

Universidad Autónoma de Barcelona

Facultad de Medicina

Departamento de Cirugía

El astigmatismo en la cirugía de la catarata con incisión pequeña:

Análisis de la evolución queratométrica y refractiva en la
sonofacoaspiración

Tesis presentada para optar al grado de
Doctor en Medicina y Cirugía por Andrés Picó García

Director: Dr. D. Rafael I. Barraquer Compte

Tutor: Prof. D. Pedro Quesada Marín

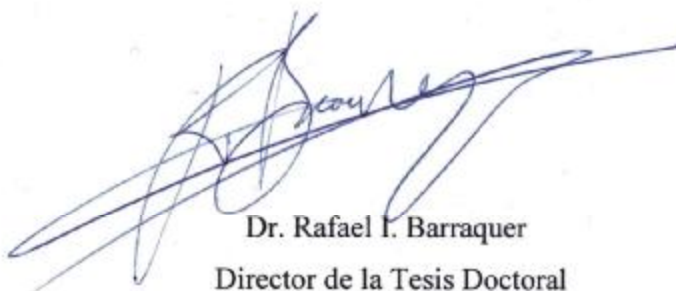
Barcelona, 2007

**EL DOCTOR D. RAFAEL I. BARRAQUER, TITULAR DE LA
“CÀTEDRA DE RECERCA EN OFTALMOLOGIA JOAQUIM
BARRAQUER” DE LA UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE
BARCELONA,**

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado **“El astigmatismo en la cirugía de la catarata con incisión pequeña. (Análisis de la evolución queratométrica y refractiva en la sonofacoaspiración)”**, ha sido realizado bajo su dirección por el licenciado Don Andrés Picó García, y considera que puede ser presentado y defendido para optar al grado de Doctor en Medicina y Cirugía.

Barcelona, 8 de febrero de 2007


Dr. Rafael I. Barraquer
Director de la Tesis Doctoral



Universitat Autònoma de Barcelona

Departament de Cirurgia

D. Pedro Quesada Marín, Profesor Emérito de la Universitat Autònoma de Barcelona

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado *“El astigmatismo en la cirugía de la catarata con incisión pequeña. Análisis de la evolución queratométrica y refractiva en la sonofacoaspiración”* ha sido realizado bajo su tutoría por el licenciado D. Andrés Picó García y considera que puede ser presentado y defendido para optar al grado de Doctor en Medicina y Cirugía.

Barcelona, 8 de febrero de 2007

A Lydia,
Andrea y Carlos

A mis padres y hermanos

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero expresar mi admiración y sincero agradecimiento al Profesor D. Joaquín Barraquer Moner por sus enseñanzas y por la confianza que depositó en mí para formar parte de su equipo.

Al Dr. D. Rafael I. Barraquer Compte, director de esta tesis, por su confianza e instrucción durante todo mi periodo formativo y de quien sigo aprendiendo cada día.

Al Profesor D. Pedro Quesada Marín por su colaboración y asistencia como tutor de este trabajo.

A todos los médicos colaboradores del Centro de Oftalmología Barraquer por su ayuda y contribución a mi formación.

A los residentes del Centro de Oftalmología Barraquer por su colaboración, apoyo y compañerismo.

Al los integrantes del departamento de optometría, topografía, campimetría y ecografía por su colaboración y, sin los cuales, este trabajo no hubiese sido posible.

A todo el personal de quirófano, anestelistas, enfermeras, técnicos y auxiliares por su profesionalidad y saber hacer en todas las situaciones.

Al personal de enfermería por su dedicación y amabilidad.

Al personal de secretariado, en especial a Maite por su colaboración en la recogida de datos, así como por su dedicación y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Al departamento de fotografía por su profesionalidad, por hacer posible que el archivo iconográfico del Centro de Oftalmología Barraquer se encuentre entre los más importantes del mundo y por hacer de la fotografía científica un arte.

Al Sr. Alex Barrios, responsable del departamento de edición por su colaboración.

Al personal del Instituto Barraquer por su amabilidad y asistencia.

Al personal de la biblioteca del centro por su contribución en la búsqueda y recopilación de bibliografía científica.

A los responsables del archivo de historias clínicas por su disposición y paciencia.

Al personal de laboratorio.

Al personal de mantenimiento por su disponibilidad y asistencia.

A todos los pacientes del Centro de Oftalmología Barraquer que, con sus muestras de gratitud, hacen que nos sintamos, día a día, orgullosos de nuestro trabajo.

A Lydia por su cariño, apoyo y extraordinaria paciencia durante estos años.

A Carlos y Andrea por haberles privado de muchos momentos de compañía.

A mis hermanos por su confianza.

A mis padres, por su esfuerzo, con toda mi admiración y cariño.

ÍNDICE

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II. FUNDAMENTOS	4
2.1. Astigmatismo	6
2.1.1. Sistema óptico perfecto	6
2.1.2. Concepto de astigmatismo	7
2.1.3. Evolución histórica.....	11
2.1.4. Clasificación	14
2.2. Cirugía de la catarata.....	26
2.2.1. Evolución histórica.....	26
2.2.2. Técnicas quirúrgicas.....	30
2.3. Astigmatismo quirúrgico	36
2.3.1. Consideraciones ópticas del cornea.....	36
2.3.2. Variables astigmatogénicas.....	40
2.3.3. Tipos de incisión	53
2.3.4. Incisión corneal pequeña	55
2.4. Cálculo del astigmatismo inducido	57

2.4.1.	Astigmatismo inducido y astigmatismo postoperatorio	57
2.4.2.	Métodos de cálculo.....	58
2.5.	Queratometría y topografía corneal	63
2.5.1.	Instrumentos ópticos de medida directa	64
2.5.2.	Instrumentos fotográficos (captación de la imagen corneal)	67
CAPITULO III. OBJETIVOS		73
3.1.	Objetivo principal	76
3.2.	Objetivo secundario	77
CAPITULO IV. MATERIAL Y MÉTODO.....		78
4.1.	Intrumentos de exploración	79
4.2.	Instrumental quirúrgico	82
4.3.	Lentes intraoculares	84
4.4.	Características de la muestra	86
4.4.1.	Criterios de inclusión.....	86
4.4.2.	Criterios de exclusión.....	87
4.5.	Exploracion preoperatoria	88

4.6.	Técnica quirúrgica	92
4.7.	Control postoperatorio	105
4.8.	Análisis estadístico.....	106
4.8.1.	Pruebas estadísticas	106
4.8.2.	Variables estudiadas	107
CAPITULO V. RESULTADOS		108
5.1.	Estadística descriptiva	109
5.1.1.	Descripción de la muestra.....	109
5.1.2.	Características refractivas	117
5.1.3.	Características topográficas	121
5.2.	Evolución del astigmatismo corneal	122
5.2.1.	Astigmatismo inducido.....	122
5.2.2.	Meridianos principales	143
5.2.3.	Potencia corneal media	150
5.3.	Evolución del astigmatismo refractivo.....	153
5.4.	Evolución de la ametropía esférica	157

5.5. Evolución del equivalente esférico	162
5.6. Resultados funcionales.....	166
5.6.1. Agudeza visual sin corrección	166
5.6.2. Agudeza visual con corrección	170
5.6.3. Eficacia	174
5.6.4. Seguridad	174
CAPITULO VI. DISCUSIÓN	177
6.1. Astigmatismo quirurgico.....	178
6.2. Queratometria y topografía corneal	183
6.3. Calculo del astigmatismo inducido.....	187
6.4. Cirugía de la catarata y refracción	189
CAPITULO VII. CONCLUSIONES.....	194
CAPITULO VIII. RELACIÓN DE TABLAS.....	198
CAPITULO IX. RELACIÓN DE GRÁFICOS	203
CAPITULO X. RELACIÓN DE ILUSTRACIONES	206
CAPITULO XI. BIBLIOGRAFÍA	210

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Hasta hace pocas décadas, el uso de lentes oftálmicas de elevada potencia era una constante en los pacientes operados de catarata, lo cual, además de los problemas de carácter ergonómico y estético, iba en detrimento de la calidad visual debido a las aberraciones ópticas y efecto de magnificación que dichas lentes producían.

Hoy en día, con la generalización del implante de lentes intraoculares, este problema ha cambiado. La posibilidad de una restitución visual adecuada sin necesidad del uso de gafas, ha hecho que se preste más atención al problema que supone la aparición de un elevado astigmatismo postquirúrgico, cuya presencia, podría llegar a ser la principal complicación y causa de insatisfacción del paciente tras la cirugía.

En la actualidad, la cirugía de la catarata debería ser entendida, no solo como un tratamiento que restaurase la visión, sino al mismo tiempo, como un procedimiento con finalidad refractiva, cuyo objetivo último fuese la emetropia.

El astigmatismo quirúrgico inducido es un problema que ha acompañado a la cirugía de la catarata desde sus orígenes hasta nuestros días. La práctica de grandes incisiones así como la aplicación de puntos de sutura se han descrito como principales responsables del mismo.

Desde los primeros implantes intraoculares hasta nuestros días, el resultado refractivo de la cirugía de la catarata ha mejorado notablemente desde el punto de vista de la corrección esférica debido al incremento en la precisión de las fórmulas para el cálculo de lentes y a la fiabilidad de las exploraciones preoperatorias que la

tecnología ha puesto a nuestro alcance. De tal modo que muchos de los pacientes que precisan corrección óptica para visión lejana después de la cirugía, lo hacen para compensar el astigmatismo que tenían antes de la cirugía o bien el astigmatismo inducido por el propio acto quirúrgico, ya que la ametropía esférica ha sido corregida con la lente intraocular adecuada.

De las técnicas quirúrgicas practicadas en la actualidad para la extracción de la catarata, la aspiración asistida por ultrasonidos ha ido desplazando, en los últimos años, a la extracción extracapsular clásica debido, entre otros factores, a una mayor rapidez tanto en la restauración anatómica como en la rehabilitación de la función visual. Este último punto es atribuible, fundamentalmente, a la disminución del grado de astigmatismo inducido como consecuencia de la práctica de una incisión corneal más pequeña y de la no aplicación de puntos de sutura.

En el presente trabajo se analizarán los aspectos refractivos de la cirugía de la catarata con incisión pequeña y sus efectos sobre el astigmatismo corneal.

CAPITULO II. FUNDAMENTOS

El propósito de la actual cirugía de la catarata, además de restituir la función visual deteriorada por la opacidad del cristalino, es el conseguir un resultado refractivo lo más próximo a la emetropia posible. Dicho objetivo se basa fundamentalmente en dos puntos:

- Corregir la ametropía esférica, provocada por la afaquia y el defecto refractivo miópico o hipermetrópico previo a la cirugía.
- Evitar la aparición de astigmatismo inducido por el acto quirúrgico.

Si bien el primer punto se puede lograr con un correcto cálculo y posterior implante de una lente intraocular, el astigmatismo continúa siendo una de las principales causas de deterioro visual en el paciente operado de catarata.

2.1. ASTIGMATISMO

De los diferentes defectos refractivos que puede presentar el ojo, el astigmatismo, aparte de ser el más frecuente, es probablemente el más complejo, no solo en su precisa determinación, medida y corrección, sino también en su comprensión.

2.1.1. Sistema óptico perfecto

En óptica paraaxial, podemos definir un sistema óptico perfecto como aquel en que todos los rayos de luz procedentes de un mismo punto objeto, convergen en un mismo punto imagen¹. Para que este fenómeno, en apariencia simple, suceda en la práctica, sería necesario un sistema totalmente libre de aberraciones ópticas.

Decimos que un sistema óptico se comporta estigmaticamente para dos puntos O y O' cuando todos los rayos que parten de O y pasan por el sistema se cortan real o virtualmente por O' . Para que esto suceda es necesario que el camino óptico a lo largo de cualquier rayo entre O y O' sea constante².

En la mayoría de sistemas, esta condición no puede cumplirse con rigor para todos los puntos del objeto, solo algunas superficies reflectantes o refractantes cumplen estrictamente la condición de estigmatismo para algunos puntos. El óvalo de Descartes o los puntos de Young de una superficie esférica son algunos ejemplos de sistemas que se comportan estigmaticamente.

2.1.2. Concepto de astigmatismo

A los sistemas que no cumplen la condición general de estigmatismo se les denomina sistemas astigmáticos. El astigmatismo de α , privativo; $\sigma\tau\iota\gamma\mu\alpha$, punto, se refiere a todo aquel sistema óptico que no puede focalizar los rayos de luz en un solo punto.

2.1.2.1. Astigmatismo ocular

En la práctica oftalmológica, no podemos ser tan estrictos ya que no existe ningún ojo que cumpla la condición general de estigmatismo.

Podemos definir el astigmatismo ocular como el estado refractivo en el que no puede formarse un foco de luz puntual en la retina³ debido a que existe una potencia meridional diferente en alguna de las superficies refractantes del ojo⁴. Con mínimas excepciones, la mayoría de ojos presentan cierto grado de astigmatismo, si bien, en la práctica, decimos que un ojo es astigmático cuando existe un error apreciable por la refracción desigual de la luz en los distintos meridianos que provoca una disminución de agudeza visual clínicamente significativa⁵. Así como en las ametropías esféricas, hipermetropía y miopía, por acomodación o variación de la distancia de los objetos, se puede conseguir una imagen nítida y enfocada, en el astigmatismo solo es posible conseguir dicha imagen anteponiendo una lente cilíndrica o esfero cilíndrica.

Aunque el concepto general de astigmatismo incluye cualquier situación en que no se cumpla el estigmatismo, existe un caso particular en el que la potencia del sistema óptico varía de forma regular, con un máximo y un mínimo situados en ejes ortogonales. Esta forma de astigmatismo, denominado regular, es la que se emplea generalmente al hablar del astigmatismo ocular. Existen situaciones patológicas que pueden producir una forma de astigmatismo, que designamos como irregular, que no puede ser descompuesto en elementos ortogonales. Los casos más frecuentes de este último tipo incluyen muchas patologías corneales que inducen irregularidad severa de sus superficies ópticas. Sin embargo a los efectos de este trabajo, emplearemos el término “astigmatismo” como sinónimo de “astigmatismo regular”.

El ojo astigmático, no va a producir una imagen puntual focalizada en la retina, sino que va a originar dos líneas focales, una línea focal anterior correspondiente al meridiano con más potencia refractiva, y una línea focal posterior que corresponde al meridiano con menor potencia refractiva. Estas dos líneas focales, conforman el denominado conoide de Sturm, y la distancia que las separa, intervalo de Sturm.

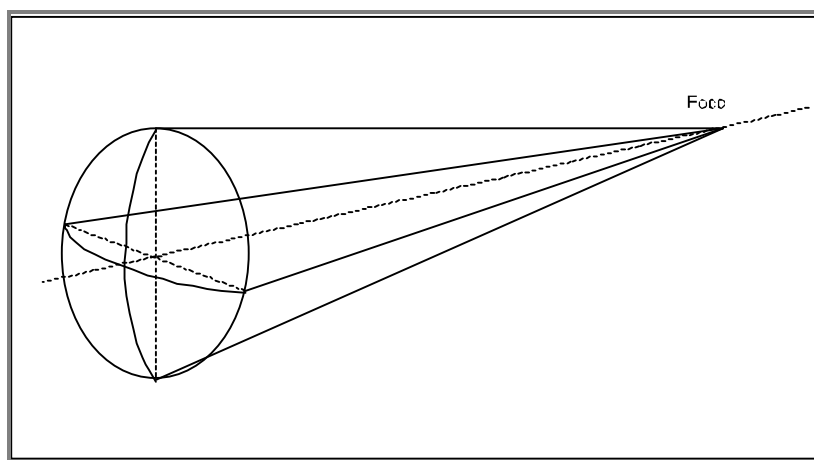


Ilustración II-1 Ametropía esférica.

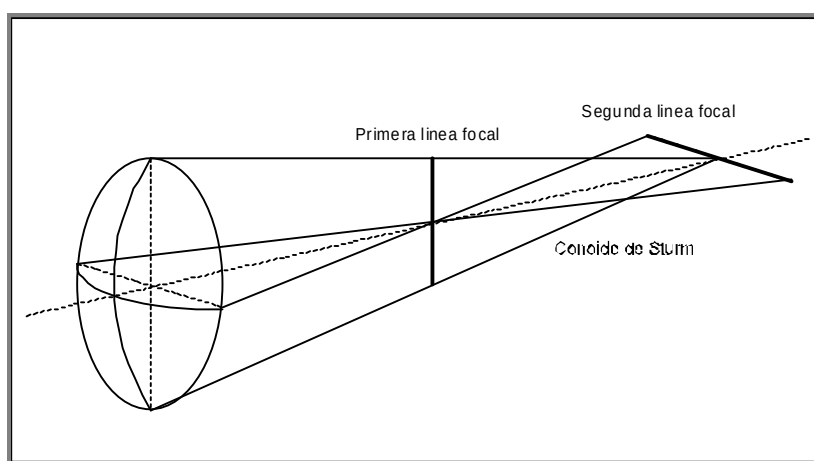


Ilustración II-2 Ametropía astigmática.

La imagen creada por dichas focales no es un punto. En su lugar, se forma una imagen difusa que va de la primera a la segunda línea focal. Entre ellas existe una zona en la que la imagen es algo más nítida, es el llamado círculo de mínima confusión⁶.

2.1.2.2. Astigmatismo corneal

El astigmatismo puede ser debido a un error de curvatura, de centrado o de índice de refracción¹. El astigmatismo de curvatura de cierta intensidad se produce casi siempre en la cornea. Suele ser congénito y las mediciones oftalmométricas muestran que su existencia en pequeño grado es prácticamente constante.

Figuradamente y en términos topográficos podemos comparar a la cornea como una cúpula de base elíptica. Por definición, dicha base tiene su diámetro mayor formando un ángulo recto con su diámetro menor⁷. El astigmatismo corneal es una condición en la cual los rayos de luz que inciden en la superficie de la cornea no se refractan de igual forma en todos los meridianos. Por tanto, el poder refractivo del ojo varía dependiendo de la orientación de la luz incidente. Por lo general podemos determinar los meridianos de mayor y de menor potencia dióptrica a los que denominamos meridianos principales.

El error astigmático más frecuente es aquel en que la curvatura vertical de la córnea es mayor que la curvatura horizontal. Se le denomina clínicamente astigmatismo según la regla o directo⁸. En bajo grado, se considera fisiológico en personas jóvenes y muestra una tendencia a disminuir a lo largo de la vida. El astigmatismo en contra de la regla o inverso es aquel en que la curvatura horizontal es mayor que la curvatura vertical, es más frecuente en personas de edad avanzada.

2.1.3. Evolución histórica

Las primeras citas que hacen referencia al astigmatismo datan de 1801, fue Thomas Young quien, con ayuda del optómetro de Sheiner, utilizado para la comprobación del mecanismo de la acomodación, descubrió su propio defecto astigmático al observar que era incapaz de enfocar nítidamente líneas verticales y horizontales al mismo tiempo⁹. Así llegó a la conclusión de que existía un error refractivo en el que la potencia dióptrica era distinta dependiendo del meridiano en que se medía. Young fue el primero en describir y medir el defecto astigmático.

George Biddell Airy, director del observatorio de Greenwich, en 1827 describió su propia ametropía astigmática y calculó su corrección con lentes esfero-cilíndricas. Pocos años más tarde, Henry Goode y William Hamilton, siguiendo los trabajos de Airy estudian y publican varios casos de astigmatismo.

En 1849 Whewel, profesor de matemáticas y filosofía en la Universidad de Cambridge, propuso a Airy la denominación de “astigmatismo” (α , privativo; $\sigma\tau\iota\gamma\mu\alpha$, punto) para los errores refractivos que no podían corregirse con lentes esféricas.

Schnyder en 1849 y Hays en 1854 publican una serie de casos de astigmatismo corregidos con lentes plano cilíndricas. Frans Cornelius Donders¹⁰, figura destacada en la historia de la oftalmología, estudió y analizó todos los errores refractivos, particularmente el astigmatismo y las lentes correctoras cilíndricas en una

monografía publicada en 1862 y en su obra clásica “On the anomalies of accomodation and refraction of the eye” en la que introdujo el estudio científico de la refracción. Dicha obra tuvo una gran difusión en el mundo de la oftalmología y significó un avance considerable en el conocimiento de los defectos refractivos, hasta tal punto que fue a partir de entonces cuando se le dio al astigmatismo la importancia que realmente tiene.

El problema del astigmatismo inducido en la cirugía de la catarata es conocido desde mediados del siglo pasado, ya Donders, en 1864, describe un caso de astigmatismo contra la regla después de una cirugía de catarata¹¹. En 1869, Von Reuss y Woinow¹² emplean el queratómetro para medir el astigmatismo postoperatorio. Javal también se interesa por la medición de los astigmatismos provocados por la cirugía de la catarata¹³.

A finales del siglo XIX, Reutler describe la aparición de astigmatismos en contra de la regla en el 88% de los pacientes operados de catarata¹¹. En 1936, Groengolm y Kangasniemi¹⁴ observaron que el astigmatismo en contra de la regla se podía reducir incrementando el número de puntos de seda para el cierre de la incisión. Quince años más tarde, Floyd¹⁵, observó que el astigmatismo postquirúrgico inicial era según la regla, y que con el paso del tiempo, en más del 50% de casos cambiaba a contra la regla si empleaba solo uno o dos puntos de sutura.

A principios de los años sesenta, se empezaron a utilizar las suturas de nylon monofilamento 10-0, lo que permitió un control más preciso sobre el cierre de las

incisiones corneales y sobre el astigmatismo postoperatorio¹⁶. Si bien el nylon consiguió desplazar a la seda en las preferencias de los cirujanos, este tipo de sutura, no evitó totalmente la tendencia que tienen las incisiones corneales a producir un astigmatismo contra la regla a largo plazo¹⁷. En un esfuerzo por disminuir dicha tendencia, se empiezan a utilizar las suturas de poliéster monofilamento 10-0, ya que no se degradan o tardan mucho más que el nylon en hacerlo¹⁸.

En 1967, Kelman describe una nueva técnica quirúrgica en la que el núcleo de la catarata era aspirado después de ser fragmentado con la ayuda de una sonda ultrasónica, era la denominada facoemulsificación. En aquellos años las lentes intraoculares no eran flexibles, no podían plegarse, por lo que era necesaria una incisión de gran tamaño para su implante. Esta circunstancia provocó un escepticismo inicial hacia la técnica que, posteriormente, acabaría por generalizarse. Por aquel entonces, Kelman ya vaticinó la posibilidad de practicar incisiones de pequeño tamaño y astigmaticamente neutras para la cirugía de la catarata¹⁹.

En la actualidad existen diversas técnicas que, bajo el común denominador de emplear una incisión pequeña (<3,5 mm.), utilizan tipos distintos de energía (ultrasonidos, láser, chorro de agua) para hacer posible la aspiración de las masas cristalinas. De ahí la propuesta de términos más específicos, que incluyan referencias al tipo de energía empleado, como el de “sonofacoaspiración”²⁰.

A mediados de los años setenta, Jaffe²¹ y Clayman²² profundizan en el estudio de la fisiopatología del astigmatismo inducido en la cirugía de la catarata y lo consideran formalmente como una complicación quirúrgica que debe evitarse.

2.1.4. Clasificación

Como se ha comentado al inicio de este trabajo, uno de los elementos que contribuyen a la especial complejidad del estudio del astigmatismo es su clasificación. En primer lugar, no está claro el grado de astigmatismo necesario para que se pueda considerar realmente astigmatismo. Salvo contadas excepciones, podemos aseverar que prácticamente todos los ojos presentan cierta cantidad de astigmatismo, hasta tal punto, que podemos considerar como fisiológica su existencia en bajo grado. En general, los astigmatismos de hasta media dioptría suelen ser asintomáticos y rara es la ocasión en que, si se presentan aislados, requieran corrección.

Existen numerosos criterios por los cuales se puede establecer una clasificación del defecto astigmático, vamos a exponer los más utilizados.

2.1.4.1. Según su etiología

Congénito

La mayor parte de los astigmatismos son de este tipo. Generalmente, ya desde el nacimiento, el diámetro horizontal de la cornea es mayor que el vertical, así, el

meridiano vertical será más curvo y por tanto tendrá más potencia dióptrica. En la mayoría de las ocasiones, este astigmatismo suele ser de poca intensidad y se puede considerar fisiológico ya que no provoca un déficit de agudeza visual clínicamente significativo. Existen, sin embargo, casos en los que la magnitud del astigmatismo es capaz de comprometer de manera importante la agudeza visual desde los primeros años de vida provocando incluso ambliopías severas. Algunas patologías congénitas, como las distrofias corneales ectásicas²³, tienen como principal manifestación un astigmatismo elevado²⁴.

Adquirido

El astigmatismo adquirido puede producirse como consecuencia de cualquier agresión que modifique la morfología normal de la cornea. La etiología de dicha agresión puede ser traumática, físico-química^{25,26}, infecciosa²⁷, degenerativa o quirúrgica. Denominándose, en este último caso, astigmatismo quirúrgico inducido.

2.1.4.2. Según su localización

Todos los dioptrios oculares puede presentar astigmatismo, si bien, es la superficie anterior de la cornea, al ser el dioptrio con más potencia refractiva, la que lo presenta con más frecuencia y magnitud. Cuando medimos el astigmatismo total del ojo, ya sea de forma subjetiva en un examen optométrico o bien de forma objetiva con un refractómetro, obtenemos el astigmatismo refractivo, mientras que al astigmatismo de la primera superficie de la cornea que medimos con un

queratómetro o un topógrafo corneal, lo denominamos astigmatismo queratométrico o simplemente astigmatismo corneal. Si restamos el astigmatismo queratométrico del refractivo o total obtenemos el astigmatismo interno, el cual, puede provenir de la superficie posterior de la cornea o de cualquiera de las superficies del cristalino.

2.1.4.3. Según la morfología corneal

Otro criterio generalmente utilizado, es aquel que divide al astigmatismo en dos grandes grupos según la morfología de la superficie corneal y la existencia o no de regularidad.

Astigmatismo regular

En general, consideramos el astigmatismo como regular si los meridianos corneales principales son ortogonales. Son astigmatismos fácilmente identificables y medibles con los instrumentos clásicos. Su neutralización se puede realizar con lentes cilíndricas o esfero-cilíndricas²⁸ y suelen ser astigmatismos congénitos. La mayoría de astigmatismos posquirúrgicos también son de este tipo.

Astigmatismo irregular

Los astigmatismos irregulares son aquellos en los que sus meridianos principales no son ortogonales o simplemente no son determinables por métodos convencionales²⁹. Frecuentemente son el resultado de un proceso patológico. En estos casos, las imágenes queratoscópicas aparecen distorsionadas y se alejan del

patrón normal de círculos concéntricos. Su neutralización es difícil con lentes oftálmicas aunque muchos se pueden neutralizar, por lo menos en parte, con lentes de contacto rígidas. El astigmatismo irregular, puede subdividirse, a su vez, en:

Astigmatismo macroirregular: Está producido por variaciones regionales en la curvatura corneal. Se suele identificar bien en los mapas topográficos de la cornea. Normalmente existen asimetrías entre los hemi-meridianos.

Astigmatismo microirregular: Se produce como consecuencia de pequeñas alteraciones de la superficie corneal. Se puede poner en evidencia por las irregularidades observadas en los reflejos de las miras de los queratómetros o queratoscopios. También se puede sospechar su existencia al observar pequeños defectos epiteliales con el biomicroscopio. Este tipo de astigmatismo tiene su importancia debido a que puede provocar incomodidad o reflejos indeseados a pacientes que por otro lado gozan de una agudeza visual aceptable.

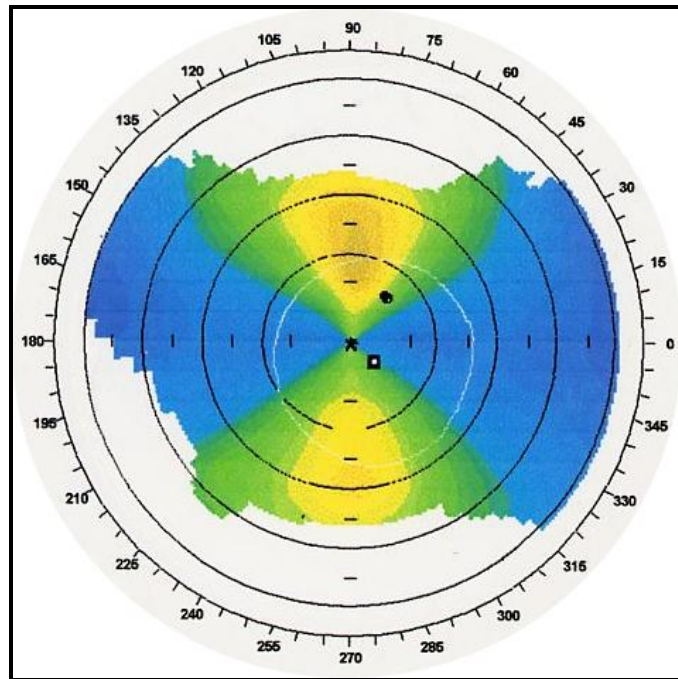


Ilustración II-3 Astigmatismo regular.

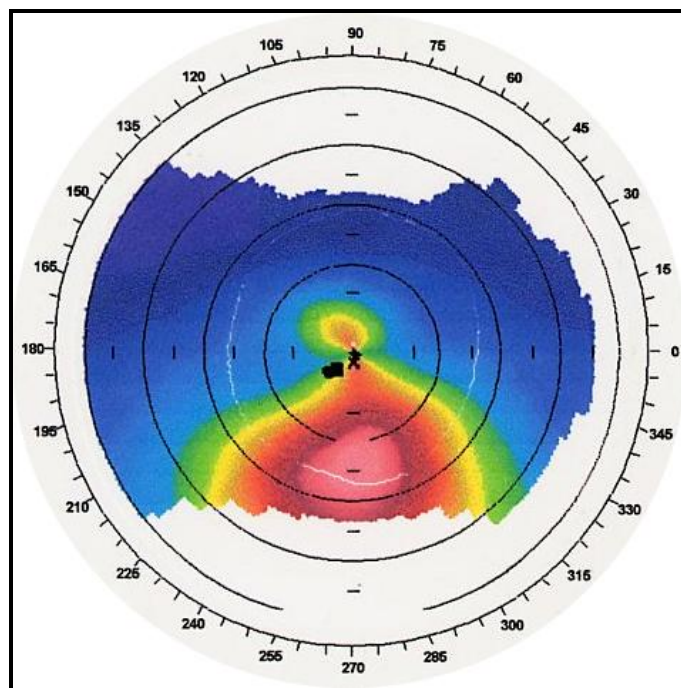


Ilustración II-4 Astigmatismo irregular.

2.1.4.4. Según la posición de las lineal focales

En el astigmatismo regular, a consecuencia de la discrepancia refractiva que presentan sus meridianos principales, se forman dos focales claramente diferenciadas. Dependiendo de la posición de dichas focales en relación a la retina, el astigmatismo se puede clasificar en:

Astigmatismo simple:

Una línea focal se encuentra sobre la retina y la otra por delante (astigmatismo miópico simple) o por detrás (astigmatismo hipermetrópico simple) de la misma.

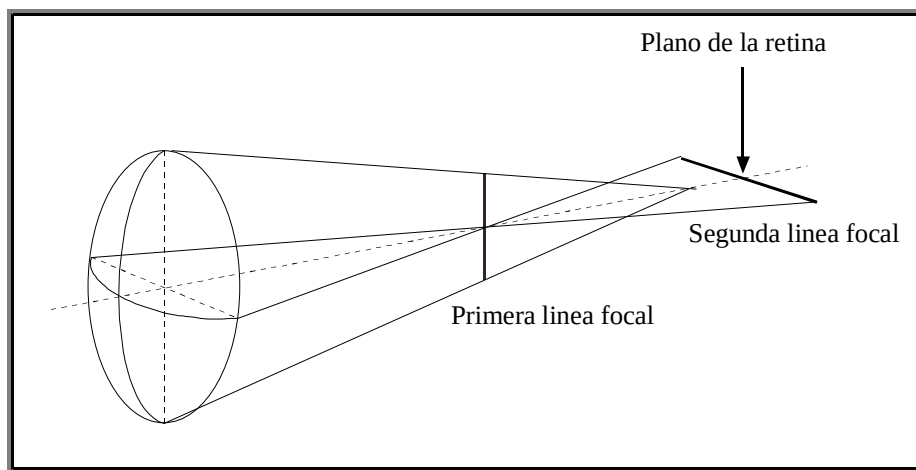


Ilustración II-5 Astigmatismo miópico simple.

Astigmatismo compuesto

Las dos líneas focales se encuentran por delante de la retina (astigmatismo miópico compuesto) o por detrás de la misma (astigmatismo hipermetrópico compuesto).

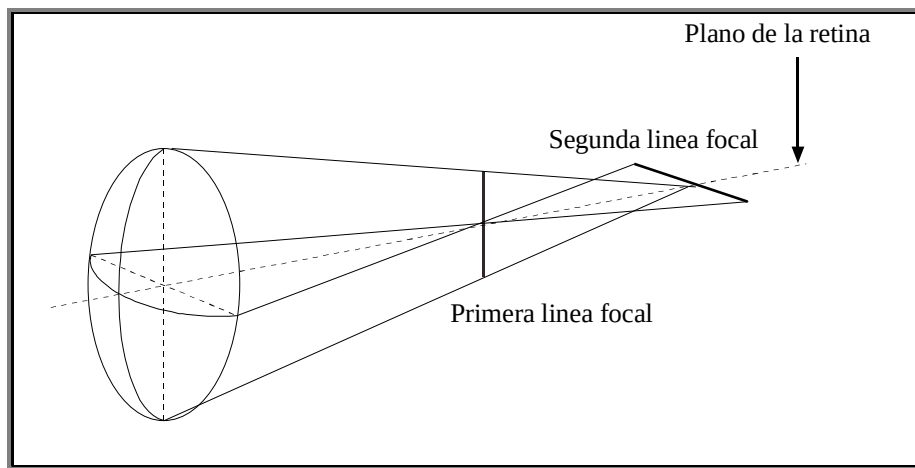


Ilustración II-6 Astigmatismo miópico compuesto.

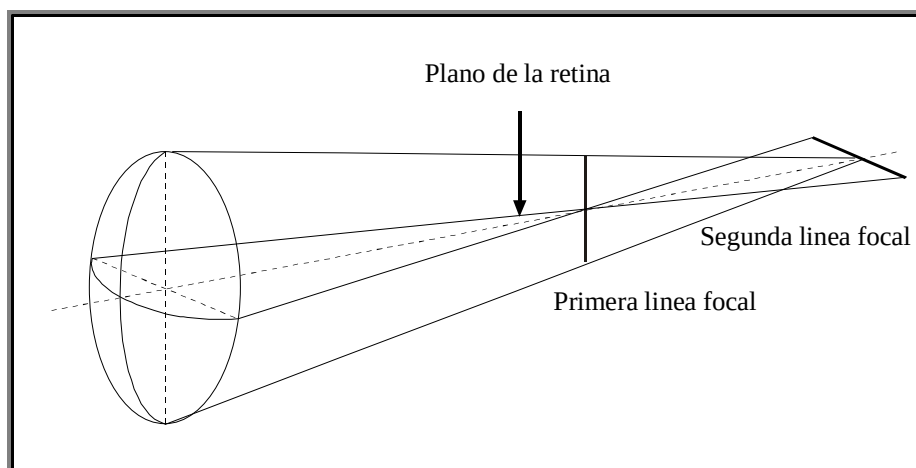


Ilustración II-7 Astigmatismo hipermetrópico compuesto.

Astigmatismo mixto

Una línea focal se encuentra por delante y la otra por detrás de la retina.

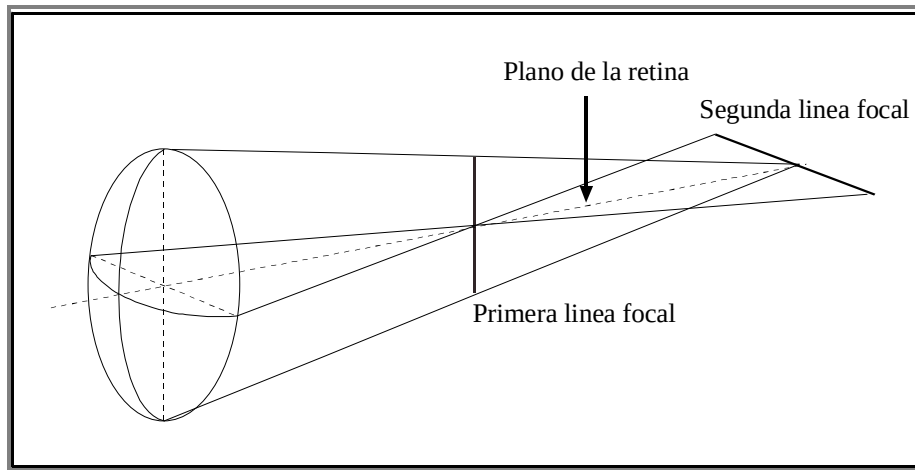


Ilustración II-8 Astigmatismo mixto.

2.1.4.5. Según la orientación del eje

La clasificación más utilizada en clínica es aquella que diferencia los astigmatismos dependiendo de la orientación de los meridianos principales³⁰, teniendo en cuenta que, al caracterizarlo en la formula esfero-cilíndrica, la magnitud del cilindro es igual a la diferencia de potencias entre los dos meridianos y la orientación del eje se encuentra a 90° del meridiano más potente. Así, diferenciamos tres tipos:

Astigmatismo según la regla o directo

Cuando el meridiano con más potencia dióptrica es el vertical ($90^\circ \pm 30^\circ$) y el eje del cilindro está a ($0^\circ \pm 30^\circ$).

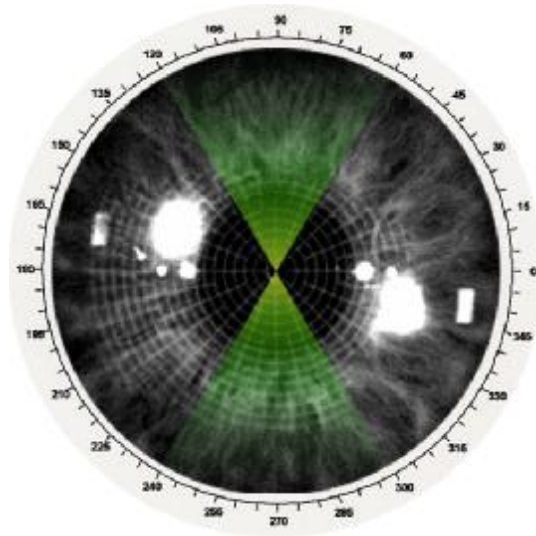


Ilustración II-9 Astigmatismo según la regla.

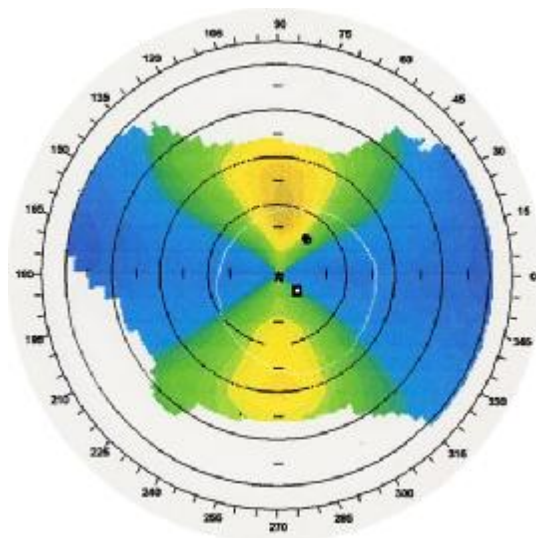


Ilustración II-10 Astigmatismo según la regla. Videoqueratoscopia.

Astigmatismo contra la regla o inverso

Cuando el meridiano con más potencia dióptrica es el horizontal ($0^\circ \pm 30^\circ$) y el eje del cilindro está a ($90^\circ \pm 30^\circ$).

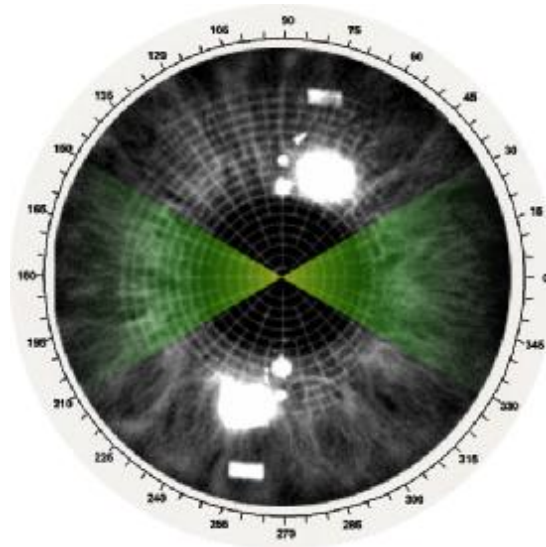


Ilustración II-11 Astigmatismo contra la regla.

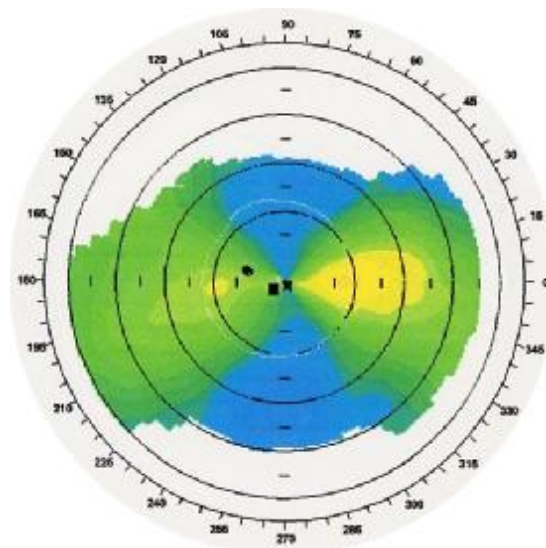


Ilustración II-12 Astigmatismo contra la regla. Videoqueratoscopia.

Astigmatismo oblicuo

Cuando el meridiano con más potencia dióptrica está entre los 30° y los 60° o bien entre los 120° y 150° .

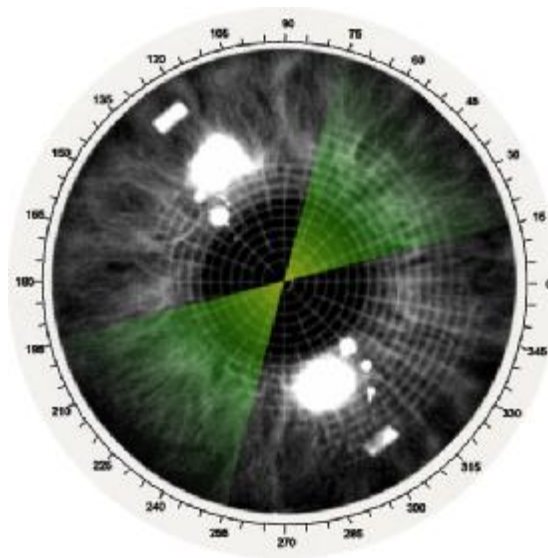


Ilustración II-13 Astigmatismo oblicuo.

