no exige de cuidar los demás aspectos de la técnica (trepanación, sutura...) el empleo de material realmente no biodegradable (*Mersilene 11-0*) puede librarlos de esta frustrante situación. La posibilidad de dejar algunos puntos durante largos periodos e incluso de forma permanente y el hecho de que este tipo de material no pierde apenas tensión, permite obtener excelentes resultados refractivos, además de incrementar la estabilidad y seguridad de la cicatriz injerto-receptor (Figura 9).

La colocación de puntos compresivos adicionales puede ayudar en ambas técnicas -sutura continua o puntos independientes- a corregir el astigmatismo, especialmente si se identifica una microdehiscencia entre los puntos o las asas de la sutura continua<sup>18</sup>. Aumentar la curvatura local con puntos compresivos puede causar un efecto adecuado, pero transitorio, regresando al retirar finalmente todas las suturas, si la causa del aplanamiento se debía a exceso de tejido o incongruencia injerto-receptor. Una aposición difusamente débil debido a una sutura superficial provocará, a diferencia de una dehiscencia pequeña, un incurvamiento corneal generalizado inductor de miopía (valores K altos). La colocación de múltiples puntos adicionales circunferenciales, sobretudo en los primeros meses, puede llegar a corregir este error, por lo menos parcialmente<sup>19</sup>.

### **Tratamiento del astigmatismo después de retirar todas las suturas**

Para la corrección del astigmatismo residual después de haber retirado todas las suturas se pueden utilizar, en caso necesario (astigmatismo no tolerable con corrección con gafas, expectativas personales...) lentes de contacto, corrección quirúrgica o incluso un nuevo trasplante.

La adaptación de lentes de contacto en una córnea operada de QP a menudo constituye una solución útil. Sin embargo, en general se requieren LC rígidas (gas permeables), y la frecuente inexperiencia del paciente, la presencia de geometrías difíciles (valores K bajos o elevados, irregularidades...), o la existencia de patología concomitante (como ojo seco, deficiencia de células madre limbares u otras causas de epitelio patía, entre otras) dificultan a menudo la adaptación. Existen algunos riesgos añadidos como el de infección secundaria a microerosiones, el de inducir rechazo por irritación crónica, o el posible deterioro a largo plazo del endotelio del injerto, ya de por sí en estado precario en los injertos antiguos.