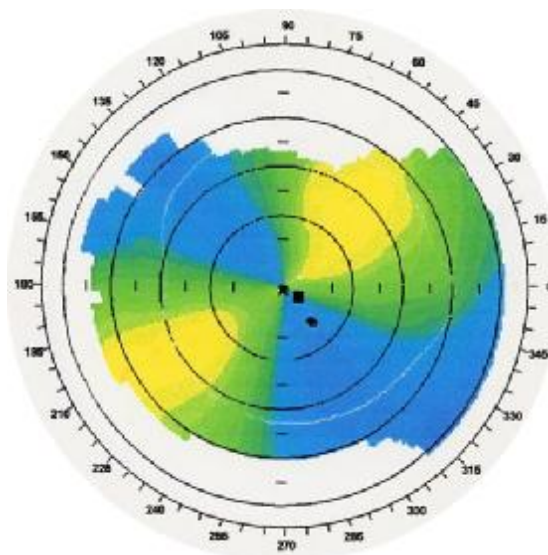


Ilustración II-14 Astigmatismo oblicuo. Videoqueratoscopia.

2.1.4.6. Según su simetría

Homónimo

Cuando la orientación del eje es la misma en ambos ojos.

Heterónimo

Cuando la orientación del eje de un ojo es distinta del otro.

Homólogo

Cuando son simétricos según la regla.

Heterólogo

Cuando son simétricos en contra de la regla.

2.2. CIRUGÍA DE LA CATARATA

2.2.1. Evolución histórica

El primer dato conocido relativo a la catarata fue hallado en el código de Hammurabi (1.800 A.C.), en el, ya se hacía referencia a la “reclinación” de la misma. En el papiro de Ebers (1.300 A.C.) se describen diversos métodos curativos empleados en el antiguo Egipto^{31,32}. Manuscritos más detallados referentes a la cirugía de la catarata se atribuyen al hindú Susruta (1.000 A.C.), quien describe la técnica de la “reclinación de la catarata” que consistía en el desplazamiento de la misma hacia la cámara vítrea, dejando así la pupila libre para el paso de la luz.

Parece ser que en la Grecia clásica se desconocía la existencia del cristalino, prueba de ello, son las ilustraciones y descripciones del ojo de Hipócrates. Había la creencia, tal como relata Aristóteles, que la catarata era un fenómeno que aparecía después de la muerte³³.

En el siglo I A.C., aparece la primera descripción en Occidente de la catarata y su tratamiento de la mano de Celso. Su descripción de la técnica es similar a la de Susruta. El gobernador romano de Sicilia e Hispania, Plinius Secundus, recomienda la dilatación de la pupila antes de realizar la extracción de la catarata. Galeno (129 - 201), creía que el cristalino era la base de la visión y lo describe como una gota situada delante de la hialoides que en ciertas condiciones patológicas, se llenaba del

humor cristalino y se solidificaba. Describía la catarata como una concreción de humor acuoso que impedía la visión.

En la Edad Media la reclinación continuó siendo el procedimiento utilizado para el tratamiento de la catarata. Ammar ib Ali Al-Mawsili³⁴, cirujano árabe del siglo X oriundo de Mosul, escribió un libro de cirugía ocular al final de su vida, allá por el año 1000. Aunque empleaba a menudo la reclinación, fue el primero en describir la extracción de la catarata. Empleando una aguja metálica hueca para aspirar las cataratas poco densas. Esta técnica no debió llegar a conocerse en la Europa medieval, donde todavía prevalecía el concepto hipocrático de la catarata.

Guy de Chauliac (1300 - 1368) escribió en su libro *Chirurgia Magna* que la catarata era una estructura similar a piel situada delante de la pupila producida por la excesiva humedad que progresivamente invadía al ojo. Girolamo Fabricio, aunque en su libro *De Oculo* (1600) localiza el cristalino detrás del iris, sigue teniendo grandes dudas en cuanto a la naturaleza de la catarata. Georg Bartisch (1535 - 1606), escribe un tratado de oftalmología con toda la patología ocular conocida hasta la fecha. En el mismo, se describe con detalle la técnica de la reclinación utilizada en la época.

A finales del siglo XVII, Maître Jan y Brisseau, afirman que la catarata está en el mismo cristalino. Antoine Maître Jan (1650 - 1730) fue el primero en advertir que al efectuar la reclinación de la catarata, el cristalino se desplazaba, observación que fue corroborada por Michel Pierre Brisseau (1676 - 1743), quien presentó, en 1705 y

ante la Academia Real de Ciencias de París, su convicción de que el cristalino opacificado era lo que constituía la catarata³⁵.

A mediados del siglo XVIII, Jaques Daviel (1696 - 1762), propone por primera vez en la historia moderna la extracción de la catarata. Su técnica, al parecer ideada como forma de resolver una de las complicaciones de la reclinación, la luxación indeseada de la catarata hacia la cámara anterior, consistía en realizar una incisión limbar inferior, a través de la cual el contenido del cristalino es extraído del ojo, dejando parte de la cápsula en su interior. Con esta técnica, hoy conocida como “extracción extracapsular”, se inicia la cirugía moderna de la catarata. Daviel, practicó la primera extracción extracapsular el 2 de abril de 1745, en el transcurso de una reclinación que se complicó al romperse la cápsula cristalina. Aunque el resultado inicial fue satisfactorio, el ojo se perdió por una endoftalmitis. Tras perfeccionar su técnica, publicó los resultados de 200 cirugías extracapsulares en 1752.

Poco después, en 1753, Samuel Sharp describía en Londres la primera extracción “in toto” o intracapsular de la catarata. No obstante, la reclinación seguiría siendo la técnica dominante durante casi un siglo más. Solo con la introducción de avances como la asepsia, la anestesia local (Koller 1894), las suturas oftálmicas o instrumentos especializados como el erisífacio (I. Barraquer 1917), la extracción de la catarata se impondría como técnica de elección.

Aunque la cirugía de la extracción de la catarata ha sufrido numerosas modificaciones, algunos aspectos han seguido inalterados hasta hace poco. Los avances de la técnica han llevado al predominio alternante de la extracción intracapsular y extracapsular, especialmente bajo la influencia de la implantación de lentes intraoculares iniciada por Ridley en 1949. Sin embargo, el aspecto mas destacable, con relación a este trabajo, ha sido la progresiva reducción del tamaño de las incisiones, desde los casi 10 mm. requeridos por la incisión intracapsular, hasta los valores actuales por debajo de 3 e incluso de 2 mm. Si bien han sido numerosos los factores que históricamente han influido en la reducción del astigmatismo inducido por la cirugía de la catarata, posiblemente sea este el más decisivo.

2.2.2. Técnicas quirúrgicas

2.2.2.1. Extracción intracapsular

La cirugía extracapsular descrita por Daviel³⁶ en el siglo XVIII fue la primera técnica de “extracción” propiamente dicha y se mantuvo vigente, junto con la persistencia en la práctica de la reclinación por muchos cirujanos, durante muchos años. A finales del siglo XIX, y como consecuencia de la dificultad de la extracción de las cataratas no maduras con la técnica de Daviel y de las complicaciones que ello acarreaba, se popularizó la extracción “in toto” gracias a Smith³⁷, quien, ayudándose de maniobras externas consiguió extraer la catarata junto con su cápsula. A partir de entonces, se intentó conseguir un método que evitase los riesgos que conllevaba una presión excesiva del globo.

Autores como Von Graefe, Sharp, Christiaen, Reuling y Williams contribuyeron a su desarrollo. Así se idearon varios métodos para apresar y posteriormente tirar del cristalino. El método más popular, en un principio, fue la utilización de pinzas que apresaban el cristalino y permitían la extracción previa rotura de la zónula con movimientos laterales. Dicha técnica fue perfeccionada por Knapp³⁸ y difundida en España por Arruga³⁹.

A principios del siglo XX, Ignacio Barraquer⁴⁰ ideó un sistema consistente en una ventosa acoplada a una bomba de vacío, al que denominó erisífacos. La amplia fijación neumática permitía extraer el cristalino de una forma menos traumática,

evitando así las roturas capsulares producidas por las pinzas. A mediados de siglo, Krwawicz⁴¹ desarrolla un sistema de adherencia por congelación: el crioextractor. Este forma una bola de hielo sobre la cápsula, la cual se extiende en profundidad hacia el cortex. La presa resultante era muy estable y hacia difícil la rotura capsular, por lo que rápidamente se convirtió en la técnica de elección para la cirugía intracapsular. Otro gran avance en la cirugía intracapsular fue el descubrimiento en 1957 de la acción de la alfaquimotripsina sobre la zónula por Joaquín Barraquer⁴² quien desarrollo la técnica de la “zonulolisis enzimática”. La digestión del ligamento zonular facilitaba considerablemente la extracción de la catarata, especialmente en los pacientes relativamente jóvenes, y disminuía así el número y la frecuencia de complicaciones⁴³.

La introducción de las lentes intraoculares se realizó por Ridley en 1949 empleando una técnica extracapsular. Otros autores diseñaron lentes intraoculares de cámara anterior (Baron, Strampelli, Danheim, J. Barraquer) que podían implantarse tras una extracción intracapsular. Sin embargo, las complicaciones asociadas a este tipo de implantes llevaron al actual predominio casi absoluto de los implantes en cámara posterior. Dado que estos implantes requerían el soporte capsular, la cirugía intracapsular cayó en desuso.

2.2.2.2. Extracción extracapsular

Introducida por Daviel⁴⁴ en el siglo XVIII, fue la primera técnica de “extracción” de catarata propiamente dicha. Durante los años posteriores se fue poco a poco implantando sobre la reclinación. Durante la próxima mitad del siglo XX, fue substituida por la extracción “in toto”, que producía menos complicaciones. Con la aparición de los implantes intraoculares, se popularizó de nuevo, siendo la técnica, con sus diferentes variantes, utilizada hoy en día de forma predominante.

Aunque el problema del astigmatismo inducido ha preocupado a los oftalmólogos al menos desde el siglo XIX, solo se toma conciencia de que es una complicación a evitar a partir de la utilización de lentes intraoculares, una vez solventado el problema de la hipermetropía afáquica. En la extracción extracapsular clásica, debido a la necesidad de extraer el núcleo del cristalino y la posterior implantación de lentes de material rígido, era necesario practicar una incisión amplia. Ésta no difería mucho de la practicada en la extracción intracapsular en lo que al astigmatismo inducido se refiere⁴⁵. La facoemulsificación o sonofacoaspiración, junto con la introducción de lentes intraoculares de material flexible⁴⁶, han modificado el objetivo de la cirugía de la catarata⁴⁷. Ha pasado a ser una técnica que además de restituir la transparencia de medios, busca la emetropia⁴⁸, y se realiza por una incisión cada vez menor. Como consecuencia, se reduce la inducción quirúrgica del astigmatismo.

2.2.2.3. Sonofacoaspiración (Facoemulsificación)

Esta técnica, descrita en primer lugar por Kelman¹⁹ en 1967, es la que ha tenido más auge en los últimos años. Se trata también de una forma de extracción extracapsular, ya que se respeta la cápsula cristalina. La diferencia fundamental con la técnica extracapsular clásica consiste en la fragmentación del núcleo hasta convertirlo en un material susceptible de ser aspirado por una cánula fina de alrededor de 1 milímetro de diámetro. Este proceso se verifica por la acción de una aguja metálica vibrando a lo largo de su eje longitudinal con frecuencias ultrasónicas. El material del cristalino se hace así aspirable, en general por medio de un sistema mecanizado de bombeo o irrigación-aspiración. La gran popularidad que ha alcanzado esta técnica, se debe sobre todo a que puede practicarse a través de una incisión de alrededor 3 milímetros o incluso menos, lo que redunda en una mayor seguridad intraoperatoria, permite una restitución anatómica más rápida y una menor inducción de astigmatismo.

El término “facoemulsificación” acuñado por Kelman para describir su técnica, es el comúnmente utilizado para referirse a esta intervención. Sin embargo, y como nos hemos referido con anterioridad, probablemente sea más descriptivo el término “sonofacoaspiración” ya que la técnica se basa en la fragmentación del núcleo del cristalino mediante ultrasonidos y posterior aspiración de los fragmentos del mismo. A partir de ahora utilizaremos ambos términos indistintamente como sinónimos.

Aunque desde su introducción se practicaba la sonofacoaspiración por una incisión pequeña, esta debía ampliarse para proceder al implante, ya que no se disponía de lentes intraoculares flexibles. Así, la ventaja potencial de la técnica, en cuanto a la disminución del astigmatismo inducido, no se verificaba en la práctica. Esto cambió con el desarrollo de lentes flexibles, que hicieron posible la cirugía por incisión efectivamente pequeña, con la consiguiente menor inducción de astigmatismo corneal. Durante el periodo que abarca el presente trabajo, las incisiones más empleadas para este tipo de cirugía no solían superar los 3,5 a 3,75 milímetros. El proceso de reducción ha continuado, y hoy en día se están preconizando las denominadas microincisiones⁴⁹. Con estas últimas se pretende disminuir el trauma quirúrgico⁵⁰ y el astigmatismo inducido, realizando toda la cirugía, incluso el implante de la lente, por incisiones de 1,5 milímetros o menores⁵¹. Todo se logra no sin dificultades, que implican un mayor desarrollo tecnológico y requiere del cirujano nuevas habilidades⁵². Ante esta evolución hacia incisiones cada vez más pequeñas cabe preguntarse, sobre el grado de astigmatismo inducido por las incisiones utilizadas hasta ahora, de entre 3 y 4 milímetros de anchura de corte. La experiencia común de muchos cirujanos es que tales incisiones inducen un astigmatismo muy discreto, prácticamente insignificante clínicamente. Si así fuera, una mayor reducción del astigmatismo dejaría de ser un argumento válido a favor de la tendencia a emplear incisiones cada vez menores.

El objetivo principal de este trabajo es, en consecuencia, estudiar el astigmatismo inducido por la técnica hoy considerada “clásica” (3,5 – 3,75 mm.) en una serie representativa de pacientes.

2.3. ASTIGMATISMO QUIRÚRGICO

2.3.1. Consideraciones ópticas del cornea

2.3.1.1. Zona óptica central

La cornea tiene un diámetro horizontal medio de 11,5 mm⁵³ y un meridiano vertical algo menor debido a la intrusión del limbo⁵⁴. La zona óptica central tiene 4mm de diámetro y aproximadamente 0,55 mm de espesor, sus caras anterior y posterior son paralelas. La curvatura central media de la cara anterior es de 7,8 mm y la de la cara posterior de 6,6 mm⁵⁵. Estas dos superficies curvas, al estar separando medios con distinto índice de refracción, conforman dos dioptrios de 48 y -6 D respectivamente, siendo la potencia dióptrica total de la cornea de 42 o 43 dioptrías⁵⁶. La superficie anterior es el dioptrio más refractivo del ojo debido a que separa dos medios con índice de refracción muy diferente, el aire y la cornea. La superficie posterior es un dioptrio con potencia negativa debido a que el segundo medio, si tomamos el sentido de la luz de fuera hacia dentro, es el humor acuoso, que tiene un índice de refracción menor que el de la cornea.

La córnea es, por tanto, el elemento con mayor potencia dióptrica del sistema óptico del ojo⁵⁷. Cualquier agresión o procedimiento quirúrgico que se realice sobre ella tiene la capacidad de alterar su estructura geométrica y por tanto provocar cambios en la refracción ocular⁵⁸. Dichos cambios generalmente se producen en el

meridiano corneal en el que hemos actuado, son por tanto asimétricos, y provocan un efecto refractivo astigmático.

2.3.1.2. Zona periférica de soporte

A medida que nos alejamos de la zona óptica central, la cornea, aunque sigue manteniendo su transparencia, va aumentando su espesor. De 0,55 mm en el centro, se pasa a cerca de 0,75 mm en el limbo, en donde se encuentra el anillo óptico corneal. Esta zona intermedia, actúa como un soporte aplanático semi-rígido. Cualquier enfermedad o modificación quirúrgica en esta zona de soporte periférica, delimitada por la circunferencia fija del anillo óptico corneal, afectará directamente a la curvatura de la zona óptica central. Hasta hace pocos años, la curvatura de la zona periférica de soporte, no podía medirse con los queratómetros convencionales, ya que estos solo son capaces de medir el área correspondiente a la zona óptica central. Actualmente disponemos de los sistemas de topografía computerizada, como el EyeSys System, empleado en este estudio, que son capaces de medir y analizar la curvatura de cualquier punto de la primera superficie corneal. También podemos hacer mediciones cuantitativas de la cornea periférica y sus efectos sobre la curvatura de la zona óptica central, diferencias esféricas, meridionales y cambios del eje.

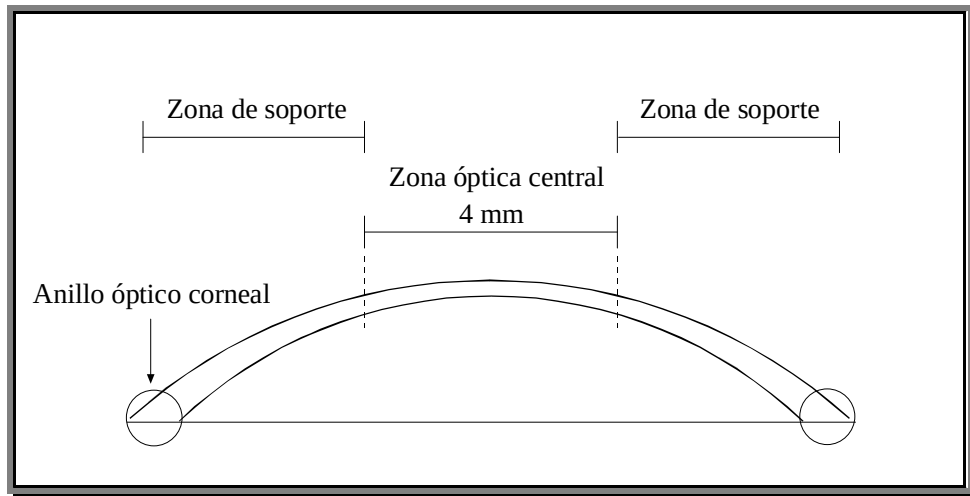


Ilustración II-15 Anillo óptico corneal y zona óptica central.

2.3.1.3. Anillo óptico corneal

Para entender el concepto de anillo óptico corneal y el fenómeno de barrera que este produce es necesario revisar toda la anatomía del globo ocular y el efecto que tienen las alteraciones por detrás del limbo esclero-corneal, saber el porqué un acortamiento o alargamiento de un músculo extraocular o un cerclaje escleral no tiene un efecto significativo o duradero sobre la curvatura corneal. El análisis detallado de la anatomía y topografía corneal en relación al globo ocular, indica que la cornea y su óptica están aisladas del segmento posterior por una zona de transición circunferencial denominado anillo óptico corneal. Este anillo corresponde aproximadamente al llamado limbo quirúrgico⁵⁹, donde la curvatura de la cornea se continua con la curvatura de la esclera⁶⁰. En este punto, las lamelas transparentes de la cornea se fusionan con el tejido fibroso escleral, formando una transición de forma

piramidal denominada espolón escleral. Este límite anatómico aproximadamente circular, forma un anillo que separa la cornea de la esclera.

Las modificaciones, patológicas o quirúrgicas, de las dimensiones esclerales periféricas a esta zona, no inducirán cambios significativos en la curvatura corneal. Del mismo modo, los cambios dimensionales que puedan afectar a la cornea no afectaran a la curvatura escleral. En la cirugía de la catarata, una incisión que entre en la cámara anterior por medio de un túnel escleral cuya entrada esté 3 o 4 mm por detrás del anillo corneal, tendrá poco efecto sobre la curvatura corneal. Por el contrario, una incisión por dentro de, o sobre, el anillo óptico corneal, tenderá a provocar un astigmatismo residual. Una incisión corneal pura, por dentro del anillo puede inducir astigmatismo, aunque, si esta se cierra adecuadamente en su dimensión vertical, su efecto sobre la curvatura corneal es más previsible y estable que una incisión limbar⁶¹. Además, puede modificarse más fácilmente, si es necesario, para corregir un astigmatismo preexistente, que una incisión escleral tunelizada. La corrección quirúrgica de un posible astigmatismo residual debería hacerse siempre por dentro del anillo óptico corneal. Dentro del anillo, cuanto más cerca de la zona óptica central se haga una incisión, más efecto dióptrico tendrá. Si la incisión se realiza demasiado cerca del ápex corneal, puede inducir un astigmatismo irregular que se puede acompañar de alteraciones visuales, como reflejos o halos.

2.3.1.4. Acoplamiento

Cuando se realiza una incisión que aplanar un meridiano, se produce un encurvamiento, aunque generalmente desigual, del meridiano situado a 90°. El término utilizado en ingeniería para este efecto, se denomina acoplamiento. El acoplamiento, tal y como muestran los estudios de topografía computerizada⁶², es generalmente asimétrico, aunque por cuestiones de simplificación, en la práctica clínica se toma como simétrico.

Sí la circunferencia del anillo óptico corneal se ve comprometida por una incisión paralela o transversal, la cornea tiene tendencia a aplanarse en el sector donde el anillo se ha interrumpido, a 90° de dicho sector, la cornea aumenta su curvatura⁶³. La relación entre lo que se relaja en un meridiano y lo que se curva en el perpendicular, varía según la forma y tamaño de la incisión. Se considera que las incisiones transversales tienen un acoplamiento de 2:1 mientras que en las incisiones arqueadas es de 1:1, por lo que en estas últimas no cambia el equivalente esférico de la refracción⁶⁴.

2.3.2. **Variables astigmatogénicas**

En general, la aparición de un astigmatismo inducido en la cirugía de la catarata viene condicionada por alguno de los siguientes factores:

2.3.2.1. Estructura de la incisión

Existen numerosas variables ligadas a la estructura de la incisión que pueden condicionar el grado de astigmatismo.

Longitud

Normalmente, el efecto de aplanamiento del meridiano sobre el que se actúa es proporcional al tamaño de la incisión⁶⁵ de forma que, cuanto mayor es la incisión mayor es la inducción astigmática⁶⁶. Una incisión pequeña, además de una restitución anatómica precoz, conlleva una menor modificación de la geometría óptica de la cornea, lo que permite una rápida rehabilitación funcional. Las incisiones grandes tienden a provocar una relajación o deslizamiento del borde posterior hacia atrás independientemente de su localización⁶⁷. Como la mayoría de las incisiones se suelen hacer en los cuadrantes superiores, este deslizamiento, habitualmente provoca un astigmatismo en contra de la regla. Gills y Sanders⁶⁸, también establecen una relación entre el tamaño de la incisión y el grado de reacción inflamatoria en la cámara anterior. Teniendo en cuenta la relajación provocada por una incisión de gran tamaño, es posible utilizar esta para modificar intencionadamente la curvatura del meridiano de mayor potencia y así corregir un astigmatismo preexistente.

Forma

La forma de la incisión puede condicionar la estabilidad y tendencia al deslizamiento posterior⁶⁹, en este sentido, hay que tener en cuenta la regla de la bisagra de la que se hablará más adelante.

Posición

La posición de las incisiones puede afectar a la evolución del astigmatismo. Así, incisiones superiores dispuestas horizontalmente pueden verse afectadas por el parpadeo o la gravedad, mientras que las verticales, lo hacen en menor medida⁷⁰. Su distancia respecto al anillo óptico central, también variará la inducción astigmática.

Arquitectura

Las incisiones corneales pueden estar construidas con uno, dos o tres trayectos. Las de un solo trayecto no deberían ser perpendiculares para no comprometer la hermeticidad. En las de dos trayectorias, primero se realiza una preincisión perpendicular al plano corneal para después continuar de forma horizontal hasta penetrar en cámara anterior. Las de tres trayectos, se inician como las anteriores, pero la penetración en cámara anterior se realiza con un cambio vertical del queratotomo antes de finalizar la segunda trayectoria. Relacionado con estos dos últimos tipos de incisión, es importante el concepto de bisagra introducido por Langerman⁷¹.

Localización

De las incisiones practicadas en los cuadrantes superiores, las corneales, tienen más tendencia al deslizamiento, y por tanto a la inducción de un astigmatismo en contra de la regla, que las limbares. Las incisiones esclerales, en general, tienen menos tendencia a provocar astigmatismo inducido⁷² debido a que están por detrás del anillo óptico corneal⁹⁹ y suelen llegar hasta la cámara anterior a través de un “túnel” labrado en la esclera. Por otro lado, el tejido escleral cicatriza de forma más rápida y completa que el corneal, por lo que se produce una restitución más completa de sus propiedades biomecánicas y un menor efecto permanente de las incisiones en su seno.

2.3.2.2. Sutura

El mecanismo que desencadena la aparición del astigmatismo inducido en las incisiones corneales, además de los fenómenos de modificación de la estructura de la incisión en si misma, está en gran medida relacionado con la aplicación de puntos de sutura. Por ello las técnicas de sutura constituyen uno de los elementos que ha recibido mayor atención en la literatura relativa al astigmatismo postquirúrgico⁷³.

La capacidad astigmatogénica de los puntos de sutura es muy elevada⁷⁴. Esta puede comprobarse fácilmente durante el mismo acto quirúrgico con la ayuda de un queratoscopio acoplado al microscopio operatorio. La tensión excesiva conlleva una compresión de la incisión, con un incremento de curvatura en el meridiano en donde

se aplica. Una sutura poco tensa o floja, favorece la dehiscencia de la incisión, con aplanamiento meridional correspondiente. El número de puntos, así como la configuración y técnica de la sutura son, también, factores a tener en cuenta.

Aunque en el postoperatorio precoz el astigmatismo es típicamente según la regla^{75, 76}, las suturas absorbibles tienden a producir a medio plazo un astigmatismo en contra de la regla⁷⁷. Si la sutura se degrada antes de que la cicatrización sea completa, la incisión tiende a entreabrirse con el consiguiente aplanamiento en el meridiano perpendicular a esta. El astigmatismo en contra de la regla final, puede ser mayor después de un tratamiento prolongado con corticoides tópicos⁷⁸ debido al retraso en la cicatrización.

Además de la tensión de la sutura, el edema corneal puede contribuir a que el astigmatismo según la regla inicial sea bastante elevado durante las primeras semanas⁷⁹. Estudios en los que se utilizaron suturas de Catgut y Vicryl, encuentran un astigmatismo según la regla medio de 6 a 6,5 dioptrías en la primera semana después de la cirugía^{78, 79}. Pocos meses después, tras la degradación de la sutura, el astigmatismo se vuelve contra la regla⁸⁰ entre el 50 y el 95% de los casos^{81,82}. Es interesante resaltar que no se ha encontrado correlación entre el astigmatismo inducido inicialmente y el astigmatismo postoperatorio final para ningún tipo de sutura⁷⁸. Esto hace sospechar que tal fenómeno se deba más a la forma en que se disponen los puntos (profundidad, etc.) que al tipo de material empleado.

Los valores medios del astigmatismo en contra de la regla final, tras el uso de suturas absorbibles, ha sido constatado en diversas publicaciones, en un rango de 1 a 3 dioptrías^{79, 81, 83, 84}. La mayoría de series hallan medias entre 1 y 1,5 dioptrías, aunque algunas las refieren de 3 e incluso 5 dioptrías^{85,86}. Hilding⁸¹ encontró un 10% de casos con astigmatismo postoperatorio de más de 3 dioptrías, mientras que Alvis⁸⁷ halló en un 23% de casos más de 2 dioptrías y mas de 5 en un 0,5%.

Compresión

La tirantez de los puntos de sutura produce compresión en el tejido vecino a la incisión⁸⁸. Esto puede deberse a una excesiva tensión aplicada en el momento de la cirugía o inducida por el edema postoperatorio⁸⁹. En la practica, cualquier configuración o tipo de sutura empleada en cirugía de la catarata, sea absorbible o no, provoca en general cierta compresión en la incisión. Y, por tanto, una modificación del radio de curvatura de las superficies corneales que puede observarse desde el postoperatorio inmediato⁹⁰.

Cuanto más apretada sea la sutura, mayor aplanamiento causará en la cornea periférica vecina al punto. Debido a la escasa distensibilidad del tejido colágeno corneal, la curvatura total de cada meridiano tiende a conservarse. Por tanto, como consecuencia al aplanamiento periférico, debe producirse un encurvamiento o disminución del radio de curvatura en la posición central del mismo meridiano correspondiente al punto aplicado. Además, por el fenómeno de acoplamiento, se produce un aplanamiento del meridiano perpendicular. Debido a que la incisión, en

las técnicas clásicas de cirugía de la catarata empleadas durante el pasado siglo generalmente se situaba en el sector superior, el astigmatismo inducido era típicamente según la regla⁹¹. Cuando los puntos eran largos (englobando más tejido) y apretados el astigmatismo inicial solía ser elevado⁹².

El astigmatismo debido a la compresión cede parcialmente en el postoperatorio, debido a la disminución del edema. El inducido por las suturas de nylon suele bajar 1 o 2 dioptrías. A partir de entonces suele mantenerse relativamente estable hasta que la sutura se degrada o es extraída. En ese momento, el astigmatismo disminuye de nuevo e incluso puede invertirse⁷⁸. Cuando se utilizan suturas absorbibles, la compresión se reduce no solo por la disminución del edema, sino por el deslizamiento, erosión y reabsorción. Con ellas, la compresión es habitualmente escasa después de varias semanas.

Dehiscencia

Mientras que la compresión se asocia típicamente con el astigmatismo inducido inicial y con la sutura de nylon, el fenómeno de dehiscencia lo hace (aunque no de forma exclusiva) con el astigmatismo inducido permanente y las suturas absorbibles. Tanto estas como las de seda virgen pueden ocasionar necrosis tisular, formación de tejido fibrovascular, e inclusive epitelización del trayecto y fistulización de la cámara anterior si los puntos han sido muy profundos⁹³. Por ello, clásicamente se recomendaba, con dichos materiales, colocar los puntos relativamente superficiales, no más allá del tercio medio del espesor corneal o escleral. Esto causaba, en

consecuencia, una cierta dehiscencia en la parte interna de la cicatriz de la incisión, que podía persistir durante años^{94,95}. La cicatriz fibrovascular de espesor parcial que así se origina, prolonga el periodo de curación de la herida, además de permitir cierta distensión y por tanto aumentar el radio de curvatura del meridiano afecto. Provoca así un astigmatismo en contra de la regla⁹⁶. Este efecto puede agravarse debido a que, tanto las suturas absorbibles como las suturas de seda, suelen irse aflojando por deslizamiento o erosión tisular⁹⁶. Con ciertos materiales, el período transcurrido antes de la degradación de la sutura, puede no ser suficiente para permitir que la cicatriz haya alcanzado un grado suficiente de resistencia a la distensión que tiende a provocar la presión intraocular. El uso de corticoides tópicos, contribuye asimismo a retrasar la cicatrización⁷⁸.

La dehiscencia posterior de la incisión puede aparecer también con las suturas nylon si éstas se colocan superficialmente o si se extraen demasiado pronto. Para evitar esto, las suturas de nylon y otros monofilamentos no reabsorbibles deben colocarse más profundas que las de seda o materiales reabsorbibles. La menor reacción tisular que inducen permite un paso profundo con mínimo riesgo de fistulización. Inclusive Troutman⁹⁷ ha recomendado las suturas de espesor total.

Además de la posterior, una dehiscencia anterior puede también provocar astigmatismo contra de la regla. Esta última, puede darse debido a la pérdida o extracción prematura de la sutura incluso con las de espesor total. Aunque éstas cierran adecuadamente la parte interna de la incisión, no previenen por completo una

dehiscencia anterior, capaz de inducir astigmatismo contra de la regla. Para asegurar la aposición correcta, tanto de la superficie anterior como de la posterior, algunos autores preconizan el uso de suturas complementarias alternándolas con las de espesor total.

Mala coaptación (Desalineación)

La mala coaptación o desalineación de la incisión generalmente se acompaña de un astigmatismo permanente⁹⁸. Este tipo de astigmatismo, puede producirse en cualquier eje y depende de la localización del defecto. El cierre de la incisión puede presentar una desalineación vertical, debido a un defecto en la técnica quirúrgica o a la colocación de suturas en niveles distintos a cada lado de la incisión. Esto provoca un acabalgamiento de un borde sobre el otro, y produce un encurvamiento o aplanamiento de la córnea con más frecuencia.

Además de la desalineación vertical, la incisión también puede estar mal alineada horizontalmente, por aposición inadecuada con desplazamiento lateral del borde o por colocación de puntos no radiales. Esto produce áreas alternativas de compresión y dehiscencia con incremento del astigmatismo inducido⁹⁹.

2.3.2.3. Queratómetro o queratoscopio quirurgico

José Ignacio Barraquer¹⁰⁰ fue el primero en utilizar la queratometría intraoperatoria adaptando al soporte del microscopio quirúrgico un queratómetro de Javal-Schiotz, sin embargo Troutman¹⁰¹ desarrolló el primer modelo comercial de queratómetro quirúrgico. Se trata de un instrumento que proyecta en la cornea una serie de puntos formando un círculo y que permite una apreciación cualitativa de las curvaturas corneales. Por ello el termino “queratoscopio” parece más adecuado que el de queratómetro. Su utilización permitiría disminuir sensiblemente el astigmatismo inducido por la sutura en el momento de su aplicación. El grado de deformación del círculo reflejado en la cornea permite una apreciación inmediata del eje y grado del astigmatismo, y de esta forma es posible aplicar la tensión necesaria en cada punto para minimizar la deformación astigmatogénica. El hecho de que algunos autores, como Samples y Biner¹⁰² y Perl et al¹⁰³, no encuentren diferencias significativas en el astigmatismo con el uso del queratoscopio indica, sin embargo, que la tensión de las suturas y la lectura queratoscópica del astigmatismo inmediato no garantizan un resultado final óptimo, pues probablemente intervengan otros factores. Por ejemplo, una mala coaptación posterior por una sutura superficial no será detectada por el queratoscopio intraoperatorio, pero causará finalmente un astigmatismo al ceder la cicatriz. En todo caso su uso permite comprobar uniformidad en la tensión de todos los puntos.

El astigmatismo preexistente puede modificarse aplicando la tensión necesaria en los puntos correspondientes al meridiano que interese. Así, un astigmatismo en contra de la regla podría corregirse incrementando la tensión de las suturas en el meridiano vertical o disminuyéndola en el meridiano horizontal. Para corregir un astigmatismo según la regla procederíamos de modo opuesto. El efecto de la tensión de las suturas, sin embargo, relativamente pasajero y tras su degradación o retirada pasan a tener más influencia otros factores como la buena aposición o el deslizamiento de la cicatriz.

2.3.2.4. Astigmatismo preexistente

El astigmatismo previo a la cirugía influye obviamente en el resultado refractivo postoperatorio, y puede constituir uno de los factores determinantes en la elección de la técnica en cirugía de la catarata¹⁰⁴. Cuando el astigmatismo preoperatorio es importante, una técnica “anastigmática” (no inductora de astigmatismo) como la de incisión pequeña deja de ser ventajosa. Si deseamos reducir el astigmatismo preexistente, puede ser preferible un tipo de incisión que lo induzca, incluso una incisión grande. Realizada en el meridiano apropiado, causará un aplanamiento que puede contrarrestar el astigmatismo preexistente¹⁰⁵. También es posible emplear una técnica de incisión pequeña combinada con otros procedimientos¹⁰⁶ para reducir el astigmatismo¹⁰⁷ como, por ejemplo, incisiones arcuatas^{108 109} o la ampliación no penetrante de la incisión.

2.3.2.5. Otras variables

Las principales variables de la cirugía de la catarata implicadas en la aparición de astigmatismo están relacionadas con la incisión corneal, su cierre y posterior cicatrización. Sin embargo existen otras que, sin alcanzar la trascendencia de las anteriores, han merecido la atención de diversos autores.

Lentes intraoculares

Una vez implantada, la lente intraocular puede ser causa de un astigmatismo si se desplaza lateralmente o si bascula respecto a la perpendicular del eje visual. El descentramiento o basculación de la lente puede producirse cuando un háptico queda situado en el saco capsular y el otro fuera del mismo (en el sulcus ciliar), o cuando existe una rotura o dehiscencia de la zónula, sea intraoperatoria o secundaria a retracción capsular postoperatoria. Si el desplazamiento o la oscilación son grandes, se producirá un astigmatismo por incidencia oblicua además de un posible efecto prismático por la no alineación del centro óptico de la lente con el eje visual. Ambas complicaciones son difíciles de corregir sin una recolocación o substitución de la lente.

Por otro lado, la implantación de lentes tóricas¹¹⁰ constituye otro método capaz de corregir un astigmatismo preexistente. Sin embargo, su uso no está muy extendido y alguno de los modelos hasta ahora disponibles han presentado dificultades en su

posición, naturalmente crítica, siendo su rotación postoperatoria un posible problema.

Colgajo conjuntival

La existencia o no y el tipo de colgajo conjuntival parecen tener poca relevancia en el astigmatismo postoperatorio¹¹¹. Cuando la cirugía se realiza sin puntos o bien con pocos puntos de sutura absorbible, la presencia del colgajo conjuntival puede contribuir a una mejor aposición de los bordes de la incisión, disminuyendo la separación de los mismos y por tanto, el astigmatismo inducido.

Microscopio quirúrgico

La introducción del microscopio quirúrgico ha sido uno de los grandes avances en la cirugía ocular durante el pasado siglo. Es obvio que la magnificación intraoperatoria de la imagen supone una gran ventaja para la correcta aposición de los márgenes de la incisión y colocación de las suturas, factores que sin duda afectan al astigmatismo postoperatorio¹¹². De todas formas, es difícil precisar de forma retrospectiva el efecto que ha podido tener un determinado factor como este, entre los muchos que influyen en una entidad tan compleja como el astigmatismo postoperatorio. Por ejemplo, el uso del microscopio quirúrgico se fue generalizando de forma contemporánea a la sutura de nylon, otra variable relacionada con el astigmatismo quirúrgico. La posible disminución del astigmatismo asociada al uso del microscopio podría haber quedado enmascarada por el efecto de los distintos

tipos de sutura. Gaisiner¹¹³ y Witmer¹¹⁴, estudiando casos en los que se utilizó sutura de seda, no hallaron una relación significativa entre el uso del microscopio y el astigmatismo postoperatorio. Esto puede interpretarse en el sentido de que la ventaja de la precisión microscópica puede quedar anulada por un tipo de sutura que, por la reacción tisular que induce, causa inevitablemente un mayor grado de imprecisión.

Instrumental

No son muchos los trabajos que relacionan el tipo de instrumento empleado para practicar la incisión corneal con el astigmatismo inducido. Moisseiev et al¹¹⁵, compararon incisiones realizadas con cuchillete de acero o con cuchillete de diamante. Aunque el astigmatismo a los seis meses de la intervención no mostró diferencias, este fue menor, en el postoperatorio precoz, con el cuchillete de diamante. Este resultado se debería a una mejor aposición de los bordes de la incisión, lo cual redundaría en una menor tensión en los puntos de sutura.

2.3.3. Tipos de incisión

2.3.3.1. Incisión limbar

Las incisiones limbares o corneoesclerales han sido ampliamente utilizadas en la extracción intracapsular y en la extracapsular clásica. Provocan más inducción astigmática que las incisiones esclerales ya que se encuentran sobre el anillo óptico

corneal y tienen más tendencia al deslizamiento que aquellas. Por otro lado, la manipulación de las suturas en el postoperatorio tiene más efecto sobre el control del astigmatismo que en las incisiones puramente esclerales. En este tipo de incisiones, el deslizamiento provocará un aplanamiento del meridiano en cuestión¹¹⁶ y un encurvamiento compensatorio del meridiano situado a 90° del primero¹¹⁷.

2.3.3.2. Incisión escleral

Las incisiones esclerales, provocan en general menos inducción astigmática que las corneales o corneoesclerales ya que se encuentran por detrás del anillo óptico corneal. Por su localización posterior respecto al limbo¹¹⁸, generalmente requieren un trayecto biselado o bien un “túnel” hasta la entrada en la cámara anterior¹¹⁹. Por ello presentan un mayor riesgo de hemorragia¹²⁰. La cicatrización suele ser más rápida que las incisiones corneales, lo que favorece la rápida estabilidad refractiva. Por el contrario, tienen como inconveniente el menor efecto de la manipulación de las suturas para el control del astigmatismo postoperatorio.

2.3.3.3. Incisión corneal

Las incisiones corneales, situadas por delante del anillo óptico corneal, son las más cercanas a la zona óptica central, y por tanto las que con más facilidad provocaran cambios significativos en su curvatura. Aunque utilizadas, probablemente, desde los inicios de la extracción extracapsular, se han vuelto a

popularizar desde la aparición de la facoemulsificación y, sobre todo, desde los trabajos de Fine¹²¹ y Shimizu¹²².

Tienen una serie de ventajas sobre las incisiones esclerales y limbares como la rapidez de ejecución y evitar las hemorragias, la necesidad de suturas de fijación o de colgajo conjuntival, entre otras. Su inconveniente principal sería la falta de hermeticidad, si no se realiza correctamente su trayecto valvular, y dependiendo del tamaño, la inducción astigmática. Existen diferentes modalidades de ejecución como la incisión tunelizada directa de Fine o la incisión en bisagra de Langerman, entre otras.

2.3.4. Incisión corneal pequeña

Aunque con el paso de los años, el concepto de “incisión pequeña” y su designación por los diferentes autores ha variado¹²³, actualmente suelen entenderse como tales en cirugía de la catarata a todas aquellas cuya longitud es inferior a los cuatro milímetros. En general dicho límite coincide con la normal hermeticidad sin necesidad de suturas, así como una baja inducción astigmática¹²⁴.

2.3.4.1. Efecto valvular

Una incisión corneal no perpendicular, produce un efecto de válvula en respuesta a la presión intraocular. Este efecto impide la salida de humor acuoso de la cámara anterior en caso de desplazamiento de los bordes. Como describe Eisner⁶⁰ en

la denominada “regla de la válvula”, las incisiones en la pared del globo ocular producen válvulas cuyo margen de seguridad es igual a la proyección de la superficie de la incisión sobre la superficie del globo ocular. De este modo, bajo el efecto de la presión intraocular, una incisión perpendicular tendrá tendencia a abrirse, mientras que una incisión valvular aumentará su hermeticidad.

2.3.4.2. Regla de la bisagra

Si una incisión sobre la que actúan fuerzas perpendiculares (presión intraocular) tiene su bisagra imaginaria totalmente integrada en el trayecto de la misma, se mantendrá hermética.⁶⁰ La relación entre la longitud y la anchura de la superficie de la incisión tiene una gran importancia para el mantenimiento de la hermeticidad⁶⁹. Las incisiones grandes y perpendiculares a la tangente corneal en el punto de entrada (Ilustración II-16 A) tienen mucha facilidad para abrirse, mientras que las incisiones pequeñas y no perpendiculares son más herméticas (Ilustración II-16 B).

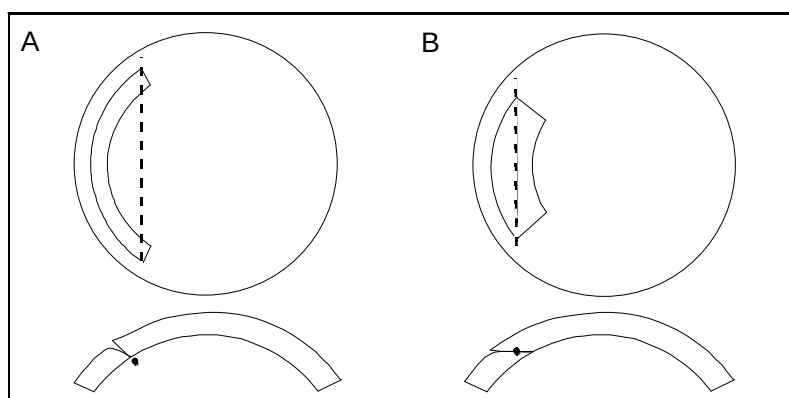


Ilustración II-16 Tamaño y forma de la incisión corneal.

2.4. CÁLCULO DEL ASTIGMATISMO INDUCIDO

2.4.1. Astigmatismo inducido y astigmatismo postoperatorio

Los términos astigmatismo inducido y astigmatismo postoperatorio a menudo son utilizados como sinónimos, cuando en realidad no lo son. El astigmatismo inducido es aquél que se produce, principalmente en la córnea, como consecuencia directa de la manipulación quirúrgica. El astigmatismo postoperatorio, por el contrario, es el astigmatismo total que podemos observar tras la cirugía. El astigmatismo postoperatorio es, por tanto, la combinación del preoperatorio y el inducido. Si bien el astigmatismo postoperatorio es el más relevante desde el punto de vista práctico, ya que de él dependerá principalmente la necesidad de corrección óptica, no nos informa de la variación astigmática que ha sufrido el ojo durante el acto quirúrgico. Por ello no podremos determinar, en base a él, la capacidad astigmatógena de una técnica quirúrgica.

El cálculo del astigmatismo inducido, como resultante de la diferencia de las lecturas queratométricas pre y postoperatoria es una tarea compleja, debido a que el astigmatismo es una magnitud vectorial definida por dos parámetros, orientación del eje y potencia^{125, 126}. Puede darse el caso, en el que sólo se produzca una variación en la orientación del eje y no en la potencia. Probablemente este cambio no tendrá demasiada repercusión clínica en el postoperatorio, pero sin duda refleja que el acto quirúrgico ha provocado cierta inducción astigmática. Por ejemplo, si tenemos un

astigmatismo de 1 dioptría a 90° en el preoperatorio y en el postoperatorio el astigmatismo es de 2 dioptrías, también, a 90° , esta claro que la inducción astigmática ha sido de 1 dioptría. Si por el contrario, en el postoperatorio encontramos un astigmatismo de 1 dioptría a 0° , la potencia pre y postoperatoria es la misma, pero en este caso la inducción astigmática ha sido de 2 dioptrías: se ha producido disminución de una dioptría en el eje vertical y aumento de una dioptría en el eje horizontal.

En el ejemplo anterior, la determinación del astigmatismo inducido es bastante sencilla, mediante una operación algebraica simple, pero esto no siempre es así. La posible orientación del astigmatismo en cualquier dirección hace la determinación del astigmatismo inducido un procedimiento más complejo¹²⁷. Por ello, es necesario expresar el astigmatismo en figuras matemáticas fácilmente manipulables. Al ser una entidad con dos variables, podemos caracterizarlo como una magnitud vectorial en la cual el módulo del vector nos indica la potencia y la dirección nos indica la orientación.

2.4.2. Métodos de cálculo

Se han descrito numerosos procedimientos para el cálculo del astigmatismo inducido. A continuación vamos a exponer los más utilizados:

2.4.2.1. Sustracción simple

Es el método más sencillo para la determinación del astigmatismo inducido. Realmente no caracteriza completamente al astigmatismo, ya que sólo tiene en cuenta una de sus variables, la potencia. Consiste en restar la potencia astigmática preoperatoria de la postoperatoria. Es un método corrientemente usado en la práctica clínica para evaluar de forma aproximada el cambio del astigmatismo. Ya que no se toma en consideración la naturaleza vectorial del astigmatismo, este método, puede llevarnos a cometer errores como el del ejemplo expuesto anteriormente.

2.4.2.2. Método vectorial

Se basa en la caracterización del astigmatismo como un vector fácilmente manipulable geométricamente. A continuación se describen diversos métodos que utilizan formulas matemáticas y representaciones geométricas.

Representación gráfica

El método vectorial está basado en una variación de la técnica de hallar la suma de dos cilindros con ejes oblicuos¹²⁸. El problema de calcular la suma de dos cilindros cruzados oblicuos se puede resolver representando gráficamente las potencias de los dos cilindros como vectores. En la ilustración II 13 el cilindro K_1 con eje α_1 se suma al cilindro K_2 con eje α_2 . Los ángulos se representan en el gráfico

con el doble de su valor. El cilindro resultante K_3 con ángulo α_3 se halla trazando un paralelogramo compuesto por las líneas $K_1 - K_3$, paralela y de igual tamaño a la línea $0 - K_2$, y la línea $K_2 - K_3$, paralela y de igual tamaño a la línea $0 - K_1$.

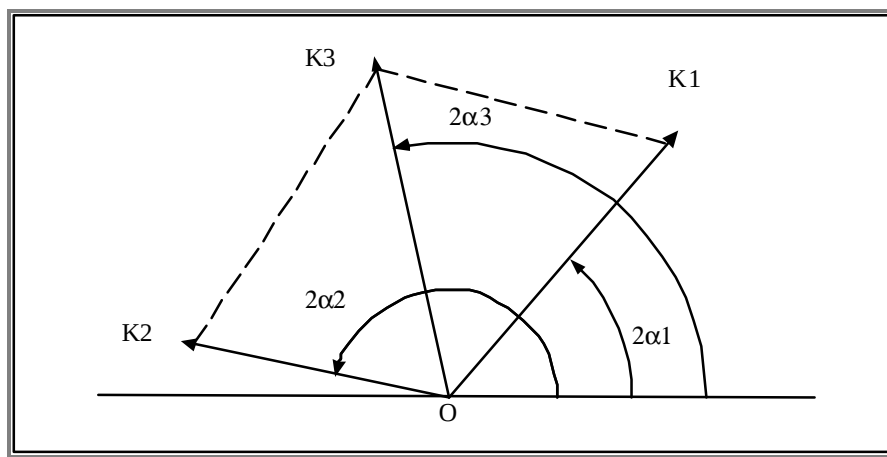


Ilustración II-17 Suma de dos cilindros oblicuos.

En la cirugía de catarata el problema no es exactamente el mismo. Aquí, conocemos el astigmatismo corneal preoperatorio K_1 y el astigmatismo postoperatorio K_3 . Debemos calcular el vector añadido a K_1 para obtener K_3 . Ese vector, al que llamaremos K_2 , es el astigmatismo inducido por la cirugía. Para calcular K_2 por el método vectorial, debemos realizar un cambio en el paralelogramo de la ilustración anterior, debemos construir un triángulo. Como de muestra en la ilustración siguiente, los vectores K_1 y K_3 de representan con el doble de su ángulo original. El astigmatismo inducido K_2 se halla dibujando una línea que conecta el final de K_1 con el final de K_3 . Si dibujamos una línea paralela al eje X pasando por el

final de K_1 , podremos medir la dirección de K_2 con un transportador de ángulos. El ángulo de K_2 debe medirse al final de K_1 .

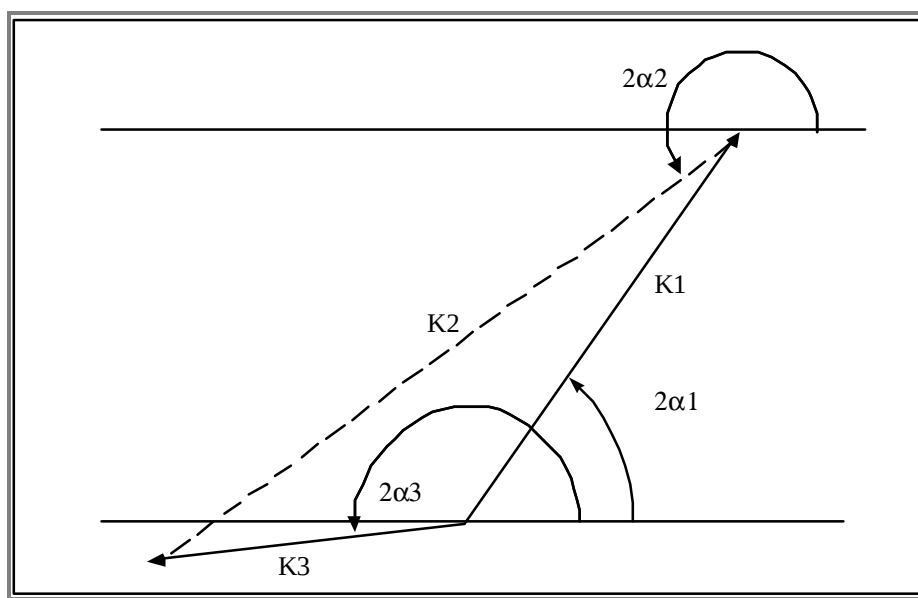


Ilustración II-18 Cálculo del astigmatismo inducido por representación gráfica.

Coordenadas cartesianas

Este método, descrito inicialmente por Jaffe^{21,22}, está basado en la determinación, mediante formulas matemáticas, del cilindro resultante de superponer dos cilindros ópticos. Conociendo el astigmatismo corneal preoperatorio y postoperatorio podremos hallar el cambio total de astigmatismo en dioptrías así como la variación en términos de astigmatismo directo e inverso.

Cada uno de los astigmatismos, preoperatorio y postoperatorio, debe expresarse como un vector cuyo inicio se encuentra en el origen de un sistema de coordenadas¹²⁹. De este modo, podemos asignar los valores polares del vector que

estará definido por el módulo (numero de dioptrías) y el ángulo que forma con la abcisa (orientación del eje). A continuación podemos pasar estos valores de coordenadas polares a coordenadas cartesianas descomponiendo el vector en sus componentes x e y sabiendo que $x = M \cos \theta$ e $y = M \sin \theta$ (siendo M el módulo del vector y θ el ángulo que forma con el eje de abcisas).

Una vez descompuestos cada uno de los vectores en sus componentes, podemos restar cada uno de ellos algebraicamente para conocer los componentes del vector resultante, en nuestro caso, los del astigmatismo inducido quirúrgicamente. A partir de los componentes x e y del vector resultante podemos, por trigonometría, calcular tanto el módulo vectorial, por el teorema de Pitágoras, como su orientación, calculando ángulo a partir de su arco tangente. El vector resultante será pues el valor del astigmatismo que habría que sumar al astigmatismo previo para obtener el astigmatismo postoperatorio, o sea, el astigmatismo inducido por la cirugía.

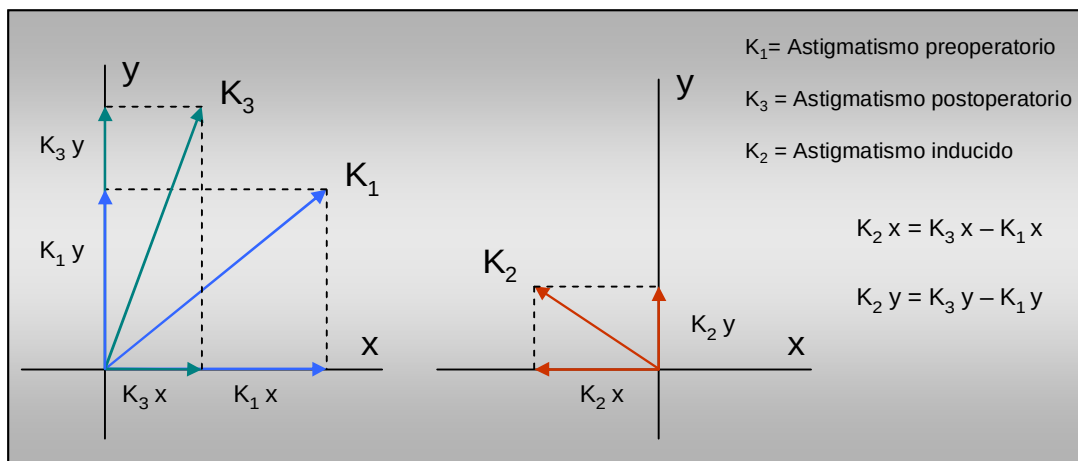


Ilustración II-19 Cálculo de astigmatismo inducido por coordenadas cartesianas.

2.5. QUERATOMETRÍA Y TOPOGRAFÍA CORNEAL

La potencia dióptrica de la cornea representa las dos terceras partes del poder refractivo total del ojo¹³⁰. El gran papel que juega en la correcta formación de las imágenes en la retina, hace poco menos que imprescindible el conocimiento preciso de su geometría. Sin embargo, sólo en las últimas décadas hemos empezado a conocer con cierta precisión la primera superficie corneal, gracias a los aparatos de topografía. Aunque su importancia dióptrica es menor, conocemos mucho menos acerca de la superficie corneal posterior. Si bien los topógrafos de barrido permiten una aproximación, no siempre toman en cuenta que tales medidas se realizan a través del primer dioptrio corneal, incorporando por tanto las deformaciones que éste cause, amén de otros posibles artefactos.

El primer intento para determinar la potencia de la primera superficie de la cornea data de hace tres siglos. Sin embargo su forma exacta no se ha conocido hasta hace pocos años. La mayoría de las medidas realizadas hasta ahora se han basado en considerar la superficie corneal como un espejo convexo¹³¹. Los procedimientos de medida se basan por lo general en la determinación del tamaño de una imagen reflejada en la cornea¹³².

Si bien existen múltiples métodos e instrumentos para el estudio de la curvatura corneal, podemos clasificarlos en dos grandes grupos: instrumentos ópticos de medida directa e instrumentos fotográficos o basados en la captura electrónica de las imágenes corneales.

2.5.1. Instrumentos ópticos de medida directa

A comienzos del siglo XVII, el jesuita Christopher Scheiner¹³³ trató de medir la cornea comparando las imágenes formadas por varios espejos convexos colocados al lado de la misma.

Pourfour du Petit, en 1728 presentó en la Academia de Ciencias de Paris el primer instrumento de medida de parámetros oculares al que denominó oftalmómetro⁹. Este instrumento incluía la determinación de la longitud axial y la profundidad de la cámara anterior de un ojo enucleado. Kohlraush en 1839 midió directamente la imagen de un objeto reflejado en la cornea con la ayuda de un telescopio de Kepler¹³⁴. Sneff, en 1846 utilizando un método similar, descubrió que la cornea tenía forma elíptica¹³⁵.

A partir de los trabajos de Pourfour du Petit, Von Helmholtz en 1854 diseñó un nuevo instrumento al que, también denominó oftalmómetro. Utilizaba un sistema de miras fijas y un duplicador de imagen basado en un prisma de Wollaston. Dicho instrumento era capaz de determinar el radio de curvatura de los meridianos principales de la cornea¹³⁶. A continuación Coccia (1867), Landolt (1878), Javal y Schiotz (1881)¹³⁷, Sutcliffe (1907), y Hartinger (1935)¹³⁸ desarrollaron diversos instrumentos con el mismo fin. Fincham (1925) pudo medir la periferia corneal con el microscopio de autocolimación. Berg (1929) modificó el oftalmómetro de Javal – Schiötz, anteponiendo un sistema de magnificación afocal con el que era capaz de explorar zonas de un milímetro de diámetro.

Mandell (1962) modificó el queratómetro de Baush & Lomb, variante del diseñado por Helmholtz, para zonas de un milímetro¹³⁹. Bonnet (1960) modificando un oftalmómetro similar al desarrollado por Zeiss, llegó a explorar zonas de 0,5 milímetros. En la actualidad utilizamos el término queratómetro como sinónimo de oftalmómetro.

2.5.1.1. Querátómetros

Los querátómetros actuales no difieren mucho de los primeros diseños de Von Helmholtz y Javal. Se basan en la medición del radio de curvatura de la primera superficie corneal a partir de la primera imagen de Purkinje¹⁴⁰. El tamaño de la imagen reflejada sobre la superficie corneal variará según la longitud del radio de curvatura de la misma. Conociendo el tamaño del objeto proyectado (Y) y, el de la imagen reflejada (Y'), podemos determinar el radio de curvatura anterior de la cornea según la ecuación $r = 2P \frac{Y'}{Y}$; siendo P la distancia del objeto a la cornea. Los querátómetros utilizan un sistema prismático de desdoblamiento para neutralizar el movimiento de las imágenes sobre la cornea.

Los querátómetros sólo nos aportan datos de los meridianos principales de la zona óptica central en un diámetro variable cercano a los 3 milímetros. Aunque son instrumentos muy válidos para la refracción objetiva y la adaptación de lentes de contacto, son bastante limitados para un análisis detallado de la superficie corneal como el requerido en cirugía refractiva.

Es importante recalcar que los queratómetros solo miden los radios de curvatura de la superficie anterior de la córnea. La conversión de radio de curvatura a potencia (P) en dioptrías se obtiene con la ecuación $P = \frac{n' - n}{r}$ donde n' es el índice de refracción de la cornea ($n'=1,376$) y n el del aire ($n=1$). Como podemos apreciar, usando estos índices, obtenemos la potencia dióptrica de la primera superficie corneal. Para obtener la potencia total de la cornea, los queratómetros utilizan el llamado índice queratométrico en el que el índice corneal se substituye por otro índice más bajo, normalmente 1,3375, para compensar la potencia teórica (negativa) del dioptrio corneal posterior. Obviamente dicho método no toma en consideración los posibles cambios (que la cirugía ha podido inducir) en el dioptrio posterior (y que la queratometría no mide).

Queratómetro tipo Javal

Emplea un sistema de desdoblamiento fijo y un sistema de miras móviles. Su manejo es sencillo y permite obtener datos aproximados de corneas con superficie irregular.

Queratómetro tipo Helmholtz

Emplea un sistema de desdoblamiento móvil y un sistema de miras fijas. Su precisión es más alta que el queratómetro tipo Javal aunque la obtención de las lecturas queratométricas es difícil en superficies irregulares.

2.5.2. Instrumentos fotográficos (captación de la imagen corneal)

Gullstrand¹⁴¹ (1896) inicia la era de la fotoqueratoscopia tomando fotografías de la cornea sobre la que reflejaba un disco de Plácido. Sus trabajos fueron seguidos por Fisher (1927), Berg (1929) Dekking (1930), Amsler y Hartinger (1930), Lenoble¹⁴²(1952), Knoll, Stimson y Weeks¹⁴³(1952), Reinosld y Kart (1059) Stone¹⁴⁴ (1962) Cochet y Amiard¹⁴⁵ (1966), Mandell¹⁴⁶ (1967) y El Hage (1968). Todos estos autores utilizaron instrumentos derivados del disco de Plácido, con modificaciones tendentes a aumentar la precisión de las mediciones corneales.

Hoy en día, con la ayuda de la tecnología informática y de captación electrónica de imágenes, disponemos de instrumentos que permiten cuantificar y procesar instantáneamente multitud de datos de la superficie corneal y presentarlos en forma mapas llamados “topográficos”, aunque los datos representados son variables, desde curvaturas hasta elevaciones relativas. Muchos de ellos siguen empleando el principio del disco de Plácido. Más recientes, los llamados topógrafos corneales de barrido, permiten obtener datos tanto de la curvatura anterior de la córnea como de la posterior.

2.5.2.1. Topografía corneal

La medida de la curvatura corneal obtenida con los queratómetros convencionales se limita a unos 3 ó 4 milímetros centrales. Esto es suficiente para la determinación del astigmatismo en un examen optométrico o incluso para la

adaptación de lentes de contacto¹⁴⁷. Pero si necesitamos conocer los rasgos de la superficie corneal de una forma más completa, la información que ofrece el queratómetro resulta muy limitada. Uno de los avances que más ha contribuido al conocimiento de las anomalías refractivas de la cornea ha sido, sin duda, la videoqueratografía o topografía corneal computarizada¹⁴⁸. Debido a que las referencias iniciales a los aspectos tecnológicos (video, computadoras) se han hecho hoy día irrelevantes por lo común y ubicuo de los mismos, los términos “topografía corneal” y “topógrafo corneal”, sin más, han prevalecido. El topógrafo corneal nos permite realizar un análisis instantáneo de casi toda la superficie anterior de la cornea¹⁴⁹, integrando la información de miles de puntos.

Los primeros topógrafos corneales se basaron en el principio del disco de Placido¹⁵⁰. Por ello recibieron inicialmente la denominación de “videoqueratoscopios”. Se comparan los anillos reflejados sobre la superficie corneal con una esfera de referencia. Las diferencias obtenidas en múltiples puntos son procesadas y representadas gráficamente mediante un mapa de colores. Así, podemos conocer la distribución de la potencia dióptrica en cada punto¹⁵¹, determinar los meridianos principales y posibles asimetrías entre hemi-meridianos¹⁵². La topografía corneal, es además, el método más eficaz para la detección y caracterización de astigmatismos irregulares¹⁵³.

Debido a la cantidad y precisión de la información que la topografía corneal ofrece, ha sido el método empleado en este estudio para seguir la evolución del

astigmatismo. La topografía corneal basada en reflexión de miras (tipo Plácido) tiene la ventaja de su rapidez. En comparación con la topografía de barrido, es prácticamente instantánea, lo que evita posibles artefactos por movimientos del paciente.



Ilustración II-20 Topógrafo corneal Eye Sys, basado en reflexión de miras (tipo Plácido).

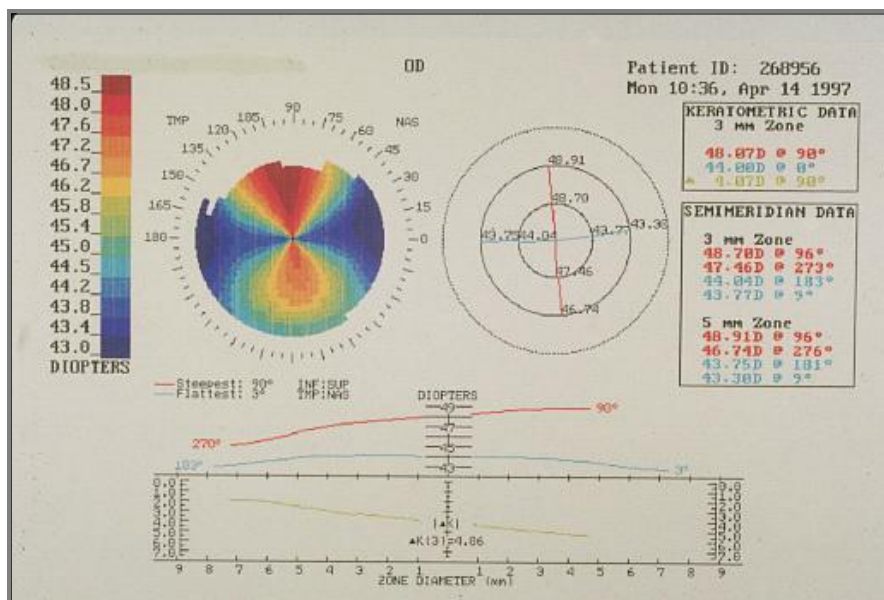


Ilustración II-21 Hoja de presentación de datos del topógrafo corneal Eye Sys.

2.5.2.2. Topografía de barrido

La topografía corneal basada en disco de Plácido nos informa sólo de la curvatura de la primera superficie corneal, ya que recoge la información de las imágenes reflejadas en ésta. Desde hace pocos años, disponemos de instrumentos que utilizan el barrido de una lámpara de hendidura, similar a la empleada en los biomicroscopios clínicos. El análisis de las imágenes proporcionadas por la lámpara de hendidura permite analizar las superficies anterior y posterior de la cornea¹⁵⁴. Conociendo ambas superficies, podemos calcular también el espesor corneal (paquimetría)¹⁵⁵, en cualquier punto. Debe tenerse en cuenta que la información que se obtiene de la superficie posterior viene en todo caso condicionada por la calidad de la superficie anterior y la transparencia de la cornea.

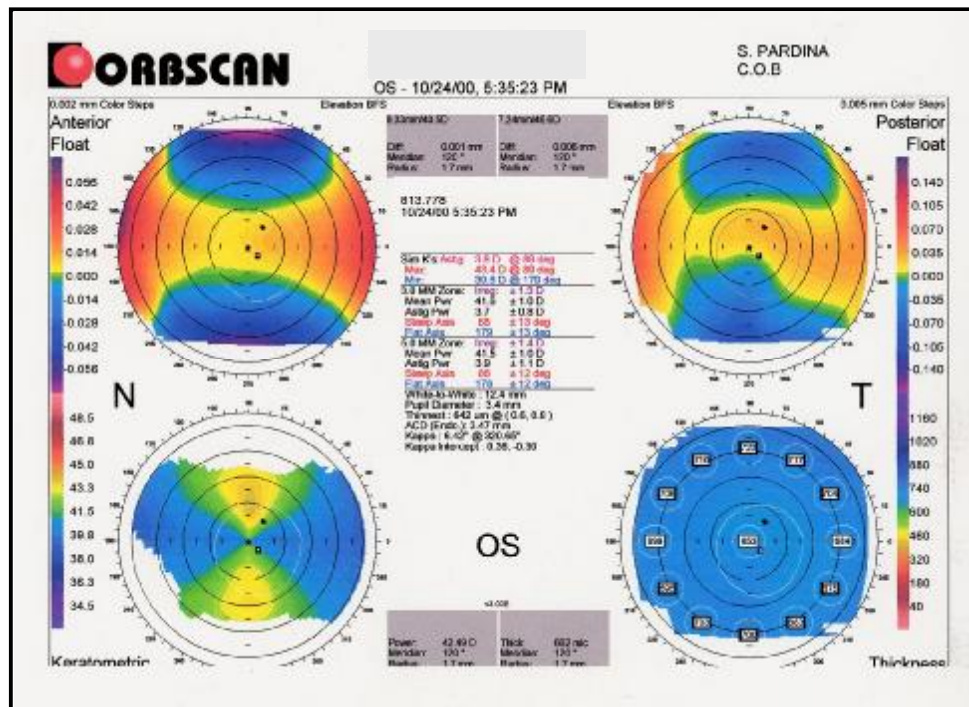


Ilustración II-22 Hoja de presentación de datos del topógrafo corneal Orbiscan.

En este formato se presentan, en sentido horario desde arriba a la izquierda, mapa de elevaciones relativas anteriores, mapa de elevaciones relativas posteriores, mapa paquimétrico, y mapa de curvaturas anteriores (queratométricas).

CAPITULO III. OBJETIVOS

La extracción de la catarata, por su frecuencia e impacto sobre la salud y calidad de vida, es sin lugar a dudas la intervención quirúrgica más importante de toda la práctica oftalmológica. De aquí que sea el procedimiento que más interés ha suscitado a través de la historia de la oftalmología. La evolución y refinamiento de las técnicas quirúrgicas y la demanda social han hecho que hoy en día no baste con eliminar la opacidad del cristalino. La cirugía actual de la catarata intenta proporcionar una buena agudeza visual sin necesidad de lentes correctoras. Esto, pasa por la eliminación del defecto refractivo preoperatorio, así como la no inducción de astigmatismo.

El astigmatismo inducido en la cirugía de la catarata está relacionado principalmente con la incisión corneal. Tanto el tamaño de la incisión como la aplicación de puntos de sutura, son factores determinantes en la generación del mismo¹⁵⁶. Por tanto, una técnica quirúrgica que minimice la incisión y en la cual no sea necesaria la aplicación de puntos de sutura, reducirá en gran medida la inducción de astigmatismo¹⁵⁷.

Debido a la normal disparidad de diámetro entre los meridianos principales de la cornea, un cierto grado de astigmatismo es prácticamente universal¹⁵⁸. Si aceptamos como fisiológico¹⁵⁹ un astigmatismo de hasta 0,5 dioptrías¹⁶⁰, podemos considerar clínicamente no significativo todo cambio astigmático no superior a éste, y “clínicamente neutra” a una incisión cuyo efecto inductor no lo supere.

Tras estas consideraciones, nos preguntamos si podemos afirmar que una incisión de entre 3 y 4 milímetros, como la practicada en la técnica objeto de este estudio (sonofacoaspiración con implante de lente intraocular flexible), es lo suficientemente pequeña para no provocar un astigmatismo clínicamente significativo o si, por el contrario, sería preciso reducir todavía más la incisión para alcanzar el resultado óptimo desde el punto de vista de la inducción astigmática.

Otro interrogante que se nos presenta es si, una vez superado el obstáculo de la inducción astigmática, la sonofacoaspiración es una técnica eficaz como procedimiento refractivo con el fin de obtener la emetropia. Para intentar aclarar dichas incógnitas, se han fijado los siguientes objetivos.

3.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Analizar los cambios topográficos y refractivos de la córnea en la cirugía de catarata con incisión pequeña.

Conocer y cuantificar la inducción astigmática de la técnica quirúrgica.

Conocer el comportamiento de los meridianos principales.

Determinar la influencia del tipo de astigmatismo corneal preoperatorio sobre el astigmatismo inducido.

Evaluar el grado de corrección del astigmatismo corneal preoperatorio.

Analizar el cambio refractivo total de la córnea.

3.2. OBJETIVO SECUNDARIO

Analizar la eficacia de la cirugía de catarata con incisión pequeña como técnica correctora de ametropías.

Evaluar los cambios en la refracción esférica.

Evaluar los cambios en la refracción cilíndrica.

Evaluar los resultados funcionales.

CAPITULO IV. MATERIAL Y MÉTODO

4.1. INSTRUMENTOS DE EXPLORACIÓN

Topografía corneal

Para el seguimiento de los cambios provocados en la córnea por la cirugía se utilizó un topógrafo corneal Eye Sys[®] Videokeratoscope16. Basado en el disco de Plácido, este equipo utiliza la primera imagen de Purkinje para calcular los radios de curvatura locales en múltiples puntos de la superficie corneal anterior. Se analizaron así los radios de curvatura de los meridianos principales de la superficie anterior de la córnea y, utilizando un índice queratométrico de 1,3375, se calculó la potencia total de la cornea y se determinó el astigmatismo corneal, las mediciones se realizaron en el preoperatorio, a la semana, a los dos meses y al año de la cirugía. La media de la potencia dióptrica de los meridianos principales de la córnea preoperatoria, mediante simulación de las medidas del queratómetro clásico a partir de los datos topográficos (índices SimK) se utilizó para el cálculo de la lente mediante la formula de Sanders-Retzlaff- Kraff SRK II²³⁶.

Biometría

Para la determinación de la longitud axial del globo ocular, se utilizó un biómetro ultrasónico Sonomed[®] 2500, con sonda de contacto corneal. Se tomaron 5 medidas ecográficas tipo A consecutivas en cada ojo estudiado y se calculó el valor promedio así como su desviación típica. La media de longitud axial obtenida se

introdujo en la formula SRK II, junto con los valores queratométricos (Sim K) del topógrafo, para el cálculo del poder de la lente intraocular.



Ilustración IV-1 Equipo de topografía corneal Eye Sys[®] Videokeratoscope 16

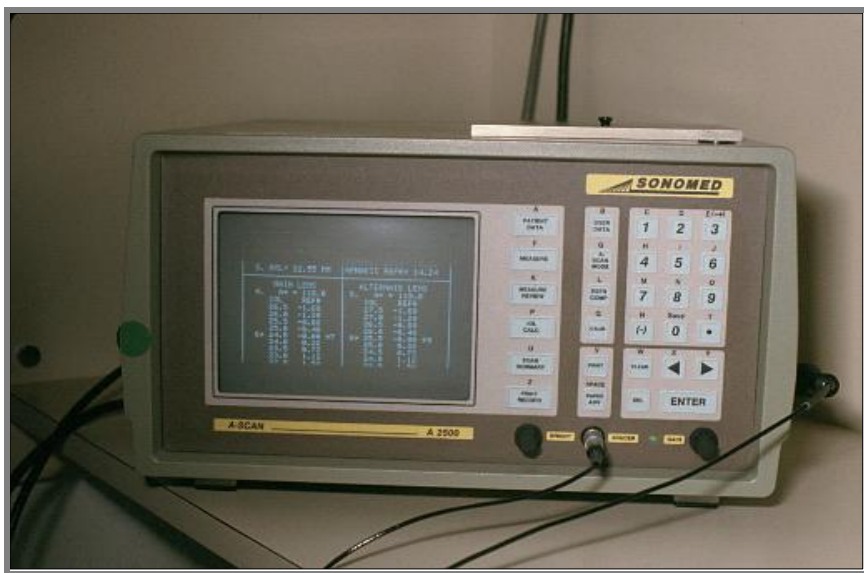


Ilustración IV-2 Ecógrafo ultrasónico Sonomed[®] 2500.

4.2. INSTRUMENTAL QUIRÚRGICO

Queratomos

Para la incisión principal se utilizaron los queratomos de cristal de zafiro sintético Huco[®] de 2,8 o 3 milímetros, dependiendo de la lente a implantar. Nótese que , en general, cuando se habla de “anchura de incisión”, se hace referencia al instrumento de corte. Esto supone una incisión o túnel plano. Al introducir instrumentos de sección circular como cánulas, el diámetro efectivo del túnel corneal será necesariamente menor. Si suponemos circular la sección del túnel resultante, su diámetro sería de $2 \times \text{anchura del cuchillete} / \pi$. Esto corresponde, a túneles de 1,78 o 1,91 milímetros de diámetro con los queratómetros citados.

Para las paracentesis accesorias se emplearon las lancetas de cristal de zafiro sintético Huco[®] de 1,35 milímetros que generan túneles de 0,86 milímetros de diámetro, a través de los cuales pueden introducirse instrumentos de hasta el calibre 20 G.

La ampliación de la incisión para la introducción de las lentes intraoculares se realizó con el Alcon[®] Slit Knife de 3,2 milímetros o el Alcon[®] Short Cut Implant Knife de 3,75 milímetros dependiendo del tamaño de la lente implantada y de la técnica, fuera mediante plegado con pinzas o mediante inyector.

Equipo de facoemulsificación

Para la fragmentación del núcleo y las maniobras de irrigación aspiración se utilizaron equipos de facoemulsificación Alcon[®] Legacy 2000 así como Storz[®] Millennium.

4.3. LENTES INTRAOCULARES

Se implantaron los siguientes modelos de lentes intraoculares:

AMO[®] SI40NB: Lente con óptica de elastómero de silicona SLM2-UV. Tiene un índice de refracción de 1,46 y una constante A de 117,4. Óptica biconvexa de 6 milímetros de diámetro, con hápticos de polimetil metacrilato en C modificada, de 13 milímetros. Puede introducirse plegada con pinzas por incisiones de 3,2 milímetros. Con posterioridad a las fechas de este estudio, un inyector especialmente diseñado hizo posible su introducción por incisiones de 2,8 milímetros.

ALCON[®] MA30BA Acrysof: Lente de óptica de copolímero de acrilato / metacrilato con benzotriazol. Tiene un índice de refracción de 1,55 y una constante A de 119. Óptica biconvexa de 5.5 milímetros de diámetro, hápticos de PMMA. “Monoflex” en C modificadas de 13 milímetros de diámetro total y angulación. Puede introducirse plegada con pinzas por una incisión de 3.5 milímetros.

STORZ[®] Hydroview H60M: Lente con óptica de hidrogel acrílico con contenido en agua del 25%. Su índice de refracción es de 1,475 y su constante A de 118. Óptica biconvexa de 6 milímetros de diámetro, con hápticos de PMMA en C modificada de 12,5 milímetros de diámetro total con angulación de 5,7°. Puede introducirse plegada por una incisión de 3,8 milímetros.

DOMILENS[®] Silens PH2: Lente monopieza en forma de “plato” de elastómero de silicona. Constante A de 118. Óptica biconvexa de 6 milímetros de diámetro.

Hápticos de 12,5 milímetros sin angulación y con orificios para favorecer la fijación capsular. Puede introducirse, mediante inyector, por una incisión de 3,2 milímetros.

CORNEAL[®] ACR6D: Lente acrílica hidrófila de una pieza. Constante A de 120. Óptica biconvexa de 6 milímetros de diámetro. Hápticos del mismo material que la óptica en forma de “C” doble y de 12 milímetros de diámetro total, con angulación de 10°. Puede introducirse plegada con pinzas por incisiones de 3,5 a 3,8 milímetros (según su potencia).

4.4. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

La muestra inicial fue de 340 casos intervenidos de forma consecutiva. De estos, 108 fueron descartados del estudio debido a que no cumplían los criterios de inclusión o presentaban criterios de exclusión, o bien por seguimiento insuficiente. A partir de ahora nos referiremos exclusivamente a la muestra válida de casos no descartados.

Se incluyeron en el estudio los datos de 232 intervenciones de catarata practicadas entre los meses de enero de 1997 y diciembre de 1998. Todas las intervenciones fueron realizadas con la misma técnica quirúrgica, sonofacoaspiración, y por el mismo cirujano Dr. Rafael I. Barraquer en el Centro de Oftalmología Barraquer de Barcelona.

La muestra válida de pacientes intervenidos fue de 144, de los cuales 88 se sometieron a cirugía bilateral. El análisis y los resultados se refieren al número total de intervenciones y no al número de pacientes.

4.4.1. Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

1. Pacientes mayores de 40 años de edad, afectos de catarata de cualquier etiología o tipo en uno o en ambos ojos, y que presentasen un déficit visual cuantitativo o cualitativo atribuible a la misma.

2. Astigmatismo corneal inferior a 3 dioptrías. A los casos con astigmatismo superior, se les practicó una ampliación de la incisión o bien incisiones adicionales para la corrección del mismo por lo que fueron excluidos del estudio.

4.4.2. Criterios de exclusión

1. Cualquier patología ocular que precisase tratamiento quirúrgico combinado con la extracción de la catarata en la misma intervención.

2. Cualquier procedimiento quirúrgico previo del segmento anterior que interesase la cornea.

3. Cualquier patología que por si misma fuera capaz de inducir o modificar el astigmatismo corneal, pterigium, cicatrices corneales, distrofias ectásicas, degeneraciones corneales, etc.

4. Cataratas muy avanzadas, que por a la dureza de su núcleo fuese muy difícil de fragmentar con ultrasonidos.

5. Presencia de complicaciones intraoperatorias, como la rotura capsular, que hiciesen modificar la técnica quirúrgica programada.

6. Seguimiento postoperatorio inferior a un año.

4.5. EXPLORACION PREOPERATORIA

Anamnesis

Se recogieron datos de:

Antecedentes médicos y quirúrgicos.

Antecedentes oftalmológicos.

Alergias conocidas.

Medicación actual.

Antecedentes familiares.

Examen funcional

Se determinó la mejor agudeza visual sin corrección (AVSC) en visión lejana medida en escala decimal utilizando optotipos numéricos. Se realizó una refracción subjetiva con montura de pruebas, previa queratometría y refractometría automática, determinándose así la mejor agudeza visual corregida en visión lejana (AVCC), para posteriormente superponer la adición correspondiente y determinar la mejor agudeza visual corregida en visión próxima.

Biomicroscopía

El examen biomicroscópico se practicó con lámparas de hendidura Haag Streeit o Zeiss, e incluyó la exploración completa del segmento anterior.

Tonometría

A todos los pacientes se les practicó una tonometría de aplanación con el tonómetro Goldmann de Haag-Streeit, para la determinación de la presión intraocular preoperatoria.

Los pacientes que, por presentar glaucoma, requerían una operación combinada de catarata con trabeculectomía, fueron excluidos del estudio.

Oftalmoscopia

Se practicó una oftalmoscopia indirecta para la detección y evaluación de posibles lesiones retinianas. También se practicó una angiografía fluoresceínica en aquellos pacientes que por su patología lo requerían, a criterio del especialista de vitreo-retina (retinopatía diabética, sospecha de membranas neovasculares subretinianas, etc.). Los pacientes a los que se detectaron lesiones retinianas periféricas de riesgo, susceptibles de foto coagulación láser, fueron tratados antes de la cirugía.

Microscopía especular

Para la determinación de las características de la población celular endotelial se realizó una microscopía especular. En los pacientes con patología endotelial o disminución de la población celular, se incrementaron las medidas de protección del endotelio con el fin de evitar una descompensación corneal postoperatoria. En lo posible se intentó disminuir la potencia o el tiempo de aplicación de los ultrasonidos, así como asegurar la protección de la superficie posterior de la córnea con un uso copioso de sustancias viscoelásticas.

Campimetría

Se practicó una exploración del campo visual con perímetro de Goldmann (perimetría dinámica) a todos los pacientes para descartar defectos glaucomatosos o provocados por patología retiniana o neurológica.

Queratometría y topografía corneal

La determinación de la curvatura de la superficie anterior de la córnea y de la potencia dióptrica corneal se llevó a cabo, antes del examen de la refracción del paciente con los queratómetros de Javal y de Helmholtz, y después del mismo con el topógrafo corneal EyeSys[®] Photokeratoscope 16 (Software Ver. 3.2). Para el cálculo de la lente intraocular se utilizaron las medidas queratométricas obtenidas con este último¹⁶¹.

Biometría

Para la medición de la longitud axial¹⁶² se utilizó un biómetro ultrasónico Sonomed[®] 2500. Para cada ojo, se realizaron cinco determinaciones de las que se obtuvo el valor promedio y la desviación típica¹⁶³.

Cálculo de lentes intraoculares

Para determinar la potencia dióptrica de la lente a implantar se aplicó la fórmula Sanders-Retzlaff-Kraff SRK II¹⁶⁴ a partir de los datos queratométricos obtenidos con el topógrafo EyeSys[®] y el eje antero-posterior, medido con el biómetro Sonomed[®] 2500 antes mencionados.

La SRK II es una fórmula de regresión¹⁶⁵ de segunda generación, que determina la potencia ideal de la lente intraocular (P) según la expresión $P = A - 2,5L - 0,9K$, donde L es la longitud axial en milímetros, K es la potencia corneal media en dioptrías y A es una constante, específica para cada tipo de lente, en función de su posición final respecto a la córnea.

4.6. TECNICA QUIRURGICA

Las intervenciones se practicaron, en general bajo anestesia loco-regional (peribulbar). En algún caso, por circunstancias concretas como la falta de colaboración del paciente, entre otras, se realizaron bajo anestesia general.

Incisión corneal valvular

Con el queratomo de cristal de zafiro sintético 2,8 o 3 milímetros. (Huco[®] Cristal Knife Keratome) se practica una preincisión perpendicular al plano corneal siguiendo el limbo y, una longitud correspondiente a la anchura del queratomo. Ésta permite la posterior tunelización desde un nivel estromal medio. La incisión se realiza sobre el eje más curvo, determinado por la topografía corneal y bajo control mediante un queratoscopio operatorio fijado al objetivo del microscopio quirúrgico. Se continúa con el avance horizontal intraestromal de 1 a 1,5 milímetros de longitud y la amplitud del queratomo hasta penetrar en la cámara anterior.

Paracentesis accesorias

Se practican dos paracentesis para la posterior introducción de las cánulas y otros instrumentos que se sitúan a ambos lados de la incisión principal y en una posición cómoda para la correcta manipulación de los instrumentos y permitir el acceso a los 360° del saco capsular. Por ello se sitúan enfrentadas (a 180°). Se realizan con un cuchillete de 1,35 mm. en forma directa y sin preincisión vertical.