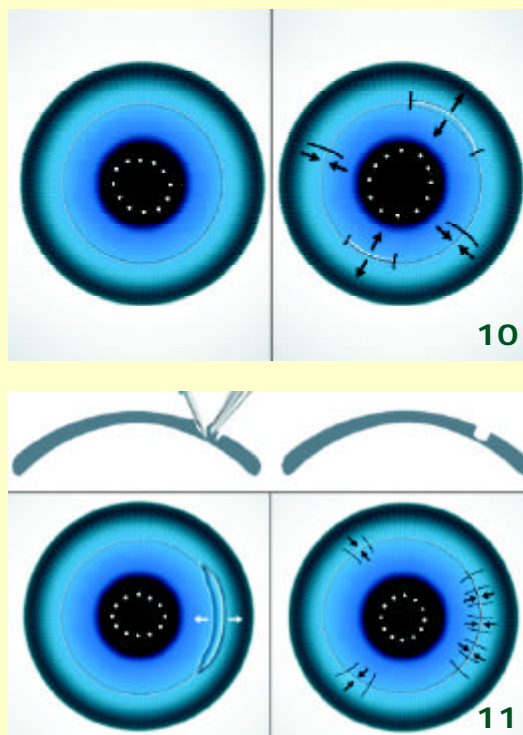


### Técnicas incisionales

Las queratotomías arciformes inducen aplanamiento de la curvatura en el eje que cortan mediante el efecto "relajante" que equivale a la adición de tejido (Figura 10). Esta idea parte de Bates en 1849<sup>20</sup> y fue experimentada por Lans<sup>21</sup>, quien atribuyó erróneamente el efecto de aplanamiento a un proceso de cicatrización. Troutman fue el primero que aplicó incisiones circulares o arciformes en astigmatismo por QP en 1975<sup>22</sup>. Su efecto se halla en relación con la longitud de las incisiones y el diámetro de la zona óptica, si bien otros factores como la profundidad y el grado de hidratación son variables y difíciles de controlar, incluso en ojos de cadáver<sup>23</sup>; en el paciente vivo se suman a éstos los factores relacionados con la cicatrización (edad, enfermedades de tipo sistémico, uso de esteroides, PIO...), así como la variabilidad de grosor y tensión que existe a lo largo de la cicatriz. La queratotomía arciforme constituye, a pesar de todo, una alternativa efectiva para la corrección de astigmatismo bajo a moderado (hasta 5 D) en QP, siempre que la cicatriz injerto-receptor sea correcta y de espesor completo (en caso contrario mejor recurrir a procedimientos de refuerzo). La precisión de los cortes puede mejorarse utilizando dispositivos semiautomáticos como el "arcitomo" de Hanna. Si la unión injerto-receptor no está bien suturada o cicatrizada, (lo cual es difícil de medir con precisión), puede producirse un efecto de sobrecorrección e inestabilidad estructural, por lo que es mejor realizar las queratotomías discretamente por dentro del injerto. Si no se observa una inmediata sobrecorrección de por lo menos el 50% puede aumentarse el efecto colocando suturas compresivas en el meridiano a 90°. Este procedimiento presenta algunas ventajas con respecto al LASIK (sobretudo respecto a los sistemas más antiguos): por un lado, el efecto de "acoplamiento" -incurvamiento a 90° del meridiano aplanado sin apenas provocar cambios esféricos- lo hace apropiado para astigmatismos mixtos; por otro, la capacidad de abordar astigmatismos asimétricos con incisiones pareadas de diferente longitud de arco (guiándose con la topografía). Krumeich y Knuelle propusieron una variación a esta técnica basada en una trepanación de profundidad parcial en los 360°, lo cual "desacoplaría" los efectos biomecánicos de la córnea central con respecto al rodete periférico, provocando un efecto de redondeamiento según la ley de Gauss. Sus primeros resultados con trepanación del 90% del espesor fueron prometedores pero variables<sup>24</sup>, después combinaron una trepanación de 300 µm con profundización arciforme a 550 µm en los meridianos más curvos<sup>25</sup>. Retrasar la realización de estos cortes más profundos

ayudaría a evaluar el efecto real de la trepanación de espesor parcial.

La queratectomía en creciente consiste en reseca una tira corneal profunda en forma de semiluna a lo largo del borde del injerto o incluyendo la propia cicatriz, para a continuación cerrarla mediante sutura obteniendo un efecto compresivo -inverso a las incisiones relajantes-. Permiten corregir entre 5 y 10 D de astigmatismo a la vez que refuerzan la unión injerto-receptor. Esta idea parte de Jorge Malbrán en 1953<sup>26</sup> y José Barraquer en 1965<sup>27</sup> y fue popularizada por Troutman a partir de 1970<sup>28</sup>. El perfil de resección triangular o en cuña inicialmente descrito se ha modificado hacia una resección rectangular o en bloque, técnicamente más sencilla, más efectiva y que induce menor irregularidad. No se recomienda una resección de anchura (radial) mayor a 1mm, pues induciría importante astigmatismo irregular. Es necesario obtener una sobrecorrección inicial para compensar la pérdida de tensión de la sutura que se pueda producir durante la cicatrización de la zona de resección. Para prevenir la distensión del sector contrario a la resección y obtener un resultado óptico inmediato pueden colocarse suturas compensatorias a unos 90° de los finales de la resección (Figura 11).