Ilustración IV-3 Incisión corneal (preincisión).

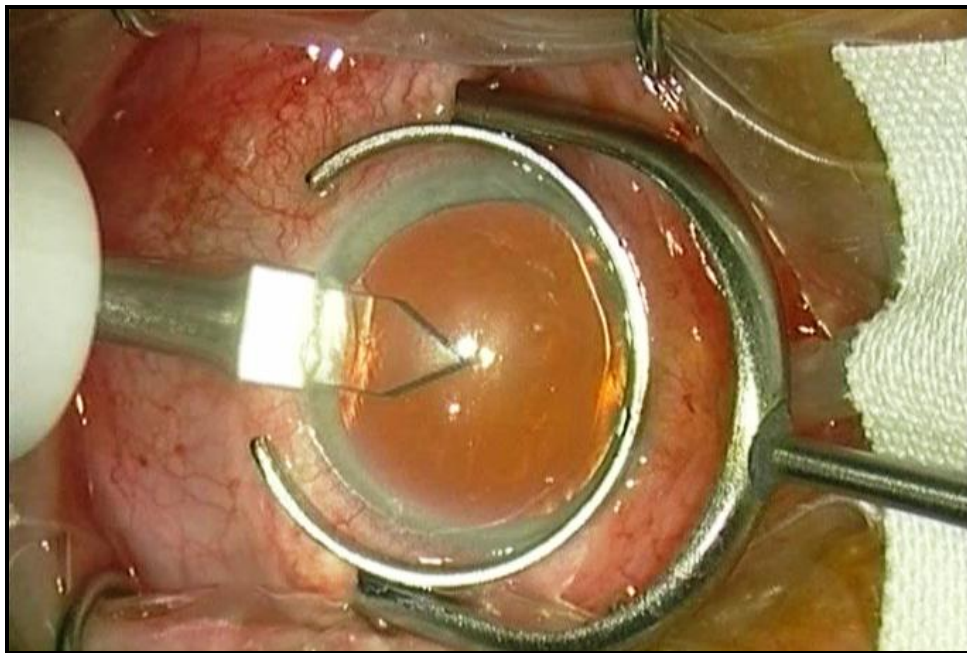


Ilustración IV-4 Incisión corneal (penetración en cámara anterior).

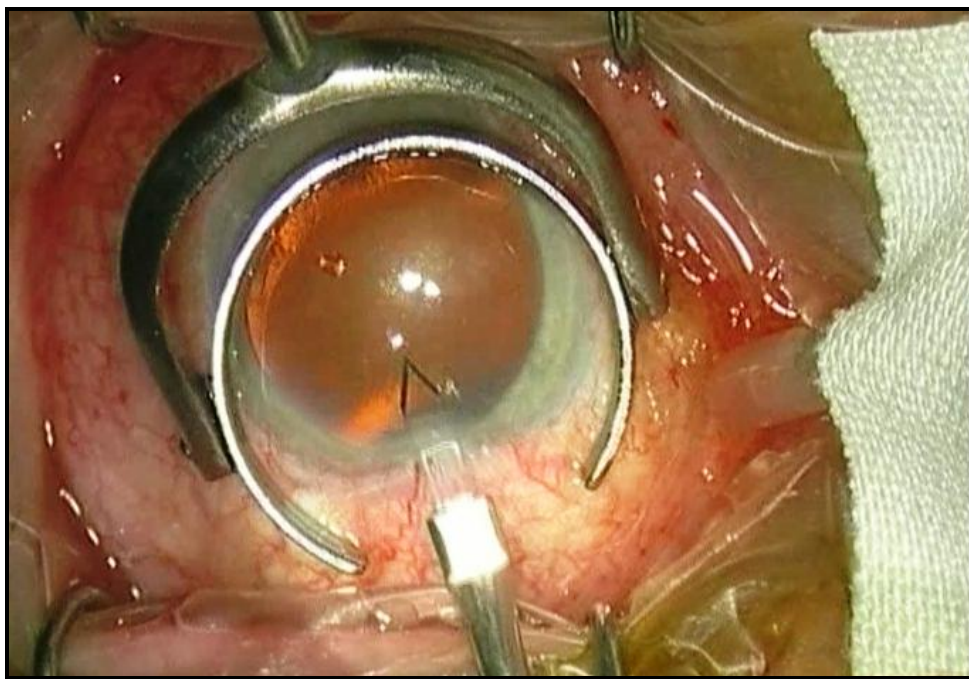


Ilustración IV-5 Paracentesis accesorias.

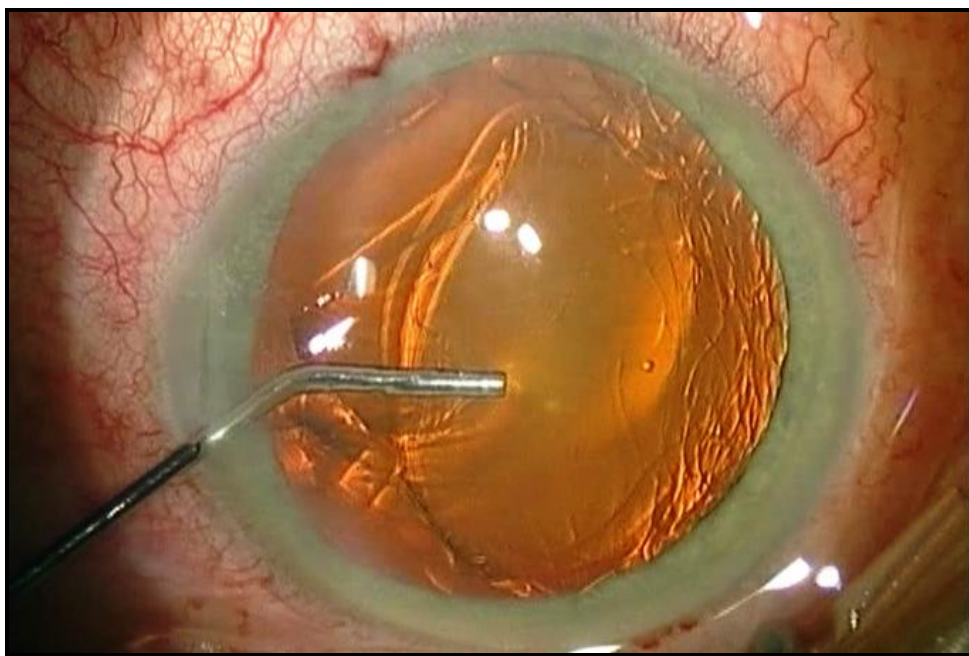


Ilustración IV-6 Inyección de viscoelástico.

Inyección de viscoelástico

Se rellena la cámara anterior con material viscoelástico para profundizarla, proteger el endotelio y facilitar la capsulorrexis. En general se ha empleado para esta fase un viscoelástico de tipo dispersivo (Viscoat[®], Alcon).

Capsulorrexis anterior

La apertura de la cápsula anterior se realiza mediante capsulorrexis circular continua (CCC)¹⁶⁶, con pinza de Utrata – Masket¹⁶⁷, normalmente en tres tiempos. La forma circular de la capsulorrexis, dificulta en gran medida los desgarros capsulares no deseados¹⁶⁸.

Hidrodissección e hidrodelineación

Se introduce una cánula entre la cápsula anterior y el córtex periféricamente a la CCC en dirección ecuatorial, y se inyecta solución salina equilibrada (BSS) para separar el córtex de la cápsula posterior. La hidrodissección se constata por la visualización de una “oleada” característica a través de la cara posterior del cristalino. La hidrodelineación se realiza inyectando BSS en la periferia del núcleo. Se puede ver la formación de un anillo brillante entre el núcleo y el epinúcleo. Hidrodissección e hidrodelineación facilitan las maniobras de rotación y fragmentación del núcleo, al tiempo que procuran una protección de la cápsula. Al finalizar estas maniobras, el núcleo debe rotar libremente dentro del saco capsular.

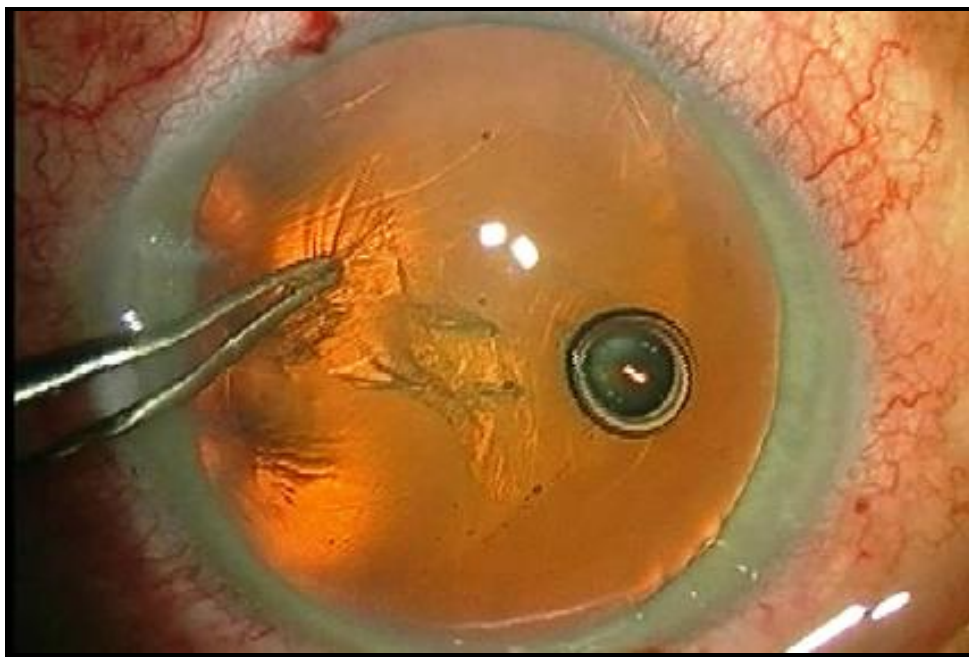


Ilustración IV-7 Capsulorrexis anterior circular continua.

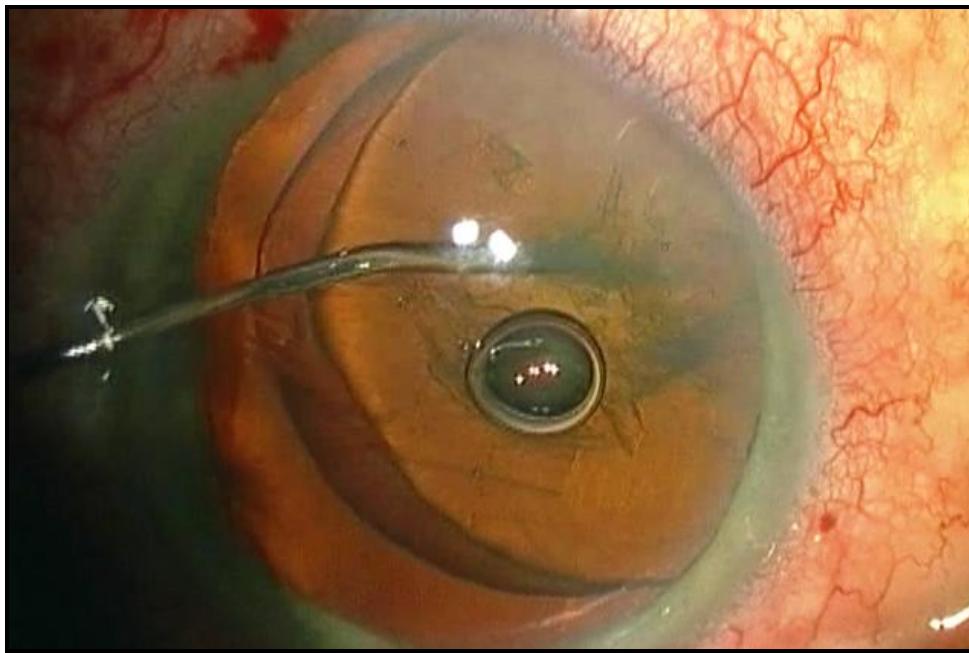


Ilustración IV-8 Hidrodissección e hidrodelineación.

Fragmentación del núcleo

Para la fragmentación del núcleo hasta descomponerlo en un material susceptible de ser aspirado a través de una cánula fina (luz de 0,9 mm. de diámetro) se emplea una sonda ultrasónica. Esta consta de un transductor de ultrasonidos con punta de titanio en forma de cánula, unido a un sistema de irrigación – aspiración. Las técnicas han variado a lo largo del período del estudio y en función del grado o dureza del núcleo. Sin embargo, se ha seguido en general un esquema como el que sigue. En primer lugar, se procede a la aspiración de restos del cortex anterior. A continuación, bajo la acción de la sonda vibrando ultrasónicamente, se labra en el núcleo un surco central profundo. Posteriormente este se divide en dos hemisferios, con ayuda de una espátula y de la punta de la sonda. Éstos se dividen a su vez en dos o tres más. Las porciones obtenidas pueden subdividirse más o aplicarse a la punta de la sonda para ser aspiradas bajo la acción de la vibración ultrasónica de la misma.

La fase final de la aspiración nuclear es especialmente delicada. Al haber aspirado gran parte del núcleo, la sonda puede más fácilmente causar un desgarró de la cápsula posterior¹⁶⁹. Esto constituye una complicación severa que obliga a modificar la técnica subsiguiente¹⁷⁰.

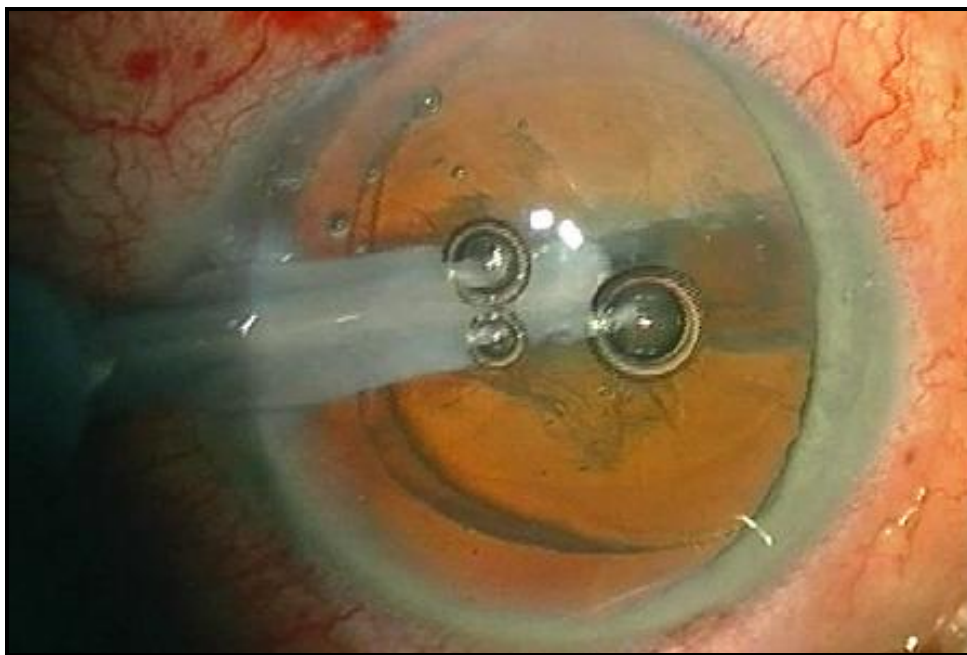


Ilustración IV-9 Sonofacoaspiración del núcleo (surco inicial).

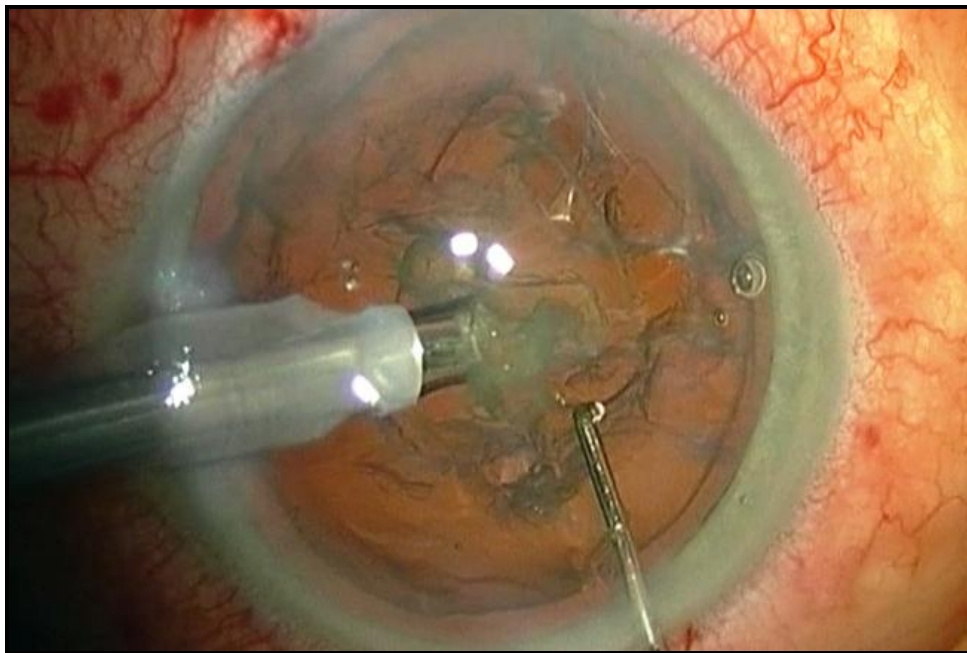


Ilustración IV-10 Sonofacoaspiración. Fragmentación del núcleo.

Aspiración del córtex

Después de haber eliminado todo el material nuclear se procede a la aspiración del córtex. En general se ha empleado una técnica bimanual con cánulas de irrigación y aspiración introducidas por sendas paracentesis accesorias. Esta maniobra no emplea energía. Sin embargo, no está exenta de riesgo de rotura capsular, ya que se realiza en proximidad o contacto directo con la cápsula.

Pulido de la cápsula (Aspiración de las células epiteliales del cristalino)

Siempre que, las condiciones de visibilidad lo permiten, se ha realizado en esta serie una limpieza cuidadosa de la cápsula orientada a la eliminación física de las células epiteliales del cristalino. Con ello es posible reducir la incidencia de opacificación capsular postoperatoria¹⁷¹. Consiste en la aplicación de la boquilla (de 0,30 – 0,50 mm.) de la cánula de aspiración en contacto con la cara posterior de la capsula anterior, aplicando un vacío suficiente para provocar un adherencia moderada (unos 100-150 mm. Hg) y realizando movimientos de barrido que arrancan las células epiteliales. La maniobra se extiende hasta el ecuador cristaliniano, aunque con visibilidad limitada.

El pulido de la cápsula posterior se realiza con vacíos menores (20 – 30 mm. Hg) y con el objeto de eliminar opacidades visibles ya que no existen normalmente a su nivel células epiteliales. En los casos en los que la visibilidad está limitada por falta de midriasis o se detecta debilidad zonular, las maniobras de pulido solo pueden realizarse de forma parcial.

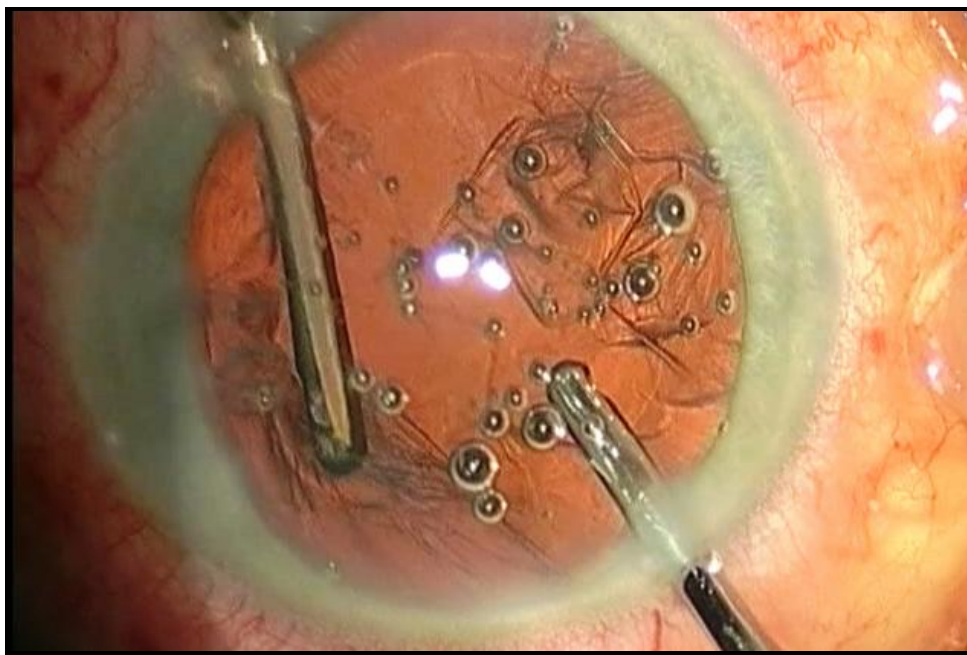


Ilustración IV-11 Irrigación y aspiración cortical bimanual.

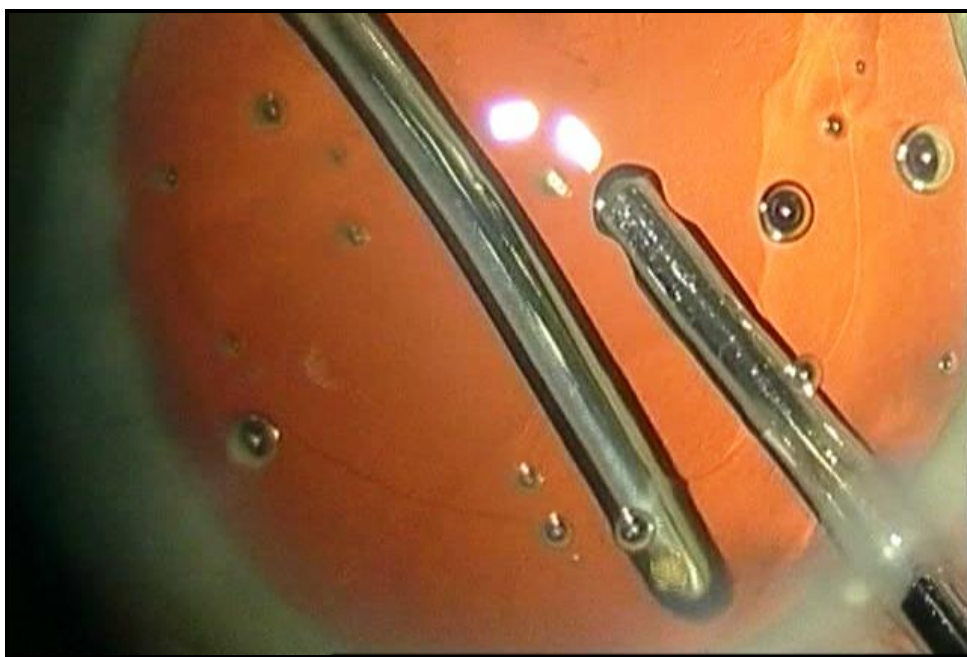


Ilustración IV-12 Pulido capsular (Aspiración de células epiteliales del cristalino)

Implante de la lente

Inyección de material viscoelástico para profundizar el saco capsular. En general se ha empleado para esta fase un viscoelástico cohesivo de densidad media (tipo Healon[®] Standard o Biolon[®] Tedec – Meiji). Se amplía la incisión con el queratomo de ampliación de 3,2 o 3,75 mm. (Alcon[®] Short cut implant Knife) dependiendo del tipo de lente y método de implante. Implantación endosacular en uno o dos tiempos (dependiendo del modelo de lente). En caso necesario, introducción del segundo háptico con maniobra de rotación mediante gancho en “Y”. Comprobación del centraje, estabilidad del implante y resistencia de la zónula.

Aspiración del viscoelástico

La retirada del viscoelástico se realiza con las cánulas independientes de irrigación y aspiración. En caso necesario, se practica inyección de acetilcolina al 1% para contraer la pupila.

Hidratación de las paracentesis

La hermeticidad del globo se obtiene en general, con esta técnica, sin necesidad de suturas. Se hidratan las paracentesis con solución salina equilibrada (BSS) y posteriormente se comprueba la hermeticidad de las mismas y de la incisión principal. En la mayoría de los casos no ha sido necesario hidratar la incisión principal. Ello se debe posiblemente a su mayor tamaño y por ello menor deformación al paso de los instrumentos, en comparación con las paracentesis

accesorias. En los casos en los que se dudaba de la hermeticidad de la incisión principal, se procedió asimismo a su hidratación hasta comprobar la hermeticidad de la cámara tanto con tono ocular elevado como normal.

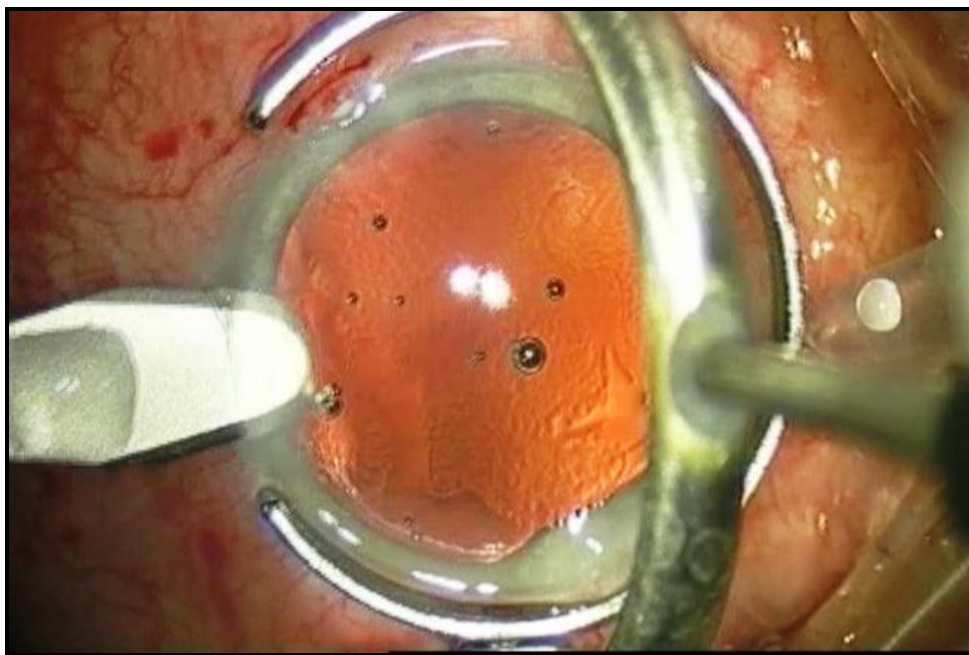


Ilustración IV-13 Ampliación de la incisión.

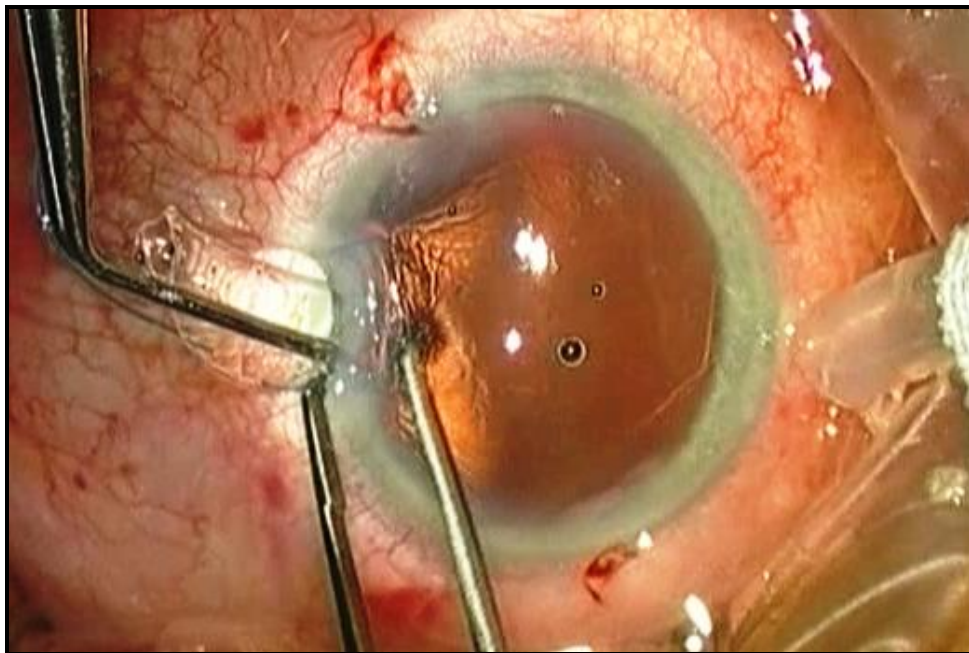


Ilustración IV-14 Introducción de la lente (en este caso plegada, con pinza de Buratto).

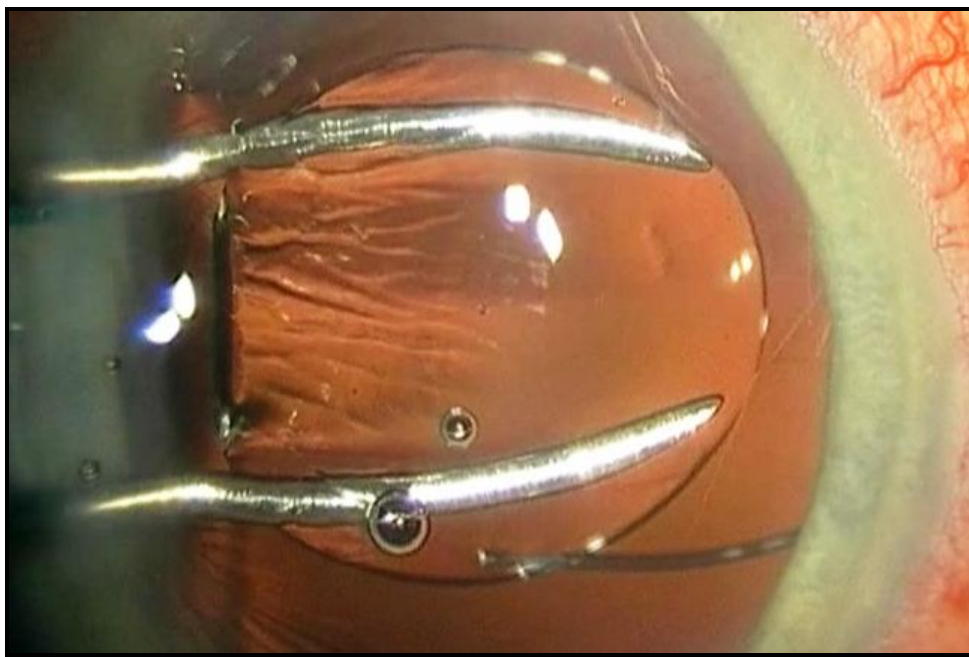


Ilustración IV-15 Desplegado de la lente.

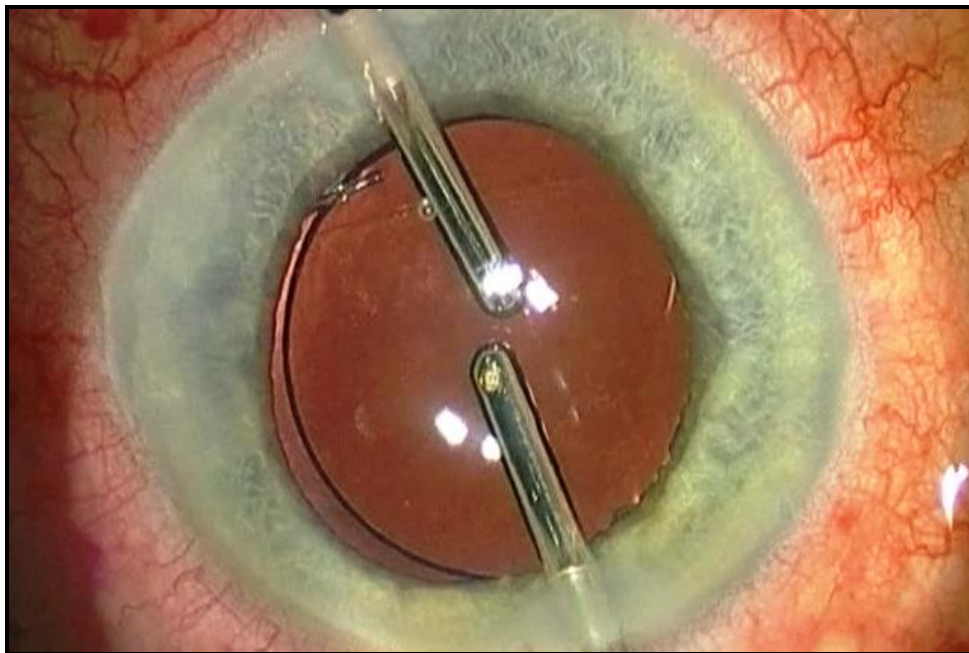


Ilustración IV-16 Aspiración de viscoelástico.

4.7. CONTROL POSTOPERATORIO

El mismo día y a las pocas horas de la intervención se practica la primera cura. Tras la retirada del vendaje se aplican gotas de anestésico tópico para facilitar la exploración y toma de la presión intraocular, así como un colirio de polimixina, neomicina y prednisona (Poly Pred[®]). El tratamiento tópico durante las dos primeras semanas fue de tres instilaciones diarias del mismo colirio antibiótico – antiinflamatorio. En caso de hipertensión ocular postoperatoria se prescribió maleato de timolol cada 12 horas.

Al día siguiente se practicó biomicroscopía, tonometría, queratometría y examen funcional (agudeza visual y refracción). A los 4 días se practicó biomicroscopía, tonometría y eventualmente queratometría y examen funcional. A las dos semanas, biomicroscopía, tonometría y eventualmente queratometría y examen funcional.

A los dos meses, biomicroscopía, tonometría, examen funcional y topografía corneal. El último control incluido en el estudio se realizó al año de la intervención. Incluía examen funcional, biomicroscopía, tonometría, oftalmoscopia y topografía corneal.

4.8. ANALISIS ESTADISTICO

Para el análisis estadístico se utilizó un ordenador personal con procesador Intel® Pentium IV, la hoja de cálculo Microsoft Excel® y los programas de estadística SPSS® v.10 y GraphPad InStat® 3.

4.8.1. Pruebas estadísticas

Para cada uno de los controles preoperatorio y postoperatorio, se describen los parámetros estadísticos de todas las variables estudiadas. Para comprobar si las variables tenían una distribución normal se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para la comparación de medias de las variables cuantitativas que seguían dicha distribución se empleo la prueba t de Student. Para las variables que no seguían una distribución normal se empleo la prueba no paramétrica t de Wilcoxon.

En las comparaciones agrupadas por variables independientes, como en el caso de los grupos por tipo de astigmatismo queratométrico preoperatorio, en las que el tamaño de los grupos era diferente y alguno de ellos no seguía una distribución normal, se realizaron las pruebas no paramétricas de Kruskal–Wallis y de Dunn.

4.8.2. Variables estudiadas

1.- Características demográficas y otras variables puramente descriptivas: Edad, sexo, lateralidad y longitud axial. Tipo y potencia de lentes empleadas.

2.- Características y evolución de los datos topográficos: Astigmatismo corneal preoperatorio, postoperatorio y astigmatismo quirúrgico inducido calculados por los métodos de sustracción simple y análisis vectorial. Así mismo se estudian los meridianos principales por separado y la potencia media corneal.

3.- Características y evolución de las variables refractivas: Refracción esférica, cilíndrica y equivalente esférico.

4.- Características y evolución de las variables funcionales: Agudeza visual con y sin corrección, índices de eficacia y de seguridad.

CAPITULO V. RESULTADOS

5.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

5.1.1. Descripción de la muestra

Una vez excluidos los casos no válidos, la muestra final para el estudio contenía un total de 232 intervenciones correspondientes a 144 pacientes, 88 de los cuales se sometieron a cirugía bilateral. Los resultados presentados, se refieren al número total de intervenciones y no al número de pacientes.

Se realizó un primer análisis global en el que se incluyeron la totalidad de ojos intervenidos, y un segundo análisis por grupos según el tipo de astigmatismo corneal preoperatorio (ver gráfico V-2). En el análisis por grupos, los casos se distribuyeron del siguiente modo:

Grupo 1: Ojos con astigmatismo corneal preoperatorio según la regla (cuyo meridiano más curvo estaba entre 60° y 120°). Constituido por 87 casos (38%).

Grupo 2: Ojos con astigmatismo corneal preoperatorio en contra de la regla (cuyo meridiano más curvo estaba entre 0° y 30°, y entre 150° y 180°). Constituido por 105 casos (45%).

Grupo 3: Ojos con astigmatismo corneal preoperatorio oblicuo (cuyo meridiano más curvo estaba entre 31° y 59°, y entre 121° y 149°). Constituido por 40 casos (17%).

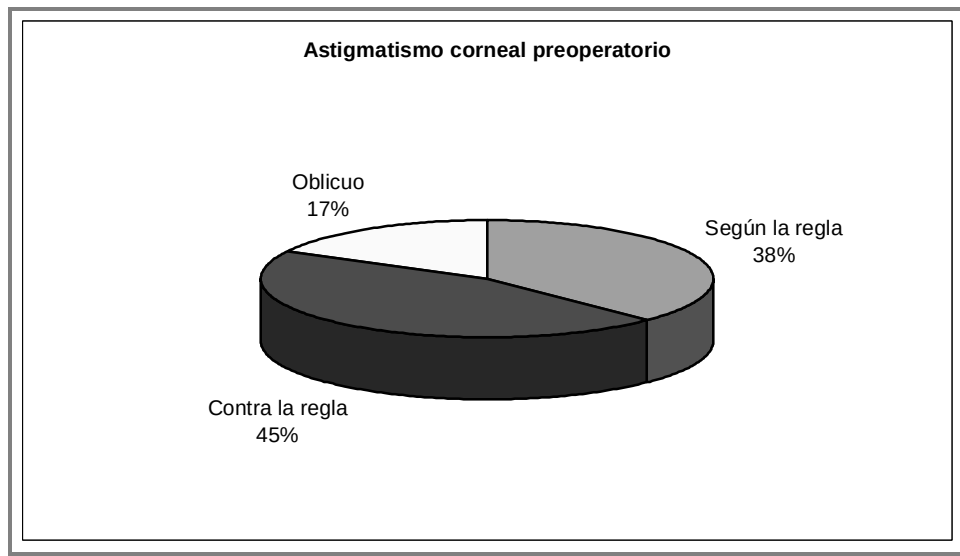


Gráfico V-1 Distribución por tipo de astigmatismo corneal preoperatorio.

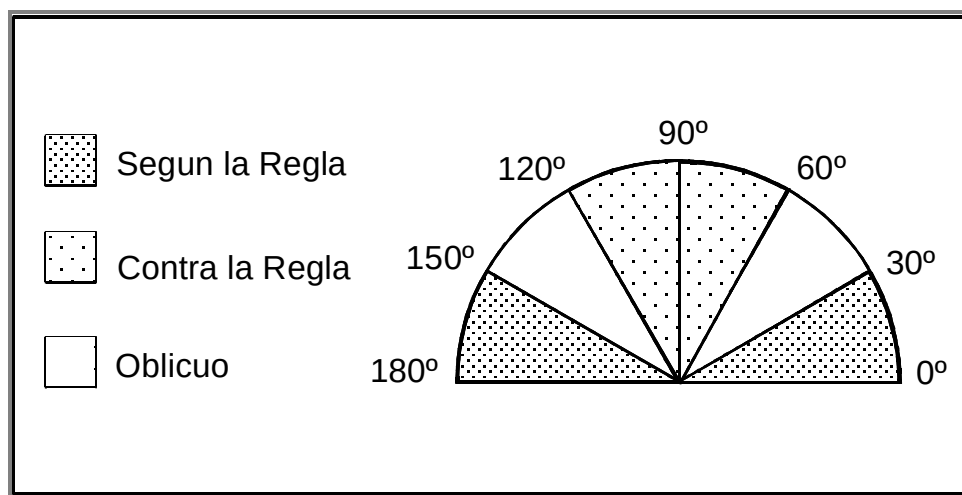


Gráfico V-2 Astigmatismo corneal según su orientación.

5.1.1.1. Distribución por edad

La media de edad de los pacientes intervenidos fue de 69,18 años, con una desviación estándar de 10,95 un mínimo de 41 y un máximo de 96 años.

Media	69,18
Error típico	0,72
Mediana	69
Moda	60,64
Desviación estándar	10,95
Varianza de la muestra	119,97
Rango	55
Mínimo	41
Máximo	96
n	232

Tabla V-1 Distribución por edad

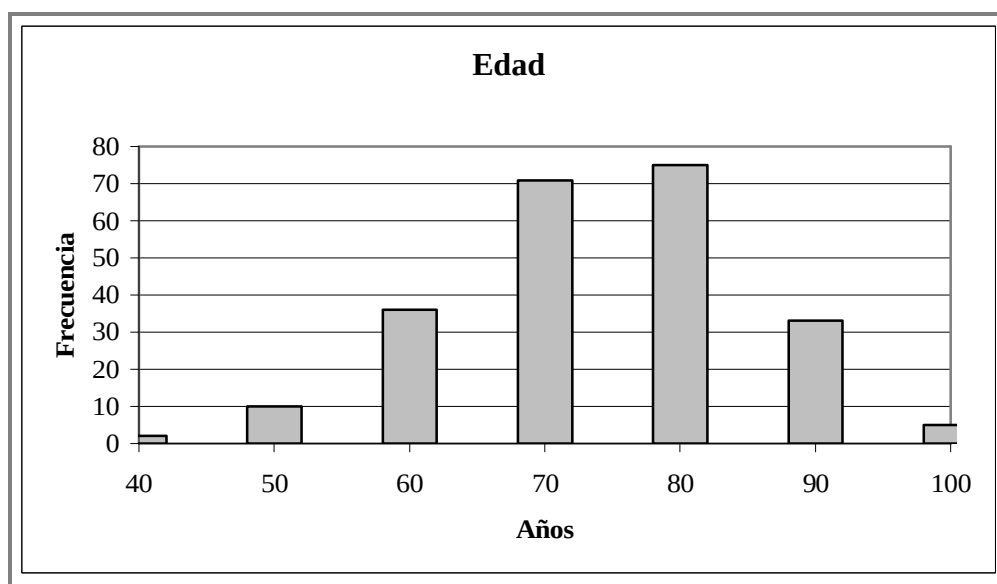


Gráfico V-3 Distribución por edad

5.1.1.2. Distribución por sexo

Del total de intervenciones incluidas en el estudio, 119 fueron practicadas en mujeres (51%) y 113 en hombres (49%).

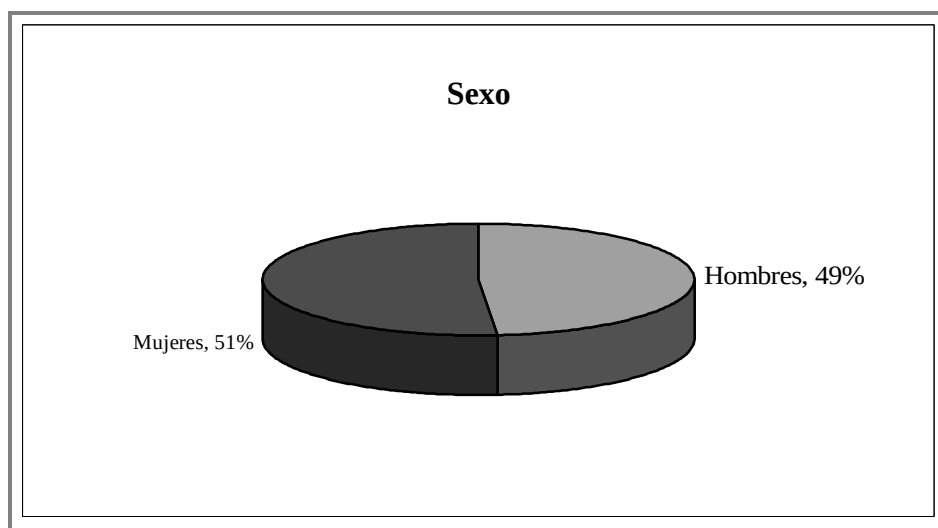


Gráfico V-4 Distribución por sexo.

5.1.1.3. Lateralidad

De las intervenciones estudiadas, 118 se fueron practicadas en el ojo derecho (51%) y 114 se practicaron en el izquierdo (49%).

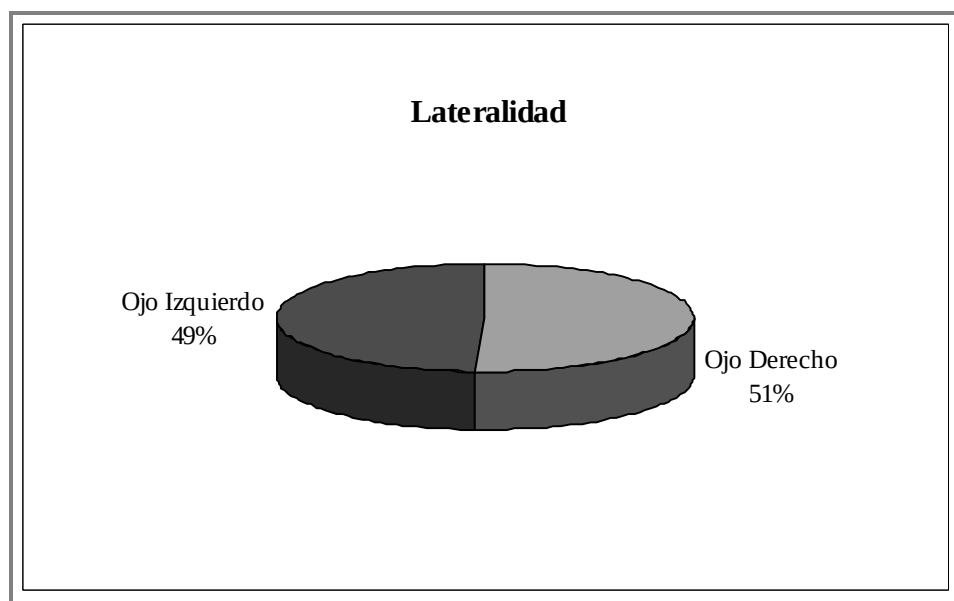


Gráfico V-5 Distribución ojo derecho / Izquierdo.

5.1.1.4. Longitud axial

La media de longitud axial biométrica era de 24,15 mm. con un desviación estándar de 2,18. El rango iba de 20,11 a 30,45 mm.

Longitud axial	
Media	24,15
Error típico	0,14
Mediana	23,39
Moda	23,18
Desviación estándar	2,18
Varianza de la muestra	4,75
Curtosis	0,13
Coefficiente de asimetría	0,95
Rango	10,34
Mínimo	20,11
Máximo	30,45
n	232

Tabla V-2 Longitud axial

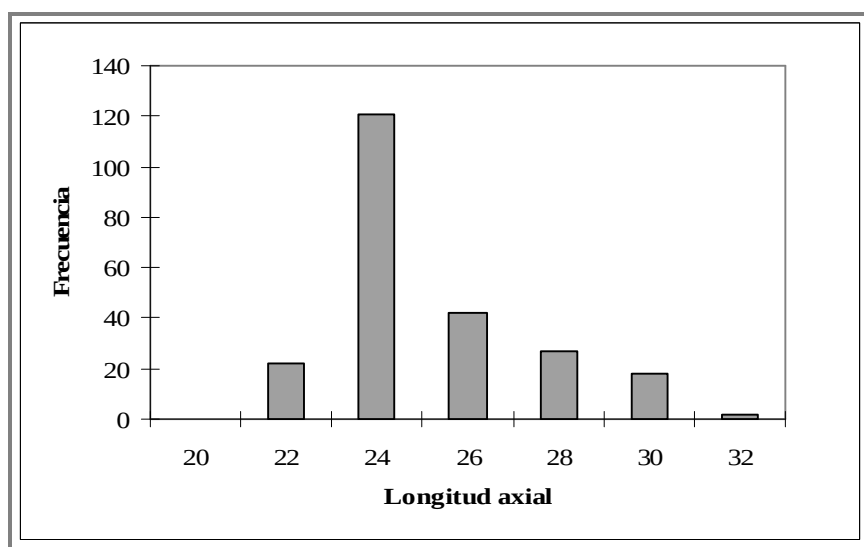


Gráfico V-6 Longitud axial.

5.1.1.5. Lentes intraoculares

Modelo de lentes

Se implantaron los siguientes tipos de lentes intraoculares:

Lente	n	%
AMO SI40NB	106	45,69%
SILENS PH2	52	22,41%
ALCON MA30BA	42	18,10%
STORZ HM60	20	8,62%
CORNEAL ACR6D	12	5,17%

Tabla V-3 Lentes intraoculares.

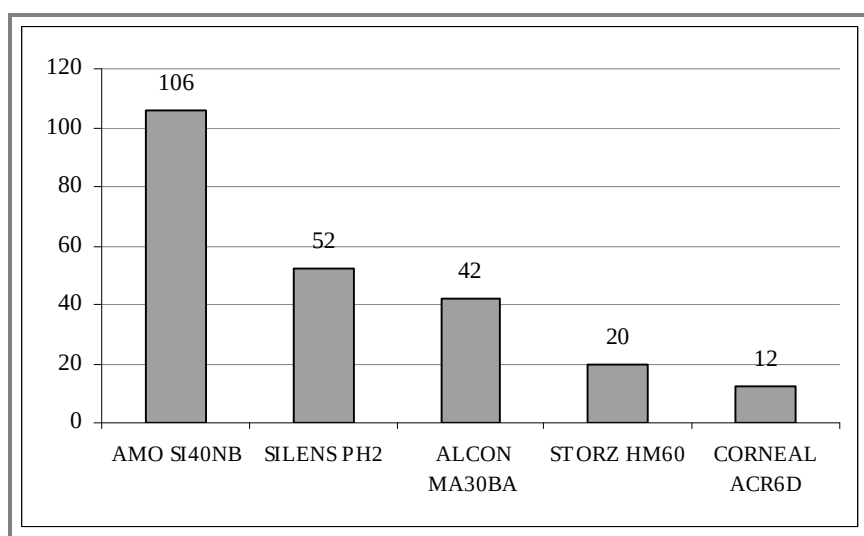


Gráfico V-7 Número de lentes implantadas según modelo.

Potencia de las lentes

La potencia dióptrica media de las lentes implantadas fue de 19,35 D, con una desviación estándar de 5,80 una potencia mínima de 2,00 y una máxima de 30 D.

Potencia Lentes	
Media	19,35
Error típico	0,38
Mediana	21,25
Moda	21,00
Desviación estándar	5,80
Varianza de la muestra	33,62
Curtosis	0,29
Coefficiente de asimetría	-1,09
Rango	28,00
Mínimo	2,00
Máximo	30,00
Cuenta	232

Tabla V-4 Potencia de las lentes implantadas.

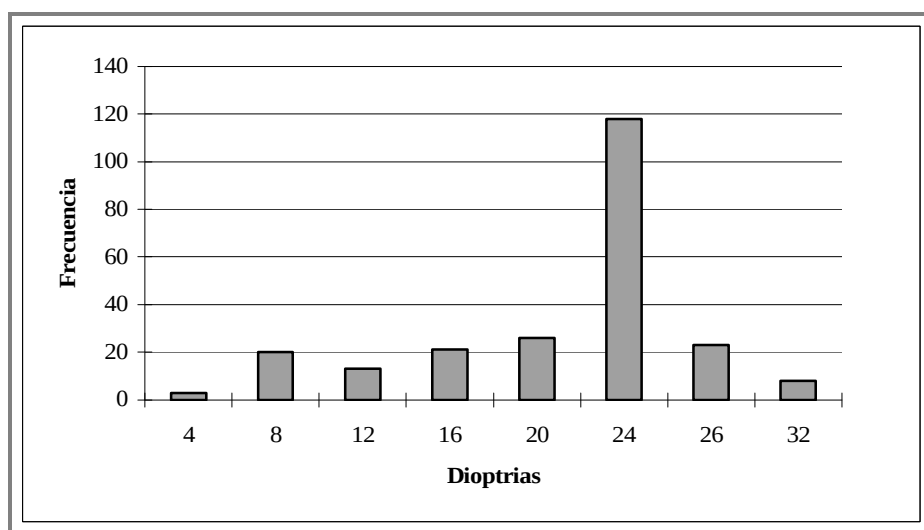


Gráfico V-8 Distribución de la potencia de la lentes intraoculares

5.1.2. Características refractivas

5.1.2.1. Refracción cilíndrica

Como astigmatismo refractivo, nos referimos al astigmatismo ocular total. Debemos distinguirlo del astigmatismo corneal o queratométrico. El astigmatismo refractivo medio de la muestra en estudio fue de 1,26 D, con un rango de 0 a 4 D, y una desviación estándar de 0,81.

Media	1,26
Error típico	0,05
Mediana	1,00
Moda	0,50
Desviación estándar	0,81
Varianza	0,66
Curtosis	0,53
Rango	4,00
Mínimo	0,00
Máximo	4,00
n	232

Tabla V-5 Cilindro preoperatorio.

El numero de casos según el tipo de astigmatismo refractivo fue el siguiente:

Según la regla	Contra la regla	Oblicuo
70 (30%)	117 (51%)	45 (19%)

Tabla V-6 Distribución del astigmatismo refractivo (total).

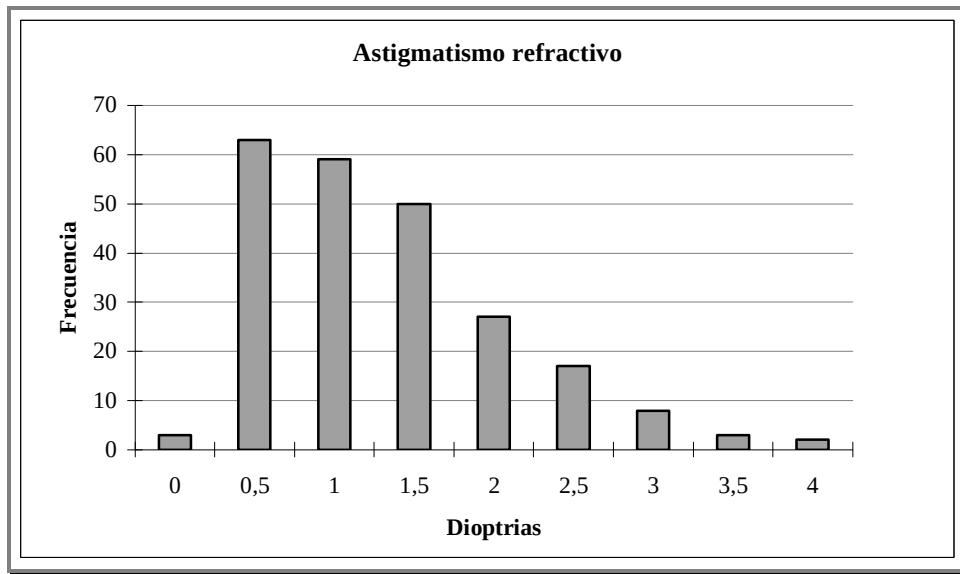


Gráfico V-9 Astigmatismo refractivo (total).

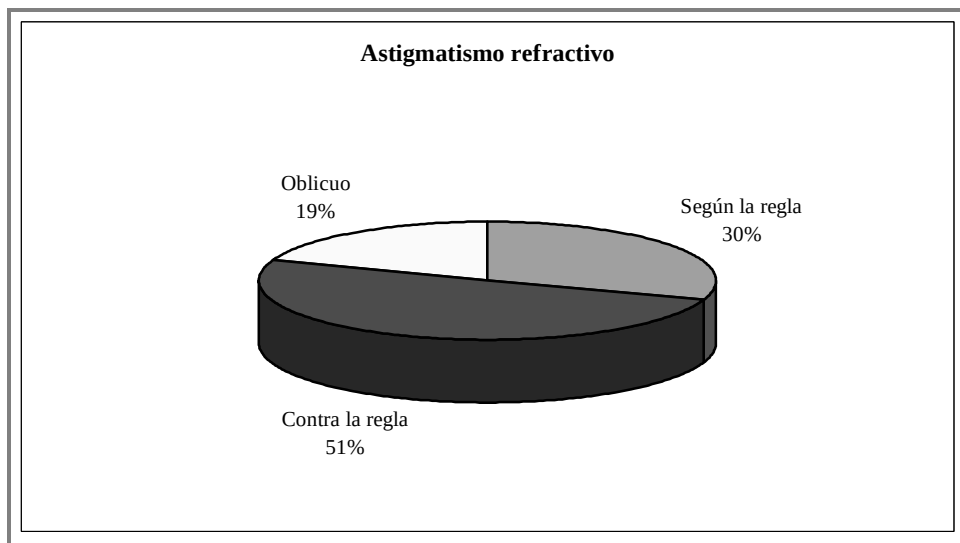


Gráfico V-10 Astigmatismo refractivo (total) según tipo.

5.1.2.2. Refracción esférica

El promedio de la ametropía esférica de la muestra, en valor absoluto, fue de 4,39 dioptrías, con un rango de 0 a 23 D. y una desviación estándar de 4,47 D.

Media	4,39
Error típico	0,29
Mediana	2,63
Moda	1,00
Desviación estándar	4,47
Varianza	19,96
Rango	2,21
Mínimo	23
Máximo	0
n	232

Tabla V-7 Refracción esférica.

La distribución según el tipo de ametropía esférica es la siguiente:

	n	Dioptrías (media)	%
Hipermetropía	70	+2,11	30,17%
Miopía	140	-6,26	60,34%
Emetropía (0 D)	22	0	9,48%

Tabla V-8 Distribución según el tipo de ametropía esférica

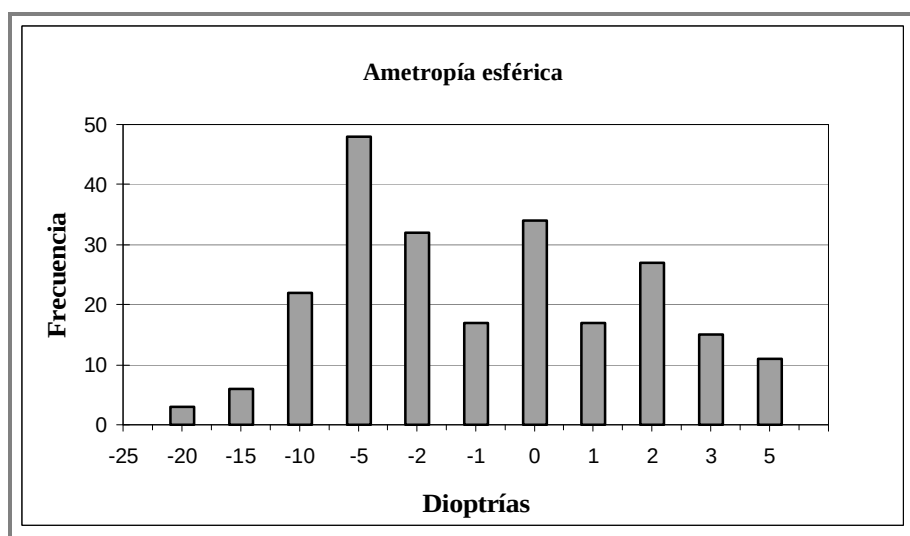


Gráfico V-11 Refracción esférica.

Analizando el gráfico anterior, llama la atención la frecuencia existente entre -2 y -5 D, probablemente motivado por el efecto miopizante de muchas cataratas.

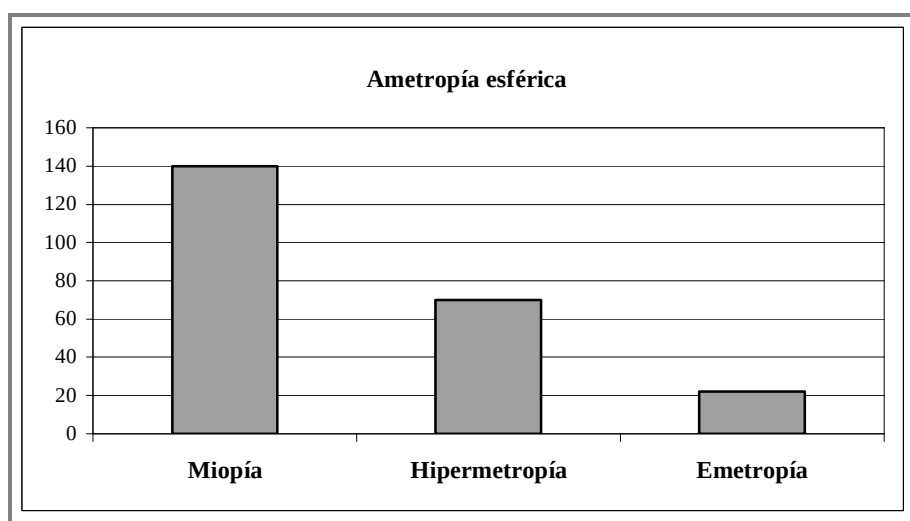


Gráfico V-12 Tipo de ametropía esférica.

5.1.3. Características topográficas

5.1.3.1. Grado de astigmatismo corneal

El astigmatismo corneal, tomado como valor promedio de varias determinaciones en los tres milímetros centrales de la cornea, tenía una media de 0,77 D, con una desviación estándar de 0,55, máximo de 2,99 y mínimo de 0,05.

Media	0,77
Error típico	0,04
Mediana	0,62
Moda	0,48
Desviación estándar	0,55
Varianza	0,31
Rango	2,94
Mínimo	0,05
Máximo	2,99
n	232

Tabla V-9 Astigmatismo corneal (topográfico).

5.2. EVOLUCIÓN DEL ASTIGMATISMO CORNEAL

5.2.1. Astigmatismo inducido

5.2.1.1. Sustracción simple

Muestra global

Para el seguimiento del astigmatismo corneal, se realizaron queratometrías en el preoperatorio, en la primera semana, a los dos meses y al año de la intervención.

En la sustracción simple se valora la variación de la potencia astigmática respecto al preoperatorio en términos absolutos sin tener en cuenta el cambio en la orientación del eje. En la muestra global, que incluía todos los casos válidos (232), el valor medio del astigmatismo corneal preoperatorio fue de 0,77 D, la desviación estándar de 0,55 y el rango de 0,05 a 2,99 D.

En el primer control (primera semana), por motivos logísticos sólo se realizó la queratometría convencional con queratómetro de Javal. El astigmatismo corneal medio fue de 0,75 D, la desviación estándar de 0,56 y el rango de 0,00 a 3,00 D. La diferencia simple respecto al preoperatorio tiene una media de 0,02 D, la cual no es significativa ($p = 0,646$). Hay que tener en cuenta que el error sistemático en esta determinación es superior al de las siguientes, debido a la menor resolución que tiene el queratómetro respecto al topógrafo.

A los dos meses de la intervención, la media del astigmatismo corneal topográfico era de 0,68 D, la desviación estándar de 0,52 y el rango de 0,05 a 2,66 D. La diferencia simple respecto al preoperatorio tiene una media de 0,09 D y es significativa ($p = 0,000$). La diferencia respecto al primer control no es significativa ($p = 0,072$).

En el último control al año de la intervención, la media de astigmatismo corneal fue de 0,67 D, la desviación estándar de 0,51 y el rango de 0,05 a 2,66D. La diferencia simple respecto al preoperatorio tiene una media de 0,08 D, y es significativa ($p = 0,011$). La diferencia respecto al control anterior no es significativa ($p = 0,728$).

	Preoperatorio	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,77	0,75	0,68	0,67
Error típico	0,04	0,04	0,03	0,04
Mediana	0,62	0,50	0,53	0,53
Moda	0,48	0,50	0,36	0,11
Desviación estándar	0,55	0,56	0,52	0,51
Varianza de la muestra	0,31	0,31	0,27	0,26
Curtosis	1,48	2,27	1,95	2,23
Coficiente de asimetría	1,26	1,37	1,43	1,45
Rango	2,94	3,00	2,61	2,61
Mínimo	0,05	0,00	0,05	0,05
Máximo	2,99	3,00	2,66	2,66
n	232	232	232	193

Tabla V-10 Evolución del astigmatismo corneal.

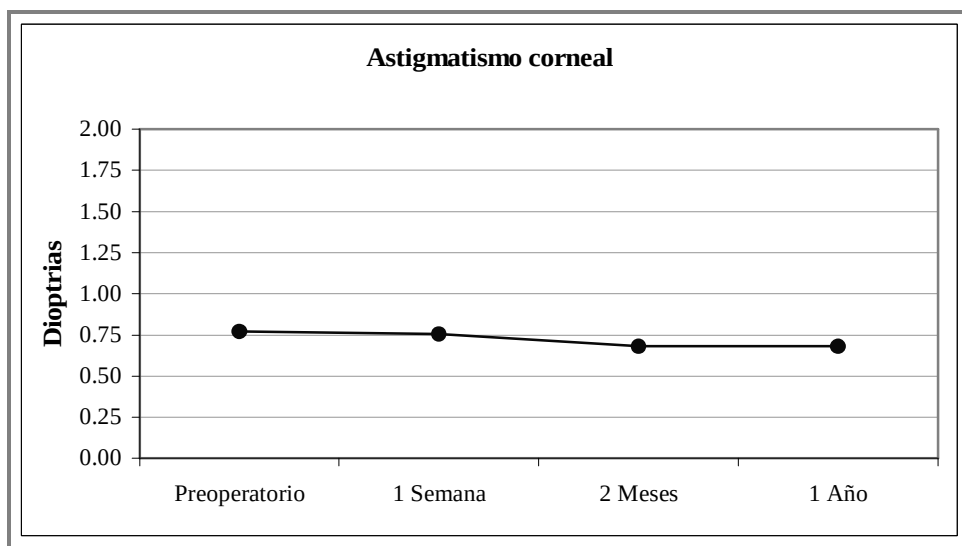


Gráfico V-13 Evolución del astigmatismo corneal.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	Preoperatorio	1 semana	Dif.
Media	0,77	0,75	-0,02
Varianza	0,31	0,31	
Observaciones	232	232	
Coeficiente de correlación de Pearson	0,409		
Diferencia hipotética de las medias	0		
Grados de libertad	231		
Estadístico t	0,460		
p(T<=t) una cola	0,323		
Valor crítico de t (una cola)	1,651		
p(T<=t) dos colas	0,646		
Valor crítico de t (dos colas)	1,970		
	Preoperatorio	2 meses	Dif.
Media	0,77	0,68	-0,09
Varianza	0,31	0,27	
Observaciones	232	232	
Coeficiente de correlación de Pearson	0,812		
Diferencia hipotética de las medias	0		
Grados de libertad	231		
Estadístico t	4,276		
p(T<=t) una cola	0,000		
Valor crítico de t (una cola)	1,651		
p(T<=t) dos colas	0,000		
Valor crítico de t (dos colas)	1,970		
	Preoperatorio	1 año	Dif.
Media	0,77	0,69	-0,08
Varianza	0,31	0,32	
Observaciones	193	193	
Coeficiente de correlación de Pearson	0,698		
Diferencia hipotética de las medias	0		
Grados de libertad	192		
Estadístico t	2,573		
p(T<=t) una cola	0,005		
Valor crítico de t (una cola)	1,653		
p(T<=t) dos colas	0,011		
Valor crítico de t (dos colas)	1,972		

Tabla V-11 Astigmatismo corneal (subs. simple). Diferencia respecto al preoperatorio.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	1 semana	2 meses
Media	0,75	0,69
Varianza	0,31	0,31
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,500	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	1,805	
p(T<=t) una cola	0,036	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,072	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	2 meses	1 año
Media	0,68	0,69
Varianza	0,32	0,32
Observaciones	193	193
Coeficiente de correlación de Pearson	0,851	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	-0,349	
p(T<=t) una cola	0,364	
Valor crítico de t (una cola)	1,653	
p(T<=t) dos colas	0,728	
Valor crítico de t (dos colas)	1,972	

Tabla V-12 Astigmatismo corneal (substracción simple). Diferencia entre controles.

Muestra estratificada

La evolución del astigmatismo corneal escalar, aplicando la substracción simple a los distintos grupos distribuidos según el tipo de astigmatismo (orientación del eje topográfico preoperatorio) fue la siguiente:

En el preoperatorio, la media del astigmatismo corneal fue, para el grupo con astigmatismo según la regla, de 0,85 D, la desviación estándar de 0,62 y el rango de 0,05 a 2,99 D. Para el grupo de astigmatismo preoperatorio en contra de la regla, la media fue de 0,82 D, la desviación estándar de 0,54 y el rango de 0,06 a 2,42 D. En el grupo de astigmatismo preoperatorio oblicuo la media fue de 0,48 D, la desviación estándar de 0,31 y el rango iba de 0,06 a 1,33 D. Las diferencias entre los tres grupos (Test de Kruskal–Wallis) fueron significativas ($p < 0,05$). Entre el grupo de astigmatismo *según* la regla y *contra* la regla no fueron significativas ($p = 0,696$) mientras que las diferencias entre el grupo de astigmatismo *oblicuo* respecto al grupo *según* la regla y *contra* la regla, si lo fueron ($p = 0,000$) en ambos casos.

En el primer control, a la semana de la operación, la media de astigmatismo corneal fue, para el grupo de astigmatismo *según* la regla de 0,80 D, con una desviación estándar de 0,5. La diferencia respecto al preoperatorio era de -0,05 D, la cual no fue significativa ($p = 0,527$). Para el grupo de astigmatismo *contra* la regla la media fue de 0,75 D, con una desviación estándar de 0,60. La diferencia respecto al preoperatorio fue de -0,08 D, la cual no fue significativa ($p = 0,202$). Para el grupo de astigmatismo preoperatorio *oblicuo* la media fue de 0,50 D, con una desviación

estándar de 0,25. La diferencia respecto al preoperatorio fue de 0,01 D y no fue significativa ($p = 0,847$). De nuevo, recordamos que en este control, la medida se realizó con un queratómetro no automático, por lo que los valores no son tan precisos como en los controles siguientes. Las diferencias entre los tres grupos (Test de Kruskal–Wallis) fueron significativas ($p = 0,016$). Entre los grupos *según* la regla y *contra* de la regla la diferencia no fue significativa ($p > 0,05$), así como tampoco entre el grupo *contra* la regla y el *oblicuo* ($p > 0,05$), pero si lo fue la diferencia entre el grupo *según* la regla y *oblicuo* ($p < 0,05$).

En el segundo control, a los dos meses de la operación, la media de astigmatismo corneal fue, para el grupo de astigmatismo *según* la regla de 0,77 D, con una desviación estándar de 0,56. La diferencia de la media respecto al preoperatorio fue de -0,07 D, no siendo significativa ($p = 0,06$). Para el grupo de astigmatismo *contra* la regla fue de 0,69 D, con una desviación estándar de 0,52. La diferencia respecto al preoperatorio fue de -0,13 D y fue significativa ($p = 0,00$). Para el grupo de astigmatismo preoperatorio oblicuo la media fue de 0,46 D, con una desviación estándar de 0,28. La diferencia respecto al preoperatorio era de -0,02 D, la cual no fue significativa ($p = 0,496$). Las diferencias entre los tres grupos (Test de Kruskal–Wallis) fueron significativas ($p = 0,01$). Entre los grupos *según* la regla y *contra* la regla la diferencia no fue significativa ($p > 0,05$), ni tampoco entre el grupo *contra* la regla y el *oblicuo* ($p > 0,05$), pero si lo fue entre el grupo *según* la regla y el *oblicuo* ($p < 0,05$).

En el tercer control, al año de la operación, la media de astigmatismo corneal fue, para el grupo de astigmatismo preoperatorio según la regla de 0,75 D, con una desviación estándar de 0,57. La diferencia respecto al preoperatorio fue de -0,10 D y significativa ($p = 0,039$). Para el grupo de astigmatismo preoperatorio en *contra* la regla, la media era de 0,69 D, con una desviación estándar de 0,50. La diferencia respecto al preoperatorio fue de -0,13 D y significativa ($p = 0,002$). Para el grupo de astigmatismo preoperatorio *oblicuo*, la media fue de 0,45 D, con una desviación estándar de 0,29. La diferencia respecto al preoperatorio fue de -0,003 D, no siendo significativa ($p = 0,433$). Las diferencias entre los tres grupos (Test de Kruskal-Wallis) fueron significativas ($p = 0,02$). Entre los grupos *según* la regla y *contra* la regla la diferencia no fue significativa ($p > 0,05$), ni tampoco entre el grupo *contra* la regla y el *oblicuo* ($p > 0,05$), pero sí lo fue entre el grupo *según* la regla y el *oblicuo* ($p < 0,05$).

Sust. simple (Según la regla)	Preoperatorio	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,85	0,80	0,77	0,75
Error típico	0,07	0,06	0,06	0,07
Mediana	0,66	0,75	0,60	0,57
Moda	0,60	0,50	0,42	0,11
Desviación estándar	0,62	0,55	0,56	0,57
Varianza de la muestra	0,39	0,30	0,32	0,33
Curtosis	1,25	2,41	1,42	1,84
Coefficiente de asimetría	1,24	1,30	1,29	1,44
Rango	2,94	3,00	2,56	2,56
Mínimo	0,05	0,00	0,10	0,10
Máximo	2,99	3,00	2,66	2,66
n	87	87	87	73
Sust. Simple (Contra la regla)	Preoperatorio	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,82	0,75	0,69	0,69
Error típico	0,05	0,06	0,05	0,05
Mediana	0,68	0,50	0,59	0,63
Moda	0,48	0,50	0,31	0,63
Desviación estándar	0,54	0,60	0,52	0,50
Varianza de la muestra	0,29	0,36	0,27	0,25
Curtosis	0,50	2,17	1,37	1,34
Coefficiente de asimetría	0,95	1,43	1,29	1,15
Rango	2,36	3,00	2,31	2,31
Mínimo	0,06	0,00	0,05	0,05
Máximo	2,42	3,00	2,36	2,36
n	105	105	105	87
Sust. simple (Oblicuo)	Preoperatorio	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,48	0,50	0,46	0,46
Error típico	0,05	0,04	0,04	0,05
Mediana	0,43	0,50	0,36	0,36
Moda	0,34	0,50	0,36	0,36
Desviación estándar	0,31	0,25	0,28	0,29
Varianza de la muestra	0,10	0,06	0,08	0,08
Curtosis	1,02	-0,21	0,53	0,94
Coefficiente de asimetría	0,98	0,45	1,06	1,21
Rango	1,27	1,00	1,14	1,14
Mínimo	0,06	0,00	0,09	0,09
Máximo	1,33	1,00	1,23	1,23
n	40	40	40	31

Tabla V-13 Evolución del astigmatismo corneal. Según tipo de astigmatismo.

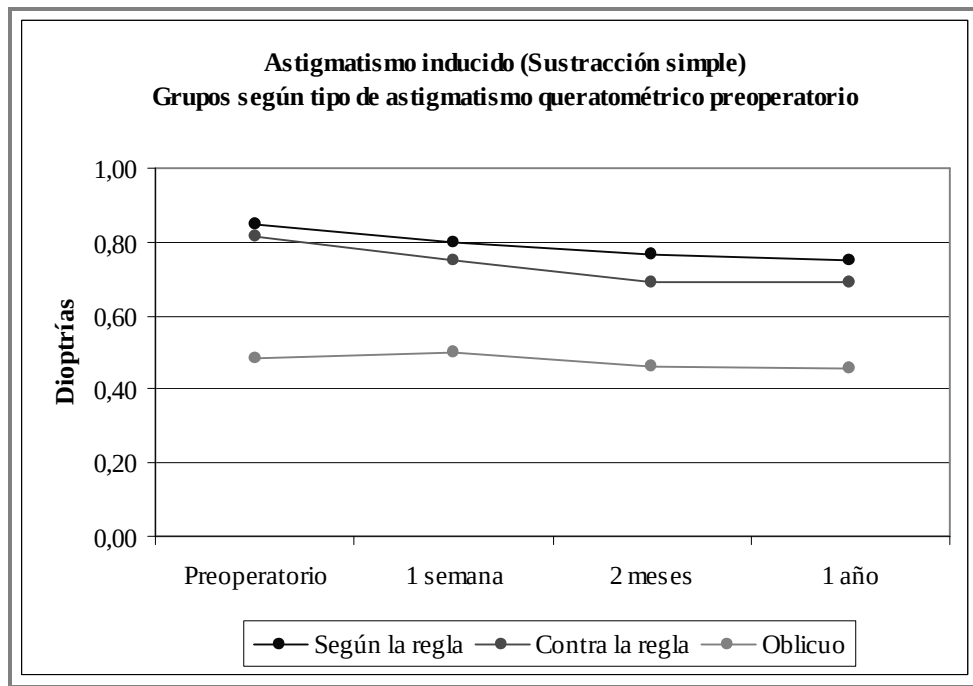


Gráfico V-14 Evolución del astigmatismo corneal, estratificado según tipos de astigmatismo queratométrico preoperatorio.

Grupo, Según la regla	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,80	0,77	0,75
Varianza	0,30	0,32	0,33
Observaciones	87	87	73
Coeficiente de correlación de Pearson	0,285	0,773	0,719
Diferencia hipotética de las medias	0	0	0
Grados de libertad	86	86	72
Estadístico t	0,635	1,911	2,101
p(T<=t) una cola	0,264	0,030	0,020
Valor crítico de t (una cola)	1,663	1,663	1,666
p(T<=t) dos colas	0,527	0,059	0,039
Valor crítico de t (dos colas)	1,988	1,988	1,993
Prueba t respecto al preoperatorio			
Grupo, Contra la regla	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,75	0,69	0,69
Varianza	0,36	0,27	0,25
Observaciones	105	105	87
Coeficiente de correlación de Pearson	0,538	0,859	0,819
Diferencia hipotética de las medias	0	0	0
Grados de libertad	104	104	86
Estadístico t	1,284	4,566	3,259
p(T<=t) una cola	0,101	0,000	0,001
Valor crítico de t (una cola)	1,660	1,660	1,663
p(T<=t) dos colas	0,202	0,000	0,002
Valor crítico de t (dos colas)	1,983	1,983	1,988
Prueba t respecto al preoperatorio			
Grupo, Oblicuo	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,50	0,46	0,45
Varianza	0,06	0,08	0,08
Observaciones	40	40	33
Coeficiente de correlación de Pearson	0,362	0,621	0,641
Diferencia hipotética de las medias	0	0	0
Grados de libertad	39	39	32
Estadístico t	-0,195	0,687	0,794
p(T<=t) una cola	0,423	0,248	0,217
Valor crítico de t (una cola)	1,685	1,685	1,694
p(T<=t) dos colas	0,847	0,496	0,433
Valor crítico de t (dos colas)	2,023	2,023	2,037

Tabla V-14 Astigmatismo corneal estratificado según tipo de astigmatismo preoperatorio.

Kruskal-Wallis Test (Preoperatorio)	Diferencia media de rangos	Sig.
Diferencia entre los 3 grupos		p<0,05
Según vs. Contra	0,702	N.S. p>0,05
Según vs. Oblicuo	42.678	p<0,05
Contra vs. Oblicuo	43.380	P<0,05

Tabla V-15 Astigmatismo corneal según tipo. Diferencia entre grupos. (Preoperatorio).

Kruskal-Wallis Test (1 semana)	Diferencia media de rangos	Sig.
Diferencia entre los 3 grupos		p<0,05
Según vs. Contra	11,412	N.S. p>0,05
Según vs. Oblicuo	36,177	p<0,05
Contra vs. Oblicuo	24,765	N.S. p>0,05

Tabla V-16 Astigmatismo corneal según tipo. Diferencia entre grupos. (1 semana).

Kruskal-Wallis Test (2 meses)	Diferencia media de rangos	Sig.
Diferencia entre los 3 grupos		p<0,05
Según vs. Contra	9,610	N.S. p>0,05
Según vs. Oblicuo	38,575	p<0,01
Contra vs. Oblicuo	28,965	N.S. p>0,05

Tabla V-17 Astigmatismo corneal según tipo. Diferencia entre grupos. (2 meses).

Kruskal-Wallis Test (1 año)	Diferencia media de rangos	Sig.
Diferencia entre los 3 grupos		p<0,05
Según vs. Contra	4,731	N.S. p>0,05
Según vs. Oblicuo	31,632	p<0,05
Contra vs. Oblicuo	26,901	N.S. p>0,05

Tabla V-18 Astigmatismo corneal según tipo. Diferencia entre grupos. (1 año).

5.2.1.2. Método vectorial

Muestra global

El astigmatismo corneal inducido se ha calculado por el método vectorial, transformando el valor del astigmatismo pre y post operatorio de coordenadas polares a cartesianas y comparando sus componentes verticales y horizontales para, posteriormente, obtener el vector resultante, de nuevo en coordenadas polares.

En el primer control postoperatorio, el astigmatismo inducido tenía un valor medio de 0,69 D a 88° con una desviación estándar de 0,48 y un rango que iba de 0,02 a 2,49 D ($p = 0,00$).

A los dos meses, el astigmatismo corneal inducido tenía un valor medio de 0,35 D a 83° con una desviación estándar de 0,24 y un rango que iba de 0,01 a 1,44 D ($p = 0,00$).

En el último control incluido en el estudio, realizado al año de la intervención, el valor medio era de 0,37 D a 80° la desviación estándar de 0,28 y el rango iba de 0,01 a 1,92 D ($p = 0,00$).

	1 semana	2 meses	1 años
Media	0,69	0,35	0,37
Error típico	0,03	0,02	0,02
Mediana	0,56	0,30	0,31
Moda	0,38	0,28	0,28
Desviación estándar	0,48	0,24	0,28
Varianza de la muestra	0,23	0,06	0,08
Curtosis	0,99	2,01	5,28
Coefficiente de asimetría	1,16	1,22	1,77
Rango	2,48	1,43	1,91
Mínimo	0,02	0,01	0,01
Máximo	2,49	1,44	1,92
n	232	232	193

Tabla V-19 Astigmatismo inducido (método vectorial).

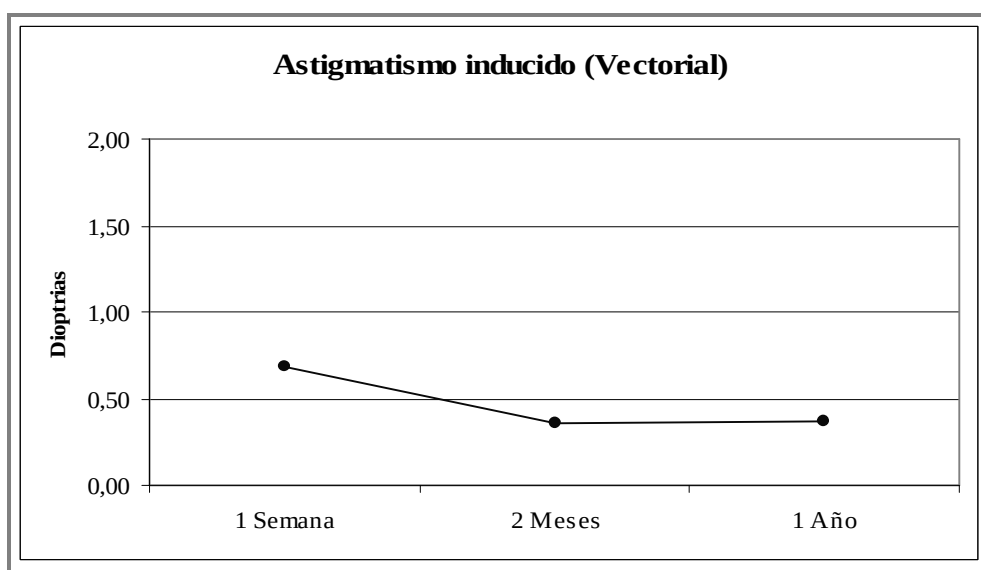


Gráfico V-15 Astigmatismo inducido (método vectorial).

		1 semana
Media	0,00	0,69
Varianza	0,00	0,23
Observaciones	232	232
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-21,970	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	

Tabla V-20 Astigmatismo inducido (método vectorial). (1 semana).

		2 meses
Media	0,00	0,35
Varianza	0,00	0,06
Observaciones	232	232
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231,000	
Estadístico t	-22,625	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	

Tabla V-21 Astigmatismo inducido (método vectorial). (2 meses).

		1 año
Media	0,00	0,37
Varianza	0,00	0,08
Observaciones	193	193
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	-18,603	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,653	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,972	

Tabla V-22 Astigmatismo inducido (método vectorial). (1 año).

Muestra estratificada

En el análisis del astigmatismo corneal inducido, segmentando los casos según la orientación del eje preoperatorio, los resultados fueron los siguientes:

En el primer control, a la semana de la operación, la media de astigmatismo corneal inducido fue, para el grupo de astigmatismo *según* la regla de 0,63 D. con una desviación estándar de 0,41 ($p = 0,000$), para el grupo de astigmatismo *contra* la regla de 0,72 D con una desviación estándar de 0,52 ($p = 0,000$) y para el grupo de astigmatismo *oblicuo* de 0,71 D con una desviación estándar de 0,49 ($p = 0,000$). Recordar que en este control, la medida se realizó con un queratómetro no automático por lo que los valores no son tan precisos como en los controles siguientes. Las diferencias entre los tres grupos, no fueron significativas ($p = 0,574$). Entre los grupos *según* la regla y en *contra* de la regla la diferencia no fue significativa ($p > 0,05$). Tampoco lo fue entre los grupos *según* la regla y el *oblicuo* ($p > 0,05$) ni tampoco en el grupo *contra* la regla y el *oblicuo* ($p > 0,05$).

En el segundo control, a los dos meses de la operación, la media de astigmatismo corneal inducido fue, para el grupo de astigmatismo *según* la regla de 0,31 D con una desviación estándar de 0,21 ($p = 0,000$). Para el grupo de astigmatismo *contra* la regla de 0,42 D, con una desviación estándar de 0,27 ($p=0,000$). Para el grupo de astigmatismo *oblicuo* fue de 0,29 D, con una desviación estándar de 0,18 ($p = 0,000$). Las diferencias entre los tres grupos fueron significativas ($p = 0,004$). Entre los grupos *según* la regla y en *contra* de la regla la

diferencia fue significativa ($p < 0,05$), así como entre el grupo *contra* la regla y el *oblicuo* ($p < 0,05$), pero no lo fue la diferencia entre el grupo *según* la regla y el *oblicuo* ($p > 0,05$).