**Figura 10.** Aplanamiento del meridiano más curvo mediante el efecto relajante de las queratotomías arciformes y puntos compresivos a 90° para aumentar su efecto

**Figura 11.** Efecto compresivo de la queratectomía en creciente, compensado con 2 suturas colocadas a 90° de los finales de la resección para evitar la distensión de los sectores opuestos de la cicatriz

En caso de astigmatismos superiores a 10 D pueden combinarse, según el patrón topográfico, una resección en creciente con incisiones arciformes. La técnica de resección en creciente será también de elección en caso de 1) apreciarse un sector suturado superficialmente, 2) dehiscencias debidas a traumatismos y a extracción o pérdida precoz de la sutura, y 3) anillo corneal receptor fino por diámetro pequeño de trepanación o por progresión del queratocono. Estas técnicas son todavía alternativas válidas -a pesar de su (no siempre merecida) fama de impredecibles y de la popularidad del LASIK- e incluso preferibles a éste dependiendo del grado, irregularidad y especialmente la *causa* del astigmatismo postQP.

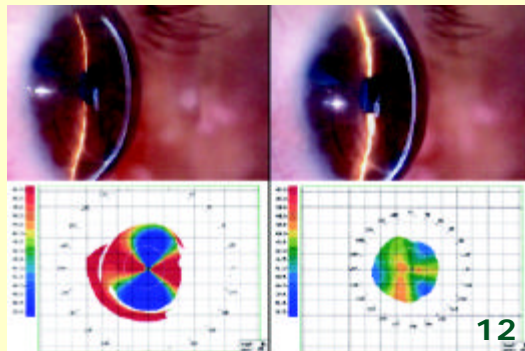
### Técnicas laminares (LASIK)

Las técnicas refractivas laminares corrigen el astigmatismo esculpiendo directamente una lente tórica o cilíndrica en la córnea, sin efectos biomecánicos de compresión o relajación. La PRK fue la primera técnica laminar utilizada para la corrección del astigmatismo post QP<sup>29,30</sup>. La cicatrización superficial, responsable del fenómeno de velamiento o "haze" se vió incrementada en los trasplantes y conllevó una baja predictibilidad<sup>31</sup>. El documentado riesgo de inducir un rechazo del injerto<sup>32</sup>, debido probablemente a los fenómenos irritativos postoperatorios propios de la desepitelización que conlleva la PRK, junto a las mejoras técnicas de la cirugía refractiva intraestromal, han hecho obsoleta la PRK para esta indicación. Se ha utilizado con éxito la queratomileusis con láser para la corrección de ametropías y astigmatismo post-QP desde 1997<sup>33-35</sup>. Muchos autores coinciden, sin embargo, en que la eficacia es mayor en el componente esférico, siendo la reducción media del astigmatismo en las series prin-

cipales de alrededor de dos tercios<sup>36-41</sup>. En algunas se encontró una reducción media menor del 50%<sup>42</sup>, e incluso se ha descrito incremento del astigmatismo e inducción de astigmatismo irregular. La frecuente necesidad de retoques revela una predictibilidad que no resulta óptima<sup>43</sup>. Varias razones podrían explicar la variabilidad de estos resultados en los tratamientos:

- El astigmatismo post QP suele ser más importante que el congénito y aunque el LASIK pueda corregir astigmatismos altos asociados a QP<sup>44</sup>, existe la posibilidad de que los algoritmos, ajustados para casos más leves y córneas más jóvenes, tengan que ser corregidos en estos casos.
- La eficacia de la corrección del astigmatismo con LASIK depende de una alineación exacta del eje (un error de 5° induciría teóricamente una hipocorrección de hasta un 20%). Tras una QP, esto es muchas veces difícil de medir, tanto con la refracción subjetiva como incluso con los métodos objetivos, a lo que hay que añadir un posible mal alineamiento del paciente en posición supina por movimientos de ciclorsión.
- En casos de astigmatismo mixto post QP, es preferible dividir el tratamiento entre un cilindro positivo y otro negativo (ablación bitórica), lo que reduce la profundidad de ablación y permite corregir astigmatismos superiores a 10 D (Figura 12). La ablación en dos cilindros opuestos dobla, sin embargo, la posibilidad de errar uno de los ejes.
- No todos los láseres resultan adecuados para tratar un astigmatismo irregular como el que se presenta frecuentemente tras QP. Los sistemas con ablación personalizada según topografía y aberrometría prometen resolver este problema; los resultados iniciales con el sistema Topolink muestran una mejora de la regularidad corneal en sólo un 66% de los ojos trasplantados tratados<sup>45</sup>. Por tanto, los procedimientos incisionales continúan siendo una opción válida, sólo o en combinación con el LASIK "clásico".
- El corte laminar con microqueratomo y la ablación con láser en una zona débil del injerto pueden provocar un resultado refractivo inesperado al debilitar dicha zona aún más. Si existen sectores débiles en la unión injerto-receptor existe riesgo de dehiscencia de la cicatriz o perforación. No está claro si demorar la ablación con el láser hasta que se haya determinado el efecto refractivo que el corte laminar haya podido producir puede aportar mayor precisión a esta técnica.

**Figura 12.**  
Corrección de un astigmatismo alto (15D) aparecido progresivamente más de 10 años después de una QP por queratocono, mediante técnica LASIK bitórica. Resultado con astigmatismo topográfico menor de 1D (según SIM-K)



- Los pacientes operados de QP presentan riesgos añadidos a las complicaciones habituales de la técnica LASIK, como dificultades en el corte con el microqueratomo por suturas residuales o sangrado por áreas vascularizadas, dislocación o perforación del flap, incluso penetración intraocular. Debemos tener especial cuidado con el delicado epitelio del injerto. Aunque no parezca que el LASIK pueda dañar el endotelio<sup>46</sup>, desconocemos en qué medida puede afectar un endotelio pobre a la adhesión del colgajo y al resultado refractivo. No tenemos noticia de ningún caso de rechazo de injerto post-LASIK; sin embargo, recordemos que cualquier tipo de manipulación del injerto (como quitarse una sutura) puede ser el desencadenante aparente de tal reacción.

La sustitución del injerto puede parecer una forma radical de corregir un astigmatismo post QP, si bien puede estar justificada en algunas circunstancias. La situación más frecuente sería la de un paciente mayor, transplantado por queratocono años o décadas antes, y que regresa para cirugía de la catarata. El contaje endotelial es frecuentemente bajo y el riesgo de descompensación posquirúrgica por tanto significativo. A esto puede añadirse la presencia de un astigmatismo elevado por la progresión del queratocono en el anillo receptor. El nuevo injerto debería ser, en este caso, de un diámetro un poco mayor que el original para salvar posibles irregularidades en la cicatriz antigua y poder suturar a un anillo receptor de grosor más normal (sobre todo en casos de progreso del queratocono). No debemos olvidar, sin embargo, que un segundo trasplante de mayor diámetro incrementará el riesgo de rechazo, incluso si el anillo receptor residual no está vascularizado.

## Conclusión

El astigmatismo en la QP es un problema de gran complejidad, que no resulta sencillo en su prevención ni en su tratamiento. Debemos poner, por tanto, la máxima atención en cada uno de los pasos descritos, tanto quirúrgicos como postquirúrgicos, ya que cada uno de ellos puede influir de una manera significativa (aunque no definida con precisión) en el astigmatismo residual tras la QP. A las técnicas residuales clásicas para el tratamiento del astigmatismo residual tras QP debemos añadir la aportación de la queratomileusis con láser (LASIK), si bien un diagnóstico preciso de la causa del astigmatismo es esencial para conseguir resultados satisfactorios.