En el tercer control, al año de la operación, la media de astigmatismo corneal inducido fue, para el grupo de astigmatismo *según* la regla de 0,34 D, con una desviación estándar de 0,24 ($p = 0,000$). Para el grupo de astigmatismo *contra* la regla fue de 0,43 D, con una desviación estándar de 0,28 ($p = 0,000$) y para el grupo de astigmatismo *oblicuo* de 0,29 D, con una desviación estándar de 0,34 ($p = 0,000$). Las diferencias entre los tres grupos fueron significativas ($p = 0,016$). Entre los grupos *según* la regla y en *contra* de la regla la diferencia no fue significativa ($p > 0,05$) así como tampoco entre los grupos *según* la regla y el *oblicuo* ($p > 0,05$), pero si lo fue entre el grupo en *contra* de la regla y el *oblicuo* ($p < 0,01$).

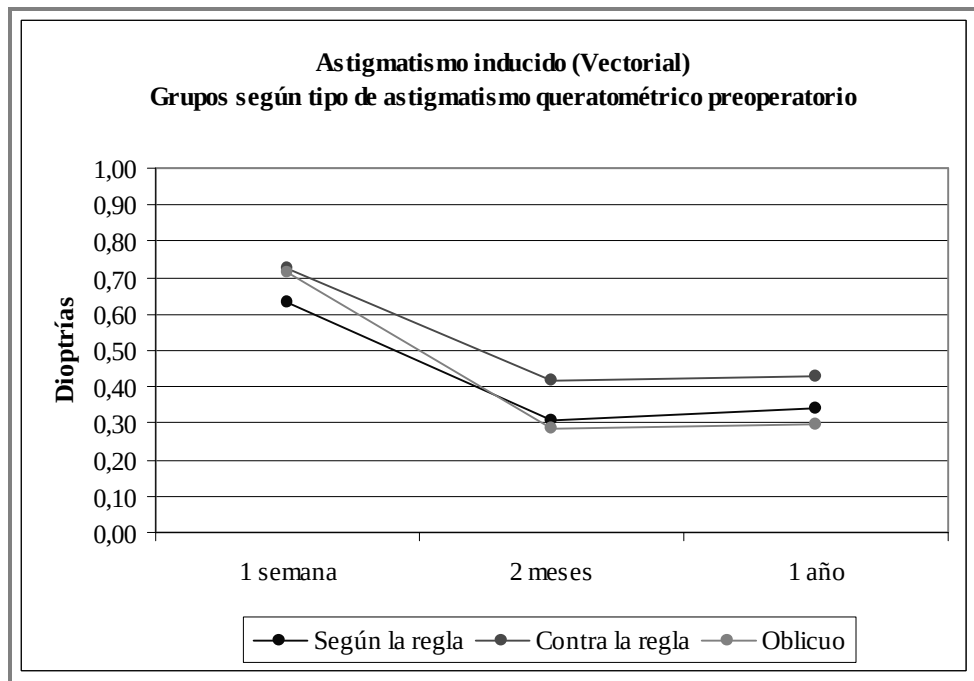


Gráfico V-16 Astigmatismo inducido (vectorial). Según tipo de astigmatismo.

Grupo, Según la regla	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,63	0,31	0,34
Error típico	0,04	0,02	0,03
Mediana	0,51	0,29	0,31
Moda	0,39	0,03	0,03
Desviación estándar	0,41	0,21	0,24
Varianza de la muestra	0,17	0,04	0,06
Curtosis	0,22	0,19	1,23
Coefficiente de asimetría	0,88	0,81	1,07
Rango	1,75	0,89	1,17
Mínimo	0,06	0,01	0,01
Máximo	1,81	0,90	1,18
n	87	87	74
Grupo, Contra la regla	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,72	0,42	0,43
Error típico	0,05	0,03	0,03
Mediana	0,59	0,34	0,35
Moda	0,38	0,28	0,28
Desviación estándar	0,52	0,27	0,28
Varianza de la muestra	0,27	0,07	0,08
Curtosis	1,23	1,75	1,52
Coefficiente de asimetría	1,30	1,20	1,17
Rango	2,48	1,42	1,42
Mínimo	0,02	0,03	0,03
Máximo	2,49	1,44	1,44
n	105	105	88
Grupo, Oblicuo	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,71	0,29	0,29
Error típico	0,08	0,03	0,06
Mediana	0,54	0,25	0,17
Moda	1,32	0,26	0,16
Desviación estándar	0,49	0,18	0,34
Varianza de la muestra	0,24	0,03	0,12
Curtosis	-0,10	0,98	17,42
Coefficiente de asimetría	0,91	1,09	3,82
Rango	1,81	0,77	1,85
Mínimo	0,09	0,07	0,07
Máximo	1,90	0,84	1,92
n	40	40	31

Tabla V-23 Evolución del astigmatismo inducido según tipo.

Prueba t			
Grupo, Según la regla	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,63	0,31	0,34
Varianza	0,17	0,04	0,06
Observaciones	87	87	74
Diferencia hipotética de las medias	0	0	0
Grados de libertad	86	86	73
Estadístico t	-14,198	-13,872	-12,152
p(T<=t) una cola	0,000	0,000	0,000
Valor crítico de t (una cola)	1,663	1,663	1,666
p(T<=t) dos colas	0,000	0,000	0,000
Valor crítico de t (dos colas)	1,988	1,988	1,993
Prueba t respecto al preoperatorio			
Grupo, Contra la regla	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,72	0,42	0,43
Varianza	0,27	0,07	0,08
Observaciones	105	105	88
Diferencia hipotética de las medias	0	0	0
Grados de libertad	104	104	87
Estadístico t	-14,355	-16,038	-14,563
p(T<=t) una cola	0,000	0,000	0,000
Valor crítico de t (una cola)	1,660	1,660	1,663
p(T<=t) dos colas	0,000	0,000	0,000
Valor crítico de t (dos colas)	1,983	1,983	1,988
Prueba t respecto al preoperatorio			
Grupo, Oblicuo	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,71	0,29	0,29
Varianza	0,24	0,03	0,12
Observaciones	40	40	31
Diferencia hipotética de las medias	0	0	0
Grados de libertad	39	39	30
Estadístico t	-9,170	-9,950	-4,793
p(T<=t) una cola	0,000	0,000	0,000
Valor crítico de t (una cola)	1,685	1,685	1,697
p(T<=t) dos colas	0,000	0,000	0,000
Valor crítico de t (dos colas)	2,023	2,023	2,042

Tabla V-24 Astigmatismo inducido (método vectorial) según tipo.

Kruskal-Wallis Test (1 semana)	Diferencia media de rangos	Sig.
Diferencia entre los 3 grupos		N.S. $p>0,05$
AI Según vs. AI Contra	-9,551	N.S. $p>0,05$
AI Según vs. AI Oblicuo	-9,694	N.S. $p>0,05$
AI Contra vs. AI Oblicuo	-0,1429	N.S. $p>0,05$

Tabla V-25 Astigmatismo inducido (método vectorial) entre grupos (1 semana).

Kruskal-Wallis Test(2 meses)	Diferencia media de rangos	Sig.
Diferencia entre los 3 grupos		$p<0,05$
AI Según vs. AI Contra	-26,942	$p<0,05$
AI Según vs. AI Oblicuo	7,122	N.S. $p>0,05$
AI Contra vs. AI Oblicuo	34,064	$p<0,05$

Tabla V-26 Astigmatismo inducido (método vectorial) entre grupos (2 meses).

Kruskal-Wallis Test (1 año)	Diferencia media de rangos	Sig.
Diferencia entre los 3 grupos		$p<0,05$
AI Según vs. AI Contra	-18,271	N.S. $p>0,05$
AI Según vs. AI Oblicuo	22,126	N.S. $>0,05$
AI Contra vs. AI Oblicuo	40,398	$p<0,05$

Tabla V-27 Astigmatismo inducido (método vectorial) entre grupos (1 año).

5.2.2. Meridianos principales

Se analizaron los meridianos corneales principales, de cara a conocer el comportamiento de cada uno de ellos por separado. En el preoperatorio, la media de los meridianos de mayor potencia (K1) era de 43,79 D, con desviación estándar de 1,68, rango entre 39,24 y 47,60 D. El meridiano de menor potencia (K2) era de 43,02 D, con desviación estándar de 1,64 y su rango entre 38,65 y 46,68 D.

A los dos meses, la media de K1 fue de 43,79 D, con desviación estándar de 1,63 y rango entre 39,47 y 47,40 D. La diferencia con el preoperatorio no fue significativa ($p = 0,983$). La media de K2 era de 43,11 D, con desviación estándar de 1,62 y rango entre 38,70 y 46,35 D. En este caso, la diferencia con el preoperatorio, sí fue significativa ($p = 0,005$). Es decir, en el meridiano de mayor potencia refractiva, (por tanto el más curvo) y en donde se practicó la incisión, el cambio en la curvatura no es significativo, mientras que si lo fue el cambio en el meridiano menos curvo en el que no se practicó incisión, si lo es. Este pequeño cambio de aumento de curvatura (0,09 D en promedio) en el meridiano más plano se debería al efecto del “acoplamiento”. Clínicamente puede considerarse insignificante, pero el hecho de que sea estadísticamente significativo confirma la realidad del efecto de acoplamiento, incluso para cambios de escasa magnitud. El coeficiente de correlación fue ($R=0,952$) para K1 y ($R=0,950$) para K2 (gráficos V-17 y V-18).

Al año, la media de K1 fue de 43,36 D, con desviación estándar de 1,62 y rango entre 39,47 y 47,13 D. La diferencia con el preoperatorio no fue significativa

($p = 0,844$). La media de K2 fue de 42,98 D, con desviación estándar de 1,60 y rango entre 38,71 y 46,32 D. En este caso, la diferencia con el preoperatorio, sí fue significativa ($p = 0,043$). En el último control, ocurre lo mismo que a los dos meses, no existe un cambio significativo en K1, pero sí en K2. Finalmente, existe un elevado coeficiente de correlación entre los valores pre y postoperatorios tanto para K1 ($R=0,957$) como para K2 ($R=0,945$), (gráficos V-19 y V-20).

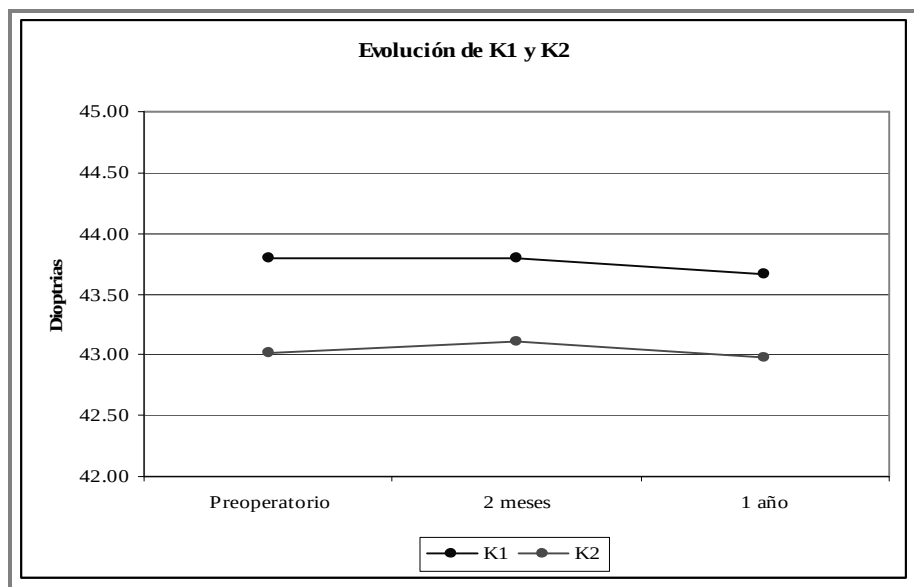


Gráfico V-17 Evolución de los meridianos principales.

	K1 Preop.	K1 2 meses	K1 1 año
Media	43,79	43,79	43,66
Error típico	0,11	0,11	0,12
Mediana	43,94	43,86	43,71
Moda	44,52	42,29	42,29
Desviación estándar	1,68	1,63	1,62
Varianza de la muestra	2,81	2,66	2,61
Curtosis	-0,45	-0,53	-0,50
Coefficiente de asimetría	-0,30	-0,17	-0,15
Rango	8,36	7,93	7,66
Mínimo	39,24	39,47	39,47
Máximo	47,60	47,40	47,13
n	232	232	193

Tabla V-28 Evolución de K1.

	K2 Preop.	K2 2 meses	K2 1 año
Media	43,02	43,11	42,98
Error típico	0,11	0,11	0,12
Mediana	43,10	43,13	42,99
Moda	41,41	44,11	43,83
Desviación estándar	1,64	1,62	1,60
Varianza de la muestra	2,68	2,63	2,57
Curtosis	-0,59	-0,60	-0,57
Coefficiente de asimetría	-0,23	-0,17	-0,19
Rango	7,83	7,65	7,65
Mínimo	38,65	38,70	38,71
Máximo	46,48	46,35	46,32
n	232	232	193

Tabla V-29 Evolución de K2.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	K1 Preop	K1 2 meses
Media	43,79	43,79
Varianza	2,81	2,66
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,952	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	0,022	
p(T<=t) una cola	0,491	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,983	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	

Tabla V-30 K1 preoperatorio vs postoperatorio.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	K1 Preop	K1 1 año
Media	43,67	43,66
Varianza	2,82	2,61
Observaciones	193	193
Coeficiente de correlación de Pearson	0,950	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	0,197	
p(T<=t) una cola	0,422	
Valor crítico de t (una cola)	1,653	
p(T<=t) dos colas	0,844	
Valor crítico de t (dos colas)	1,972	

Tabla V-31 K1 preoperatorio vs postoperatorio.

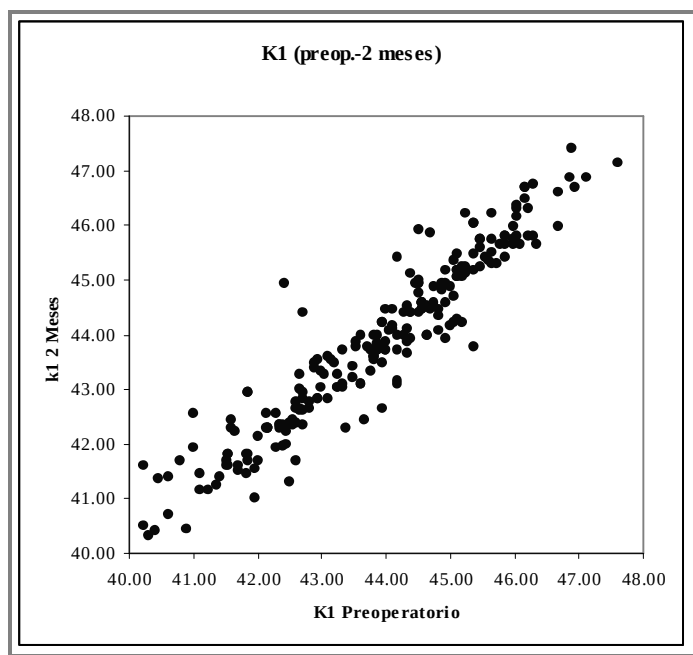


Gráfico V-18 K1 preoperatorio vs postoperatorio (R=0,952).

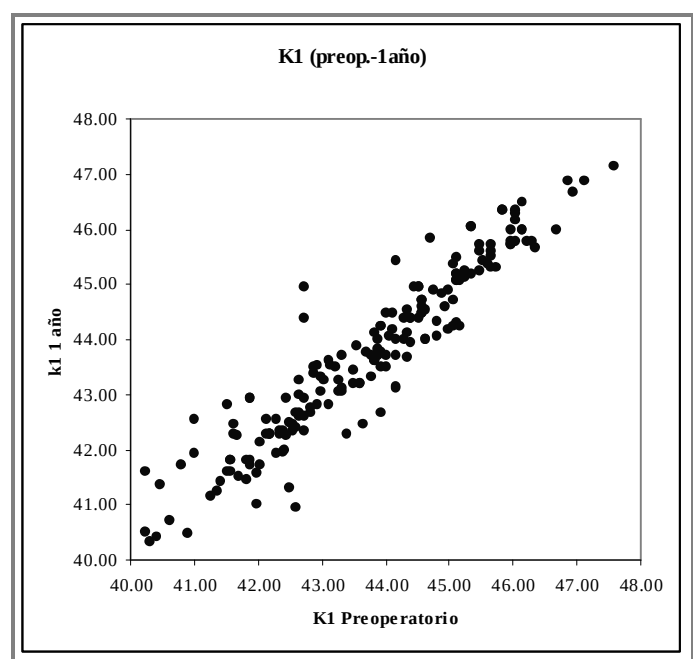


Gráfico V-19 K1 preoperatorio vs postoperatorio (R=0,950).

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	K2 Preop	K2 2 meses
Media	43,02	43,11
Varianza	2,68	2,63
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,957	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-2,849	
p(T<=t) una cola	0,002	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,005	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	

Tabla V-32 K2 preoperatorio vs postoperatorio.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	K2 Preop	K2 1 año
Media	42,90	42,98
Varianza	2,72	2,57
Observaciones	193	193
Coeficiente de correlación de Pearson	0,945	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	-2,038	
p(T<=t) una cola	0,021	
Valor crítico de t (una cola)	1,653	
p(T<=t) dos colas	0,043	
Valor crítico de t (dos colas)	1,972	

Tabla V-33 K2 preoperatorio vs postoperatorio.

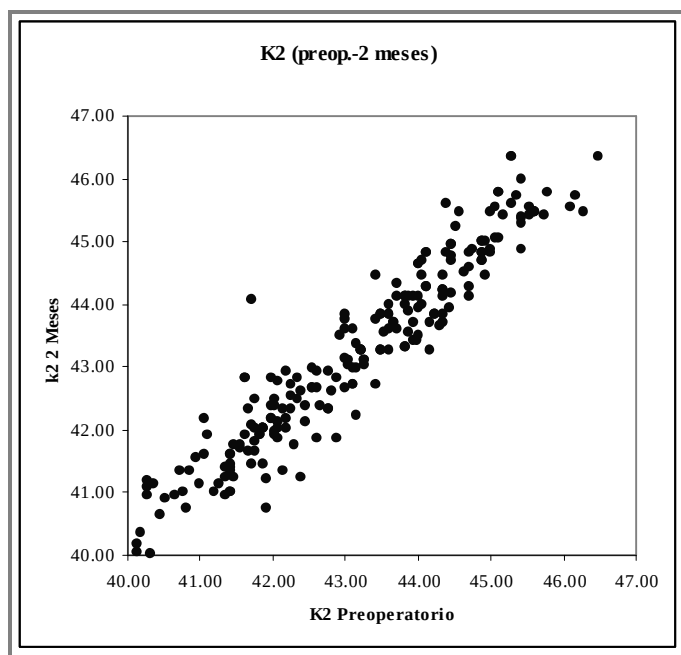


Gráfico V-20 K2 preoperatorio vs postoperatorio (R=0,957).

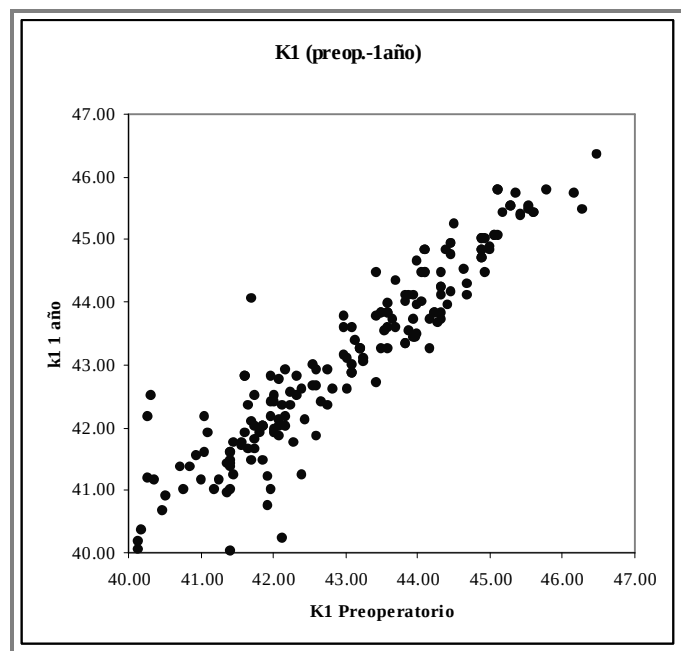


Gráfico V-21 K2 preoperatorio vs postoperatorio (R=0,945).

5.2.3. Potencia corneal media

Se calculó la variación de potencia corneal media haciendo el promedio de los valores dióptricos de los meridianos principales, como aproximación del cambio esférico total de la córnea. El valor preoperatorio de la potencia corneal media (el llamado “valor K”) era de 43,41 D, con desviación estándar de 1,63 D y rango de 38,95 a 47,04 D.

A los dos meses de la operación, la K media fue de 43,45 D, con desviación estándar de 1,60 y rango de 39,43 a 46,74 D. La diferencia respecto al valor preoperatorio era de 0,04 D no significativa ($p = 0,137$).

En el último control efectuado al año de la operación la K media fue de 43,32 D con desviación estándar de 1,58 y rango de 39,41 a 46,68 D. La diferencia respecto al valor preoperatorio era de 0,04 D, la cual no fue significativa ($p = 0,301$).

K media	Preoperatorio	2 meses	1 año
Media	43,41	43,45	43,32
Error típico	0,11	0,11	0,11
Mediana	43,52	43,47	43,35
Moda	43,52	42,13	45,06
Desviación estándar	1,63	1,60	1,58
Varianza de la muestra	2,66	2,57	2,51
Curtosis	-0,53	-0,62	-0,59
Coefficiente de asimetría	-0,27	-0,16	-0,16
Rango	8,10	7,32	7,32
Mínimo	38,95	39,43	39,41
Máximo	47,04	46,74	46,68
Cuenta	232	232	193

Tabla V-34 Evolución de la potencia corneal media.

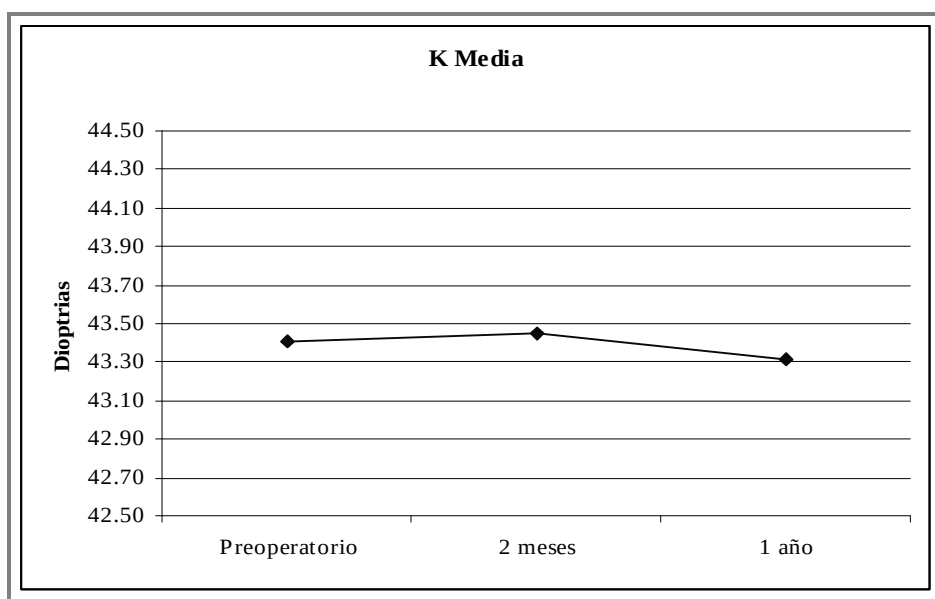


Gráfico V-22 Evolución de la potencia corneal media.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas			
K media	Preoperatorio	2 meses	Diferencia
Media	43,41	43,45	0,04
Varianza	2,66	2,57	
Observaciones	232	232	
Coeficiente de correlación de Pearson	0,961		
Diferencia hipotética de las medias	0		
Grados de libertad	231		
Estadístico t	-1,492		
p(T<=t) una cola	0,069		
Valor crítico de t (una cola)	1,651		
p(T<=t) dos colas	0,137		
Valor crítico de t (dos colas)	1,970		
	Preoperatorio	1 año	Diferencia
Media	43,28	43,32	0,04
Varianza	2,69	2,51	
Observaciones	193	193	
Coeficiente de correlación de Pearson	0,956		
Diferencia hipotética de las medias	0		
Grados de libertad	192		
Estadístico t	-1,038		
p(T<=t) una cola	0,150		
Valor crítico de t (una cola)	1,653		
p(T<=t) dos colas	0,301		
Valor crítico de t (dos colas)	1,972		

Tabla V-35 Potencia corneal media. Diferencias respecto al preoperatorio.

5.3. EVOLUCIÓN DEL ASTIGMATISMO REFRACTIVO

El astigmatismo refractivo o total difiere de queratométrico ya que es la suma de éste y del astigmatismo ovular interno, que incluye el de la superficie posterior de la cornea y el astigmatismo cristalino, y un posible astigmatismo de origen retiniano (en caso de inclinación del plano de proyección, por la presencia de un estafiloma u otra deformidad).

La media de astigmatismo total o refractivo preoperatorio era de 1,22 D, con desviación estándar de 0,86 D y el rango entre 0,00 y 4,88 D

En el primer control postoperatorio fue de 0,87 D con una desviación estándar de 0,65 D. El rango fue de 0,00 a 2,50 D. La diferencia respecto al valor preoperatorio (-0,35 D) resultó significativa ($p = 0,000$).

A los dos meses de la operación, los valores oscilaban entre 0,00 y 2,50, con una media de 0,93 D, y una desviación estándar de 0,61. La diferencia de la media respecto al valor preoperatorio (-0,29 D) fue significativa ($p = 0,000$). La diferencia respecto al primer control no fue significativa ($p = 0,093$).

En el último control, efectuado al año de la operación, el cilindro refractivo tenía una media de 0,95 D, con desviación estándar de 0,58 y rango de 0,00 a 2,00 D. La diferencia de la media respecto al preoperatorio (-0,27 D) fue significativa ($p=0,000$). La diferencia respecto al control anterior no fue significativa ($p = 0,396$).

Astigmatismo total	Preoperatorio	1 semana	2 meses	1 año
Media	-1,22	-0,87	-0,93	-0,95
Error típico	0,06	0,04	0,04	0,04
Mediana	-1,00	-0,75	-0,75	-1,00
Moda	-0,50	-0,50	-0,50	-1,00
Desviación estándar	0,86	0,65	0,61	0,58
Varianza de la muestra	0,74	0,42	0,37	0,33
Curtosis	1,15	2,36	1,12	0,29
Coefficiente de asimetría	-0,46	-1,33	-1,03	-0,60
Rango	4,00	2,50	2,50	2,00
Mínimo	0,00	0,00	0,00	-2,75
Máximo	-4,00	-2,50	-2,50	-2,00
n	232	232	232	193

Tabla V-36 Evolución del astigmatismo total (refractivo).

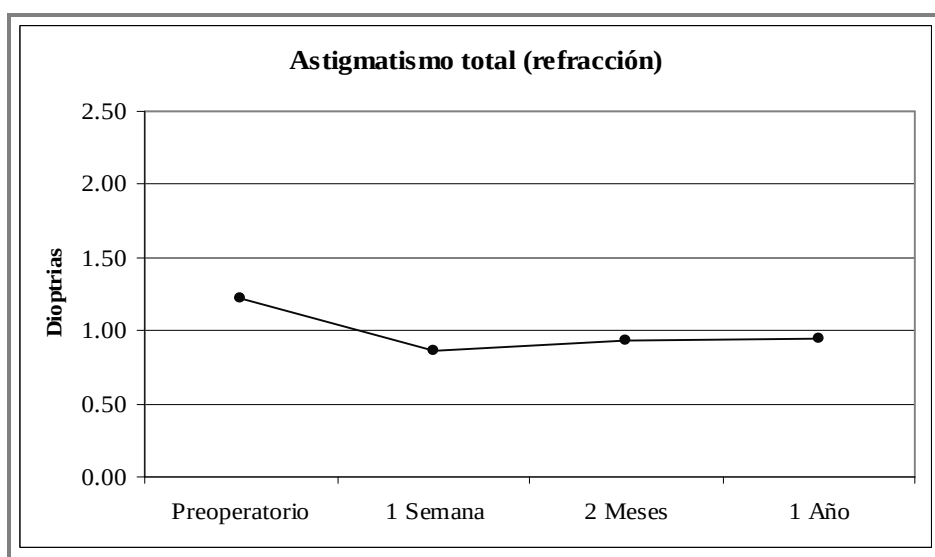


Gráfico V-23 Evolución del astigmatismo total (refractivo).

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	Preoperatorio	1 semana
Media	-1,22	-0,87
Varianza	0,74	0,42
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,266	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-5,836	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	Preoperatorio	2 meses
Media	-1,22	-0,93
Varianza	0,74	0,37
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,505	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-5,813	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	Preoperatorio	1 año
Media	-1,22	-0,95
Varianza	0,74	0,33
Observaciones	193	193
Coeficiente de correlación de Pearson	0,506	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	-5,492	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	

Tabla V-37 Astigmatismo total (refractivo) preoperatorio vs postoperatorio.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	1 semana	2 meses
Media	-0,87	-0,93
Varianza	0,42	0,37
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,563	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	1,689	
p(T<=t) una cola	0,046	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,093	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	2 meses	1 año
Media	-0,93	-0,95
Varianza	0,37	0,33
Observaciones	193	193
Coeficiente de correlación de Pearson	0,847	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	0,850	
p(T<=t) una cola	0,198	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,396	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	

Tabla V-38 Astigmatismo total (refractivo). Diferencia entre controles.

5.4. EVOLUCIÓN DE LA AMETROPÍA ESFÉRICA

Los valores preoperatorios de la ametropía esférica se distribuyen del siguiente modo:

	n	Dioptrías (media)	%
Hipermetropía	70	+2,11 D	30,17 %
Miopía	140	-6,26 D	60,34 %.
Emetropía (0 D)	22	0 D	9,48 %
Total	232		100 %

Tabla V-39 Distribución del esférico.

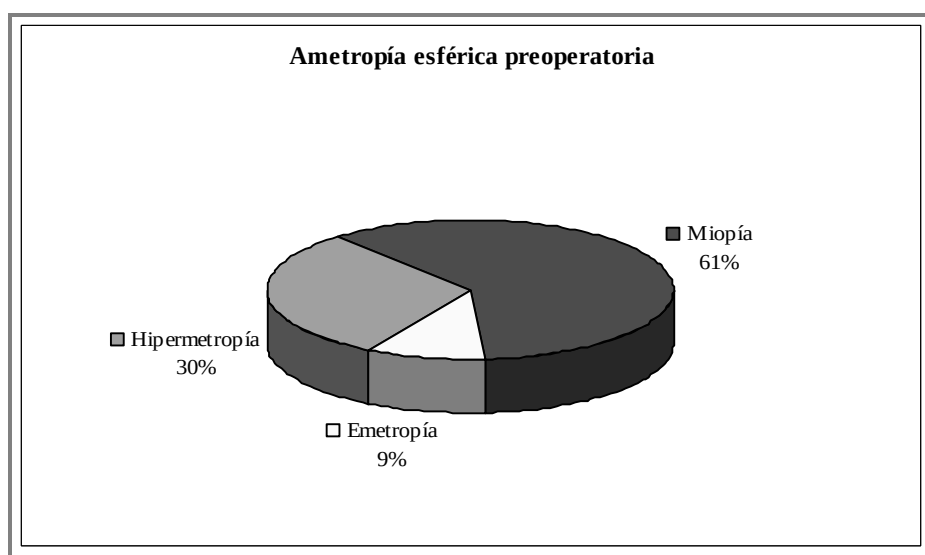


Gráfico V-24 Distribución del esférico.

La media de la refracción esférica preoperatoria era de -3,16 D, con desviación estándar de 5,41 D y rango de 5 a -23 D. El mayor número de miopes refractivos de la muestra, que contrasta con la prevalencia de la miopía en la población general, se debe probablemente a la acción miopizante de muchas cataratas.

En el primer control postoperatorio (1 semana), la esférica media fue de -0,23 D, con una desviación estándar de 1,02 D. El rango era de 3,00 a -5,00 D. La diferencia respecto al valor preoperatorio fue significativa ($p = 0,000$).

En el control efectuado a los dos meses de la operación los valores oscilaban entre 2,00 y -4,50 con una media de -0,45 D. y una desviación estándar de 1,05 D. La diferencia de la media respecto al valor preoperatorio fue significativa ($p = 0,000$). La diferencia respecto al control anterior también fue significativa ($p = 0,000$).

En el último control, efectuado al año de la operación la esfera tenía una media de -0,36 D, una desviación estándar de 0,95 y un rango de 2,50 a -3,00 D. La diferencia de la media respecto al preoperatorio fue significativa ($p = 0,000$) mientras que la diferencia respecto al control anterior no lo fue ($p = 0,100$).

Refracción esférica	Preoperatorio	1 semana	2 meses	1 año
Media	-3,16	-0,23	-0,45	-0,36
Error típico	0,36	0,07	0,07	0,07
Mediana	-1,38	0,00	0,00	0,00
Moda	0,00	0,00	0,00	0,00
Desviación estándar	5,41	1,02	1,05	0,95
Varianza de la muestra	29,29	1,03	1,11	0,91
Curtosis	0,73	4,23	1,94	0,39
Coefficiente de asimetría	-1,02	-1,08	-0,90	-0,23
Rango	28,00	8,00	6,50	5,50
Mínimo	-23,00	-5,00	-4,50	-3,00
Máximo	5,00	3,00	2,00	2,50
n	232	232	232	193

Tabla V-40 Evolución de la ametropía esférica.

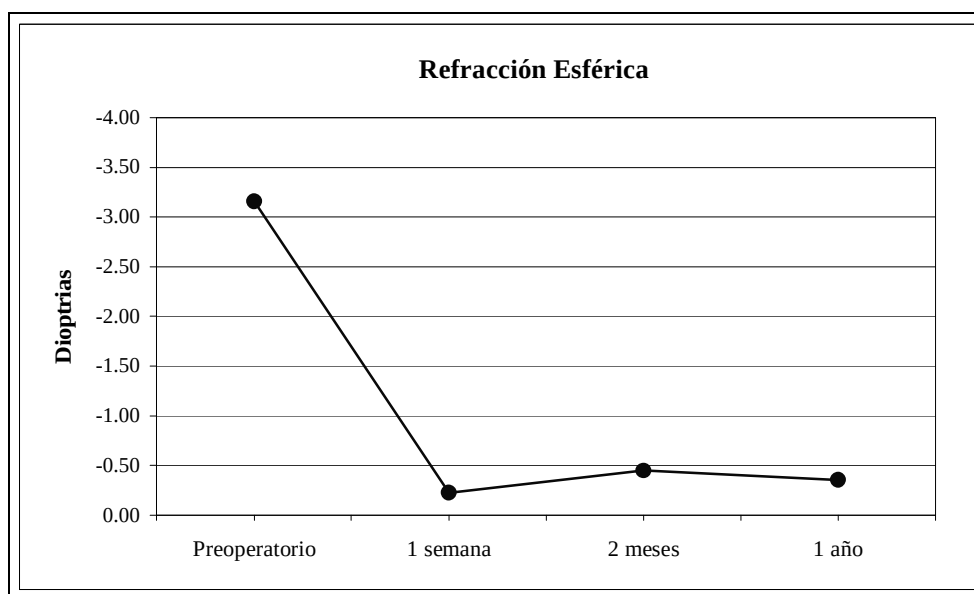


Gráfico V-25 Evolución de la ametropía esférica.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	Preoperatorio	1 semana
Media	-3,16	-0,23
Varianza	29,29	1,03
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,374	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-8,718	
P(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
P(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	Preoperatorio	2 meses
Media	-3,16	-0,45
Varianza	29,29	1,11
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,344	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-8,021	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	Preoperatorio	1 año
Media	-2,90	-0,36
Varianza	30,55	0,91
Observaciones	193	193
Coeficiente de correlación de Pearson	0,252	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	-6,572	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,653	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,972	

Tabla V-41 Ametropía esférica preoperatorio vs postoperatorio.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	1 semana	2 meses
Media	-0,23	-0,45
Varianza	1,03	1,11
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,705	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	4,213	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	2 meses	1 año
Media	-0,43	-0,36
Varianza	1,06	0,91
Observaciones	193	193
Coeficiente de correlación de Pearson	0,819	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	-1,652	
p(T<=t) una cola	0,050	
Valor crítico de t (una cola)	1,653	
p(T<=t) dos colas	0,100	
Valor crítico de t (dos colas)	1,972	

Tabla V-42 Ametropía esférica. Diferencia entre controles.

5.5. EVOLUCIÓN DEL EQUIVALENTE ESFÉRICO

El equivalente esférico se obtiene sumando la mitad del componente cilíndrico de la refracción al componente esférico. En la cirugía de la catarata nos puede informar sobre la precisión en la elección de la lente intraocular. La media del equivalente esférico preoperatorio fue de -3,77 D, con una desviación estándar de 5,53 y rango de +4,75 a -23,75 D.

En la primera semana después de la intervención, la media del equivalente esférico fue de -0,66 D con desviación estándar de 1 y rango de +2 a -5,25 D. Esta diferencia de la media respecto al valor preoperatorio es, como era de esperar, significativa ($p = 0,000$).

En el control efectuado a los dos meses de la operación, los valores oscilaron entre +1,50 y -3,75 D con una media de - 0,91 D. y desviación estándar de 1,06. La diferencia de la media respecto al valor preoperatorio fue significativa ($p = 0,000$). La diferencia respecto al control anterior (-0,25 D) resultó significativa ($p = 0,000$).

En el último control, efectuado al año de la operación, el equivalente esférico presentó una media de -0,83 D, con una desviación estándar de 0,96 y rango entre +1,38 a -3,50 D. La diferencia de la media respecto al preoperatorio fue significativa ($p = 0,000$), si bien la diferencia respecto al control anterior (+0,08 D) no lo fue ($p=0,487$).

Equivalente esférico	Preoperatorio	1 semana	2 meses	1 año
Media	-3,77	-0,66	-0,91	-0,83
Error típico	0,36	0,07	0,07	0,07
Mediana	-2,09	-0,50	-0,75	-0,75
Moda	-2,25	-0,25	-0,25	-0,50
Desviación estándar	5,53	1,00	1,06	0,96
Varianza de la muestra	30,53	1,00	1,11	0,91
Curtosis	0,63	4,08	1,54	0,11
Coefficiente de asimetría	-1,01	-1,22	-0,93	-0,34
Rango	28,50	7,25	6,25	4,88
Mínimo	-23,75	-5,25	-4,75	-3,50
Máximo	4,75	2,00	1,50	1,38
n	232	232	232	193

Tabla V-43 Evolución del equivalente esférico.

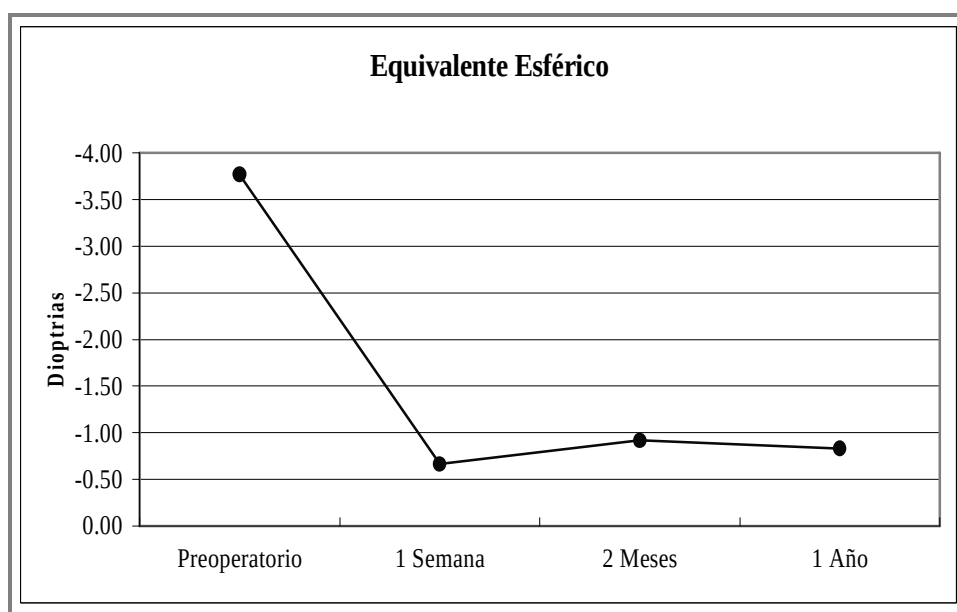


Gráfico V-26 Evolución del equivalente esférico.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	Preoperatorio	1 semana
Media	-3,77	-0,66
Varianza	30,53	1,00
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,406	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-9,103	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	Preoperatorio	2 meses
Media	-3,77	-0,91
Varianza	30,53	1,11
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,369	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-8,319	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	Preoperatorio	1 año
Media	-3,52	-0,83
Varianza	31,77	0,91
Observaciones	193	193
Coeficiente de correlación de Pearson	0,286	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	-6,873	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,653	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,972	

Tabla V-44 Equivalente esférico. Preoperatorio vs preoperatorio.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	1 semana	2 meses
Media	-0,66	-0,91
Varianza	1,00	1,11
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,714	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	4,938	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	2 meses	1 año
Media	-0,93	-0,83
Varianza	1,31	0,91
Observaciones	193	193
Coeficiente de correlación de Pearson	0,732	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	-1,733	
p(T<=t) una cola	0,042	
Valor crítico de t (una cola)	1,653	
p(T<=t) dos colas	0,085	
Valor crítico de t (dos colas)	1,972	

Tabla V-45 Equivalente esférico. Diferencia entre controles postoperatorios.

5.6. RESULTADOS FUNCIONALES

5.6.1. Agudeza visual sin corrección

La agudeza visual sin corrección (AVSC) nos informa de la eficacia de la técnica quirúrgica como procedimiento refractivo y para mejorar la visión del paciente sin ayuda de gafas. La AVSC preoperatoria (ó AVSC 0) de los ojos estudiados presentó un rango de 0,01 a 0,70 en unidades decimales y su media era de 0,12, con una desviación estándar de 0,13.

El en primer control funcional (AVSC 1) efectuado en la primera semana del postoperatorio, el rango de AVSC varía de 0,01 a 0,9 mientras que la media era de 0,32 y la desviación estándar de 0,21. La diferencia de la media respecto al valor preoperatorio es, como era de esperar, significativa ($p = 0,000$).

En el control efectuado a los dos meses de la operación (AVSC 2) los valores oscilan entre 0,01 y 0,95 con un media de 0,35 y una desviación estándar de 0,23. La diferencia de la media respecto al valor preoperatorio fue significativa ($p = 0,000$). La diferencia respecto al control anterior también fue significativa ($p = 0,046$).

En el último control (AVSC 3) efectuado al año de la operación, la AVSC tiene una media de 0,37, una desviación estándar de 0,25 y un rango de 0,02 a 0,95. La diferencia de la media respecto al preoperatorio fue significativa ($p = 0,000$). La diferencia respecto al control anterior no fue significativa ($p = 0,103$).

AVSC	Preoperatorio	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,12	0,32	0,35	0,37
Error típico	0,01	0,01	0,02	0,02
Mediana	0,08	0,30	0,30	0,30
Moda	0,10	0,20	0,20	0,20
Desviación estándar	0,13	0,21	0,23	0,25
Varianza de la muestra	0,02	0,04	0,06	0,06
Curtosis	3,72	0,04	-0,40	-0,63
Coefficiente de asimetría	1,89	0,77	0,68	0,64
Rango	0,69	0,89	0,94	0,93
Mínimo	0,01	0,01	0,01	0,02
Máximo	0,70	0,90	0,95	0,95
n	232	232	232	193

Tabla V-46 Evolución de la agudeza visual sin corrección.

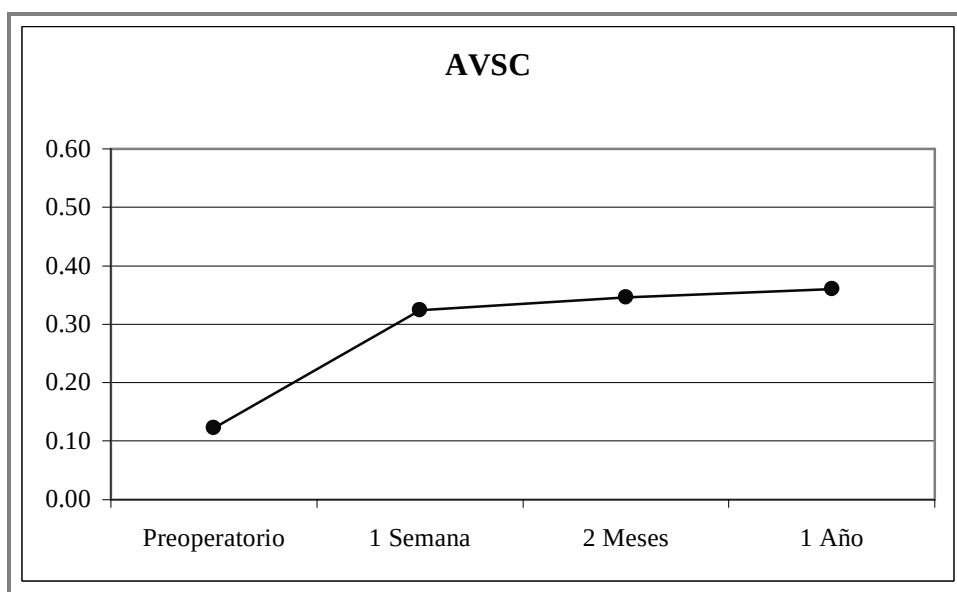


Gráfico V-27 Evolución de la agudeza visual sin corrección.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	AVSC 0	AVSC 1
Media	0,12	0,32
Varianza	0,02	0,04
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,267	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-14,147	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	AVSC 0	AVSC 2
Media	0,12	0,35
Varianza	0,02	0,06
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,335	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-14,998	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	AVSC 0	AVSC 3
Media	0,12	0,36
Varianza	0,02	0,06
Observaciones	193	193
Coeficiente de correlación de Pearson	0,387	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	-15,921	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	

Tabla V-47 AVSC preoperatorio vs controles postoperatorios.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	AVSC 1	AVSC 2
Media	0,32	0,35
Varianza	0,04	0,06
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,718	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-2,002	
p(T<=t) una cola	0,023	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,046	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	AVSC 2	AVSC 3
Media	0,35	0,36
Varianza	0,06	0,06
Observaciones	193	193
Coeficiente de correlación de Pearson	0,854	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	-1,638	
p(T<=t) una cola	0,051	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,103	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	

Tabla V-48 AVSC entre controles postoperatorios.

5.6.2. Agudeza visual con corrección

La agudeza visual con corrección (AVCC) es un parámetro funcional que sirve para valorar la seguridad de la técnica. Independientemente de si se ha conseguido el resultado refractivo deseado, su incremento indica que no ha habido un deterioro funcional provocado por la cirugía. La AVCC preoperatoria de los ojos estudiados tiene un rango que va de 0,01 a 0,9, su media es de 0,33 con una desviación estándar de 0,21.

El en primer control efectuado en la primera semana del postoperatorio, el rango era de 0,01 a 0,95, con una media de 0,56 y desviación estándar de 0,25. La diferencia respecto al valor preoperatorio fue, como era de esperar, significativa ($p=0,000$).

En el control efectuado a los dos meses de la operación, los valores oscilan entre 0,03 y 0,95, con un media de 0,67 y una desviación estándar de 0,25. La diferencia de la media respecto al valor preoperatorio fue significativa ($p = 0,000$). La diferencia respecto al control anterior (+0,11) también lo fue ($p = 0,000$).

En el último control al año de la operación, la AVCC media tenía un rango de 0,05 a 1, con una media de 0,68 y una desviación estándar de 0,25. La diferencia de la media respecto al valor preoperatorio fue significativa ($p = 0,000$). La diferencia respecto al control anterior no fue significativa ($p = 0,202$).

AVCC	Preoperatorio	1 semana	2 meses	1 año
Media	0,33	0,56	0,67	0,68
Error típico	0,01	0,02	0,02	0,02
Mediana	0,30	0,55	0,73	0,75
Moda	0,40	0,40	0,90	0,90
Desviación estándar	0,21	0,25	0,25	0,25
Varianza de la muestra	0,04	0,06	0,06	0,06
Curtosis	-0,42	-0,67	0,10	0,06
Coefficiente de asimetría	0,45	-0,31	-1,01	-0,97
Rango	0,89	0,94	0,92	0,95
Mínimo	0,01	0,01	0,03	0,05
Máximo	0,90	0,95	0,95	1,00
n	232	232	232	193

Tabla V-49 Evolución de la agudeza visual con corrección.

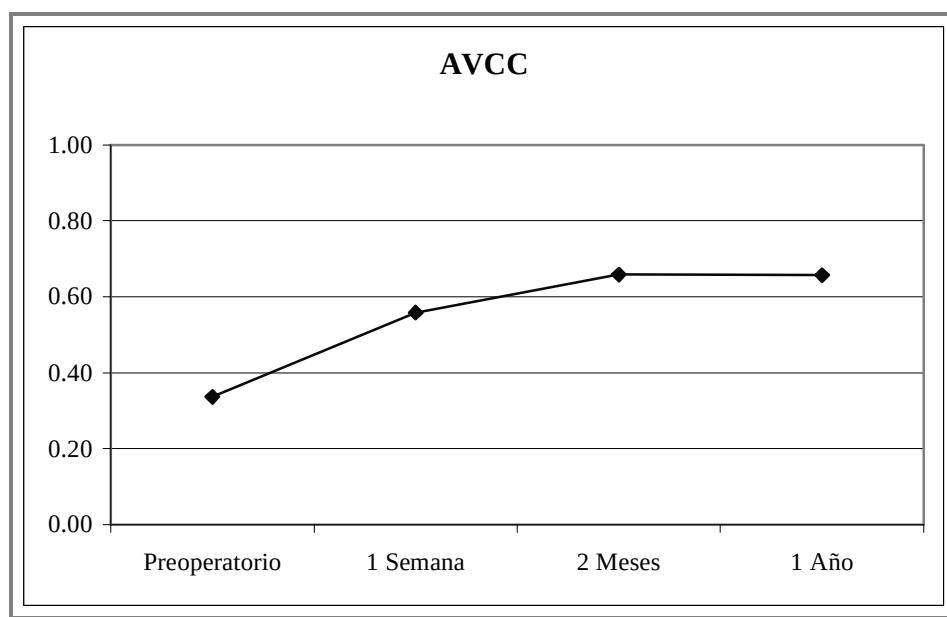


Gráfico V-28 Evolución de la agudeza visual con corrección.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	AVCC 0	AVCC 1
Media	0,33	0,56
Varianza	0,04	0,06
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,554	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-15,533	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	AVCC 0	AVCC 2
Media	0,33	0,67
Varianza	0,04	0,06
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,489	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-21,637	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	AVCC 0	AVCC 3
Media	0,33	0,68
Varianza	0,04	0,06
Observaciones	193	193
Coeficiente de correlación de Pearson	0,488	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	-22,543	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	

Tabla V-50 AVCC preoperatorio vs controles postoperatorios.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	AVCC 1	AVCC 2
Media	0,56	0,67
Varianza	0,06	0,06
Observaciones	232	232
Coeficiente de correlación de Pearson	0,803	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	231	
Estadístico t	-10,959	
p(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	
	AVCC 2	AVCC 3
Media	0,67	0,68
Varianza	0,06	0,06
Observaciones	193	193
Coeficiente de correlación de Pearson	0,922	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	192	
Estadístico t	-1,279	
p(T<=t) una cola	0,101	
Valor crítico de t (una cola)	1,651	
p(T<=t) dos colas	0,202	
Valor crítico de t (dos colas)	1,970	

Tabla V-51 AVCC entre controles postoperatorios.

5.6.3. Eficacia

El índice de eficacia es una prueba utilizada comúnmente en cirugía refractiva y que se refiere al cociente entre la agudeza visual sin corrección postoperatoria y la agudeza visual con corrección preoperatoria. Nos informa sobre la validez de la técnica quirúrgica desde el punto de vista refractivo, es decir, su eficacia en otorgar al paciente una agudeza visual sin corrección al menos similar o mejor a la que este tenía en el preoperatorio con ayuda de gafas o lentes de contacto.

$$\text{Índice de eficacia} = \text{AVSC postoperatoria} / \text{AVCC preoperatoria}$$

En la primera semana tras la operación el índice de eficacia era de 0,98. En el segundo control postoperatorio (2 meses) el índice era de 1,06 y, en el tercer control postoperatorio (1 año), el índice era de 1,12.

En los dos últimos controles postoperatorios, el índice de eficacia fue superior a 1, por lo que esta cirugía puede considerarse eficaz desde el punto de vista refractivo.

5.6.4. Seguridad

El índice de seguridad se calcula como el cociente entre la AVCC postoperatoria y la AVCC preoperatoria. En nuestro caso, nos informa sobre la validez de la técnica para recuperar la agudeza visual perdida por la catarata. También nos puede informar sobre la iatrogenia causada por la técnica.

Índice de seguridad = AVCC postoperatoria / AVCC preoperatoria

En la primera semana tras la operación, el índice de eficacia era de 1,69. En el segundo control postoperatorio (2 meses), era de 2,03 y en el tercer control postoperatorio (1 año) era de 2,06.

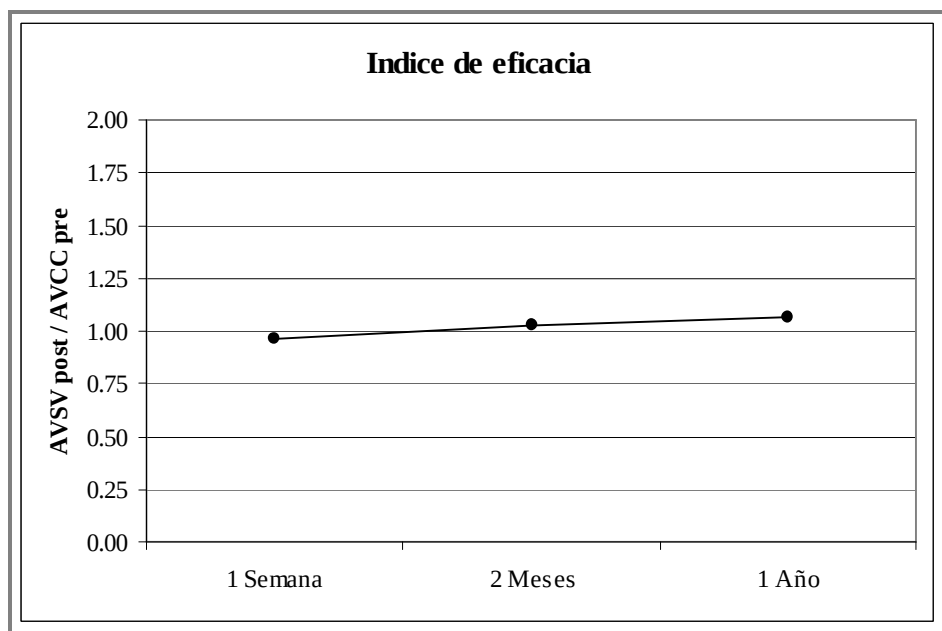


Gráfico V-29 Índice de eficacia.

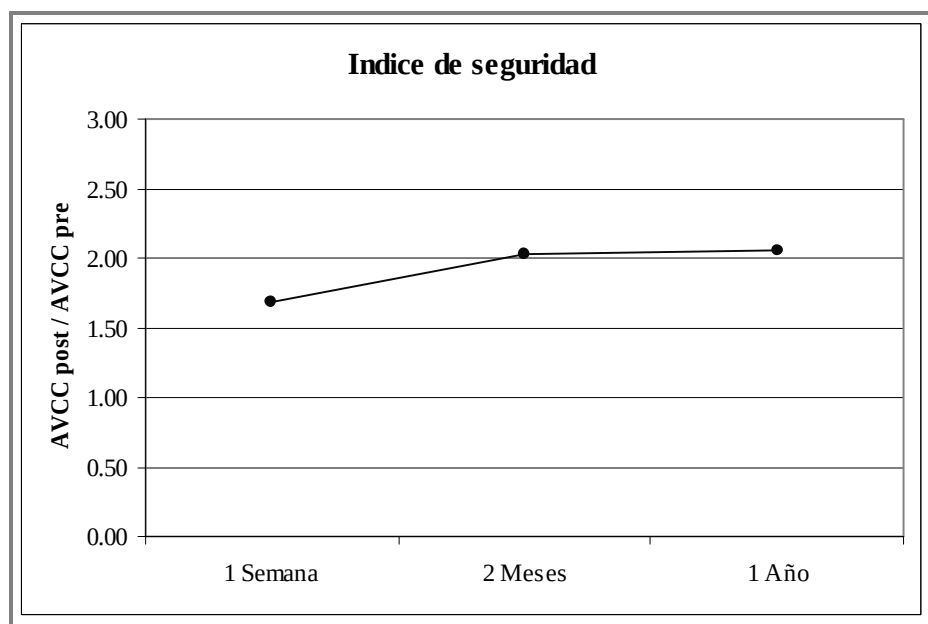


Gráfico V-30 Índice de seguridad.

CAPITULO VI. DISCUSIÓN

6.1. ASTIGMATISMO QUIRURGICO

El astigmatismo quirúrgico inducido es un problema que ha acompañado a la cirugía de la catarata desde sus orígenes. Las incisiones de gran tamaño, así como la aplicación de suturas para el cierre hermético de la cámara anterior, han sido hallados como los principales factores determinantes del mismo¹⁷². Antes de la aparición de las lentes intraoculares, el astigmatismo posquirúrgico, aunque presente, probablemente no representaba una prioridad comparado con la gran ametropía esférica que representaba la afaquia. Ante la posibilidad de alcanzar la emetropía con la generalización de los implantes intraoculares y el desarrollo de fórmulas para el cálculo de la potencia de los mismos, la eliminación del astigmatismo quirúrgico se convirtió en un objetivo de primer orden. Con la introducción de la facoemulsificación (Kelman, 1967)¹⁷³ y su posterior desarrollo¹⁷⁴ se dio un gran paso para la consecución de dicho objetivo¹⁷⁵, ya que se hizo posible al menos la extracción de la catarata por incisión pequeña.

A partir de los años setenta, y sobre todo, desde los trabajos de Jaffe¹⁷⁶ y Clayman¹⁷⁷ el astigmatismo inducido ha sido considerado como una complicación que debe evitarse. El motivo principal por el cual la extracción extracapsular asistida por ultrasonidos (facoemulsificación o sonofacoaspiración) se ha convertido en la técnica de elección para la cirugía de cataratas es, sin duda, el tamaño de la incisión^{178, 179}. Está probado que cuanto más pequeña es la incisión^{180, 181}, menor es la inducción astigmática^{182, 183}. Si esto es así, debería haber un tamaño de incisión lo

suficientemente pequeño para no producir un astigmatismo clínicamente significativo¹⁸⁴. Dicho de otro modo, en ausencia de ametropía esférica ¿cual sería el tamaño de incisión capaz de provocar un astigmatismo lo suficientemente pequeño para tener una buena agudeza visual sin necesidad de lentes oftálmicas? Si consideramos como fisiológico un astigmatismo no superior a 0,5 D¹⁸⁵, podríamos calificar a una incisión que no supere dicha cantidad como astigmaticamente neutra o insignificante¹⁸⁶.

En nuestro estudio, todas las incisiones practicadas han sido inferiores a cuatro milímetros. Los resultados de la inducción astigmática tanto escalar como vectorial han sido inferiores a 0,5 D en todos los controles. Por tanto podemos afirmar que, las incisiones realizadas con la técnica quirúrgica empleada y desarrollada en el capítulo 4.6 no inducen un astigmatismo clínicamente significativo.

Otros autores, como Vass, Menapace et al¹⁸⁷ (1998), estudian los cambios obtenidos después de una incisión corneal valvulada de 3 mm. En la sustracción simple de los valores topográficos, encuentran unas diferencias en el astigmatismo corneal de 0,22 D, tanto a los tres meses como al año de la intervención. En el caso del análisis vectorial los resultados obtenidos para el astigmatismo inducido son de 0,43 a los 3 meses y 0,42 al año de la intervención. Joo, Han et al¹⁸⁸ encuentran resultados similares en un estudio publicado en 1997. Datos ligeramente superiores a los obtenidos en nuestro estudio, pero que, en cualquier caso ratifican nuestras conclusiones en cuanto al mínimo cambio astigmático producido con este tipo de

incisiones. Las pequeñas diferencias respecto a nuestra serie pueden ser debidas a que en, el estudio de Vass, Menapace et al, todas las incisiones fueron temporales, independientemente de la orientación del meridiano de más potencia refractiva. En nuestro caso, las incisiones se realizaron siempre sobre el meridiano más curvo, aprovechando así la pequeña inducción astigmática a nuestro favor¹⁸⁹. El hecho de que la inducción astigmática sea mínima, hace a esta técnica la más adecuada para los casos con bajo astigmatismo preoperatorio. No ocurre lo mismo en los casos en que éste es elevado, ya que en esta situación no obtendremos una corrección astigmática suficiente a no ser que ampliemos la incisión principal¹⁹⁰ o la complementemos con técnicas accesorias^{191, 192} como las incisiones arcuatas¹⁹³.

Hemos estudiado también las posibles diferencias de astigmatismo inducido en cuanto a la localización de las incisiones. En los casos de astigmatismo corneal preoperatorio *según* la regla se practicó una incisión superior mientras que en los casos de astigmatismo corneal preoperatorio *contra* la regla, la incisión fue temporal. Así mismo, en los casos de astigmatismo *oblicuo* la incisión se práctico, también, sobre el meridiano más curvo. Los resultados obtenidos, muestran diferencias estadísticamente significativas entre las incisiones superiores y temporales, a los dos meses, pero no al año. En el grupo de astigmatismo *contra* la regla, (con incisión temporal) la inducción astigmática fue ligeramente superior a los grupos *según* la regla y *oblicuo*. Las diferencias entre el grupo según la regla y oblicuo no fueron significativas. La inducción astigmática en función de la posición de la incisión es un tema controvertido, autores como Masket et al¹⁹⁴, Oshima et al¹⁹⁵ y Hayashi et al¹⁹⁶

reportan un mayor astigmatismo en las incisiones superiores que en las temporales mientras que Nielsen y Neuhann¹⁹⁷ no encuentran diferencias en el valor del astigmatismo entre las incisiones descritas.

Si observamos cada uno de los meridianos principales por separado, vemos que el meridiano con más potencia refractiva (K1) no sufre cambios estadísticamente significativos y, paradójicamente, el meridiano más plano (K2), tiene una variación significativa, aunque con un valor de tan sólo 0,1 D. La potencia corneal media no sufrió cambios significativos respecto al preoperatorio en ninguno de los controles.

En los últimos años se están popularizando las llamadas “micro-incisiones”, de aproximadamente 1,5 mm. o incluso menos, para la cirugía de la catarata. Aparte del supuesto beneficio en cuanto al menor traumatismo en la cámara anterior, debido a la estanqueidad intraoperatoria y menor cantidad de fluido empleado, cabe preguntarse si presenta ventajas en cuanto al astigmatismo inducido respecto a la técnica actual universalmente aceptada. De hecho, hemos mencionado que, al finalizar la intervención, las paracentesis accesorias (de 1,5 mm.) resultaron más difíciles de hermetizar, requiriendo de forma habitual la maniobra de hidratación, la cual resulta casi siempre innecesaria en la incisión principal de 2,8 a 3,75 mm.

Hemos explicado esta diferencia por la mayor deformación que sufren las paracentesis al existir un mayor ajuste con los instrumentos a su paso. Recientemente se han reseñado, entre otras complicaciones, casos de pérdida persistente de hermeticidad de las micro-incisiones en el postoperatorio¹⁹⁸. Esto sugiere que la

asunción de que toda reducción en el tamaño de las incisiones redundaría necesariamente en una mayor seguridad no está realmente fundada. Este tema, a buen seguro que será motivo de trabajos de investigación en los próximos años.

6.2. QUERATOMETRIA Y TOPOGRAFÍA CORNEAL

Desde su introducción a mediados del siglo XIX y hasta el último cuarto del siglo XX, el queratómetro ha sido el método habitual para medir la curvatura de la superficie corneal anterior. Su uso comporta asumir la aseveración de Helmholtz¹⁹⁹, de que la cornea es una superficie esferocilíndrica²⁰⁰. Partiendo de esta premisa, el queratómetro, parecía suficiente para el estudio de la óptica central de la córnea. Con la introducción de las lentes de contacto, se hizo necesario encontrar otro método de exploración que diese más información de la periferia corneal, así como una mayor precisión en la determinación de la forma de la superficie central²⁰¹. Esta necesidad se relacionaba sobretudo con el desarrollo de nuevos diseños²⁰² que hiciesen más confortable el uso de lentes de contacto²⁰³. Sin embargo, para la mayoría de clínicos, la información proporcionada por el queratómetro era suficiente para la práctica cotidiana.

Con el desarrollo de la cirugía refractiva de la córnea (queratorrefractiva) se constató que los datos queratométricos no se correlacionaban adecuadamente con los resultados clínicos obtenidos²⁰⁴. El queratómetro se reveló un instrumento insuficiente para valorar los cambios en la geometría corneal²⁰⁵. A partir de entonces la topografía corneal (basada en videoqueratoscopia o en métodos de barrido de hendiduras) se convirtió en el método de elección para el seguimiento de este tipo de cirugía²⁰⁶. La topografía corneal ha supuesto un avance considerable en la evaluación de numerosas alteraciones como el queratocono incipiente^{207, 208}, modificaciones

corneales por uso de lentes de contacto²⁰⁹, astigmatismos irregulares²¹⁰, asimetrías en los meridianos y en las variaciones de forma producidas por la cirugía de la cornea.

La topografía computarizada parece, hoy en día, el mejor método para evaluar la forma de la córnea²¹¹ en un caso concreto, así como sus variaciones en el tiempo. Sin embargo, para trabajar con el gran número de datos que aporta y poder extraer conclusiones, es preciso simplificar la información. Por ejemplo reducirla al valor queratométrico medio de los meridianos principales y así caracterizar el astigmatismo. La topografía ofrece datos de toda la superficie corneal y por tanto información más fiable y precisa del astigmatismo que con los queratómetros convencionales. Sin embargo en algunos casos, como en los astigmatismos asimétricos, un valor queratométrico medio, aun obtenido a partir de la topografía, no permite definir correctamente la geometría de la superficie corneal²¹². En la cirugía de la catarata, muchos de los cambios topográficos debidos a la incisión son asimétricos. Por ello pueden existir discrepancias entre los datos queratométricos y la agudeza visual postoperatoria. Los topógrafos corneales computarizados presentan en todo caso numerosas ventajas²¹³, como su capacidad para analizar prácticamente cualquier punto de la superficie corneal, calcular el astigmatismo medio de diferentes áreas y a una distancia variable del centro de la córnea y determinar astigmatismos asimétricos²¹⁴. Esta versatilidad sobre los queratómetros los hace más eficaces que estos para su uso en cirugía refractiva²¹⁵.

Aun así, adolecen de ciertas limitaciones: Al igual que los queratómetros, los topógrafos basados en un disco de Plácido utilizan para sus mediciones las imágenes reflejadas en la superficie corneal (primera imagen de Purkinje). Determinan así el radio de curvatura de la superficie anterior de la córnea y, a partir de este, la potencia total de la cornea aplicando un valor arbitrario, el “índice queratométrico”, que es inferior al índice de refracción real de la córnea²¹⁶.

Este modo de calcular la potencia corneal total a partir del radio de curvatura de la cara anterior sin conocer el radio de la cara posterior, aunque válido para la mayoría de exploraciones, puede inducir a errores importantes en caso de córneas con radios no habituales, como ocurre tras cirugía queratorrefractiva y en las patologías ectásicas. En estos casos, las medidas queratométricas llevan a sobreestimar el poder total de la córnea. Es aquí donde se hace patente la necesidad de conocer la potencia de la superficie posterior de la córnea, únicamente medible con los topógrafos de barrido (Orbscan[®]), que son capaces de determinar el radio de curvatura anterior y posterior además del espesor corneal. Aun así, los datos de la superficie posterior que estos últimos equipos generan se obtienen mediante exploración *a través* de la superficie anterior, por lo que las deformaciones presentes en ésta influirán sobre aquellas, siendo causa de posibles imprecisiones y artefactos difíciles de compensar.

Actualmente se ha producido un auge, probablemente justificado, de la topografía de barrido, en detrimento de la basada en discos tipo Plácido. Sin

embargo, la instantaneidad de las últimas en comparación con el tiempo de barrido requerido por las primeras sigue constituyendo una ventaja en algunas situaciones.

La sobrevaloración de la potencia corneal, hallada en los casos de cirugía queratorrefractiva, con los topógrafos basados en el reflejo corneal (proyección de discos tipo Plácido), podría ser extensible a otros casos, incluso pudiera ser generalizada. El estudio comparativo entre ambas tecnologías será sin duda interesante y motivo de futuras investigaciones.

6.3. CALCULO DEL ASTIGMATISMO INDUCIDO

Tras la revisión de la literatura, a lo largo de la historia de la cirugía de la catarata, podemos constatar que el astigmatismo inducido ha tenido una presencia constante.^{217, 218, 219}. Uno de los problemas prácticos que encontramos a la hora de analizar los resultados de los diferentes autores, aparte de la disparidad de técnicas quirúrgicas, es la forma de calcular el cambio astigmático. Muchos de ellos aplican la sustracción simple²²⁰, es decir, restan la potencia astigmática postoperatoria de la preoperatoria²²¹ sin tener en cuenta el eje. Tratan, por tanto, al astigmatismo como una magnitud escalar (al igual que, por ejemplo, la potencia esférica). Este método, rápido y sencillo, es útil para la práctica clínica ya que puede realizarse incluso mentalmente para un caso concreto. Sin embargo, a la hora de determinar el cambio real que se produce en una determinada técnica quirúrgica no define adecuadamente el astigmatismo, lo que puede llevar a conclusiones erróneas (véase el ejemplo en el epígrafe 2.4.1).

El hecho de que el astigmatismo se defina por dos componentes²²² hace más complejo el análisis de sus cambios²²³. Debemos recurrir a un método con el que se pueda operar matemáticamente y en el que se traten sus dos elementos conjuntamente²²⁴: el cálculo vectorial²²⁵. Podemos así, analizar no sólo los cambios de potencia, sino también los de orientación²²⁶.

El cálculo por representación gráfica, aunque posible en un caso concreto, no es práctico para manejar grandes series. Como el astigmatismo viene definido por su

valor en potencia dióptrica y la orientación de su eje, inicialmente puede expresarse matemáticamente como un vector en un sistema de coordenadas polares. Sin embargo, a la hora de operar con varios vectores, como ocurre con la determinación del astigmatismo inducido, debemos pasar de coordenadas polares a coordenadas cartesianas²²⁷ y operar con cada uno de los componentes x e y de cada vector, para luego volver a las coordenadas polares y obtener el resultado. Para series de datos, este tipo de operaciones exigen el uso de una potente hoja de cálculo por la cantidad de operaciones requeridas.

En este trabajo se han analizado tanto los cambios escalares entre el pre y postoperatorio como el astigmatismo inducido por método vectorial. Los primeros pueden ser útiles a título de comparación con los datos en la literatura obtenidos con el mismo método. No obstante, creemos que el segundo procedimiento es el más adecuado para determinar la inducción astigmática provocada por la cirugía.

6.4. CIRUGÍA DE LA CATARATA Y REFRACCIÓN

La cirugía actual de la catarata, aparte de su función primaria de restablecer la transparencia de medios, tiende cada vez más a ser considerada como una forma de cirugía refractiva. Además de eliminar el impedimento causado por la opacidad del cristalino, se intenta que procure una agudeza visual aceptable con la menor dependencia posible de lentes oftálmicas. Dicho objetivo puede lograrse corrigiendo el defecto refractivo preoperatorio y evitando la inducción astigmática.

Como se ha comentado ya, en la inducción del astigmatismo juega un papel predominante la incisión corneal. Con incisiones pequeñas disminuiríamos la inducción astigmática en caso de bajo astigmatismo preoperatorio²²⁸. Las incisiones grandes o accesorias²²⁹, pueden ser útiles en caso de que el astigmatismo preoperatorio sea elevado.

En el caso de la refracción esférica, debemos corregir tanto la ametropía preoperatoria como la hipermetropía afáquica²³⁰. Para ello es fundamental una adecuada elección de la lente intraocular a implantar²³¹. Ya que la cirugía de la catarata consiste en reemplazar por una lente de potencia conocida (aunque no de forma exacta su posición final), una lente (el cristalino) cuya potencia desconocemos, los cálculos del poder de la lente a implantar presentan necesariamente cierto grado de incertidumbre. En consecuencia, es de importancia primordial determinar los parámetros sobre los que se basará el cálculo (la potencia corneal total y la longitud axial del globo) de la forma más exacta posible²³².

Como objetivo secundario de este trabajo nos propusimos analizar la eficacia de la cirugía de la catarata por pequeña incisión (sonofacoaspiración) como procedimiento refractivo. Aunque una valoración global “práctica” de la técnica como correctora de ametropías vendría dada por la necesidad, o no, de usar gafas para visión lejana en el postoperatorio, debemos hacer una serie de puntualizaciones en relación con cada parámetro estudiado por separado.

En cuanto a la corrección cilíndrica, es evidente que si no se realiza ninguna técnica correctora de astigmatismo complementaria²³³, el resultado postoperatorio va a depender ante todo del astigmatismo previo que tuviese el paciente. Como ha quedado demostrado, con la técnica presentada la variación de la curvatura corneal es mínima. Los resultados obtenidos en cuanto al astigmatismo refractivo final confirman lo dicho anteriormente. Si bien el astigmatismo ha sido de aproximadamente 0,9 D en todos los controles, hay que tener en cuenta que se partía de un astigmatismo refractivo preoperatorio medio de 1,22 D por lo que la variación escalar con la cirugía ha sido una disminución aproximada de 0,3 D. Diferencia algo mayor que la variación escalar obtenida en el astigmatismo topográfico, de lo cual se desprende que hay una discreta disminución del astigmatismo refractivo, aproximadamente 0,2 D debida a la propia extracción del cristalino²³⁴.

Por lo que respecta a la corrección esférica, el resultado refractivo postoperatorio dependerá principalmente de la potencia de la lente intraocular utilizada. Para su determinación, hemos utilizado la formula SRK II²³⁵ con los datos

proporcionados con el topógrafo Eye Sys[®] Videokeratoscope 16 y el biómetro ultrasónico Sonomed[®] 2500. Se ha utilizado la SRK II en todos los casos por ser una de las formulas más utilizadas universalmente durante el periodo del estudio. Sus resultados han sido en general buenos en cuanto a precisión para la mayoría de pacientes²³⁶, si bien puede perder fiabilidad en casos extremos²³⁷. Hoy en día disponemos de formulas teóricas de 3ª y 4ª generación²³⁸ que probablemente sean más precisas²³⁹ en ciertos casos como hipermetropías o miopías altas²⁴⁰.

La media de la refracción esférica postoperatoria obtenida fue inferior a media dioptría negativa en todos los controles. El resultado en este punto concreto es altamente satisfactorio, si tenemos en cuenta que tal resultado es en buena medida intencional. Una discreta refracción miópica al menos en uno de los ojos, facilitará la visión a distancias medias y relativamente próximas, disminuyendo la dependencia de las gafas de lectura. Un resultado hipermetrópico no es en general deseable en la pseudofaquia ya que, debido a la inexistencia de acomodación, hace necesario el uso de corrección tanto en visión lejana como en próxima²⁴¹, siendo esta última de valor superior que en el caso de un resultado miópico.

El resultado en cuanto al equivalente esférico ha sido aceptable y su valor medio no supera la dioptría de miopía. Si tomáramos como objetivo la emetropia, hubiese sido deseable una ametropía residual algo inferior. Este resultado probablemente refleja la tendencia a aplicar cierto grado de “visión mezclada” (una forma más discreta de la llamada “monovisión”) en muchos de estos pacientes.

Desafortunadamente entre los datos recogidos en la historia clínica no consta el equivalente esférico “diana” o deseado tras la intervención, por lo que no podemos precisar más en cuanto a la eficacia del método de cálculo de la lente empleado. Se trataba, no obstante, de un objetivo secundario de este trabajo. Probablemente, el utilizar fórmulas de cálculo de lentes individualizadas según el tipo o grado de ametropía contribuya a mejorar la precisión de resultados²⁴².

También hay que tener en cuenta el error sistemático de cada una de las exploraciones. La queratometría, por ejemplo, al medir sólo la superficie anterior de cornea²⁴³ y dar un valor aproximado de la potencia corneal total, puede darnos una medida irreal de esta, sobre todo en casos de curvaturas poco habituales²⁴⁴. La biometría también puede darnos medidas imprecisas de la longitud axial en algunas situaciones, como es el caso de miopías elevadas con grandes estafilomas²⁴⁵. La interferometría parcialmente coherente es una alternativa a la biometría ultrasónica que podría aumentar la precisión en la determinación de la longitud axial, y por tanto reducir una de las fuentes de error en el cálculo de las lentes intraoculares²⁴⁶.

Como hemos podido comprobar, el resultado refractivo global de la cirugía de catarata con incisión pequeña es, en general, altamente satisfactorio. Realizada a través de incisiones de alrededor de 3 mm, la cirugía de la catarata es prácticamente anastigmática. No parece, por tanto, que una ulterior reducción en el tamaño de las incisiones vaya a tener un efecto clínicamente apreciable sobre el astigmatismo postoperatorio. El astigmatismo final dependerá ante todo del grado de astigmatismo

preoperatorio. De ser este último elevado, se hace necesaria la práctica de técnicas adicionales para su tratamiento, ya sea en el mismo acto quirúrgico, con incisiones complementarias²⁴⁷, o bien con posterioridad a este por medio de la fotoqueratomileusis (LASIK)²⁴⁸. Estos aspectos merecerían un estudio detallado que se escape del objetivo de este trabajo y que sin duda serán motivo de futuras investigaciones.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados del estudio, podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. Las incisiones corneales tunelizadas para cirugía de la catarata, de 3 a 4 milímetros como las empleadas en el presente estudio, provocan una variación media inferior a 0,25 dioptrías en el valor del astigmatismo queratométrico preexistente.
2. La inducción astigmática provocada por la cirugía es en promedio equivalente a la aplicación de un vector cuyo módulo es inferior a 0,5 dioptrías y cuya dirección depende del meridiano donde se aplique la incisión y del eje del astigmatismo previo.
3. La variación astigmática final en los casos de astigmatismo según la regla, en los que se realizó una incisión superior, no reveló diferencias significativas respecto a la variación de los casos de astigmatismo en contra de la regla, en los que se realizó una incisión temporal.
4. La variación topográfica media de cada uno de los meridianos principales (K1 y K2) es de aproximadamente 0,1 dioptrías. El aumento de radio de curvatura por aplanamiento de K1 no fue estadísticamente significativo pero se produjo una reducción del radio de curvatura (incurvamiento) compensatorio (por *coupling* o acoplamiento) en K2, el cual sí fue significativo.
5. El cambio refractivo total de la córnea (equivalente esférico corneal), tomado como la media aritmética del poder dióptrico de los meridianos principales, fue en promedio inferior a 0,1 dioptrías. Por lo tanto, las incisiones corneales

de este tipo no intervienen prácticamente en el resultado esférico final de la cirugía.

6. La ametropía esférica postoperatoria media obtenida fue de -0,35 dioptrías. Esto supone una buena predictibilidad refractiva del procedimiento, en especial en lo que respecta al cálculo del poder de la lente a implantar.
7. El equivalente esférico residual medio fue de unas -0,8 dioptrías a lo largo de todos los controles postoperatorios. Esto posiblemente refleja cierta estrategia de discreta monovisión o visión “combinada” (*blending*), en al menos una parte de los pacientes.
8. El astigmatismo postoperatorio está directamente relacionado con el astigmatismo preoperatorio. En la serie estudiada, la ametropía astigmática residual fue inferior a una dioptría y comportó una reducción media de 0,3 dioptrías respecto al astigmatismo preoperatorio.
9. Debido a la escasa variación cilíndrica que provoca, la cirugía por incisión pequeña no es eficaz como procedimiento refractivo único en pacientes con astigmatismo clínicamente significativo. Estos casos precisarán una técnica adicional para corregir el astigmatismo si el objetivo fuera alcanzar la emetropía.
10. La agudeza visual sin corrección mostró un incremento medio de 2,5 décimas (Snellen) respecto a la del preoperatorio.
11. El índice de eficacia estuvo en promedio por encima de la unidad en los dos últimos controles postoperatorios. Por lo tanto, la técnica empleada se mostró eficaz desde el punto de vista refractivo en esta serie.

12. La agudeza visual con corrección supuso un incremento medio de 3 décimas (Snellen). Por lo tanto, la mejor agudeza visual corregida postoperatoria duplicó a la preoperatoria.
13. A la luz de los resultados, podemos afirmar que la cirugía de la catarata por incisión pequeña de 3 a 4 milímetros no provoca un cambio clínicamente significativo en el astigmatismo previo del paciente. No es, por tanto, evidente que incisiones menores a las del presente estudio aporten ventajas en cuanto al control del astigmatismo inducido.
14. La extracción de catarata por sonofacoaspiración a través de incisión pequeña ha demostrado ser una técnica quirúrgica eficaz como procedimiento refractivo único en casos de bajo astigmatismo preoperatorio.