## Bibliografía

1. Perry HD, Donnenfeld ED. Expulsive hemorrhage following suture removal after penetrating keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 1988;106:99-100.
2. Lundergan MK, Rowsey JJ. Relaxing incisions. Corneal topography. *Ophthalmology* 1985;92:1226-36.
3. Troutman RC, Buzard KA. *Corneal Astigmatism. Etiology, Prevention, and Management*. St. Louis: Mosby-Year Book Inc., 1992;350.
4. Seitz B, Langenbucher A, Kus MM, Kuchle M, Naumann GO. Nonmechanical corneal trephination with the excimer laser improves outcome after penetrating keratoplasty. *Ophthalmology* 1999;106:1156-64.
5. Binder PS. The effect of suture removal on postkeratoplasty astigmatism. *Am J Ophthalmol* 1988;105:637-45.
6. Troutman RC. Primary astigmatism control using the Troutman surgical keratometer. In: Emery JM, Jacobson AC (eds): *Current Concepts in Cataract Surgery*. St. Louis: CV Mosby, 1980;241-3.
7. Denham DB, Barraquer E, Loertscher H, et al. Evaluation of manual, motorized, and laser trephines by shadow photogrammetric analysis. (ARVO presentation) *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1988;29(suppl):.
8. Loertscher H, Mandelbaum S, Parel J-M, Parrish RK II. Noncontact trephination of the cornea using a pulsed hydrogen fluoride laser. *Am J Ophthalmol* 1987;104:471-5.
9. Kuchle M, Behrens A, Seitz B, Langenbucher A, Naumann GO. Free-running erbium: YAG laser for nonmechanical trephination in penetrating keratoplasty: first results of experimental trephination of human donor corneas. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1999;237:875-7.
10. Lang GK, Schroeder E, Koch JW, Yanoff M, Naumann GO. Excimer laser keratoplasty. Part 2: Elliptical keratoplasty. *Ophthalmic Surg* 1989;20:342-6.
11. Troutman RC, Haight DH. Suture materials and techniques, in Brightbill FS (ed): *Corneal Surgery*. St. Louis: CV Mosby, 1986;265-8.
12. Barraquer J, Rutllan J. *Surgery of the Anterior Segment of the Eye*. Vol 2: Corneal Surgery. Barcelona: Instituto Barraquer, 1971.
13. Troutman RC. *Surgery of the Anterior Segment of the Eye*. vol 1. St. Louis: CV Mosby, 1974.
14. Lang GK, Green WR, Maumenee AE. Clinicopathologic studies of keratoplasty eyes obtained post-mortem. *Am J Ophthalmol* 1986;101:28-40.
15. Krumeich JH, Daniel J. Perforating keratoplasty with an intracorneal ring. *Cornea* 1999;18:277-81.
16. McNeil JI, Wessels IF. Adjustment of single running suture to control astigmatism after penetrating keratoplasty. *Refract Corneal Surg* 1989;5:216-23.

17. Binder PS. Selective suture removal can reduce postkeratoplasty astigmatism. *Ophthalmology* 1985; 11:86-90.
18. Buzard KA. Repair of the "microdehiscence" to correct postkeratoplasty astigmatism. *Ophthalmic Surg* 1989; 20:876-82.
19. Buzard KA, Hoeltzel DH. Biomechanics of the cornea. Progress in biomedical optics. *Proceedings of Ophthalmic Technologies* 1991;1423:70-7.
20. Bates WH. A suggestion of an operation to correct astigmatism. *Arch Ophthalmol* 1894;23:9-13.
21. Lans LJ. Experimentelle Untersuchungen über Entstehung von Astigmatismus durch nicht-perforierende Corneawunden. *Albrecht von Graefes Arch Ophthalmol* 1898;45:117-52.
22. Troutman RC, Swinger C. Relaxing incisions for control of postoperative astigmatism following penetrating keratoplasty. *Ophthalmic Surg* 1980;11:117-20.
23. Duffey RJ, Jain VN, Tchah H, Hofmann RF, Lindstrom RL. Paired arcuate keratotomy. A surgical approach to mixed and myopic astigmatism. *Arch Ophthalmol* 1988;106:1130-5.
24. Krumeich JH, Knulle A. Circular keratotomy for the correction of astigmatism. *Refract Corneal Surg* 1992; 8:204-210.
25. Krumeich JH, Knulle A, Daniel J. Improved technique of circular keratotomy for the correction of corneal astigmatism. *J Refract Surg* 1997;13:255-262.
26. Malbrán J. *Cirugía del astigmatismo*. In: Primus Latinus Congressus Ophthalmologiae. Roma: Arte Della Stampa, 1953;77.
27. Barraquer JI. Special methods in corneal surgery. In: The Cornea. World Congress. Washington: Butterworth Inc., 1965;586.
28. Troutman RC. Surgical correction of high corneal astigmatic errors after successful keratoplasty. In: *Advances in Ophthalmology*. Vol 27. Basel, Karger, 1970;170.
29. Campos M, Hertzog L, Garbus J, Lee M, McDonnell PJ. Photorefractive keratectomy for severe postkeratoplasty astigmatism. *Am J Ophthalmol* 1992;114:429-36.
30. Tuunanen TH, Ruusuvaara PJ, Uusitalo RJ, Tervo TM. Photoastigmatic keratectomy for correction of astigmatism in corneal grafts. *Cornea* 1997;16:48-53.
31. Chan WK, Hunt KE, Glasgow BJ, Mondino BJ. Corneal scarring after photorefractive keratectomy in a penetrating keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 1996; 121:570-1.
32. Hersh PS, Jordan AJ, Mayers M. Corneal graft rejection episode after excimer laser phototherapeutic keratectomy. *Arch Ophthalmol* 1993;111:735-6.
33. Arenas E, Maglione A. Laser in situ queratomileusis for astigmatism and myopia after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg* 1997;13:27-32.
34. Zaldivar R, Davidorf J, Oscherow S. LASIK for myopia and astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg* 1997;13:501-2.
35. Parisi A, Salchow DJ, Zirm ME, Stieldorf C. Laser in situ keratomileusis after automated lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:1114-8.
36. Donnenfeld ED, Kornstein HS, Amin A, Speaker MD, Seedor JA, Sforza PD, Landrio LM, Perry HD. Laser in situ keratomileusis for correction of myopia and astigmatism after penetrating keratoplasty. *Ophthalmology* 1999;106:1966-74.
37. Forseto AS, Francesconi CM, Nosé RA, Nosé W. Laser in situ queratomileusis to correct refractive errors after keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 1999;25:479-85.
38. Webber SK, Lawless MA, Sutton GL, Rogers CM. LASIK for post penetrating astigmatism and myopia. *Br J Ophthalmol* 1999;83:1013-8.
39. Koay PY, McGhee CN, Weed KH, Craig JP. Laser in situ keratomileusis for ametropia after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg* 2000;16:140-7.
40. Nassaralla BRA, Nassaralla JJ. Laser in situ keratomileusis after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg* 2000;16:431-7.
41. Preschel N, Hardten DR, Lindstrom RL. LASIK after penetrating keratoplasty. In: Davis EA, et al. (eds): *Refractive Surgery*. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. *Int Ophthalmol Clin* 2000;40(3):111-23.
42. Kwitko S, Marinho DR, Rymer S, Ramos Filho S. Laser in situ keratomileusis after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:374-379.
43. Güell JL, Gris O, de Muller A, Corcostegui B. LASIK for the correction of residual refractive errors from previous surgical procedures. *Ophthalmic Surg Lasers* 1999; 30:341-9.
44. Rashad KM. Laser in situ keratomileusis for correction of high astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg* 2000;16:701-10.
45. Knorz MC, Jendritza B. Topographically-guided laser in situ keratomileusis to treat corneal irregularities. *Ophthalmology* 2000;107:1138-43.
46. Pérez-Santonja JJ, Sakla HF, Gobbi F, Alió JL. Corneal endothelial changes after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:177-83.