CAPITULO VIII. RELACIÓN DE TABLAS

Tabla V-1 Distribución por edad	111
Tabla V-2 Longitud axial	114
Tabla V-3 Lentes intraoculares.....	115
Tabla V-4 Potencia de las lentes implantadas.	116
Tabla V-5 Cilindro preoperatorio.	117
Tabla V-6 Distribución del astigmatismo refractivo (total).	117
Tabla V-7 Refracción esférica.	119
Tabla V-8 Distribución según el tipo de ametropía esférica	119
Tabla V-9 Astigmatismo corneal (topográfico).....	121
Tabla V-10 Evolución del astigmatismo corneal.....	124
Tabla V-11 Astigmatismo corneal (subs. simple). Diferencia respecto al preoperatorio.....	125
Tabla V-12 Astigmatismo corneal (substracción simple). Diferencia entre controles.	126
Tabla V-13 Evolución del astigmatismo corneal. Según tipo de astigmatismo.	130

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla V-14 Astigmatismo corneal estratificado según tipo de astigmatismo preoperatorio.....	132
Tabla V-15 Astigmatismo corneal según tipo. Diferencia entre grupos. (Preoperatorio).....	133
Tabla V-15 Astigmatismo corneal según tipo. Diferencia entre grupos. (1 semana).	133
Tabla V-16 Astigmatismo corneal según tipo. Diferencia entre grupos. (2 meses).	133
Tabla V-17 Astigmatismo corneal según tipo. Diferencia entre grupos. (1 año)...	133
Tabla V-18 Astigmatismo inducido (método vectorial).	135
Tabla V-19 Astigmatismo inducido (método vectorial). (1 semana).....	136
Tabla V-20 Astigmatismo inducido (método vectorial). (2 meses).....	136
Tabla V-21 Astigmatismo inducido (método vectorial). (1 año).....	136
Tabla V-22 Evolución del astigmatismo inducido según tipo.....	140
Tabla V-23 Astigmatismo inducido (método vectorial) según tipo.....	141
Tabla V-24 Astigmatismo inducido (método vectorial) entre grupos (1 semana). .	142
Tabla V-25 Astigmatismo inducido (método vectorial) entre grupos (2 meses)....	142

Tabla V-26 Astigmatismo inducido (método vectorial) entre grupos (1 año).	142
Tabla V-27 Evolución de K1.....	145
Tabla V-28 Evolución de K2.....	145
Tabla V-29 K1 preoperatorio vs postoperatorio.....	146
Tabla V-30 K1 preoperatorio vs postoperatorio.....	146
Tabla V-31 K2 preoperatorio vs postoperatorio.....	148
Tabla V-32 K2 preoperatorio vs postoperatorio.....	148
Tabla V-33 Evolución de la potencia corneal media.	151
Tabla V-34 Potencia corneal media. Diferencias respecto al preoperatorio.	152
Tabla V-35 Evolución del astigmatismo total (refractivo).....	154
Tabla V-36 Astigmatismo total (refractivo) preoperatorio vs postoperatorio.....	155
Tabla V-37 Astigmatismo total (refractivo). Diferencia entre controles.	156
Tabla V-38 Distribución del esférico.....	157
Tabla V-39 Evolución de la ametropía esférica.....	159
Tabla V-40 Ametropía esférica preoperatorio vs postoperatorio.	160
Tabla V-41 Ametropía esférica. Diferencia entre controles.....	161

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla V-42 Evolución del equivalente esférico.....	163
Tabla V-43 Equivalente esférico. Preoperatorio vs preoperatorio.	164
Tabla V-44 Equivalente esférico. Diferencia entre controles postoperatorios.	165
Tabla V-45 Evolución de la agudeza visual sin corrección.	167
Tabla V-46 AVSC preoperatorio vs controles postoperatorios.....	168
Tabla V-47 AVSC entre controles postoperatorios.	169
Tabla V-48 Evolución de la agudeza visual con corrección.	171
Tabla V-49 AVCC preoperatorio vs controles postoperatorios.	172
Tabla V-50 AVCC entre controles postoperatorios.....	173

CAPITULO IX. RELACIÓN DE GRÁFICOS

Gráfico V-1 Distribución por tipo de astigmatismo corneal preoperatorio.....	110
Gráfico V-2 Astigmatismo corneal según su orientación.	110
Gráfico V-3 Distribución por edad	111
Gráfico V-4 Distribución por sexo.....	112
Gráfico V-5 Distribución ojo derecho / Izquierdo.....	113
Gráfico V-6 Longitud axial.	114
Gráfico V-7 Número de lentes implantadas según modelo.....	115
Gráfico V-8 Distribución de la potencia de la lentes intraoculares	116
Gráfico V-9 Astigmatismo refractivo (total).....	118
Gráfico V-10 Astigmatismo refractivo (total) según tipo.	118
Gráfico V-11 Refracción esférica.	120
Gráfico V-12 Tipo de ametropía esférica.....	120
Gráfico V-13 Evolución del astigmatismo corneal.....	124
Gráfico V-14 Evolución del astigmatismo corneal, estratificado según tipos de astigmatismo queratométrico preoperatorio.	131

RELACIÓN DE GRÁFICOS

Gráfico V-15 Astigmatismo inducido (método vectorial).	135
Gráfico V-16 Astigmatismo inducido (vectorial). Según tipo de astigmatismo.	139
Gráfico V-17 Evolución de los meridianos principales.	144
Gráfico V-18 K1 preoperatorio vs postoperatorio ($R=0,952$).	147
Gráfico V-19 K1 preoperatorio vs postoperatorio ($R=0,950$).	147
Gráfico V-20 K2 preoperatorio vs postoperatorio ($R=0,957$).	149
Gráfico V-21 K2 preoperatorio vs postoperatorio ($R=0,945$).	149
Gráfico V-22 Evolución de la potencia corneal media.	151
Gráfico V-23 Evolución del astigmatismo total (refractivo).	154
Gráfico V-24 Distribución del esférico.	157
Gráfico V-25 Evolución de la ametropía esférica.	159
Gráfico V-26 Evolución del equivalente esférico.	163
Gráfico V-27 Evolución de la agudeza visual sin corrección.	167
Gráfico V-28 Evolución de la agudeza visual con corrección.	171
Gráfico V-29 Índice de eficacia.	176
Gráfico V-30 Índice de seguridad.	176

CAPITULO X. RELACIÓN DE ILUSTRACIONES

Ilustración II-1 Ametrópía esférica.	9
Ilustración II-2 Ametrópía astigmática.	9
Ilustración II-3 Astigmatismo regular.	18
Ilustración II-4 Astigmatismo irregular.....	18
Ilustración II-5 Astigmatismo miópico simple.	19
Ilustración II-6 Astigmatismo miópico compuesto.....	20
Ilustración II-7 Astigmatismo hipermetrópico compuesto.....	20
Ilustración II-8 Astigmatismo mixto.....	21
Ilustración II-9 Astigmatismo según la regla.	22
Ilustración II-10 Astigmatismo según la regla. Videoqueratoscopia.	22
Ilustración II-11 Astigmatismo contra la regla.	23
Ilustración II-12 Astigmatismo contra la regla. Videoqueratoscopia.	23
Ilustración II-13 Astigmatismo oblicuo.	24
Ilustración II-14 Astigmatismo oblicuo. Videoqueratoscopia.....	24
Ilustración II-15 Anillo óptico corneal y zona óptica central.	38

RELACIÓN DE ILUSTRACIONES

Ilustración II-16 Tamaño y forma de la incisión corneal.	56
Ilustración II-17 Suma de dos cilindros oblicuos.	60
Ilustración II-18 Calculo del astigmatismo inducido por representación gráfica.	61
Ilustración II-19 Cálculo de astigmatismo inducido por coordenadas cartesianas. ...	62
Ilustración II-20 Topógrafo corneal Eye Sys, basado en reflexión de miras (tipo Plácido).	70
Ilustración II-21 Hoja de presentación de datos del topógrafo corneal Eye Sys.	70
Ilustración II-22 Hoja de presentación de datos del topógrafo corneal Orbscan.	72
Ilustración IV-1 Equipo de topografía corneal Eye Sys® Videokeratoscope 16.	81
Ilustración IV-2 Ecógrafo ultrasónico Sonomed® 2500.	81
Ilustración IV-3 Incisión corneal (preincisión).	93
Ilustración IV-4 Incisión corneal (penetración en cámara anterior).	93
Ilustración IV-5 Paracentesis accesorias.	94
Ilustración IV-6 Inyección de viscoelástico.	94
Ilustración IV-7 Capsulorrexis anterior circular continua.	96
Ilustración IV-8 Hidrodissección e hidrodelineación.	96

RELACIÓN DE ILUSTRACIONES

Ilustración IV-9 Sonofacoaspiración del núcleo (surco inicial).	98
Ilustración IV-10 Sonofacoaspiración. Fragmentación del núcleo.....	98
Ilustración IV-11 Irrigación y aspiración cortical bimanual.	100
Ilustración IV-12 Pulido capsular (Aspiración de células epiteliales del cristalino)	100
Ilustración IV-13 Ampliación de la incisión.	103
Ilustración IV-14 Introducción de la lente (en este caso plegada, con pinza de Buratto).....	103
Ilustración IV-15 Desplegado de la lente.	104
Ilustración IV-16 Aspiración de viscoelástico.....	104

CAPITULO XI. BIBLIOGRAFÍA

- ¹ Hecht E, Zajac A: Óptica. Addison-Wesley. Massachusetts. 1974; 106.
- ² Millan MS, Escofet J, Lupón M: Óptica geométrica. Problemas. Edicions UPC. Barcelona. 1993; 129-130.
- ³ Duke-Elder S: Refracción teoría y práctica. Jims S.A. Barcelona. 1985; 71-76.
- ⁴ Pujol J, Tápias M, Alvarez JL: Óptica fisiológica. Edicions UPC. Barcelona. 1993; 293-309.
- ⁵ Miller SJ: Parsons Diseases of the eye. 18^a ed. Churchill Livingstone. Edinburgh. 1990; 67.
- ⁶ Pita Salorio D: Diccionario terminológico de oftalmología. I. M. & C. Ed. Madrid. 1996. 80.
- ⁷ Goggin M: Assessment of surgical astigmatism: Toward an International Standard. *J Cataract Refract Surg*. 1998; 24: 1548-1550.
- ⁸ Beaumont C: Oftalmología de Y. Pouliquen. Masson Ed. Barcelona. 1986; 587.
- ⁹ Salado F: Astigmatismo. Publicaciones Universidad de Cadiz. 1988; 19-31.

- ¹⁰ Donders FC: On the anomalies of accommodation and refraction of the eye. London. 1864.
- ¹¹ Duke-Elder S: System of Ophthalmology. Mosby. St. Louis.1970; Vol. 5. 362-373.
- ¹² Von Reuss A, Woinow MW: Ophthalmometrische Studien. Vienna. 1869.
- ¹³ Wecker, Landolt: Tratado completo de Oftalmología. Paris. 1887.
- ¹⁴ Groenholm V, Kangasniemi M: Über hornhautnaht beim starschnitt und den postoperativen astigmatismus. *Acta Ophthalmol.* 1936; 14: 158-167.
- ¹⁵ Floyd G: Changes in the corneal curvature following cataract extraction. *Am J Ophthalmol.* 1951; 34: 1525-1533.
- ¹⁶ Parker WT, Clorfeine GS: Long term evolution of astigmatism following planned extracapsular cataract extraction. *Arch Ophthalmol.*1989; 107: 353-357.
- ¹⁷ Talamo JH: Natural history of corneal astigmatism after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1991; 17: 313-318.

- ¹⁸ Cravy TV: Long term corneal astigmatism related to selected elastic, monofilament, no absorbable sutures. *J Cataract Refract Surg.* 1989; 15:61-69.
- ¹⁹ Kelman CD: Phacoemulsification and aspiration: A new technique of cataract removal. A preliminary report. *Am J Ophthalmol.* 1967; 64: 23-35.
- ²⁰ Barraquer RI: Editorial. *Arch Seo.* 1997; 72: 299-300.
- ²¹ Jaffe NS: Cataract surgery and its complications. Mosby. St. Louis. 1972.
- ²² Jaffe NS, Clayman HM: The pathophysiology of corneal astigmatism after cataract extraction. *Trans. Am. Acad. Ophth. Otol.* 1975; 79: 615-630.
- ²³ Waring III GO: Congenital and neonatal corneal abnormalities. En Leibowitz, H. M. Corneal disorders. Clinical, diagnosis and management. W. B. Saunders Company. Philadelphia. 1984.37-39.
- ²⁴ Leibowitz HM: Corneal disorders. Clinical, diagnosis and management. W. B. Saunders Company. Philadelphia. 1984. 100-120.

²⁵ McCulley JP, Moore TE: Chemical injuries of the eye. En Leibowitz, H. M. Corneal disorders. Clinical, diagnosis and management. W. B. Saunders Company. Philadelphia. 1984. 471-498.

²⁶ Brown SI, Weller CA, Wasermaun HE: Collagenolytic activity of alkali burned corneas. *Arch Ophthalmol*. 1969; 81: 370.

²⁷ O'day DM: Herpes simplex keratitis. En Leibowitz, H. M. Corneal disorders. Clinical, diagnosis and management. W. B. Saunders Company. Philadelphia. 1984. 387-403.

²⁸ Miller D: Measuring the corneal surface. En: Podos & Yanoff. Textbook of Ophthalmology. Gower Medical Publishing. New York. 1991; Vol 1, Cap 14.

²⁹ Waring GO, Holladay JT: Optics and topography of corneal astigmatism. En Waring GO: Refractive keratotomy for myopia and astigmatism. Mosby Year Book. 1992; 1060-1084.

³⁰ Rowsey JJ: Current concepts in astigmatism surgery. *Journal Refract Surg*. 1986; 2: 85-94.

- ³¹ Albert DM, Edwards DD: The History of Ophthalmology. Blackwell science Inc. Massachussets. 1996; 3-20.
- ³² Richey L, Waugh JR: The eye and man in ancient Egipt. En Hirschberg, J.: The history of ophthalmology. J.P. Wayenborgh. Ostend. 1995; Vol. I. 2-13.
- ³³ Magnus H: Ophthalmology of the ancients. J.P. Wayenborgh. Ostend. 2000; Vol. I.
- ³⁴ Hirschberg J: The history of ophthalmology. J.P. Wayenborgh.1995 ; Vol. II. XV: 1-27.
- ³⁵ Barraquer J, Martínez Grau G: Historia de la cirugía de la catarata. En: Fontenla JR; Cirugía de la catarata. CDROM. Winwork. Lab. Allergan. Barcelona. 1998.
- ³⁶ Daviel J: Sur une nouvelle méthode de guérir la cararacte par l'extraction du cristalin. *Mém Acad. Chir.* Paris. 1753 ; 2 : 337 - 354.
- ³⁷ Smith H: A new technique for the expression of the cataractous lens in it capsule. *Arch. Ophth.*1926; 55: 213 – 224.

- ³⁸ Knapp A: Report of a series of a series of extractions of cataract in the capsule after subluxation with the capsule forceps. *Tr. Am. Ophth. Soc.* 1914.; 13: 666 – 677.
- ³⁹ Arruga H: Les details techniques de l´extraction intracapsulaire du cristallin.*Bull. soc. fr. opht.* 1933; 46 : 270- 286.
- ⁴⁰ Barraquer I: Extracción ideal de la catarata. *Anales Real Acad. Med. y Cir.* Barcelona. 1917; 2: 57 – 60.
- ⁴¹ Krwawicz T: Intracapsular extraction of intumescent cataract by application of low temperature. *Brit. J. Ophth.* 1961; 45: 279 – 283.
- ⁴² Barraquer J: Zonulolisis enzimática. Contribución a la cirugía del cristalino. *Anales de Med. y Cir.* 1958.; 38: 256 – 256.
- ⁴³ Barraquer J: Enzymatic Zonulolisis. *Proc. Roy. Soc. Med. London, sect.opht.* 1959; 52: 45 – 53.
- ⁴⁴ Daviel J: Sur une nouvelle méthode de guérir la cararacte par l,extraction du cristalin. *Mém Acad. Chir.* Paris. 1753 ; 2 : 337 - 354.

- ⁴⁵ Cavallini GM: Surgically induced astigmatism after manual extracapsular cataract extraction or after phacoemulsification procedure. *Eur J Ophthalmol.* 1996; 6: 257-63.
- ⁴⁶ Vanden Berkt AC, DeWaard PW, Pameijer JH: Comparison between post operative astigmatism after classic extracapsular lens extraction and after phacoemulsification with implantation of a Pearce tripod or Pearce vaulted Y-loop intraocular lens. *Doc Ophthalmol.* 1992; 82 (1-2) : 1-7.
- ⁴⁷ Watson A, Sunderraj P: Comparison of small incision phacoemuslification with standard extracapsular cataract surgery; post operative astigmatism and visual recovery. *Eye.* 1992; 6: 626-29.
- ⁴⁸ Zheng L, Merriam JC, Zaider M: Astigmatism and visual recovery after ‘larger incision’ extracapsular cataract surgery and ‘small incisions’ for phacoemulsification. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1997; 95: 387 – 410.
- ⁴⁹ Tsuneoka H, Shiba T, Takahas Y: Feasibility of ultrasound cataract surgery with a 1.4 mm incision. *J Cataract Refract Surg.* 2001; 27: 934-940.
- ⁵⁰ Tsuneoka H, Shiba T, Takahashi Y: Ultrasonic phacoemulsification using a 1.4 mm incision: clinical results. *J Cataract Refract Surg.* 2002; 28: 81-86.

⁵¹ Alió JL, Rodríguez-Prats JL, Galal A: Micro incision cataract surgery in phacoemulsification. Principles and Practice of Phacoemulsification. Slack Pub. 2003; 635.

⁵² Kanellopoulos AJ: Laser cataract surgery: A prospective clinical evaluation of 1,000 consecutive laser cataract procedures using the Dodick photolysis Nd: YAG system. *Ophthalmology*. 2001; 108: 649-655.

⁵³ Mandell RB, St. Helen R: Mathematical model of the corneal contour. *Br J Physiol Opt*. 1971; 26: 185-197.

⁵⁴ Spalton DJ, Hitchings RA, Hunter PA: Atlas de oftalmología clínica. Mosby / Doyma. Madrid. 1995; 6.2-6.4.

⁵⁵ Miller D: Measuring the corneal surface. En Yanoff & Podos, eds. Textbook of Ophthalmology. Gower Medical Publishing. New York. 1991; Vol. 1. Cap. 14.

⁵⁶ Kiely PM, Smith G, Carney LG: The mean shape of the human cornea. *Optica Acta*. 1982; 8: 361-364.

- ⁵⁷ Haouat M, Gatinel D, Duong MH, Faraj H: Etude de L'asphéricité cornéenne chez le sujet myope. *J Fr Ophtalmol*. 2002; 25: 448-492.
- ⁵⁸ Szuniewicz W, Fasanella RM: Surgery in an attempt to change corneal curvature. *Ophthalmic Surg* .1981; 12: 719-26.
- ⁵⁹ Sheridan M, Douthwaite WA: Corneal asphericity and refractive error. *Ophthalmic Phisiol Opt*. 1989; 9: 235-238.
- ⁶⁰ Eisner G: Cirugía del ojo. Introducción a la técnica operatoria. Ed. Médica Panamericana. 1985; 127-139.
- ⁶¹ Koch PS: Structural analysis of cataract incision construction. *J Cataract Refract Surg*. 1991; 17: 661-667.
- ⁶² Burato L: Corneal Topography. The Clinical Atlas. Thorofare: Slack. 1993.
- ⁶³ Hoffman RF: The surgical correction of idiopathic astigmatism. En Sanders, D.R., Hoffman, R.F. Saiz, J.J. eds. Refractive corneal surgery. Thorofare: Slack. 1986; 241-290.

⁶⁴ Osher RH: Trasverse astigmatic keratotomy combined with cataract surgery. Contemporary Refractive Surgery. *Ophthalmology Clinics Of North America*. 1992; 5: 717-725.

⁶⁵ Leen MM, Yanoff M: Association between surgically induced astigmatism and cataract incision size in the early postoperative period. *Ophthalmic Surg*. 1993; 24: 586-592.

⁶⁶ Cristobal JA, Minguez E, Ascaso J: Taille de l'incision et astigmatisme induit dans la chirurgie de la cataracte. *J Fr Ophthalmol*. 1993; 16: 311-314.

⁶⁷ Samuelson SW, Kock DD, Kglén CC: Determination of maximal incision length for true small incision surgery. *Ophthalmic Surg*. 1993; 9: 67-70.

⁶⁸ Gills JP, Sanders DR: Use of small incisions to control induced astigmatism and inflammation following cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 1991; 17: 740-744.

⁶⁹ Mendicute J, Cadarso L, Lorente R: Facoemulsificación. CF Com. Madrid. 1999; 113-137.

⁷⁰ Cravy TV: Routine use of the lateral approach to cataract extraction to achieved rapid and sustained stabilization of postoperative astigmatism. *J Cataract Refract Surg.* 1991; 17: 4: 415-423.

⁷¹ Langerman DW: Architectural design of a self sealing corneal tunnel, single hinge incision. *J Cataract Refract Surg.* 1994; 20: 84-88.

⁷² Van Oye R: Postoperative astigmatism in cataract surgery. *Bull Soc Belge Ophthalmol.* 1991; 242: 55-59.

⁷³ Van Meter W: Suture Techniques. In: Krachmer JH, Mannis MJ, Holland EJ. *Córnea.* St Louis: Mosby, 1997; III: 1627-1638.

⁷⁴ Gimbel HV, Sun R, DeBroff BM: Effects of wound architecture and suture technique on postoperative astigmatism. *Ophthalmic Surg and Lasers.* 1995; 26:524-528.

⁷⁵ Dowling JL: Wound closure in cataract surgery. *Ophthalmic Surg.* 1981; 12: 574-577.

⁷⁶ Liu YZ, Li SZ: Natural history of corneal astigmatism following posterior chamber intraocular lens implantation. Trad. Medline. *Chung Hua Yen Ko Tsa Chih*.1994; 30: 22-24.

⁷⁷ Bedrossian PB, Sabater G, Troutman RC: Induced astigmatism as a result of surgery. *Proceedings South Africa International Ophthalmology Symposium*. Washington, Butterworth's. 1969; 219-225.

⁷⁸ Stainer GA, Binder PS, Parker WT, Perl T: The natural and modified course of post-cataract astigmatism. *Ophthalmic Surg*.1982; 13: 822-827.

⁷⁹ Floyd G: Changes in the corneal curvature following cataract extraction. *Am J Ophthalmol*. 1951; 34:1525-1533.

⁸⁰ Shaw EL: Collagen Shrinkage procedures for keratoconus and corneal astigmatism. *Int Ophthalmol Clin*. 1983; 23:127-135.

⁸¹ Hilding AC: The experimental approach to cataract surgery – results in a series of 555 extractions done without conjunctival flap: II postoperative results. *Am J Ophthalmol*. 1962; 53: 606-611.

- ⁸² Rowan PJ: Corneal astigmatism following cataract surgery. *Ann Ophthalmol.* 1978; 10: 231-234.
- ⁸³ Kiffney GT, Stocker FW: Plain versus chromicized catgut sutures in cataract surgery. *Am J Ophthalmol.* 1960; 49: 711-713.
- ⁸⁴ Scheie HG: Incision and closure in cataract extraction. *Arch Ophthalmol.* 1959; 61: 431-452.
- ⁸⁵ Nielsen NV, Hojbjerg JC, Westerlund E: Absorbable sutures (Dexon and Vicryl) in the corneolimbic incision. *Acta Ophthalmologica.* 1980; 58: 48-55.
- ⁸⁶ Singh D, Kumar K: Keratometric changes after cataract extraction. *Br J Ophthalmol.* 1976; 60: 638-641.
- ⁸⁷ Alvis BY, Alvis EB: Wound closure in cataract surgery – A modified corneoescleral suture: Report of cases. *Am J Ophthalmol.* 1952; 35:967-976.
- ⁸⁸ Troutman RC: Microsurgical control of corneal astigmatism in cataract and keratoplasty. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol.* 1973; 77: 563-572.

- ⁸⁹ Rowan PJ: Corneal astigmatism following cataract surgery. *Ann Ophthalmol.* 1978; 10: 231-234.
- ⁹⁰ Binkhorst RD: The causes of excessive astigmatism with intraocular lens implants. *Am J Ophthalmol.* 1979; 86: 672-674.
- ⁹¹ Hyde L: Understanding corneal astigmatism in relation to anterior segment surgery, en Emery, J.M., Jacobson, A.C. eds.: *Current Concepts in Cataract Surgery. Selected Proceedings of Sixth Biennial Cataract Surgical Congress.* CV Mosby. St. Louis 1980; 220-223.
- ⁹² Van Rij G, Waring GO: Corneal curvature induced by sutures and incisions. *Am J Ophthalmol.* 1984; 98: 773-783.
- ⁹³ Eve FR, Troutman RC: Placement of sutures used in corneal incisions. *Am J Ophthalmol.* 1976; 82: 786-789.
- ⁹⁴ Dunnington JH: Healing of incisions for cataract extraction. *Am J Ophthalmol.* 1951; 34: 36-45.
- ⁹⁵ Flaxel JT, Swan KC: Limbal wound healing after cataract extract, a histological study. *Arch Ophthalmol.* 1969; 81: 653-659.

- ⁹⁶ Troutman RC: Why deep wound closure? In Emery, J. ed.: Current Concepts in Cataract Surgery. CV Mosby. St. Louis. 1973; 93-94.
- ⁹⁷ Troutman RC, Eve FR: Deep suturing of corneal incisions. *Ophthalmic Surg.* 1973; 4: 16-22.
- ⁹⁸ Luntz MH, Livingstone DG: Astigmatism in cataract surgery. *Br J Ophthalmol.* 1977; 61: 360-365.
- ⁹⁹ Troutman RC: Control of corneal astigmatism in cataract and corneal surgery. *Trans Pc Coast Oto-Ophthalmol Soc.* 1970; 51: 217-231.
- ¹⁰⁰ Barraquer JI: Technical sesión. *Adv Ophthalmol.* 1976. 33: 30-43.
- ¹⁰¹ Troutman RC, Kelly S, Kaye D, Clahane AC: The use and preliminary results of the Troutman surgical keratometer in cataract and corneal surgery. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol.* 1977; 83: 232-238.
- ¹⁰² Samples JR, Binder PS: The value of the Terry Keratometer in predicting postoperative astigmatism. *Ophthalmology.* 1984; 91: 280-284.

- ¹⁰³ Perl T, Binders PS, Earl K: Post-cataract astigmatism with and without the use of Terry keratometer. *Ophthalmology*. 1984; 91: 489-493.
- ¹⁰⁴ Zaviv T, Epstein R J: Astigmatism management. *Int Ophthalmol Clin*. 2000; 40 (3): 183-198.
- ¹⁰⁵ Gills JP: Treating astigmatism at the time of cataract surgery. *Curr Opm Ophthalmol*. 2002. Feb; 13 (1): 2-6.
- ¹⁰⁶ Nichamin LD: Opposite clear corneal incisions. *J Cataract Refract Surg*. 2001 Jan; 27(1): 7.
- ¹⁰⁷ Oshika T, Sugita G, Tanabe T, Tamidokoro A, Amuno S: Regular and irregular astigmatism after superior versus temporal scleral incision cataract surgery. *Ophthalmology*. 2000. Nov; 107(11): 2049-2053.
- ¹⁰⁸ Muller-Jensen K, Fischer P, Tan M: Paralimbic relaxing incisions for reduction of astigmatism within the scope of cataract surgery. *Klin Monatsbl Augenheilkd*. 2000; nov; 217(5): 257-262.

¹⁰⁹ Lever J, Dahan E: Opposite clear corneal incisions to correct pre-existing astigmatism in cataract surgery. *J Cataract Refractive Surg.* 2000 Jun; 26(6): 803-805.

¹¹⁰ Till JS, Yoder PR Jr., Wilcox TK, Spielman JL: Toric intraocular lens implantation: 100 consecutives cases. *J Cataract Refract. Surg.* 2002 Feb; 28(2): 295-301.

¹¹¹ Gibson Moore J: Incidence of astigmatism after cataract surgery. Comparison of continuous and interrupted sutures. *Trans Ophthalmol Soc UK.* 1980; 97: 104-105.

¹¹² Roberston IF: Postoperative astigmatism and the operating microscope. *Adv Ophthalmol.* 1978; 37: 117-121.

¹¹³ Gaisiner PD: Evaluation of astigmatism in surgical extraction of cataract. *Ann Ophthalmol.* 1980; 12: 831-834.

¹¹⁴ Witmer R: Discussion in surgery of astigmatism. *Adv Ophthalmol.* 1976; 33: 230-233.

¹¹⁵ Moisseiev J, Bartov E, Glovinski J: Postoperative corneal astigmatism in cataract extraction: Diamond knife versus beaver blade. *Am Intra-Ocular Implant Soc J.* 1985; 11: 138-141.

¹¹⁶ Koch DD, Lindstrom RL: Controlling astigmatism in cataract surgery. *Seminars in Ophthalmology.* 1992; 7: 224-233.

¹¹⁷ Kawano K: Modified corneoscleral incision to reduce postoperative astigmatism after 6mm. diameter intraocular lens implantation. *J. Cataract Refract. Surg.* 1994; 19: 387-392.

¹¹⁸ Girard LJ, Hoffman R F: Scleral tunnel to prevent induced astigmatism. *Am J Ophthalmol.* 1984; 97: 450-456.

¹¹⁹ Masket S: Origin of the scleral tunnel method. *J. Cataract Refract. Surg.* 1993; 19: 812-813.

¹²⁰ John M E, Noblitt RL, Boleyn KL: Effect of a superficial and a deep escleral pocket incision on the incidence of hyphema. *J Cataract Refract Surg.* 1992; 18: 495-499.

- ¹²¹ Fine IH: Self sealing corneal tunnel incision for small incision cataract surgery. *Ocular surgery news*. 1992.
- ¹²² Shimizu K: Pure corneal incision. *Phaco and foldables*. 1992. 5: 6-8.
- ¹²³ Armeniades CD, Boriek A, Knolle GE: Effect of incision length, location and shape on local corneoescleral deformation during cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*.1990; 16: 83-87.
- ¹²⁴ Koch PS: Structural analysis of cataract incision construction. *J Cataract Refract Surg*. 1991; 17: 661-667.
- ¹²⁵ Naeser K: Conversión of Keratometer readings to polar values. *J Cataract Refract Surg*. 1990; 16: 741-745.
- ¹²⁶ Goes FM, Missotten L: How to calculate surgically induced astigmatism after cataract surgery? *Bull Soc Belge Ophtalmol*.1998; 268: 35-40.
- ¹²⁷ Gross RH, Miller KM: Corneal astigmatism after phacoemulsification and lens implantation through unsutured scleral and corneal tunnel incisions. *Am J Ophthalmol* 1996; 121: 57-64.

- ¹²⁸ Southall JPC: Mirrors, Prisms, and Lenses. A Text-Book of Geometrical Optics. Ed 3 McMillan, New York. 1940; 320-326.
- ¹²⁹ Cravy V: Calculation of the change in corneal astigmatism following cataract extraction. *Ophthalmic Surgery*.1979; 1: 38-49.
- ¹³⁰ El Hage S G: The Computerized Corneal Topographer (EH-270) en: Schanzlin DJ, Robin JB: Corneal Topography. Measuring and Modifying the Cornea. Springer-Verlag. New York.1992; 11-24.
- ¹³¹ Corbett MC, Rosen ES, O'Brart DPS: Assessment of corneal shape. En: Corneal topography: Principles and Applications. London: BMJ Books. 1999.
- ¹³² Dingeldein SA, Klyce SD: The topography of normal corneas. *Arch Ophthalmol*.1989;107: 512-518.
- ¹³³ Scheiner C: Oculus Hoc est: fundamentum opticum. Innsbruck. 1619.
- ¹³⁴ Kohlraush: Über die messung des radius Vorderfläche der Hornhaut am libenden menschlichen Auge. *Oken's Isis Jahrg*.1840; 5: 886.

- ¹³⁵ Sneff EN, Wagners R: *Handwörterbuch de physiol.* Bd. III. abt.1. Art.: Schen. 1846; 271.
- ¹³⁶ Helmholtz H: En *Graefe's Archiv Für Ophthalmologie*. 1854; Vol. 2:3.
- ¹³⁷ Javal E, Schiotz: Un ophthalmometre pratique. *Annales d'Oculistique*.1881; 87:5.
- ¹³⁸ Hartinguer H: En Le Grand Y: Optique Phisiologique. *Revue d'Optique*.1935; 2: 154.
- ¹³⁹ Mandel RB: Reflection point ophthalmometry, a method to measure the corneal contour. *Am J Optom Arch Acad Optom*.1962; 39: 513-537.
- ¹⁴⁰ Stone J: Keratometry and specialist optical instrumentation. En Ruben M, Gillon M, Ed: Contact lens practice. London: Chapman and Hall medical.1994.
- ¹⁴¹ Gullstrand A: Photographish-ophtalmometrishe und klinische Untersuchungen über die Hornhautrefraktion, Kungl So Vet Handl.1896; 28.
- ¹⁴² Lenoble L: Méthode Optique pour étudier la forme d'une surface reflecchissante. *Rev Opt*. 1952; 31:393.

- ¹⁴³ Knoll HA, Stimson R, Weeks CI: New Photokeratoscope utilizing a hemispherical object surface. *J Opt Soc Am.* 1957; 47: 221-222.
- ¹⁴⁴ Stone J: The validity of some existing methods of measuring corneal contour compared with suggested new methods. *Br J Physiol Optics.* 1962; 19: 205-230.
- ¹⁴⁵ Cochet P, Amiard H: La photokératoscopie element de biometrie corneenne. *Bulletin des Societes d'ophtalmologie de France.* 1966; 66: 1094-1104.
- ¹⁴⁶ Mandell RB: Corneal contour of the human infant. *Arch Ophthalmol.* 1967; 77: 345-348.
- ¹⁴⁷ Carney L, Mainstone J, Henderson B A: Corneal topography and myopia. *Investigative Ophthalmology and Visual Science.* 1997; 38: 311-320.
- ¹⁴⁸ Rowsey JJ, Rubin ML: Refraction problems after refractive surgery. *Surv Ophthalmol.* 1988; 324: 14-420.
- ¹⁴⁹ Goren MB, Dana, MR, Capuano CJ, Gomes AAP, Cohen EJ, Laibson PR: Corneal Topography After Selective Suture Removal for Astigmatism Following Keratoplasty. *Ophthalmic Surgery and Lasers.* 1997; 28: 208-214.

- ¹⁵⁰ Placido A: Novo instrumento de exploracao da cornea. *Periodico da Oftalmologia Practica*.1880; 5: 27-30.
- ¹⁵¹ Lema I, Rodríguez-Ares T, Baamonde P, Díez-Feijoó E, Durán J, Sánchez M: Análisis topográfico corneal del astigmatismo postqueratoplastia. *Arch Soc Españ Oftalmol*.1993; 64: 121-126.
- ¹⁵² Wilson SE, Lin DTC, Klyce SD: Topographic changes in contact lens-induced corneal warpage. *Ophthalmology*.1990; 97: 734-744.
- ¹⁵³ Macsai MS, Varley GA, Krachmer JH: Development of keratoconus after contact lens wear. Patient characteristics. *Arch Ophthalmol*.1990; 108: 534-538.
- ¹⁵⁴ Rao SN, Raviv T, Majmudar PA, Epstein RJ: Role of orbscan II in screening keratoconus suspects before refractive corneal surgery. *Ophthalmology*.2002; 109: 1642-1646.
- ¹⁵⁵ Auffarth GU, Wang L, Volcker HE: Keratoconus evaluation using the orbscan topography system. *J Cataract Refract Surg*. 2000; 26: 222-228.
- ¹⁵⁶ Swinger CA: Postoperative astigmatism. *Surv Ophthamol*.1987; 31: 219-248.

- ¹⁵⁷ Palin SI: Comparison of induced astigmatism with phacoemulsification and extracapsular cataract extraction. *J Cataract Refract Surg.* 1987; 13: 274-278.
- ¹⁵⁸ Isenberg SJ, Del Signore M, Chen A, Wei J, Christenson PD: Corneal Topography of neonates and infants. *Arch Ophthalmol.* 2004; 122(12): 1767 - 1771.
- ¹⁵⁹ Dorland's illustrated medical dictionary. 30th edition. Saunders. 2003.
- ¹⁶⁰ Piñero A: Aparato ocular. Anatomía fisiología patología. Laboratorios Cusí. 1992; 6-65.
- ¹⁶¹ Hoffer KJ: Mathematics and computers in intraocular lens calculation. *Am Intra-Ocular Implant Soc J.* 1975; 1: 4-5.
- ¹⁶² Coleman DJ, Carlin B: A new system for visual axis measurements in the human eye using ultrasound. *Arch Ophthalmol.* 1967; 77: 124-127.
- ¹⁶³ Ossoinig KC: Standardized echography: Basic principles, clinical applications and results. *Int Ophthalmol Clin.* 1979; 19: 127-210.
- ¹⁶⁴ Sanders DR, Kraff MC: Improvement of intraocular lens power calculation using empirical data. *AIOIS J.* 1980; 6:263-267.

- ¹⁶⁵ Sanders DR, Retzlaff J, Kraff MC: Comparison of empirically derived and theoretical aphakic refraction formulas. *Arch Ophthalmol*.1983; 101: 965-967.
- ¹⁶⁶ Gimbel HV, Neuhann T: Development, advantages and methods of the Continuous Circular Capsulorhexis technique. *J Cataract Refr Surg*. 1990; 16: 31-37.
- ¹⁶⁷ Masket S: Postoperative complications of capsulorhexis. *J Cataract Refract Surg*. 1993, 19: 721-724.
- ¹⁶⁸ Colvard DM, Dunn SA: Intraocular lens centration with Continuous Tear Capsulotomy. *J Cataract Refract Surg*. 1990; 16: 312-314.
- ¹⁶⁹ Seward HC, Dalton R, Davis A: Phacoemulsification during learning curve: risk/benefit analysis. *Eye* 1993; 7: 164-168.
- ¹⁷⁰ Cruz OA, Wallace GW, Gay LA, Matoba AY, Koch DD: Visual results and complications of phacoemulsification with intraocular lens implantation performed by ophthalmology residents. *Ophthalmology*.1992; 99: 448-452.
- ¹⁷¹ Schauberg DA, Dana MR, Christen WG, Glynn RJ: A systematic overview of the incidence of posterior capsule opacification. *Ophthalmology*. 1998; 105: 1213-1221.

- ¹⁷² Bradbury JA, Hillman JS, Cassells–Brown A: Optimal postoperative refraction for good unaided near and distance vision with monofocal intraocular lenses. *Br J Ophthalmol*. 1992; 76:300-302.
- ¹⁷³ Kelman CD: Phacoemulsification and aspiration: A new technique of cataract extraction. *Am J Ophthalmol*. 1967; 64: 22 – 25.
- ¹⁷⁴ Kelman CD: Phacoemulsification and aspiration: A progress report. *Am J Ophthalmol*. 1969; 67: 464 – 477.
- ¹⁷⁵ Kondrot EC: Keratometric cylinder and visual recovery following phacoemulsification and intraocular lens implantation using a self sealing cataract incision. *J Cataract Refract Surg*. 1991; 17: 731-733.
- ¹⁷⁶ Jaffe NS: Cataract surgery and its complications. Mosby. St. Louis. 1972.
- ¹⁷⁷ Jaffe NS, Clayman HM: The pathophysiology of corneal astigmatism after cataract extraction. *Trans. Am. Acad. Ophth. Otol*. 1975; 79: 615-630.
- ¹⁷⁸ Nielsen PJ: Prospective evaluation of surgically induced astigmatism and astigmatic keratotomy effects of various self-sealing small incisions. *J Cataract Refract Surg*. 1995; 21: 43-48.

¹⁷⁹ Cavallini GM, Lugli N, Campi L, Lazzerini A, Longanesi L: Surgically induced astigmatism alter manual extracapsular cataract extraction or after phacoemulsification procedure. *European Journal of Ophthalmology*.1996; 6: 257-263.

¹⁸⁰ Pflieger T, Skorpik C, Menapace R: Long term course of induced astigmatism after clear corneal incision cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 1996; 22: 72-77.

¹⁸¹ Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F: The correlation between incision size and corneal shape changes in sutureless cataract surgery. *Ophthalmology*. 1995; 102: 550-556.

¹⁸² Nordan LT, Lusby FW: Refractive aspects of cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*. 1995; 6(1): 36-40.

¹⁸³ Kohnen T, Dick B, Jacobi KW: Comparison of the induced astigmatism after temporal clear corneal tunnel incisions of different sizes. *J Cataract Refract Surg*. 1995; 21: 417-424.

¹⁸⁴ Buzard KA, Shearing SP: Comparison of postoperative astigmatism with incisions of varying length closed with horizontal sutures and with no sutures. *J Cataract Refract Surg.* 1991; 17: 734-739.

¹⁸⁵ Nordan LT, Hofbauer JD: Astigmatism: Concepts and surgical approach. En Nordan LT, Maxwell EA, Davison JA. eds. *The surgical rehabilitation of vision, an integrated approach to anterior segment surgery.* New York: Gower Medical Publishing; 1992: 1-31.

¹⁸⁶ Wilson SE, Klyce SD: Screening for corneal topographic abnormalities before refractive surgery. *Ophthalmology.* 1994; 101: 147-152.

¹⁸⁷ Vass C, Menapace R, Rainer G, Findl O, Steinek I: Comparative study of corneal topographic changes after 3.0 mm beveled and hinged clear corneal incisions. *J Cataract Refract Surg.* 1998; 24: 1498-1504.

¹⁸⁸ Joo CK, Han HK, Kim JH: Computer assisted videokeratography to measure changes in astigmatism induced by sutureless cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1997; 23: 555-561.

¹⁸⁹ Kohnem T, Mann PM, Husain SE, Abarca A, Kock DD: Corneal topographic changes and induced astigmatism resulting from superior and temporal scleral pocket incisions. *Ophthalmic Surgery and Lasers*. 1996; 27: 263-269.

¹⁹⁰ Gills JP, Gayton JL: Reducing pre-existing astigmatism. En Gills JP, Fenzl R, Martin RG, Ed: *Cataract surgery, the state of the art*. Thorofare: Slack, 1998: 53-66.

¹⁹¹ Waring GO, Holladay JT: Keratotomy for astigmatism. En: Waring GO, ed: *Refractive keratotomy for myopia and astigmatism*. Mosby Year Book, 1992: 1085-1198.

¹⁹² Davison JA: Transverse astigmatic keratotomy combined with phacoemulsification and intraocular lens implantation. En Maxwell WA, Nordan LT: *Current concepts of multifocal intraocular lenses*. Thorofare: Slack. 1991.

¹⁹³ Nichamin LD, Dillman DM: Peripheral arcuate keratotomy. *Ocular Surgery News*. 1996; 14: 80-81.

¹⁹⁴ Masket S, Tennen DG: Astigmatic stabilization of 3,0 mm. temporal clear corneal cataract incisions. *J Cataract Refract Surg*. 1996; 22: 1451-1455.

¹⁹⁵ Oshima Y, Tsujikawa K, Oh A, Harino S: Comparative study of intraocular lens implantation through 3,0 mm temporal clear cornea and superior scleral tunnel self sealing incisions. *J Cataract Refract Surg.* 1997; 23: 347-353.

¹⁹⁶ Hayashi K, Nakao F, Hayashi F: Corneal topographic analysis of superolateral incisión cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1994; 20: 392-399.

¹⁹⁷ Nielsen PJ, Neuhann T: Prospective evaluation of surgically induced astigmatism and astigmatic Keratotomy effects of various self sealing small incisions. *J Cataract Refract Surg.* 1995; 21: 43-48.

¹⁹⁸ Weikert M: Highlights of the American Society of Cataract and Refractive Surgery (ASCRS) 2005 Symposium on Cataract, IOL, and Refractive Surgery. April 15-20, 2005; Washington, DC.

¹⁹⁹ Southall JPC: Helmholtz's treatise on physiological optics. *Optical society of America.* New York. 1924.

²⁰⁰ Clark BAJ: Keratometry, a review. *Aust J Optom.* 1973; 56: 94.

²⁰¹ El Hage SG: Computerized corneal topographer. *Contact Lens Spectrum.* 1989; 40-50.

- ²⁰² Klyce SD: Computer assisted corneal topography: High resolution graphical presentation and analysis of keratoscope. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1984; 25: 1426-1435.
- ²⁰³ Clark BAJ: System of describing corneal topography. *Aust J Optom*. 1973; 56: 48.
- ²⁰⁴ Arffa RC, Klyce SD, Busin M: Keratometry in refractive surgery. *J Refract Surg*. 1986; 2: 6.
- ²⁰⁵ Martinez CE, Klyce SD: Corneal topography in cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*. 1996; 7: 31-8.
- ²⁰⁶ Rowsey JJ: Corneal topography as a predictor of refractive change in the prospective evaluation of radial keratotomy study. *Ophthalmic Surg*. 1991; 22: 360.
- ²⁰⁷ Maguire LJ, Bourne WM: Corneal topography in early keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 1989; 108: 107-112.
- ²⁰⁸ Ravinowitz YS, Garbus J, McDonnell PJ: Computer assisted corneal topography in family members of patients with Keratoconus. *Arch Ophthalmol*. 1990; 108: 365.

- ²⁰⁹ Wilson SE: Topographic changes in contact lens induced corneal warpage. *Ophthalmology*.1990; 97: 734.
- ²¹⁰ Wang JY, Rice DA, Klyce SD: Analysis of the effects of astigmatism and misalignment on corneal surface reconstruction from photokeratoscopic data. *Refract Corneal Surg*.1991; 7: 129.
- ²¹¹ Bogan SJ, Waring GO, Ibrahim O: Classification of normal corneal topography based on computer assisted videokeratography. *Arch Ophthalmol*.1990; 108: 945-949.
- ²¹² Sanders DR, Gills JP, Martin RG: Characterizing astigmatism: Keratometric measurements do not always accurately reflect corneal topography. En: Corneal topography. The State of the Art. Gills JP, Sanders DR, Spencer PT. Slack Inc. Thorofare. 1995; 25-33.
- ²¹³ Wilson SE, Verity SM, Conger DL: Accuracy and precision of the corneal analysis system and the topographic modelling system. *Cornea*.1992; 11: 28-35.
- ²¹⁴ Roberts C: The accuracy of “power” maps to display curvature data in corneal topography systems. *Invest Ophthalmol Vis Sci*.1994; 35:3525-3532.

- ²¹⁵ Koch DD, Wakil JS, Samuelson SW, Haft EA: A comparison of The Eye Sys Corneal Modelling System with standard keratometry. *J Cataract Refract Surg.* 1995.
- ²¹⁶ Patel S, Marshall J, Fitzke FW: Refractive index of the human corneal epithelium and stroma. *J Cataract Refract Surg.* 1995. 11: 100-105.
- ²¹⁷ Baumgartner JM, Bovet J, Baumgartner A: Comparaison de l'astigmatisme induit dans le chirurgie ambulatoire de la cataract selon 3 techniques differentes. *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 1994; 204: 279-281.
- ²¹⁸ Masket S: One year postoperative astigmatic comparison of sutured and unsutured 4.0 mm. scleral pocket incisions. *J Cataract Refract Surg.* 1993. 19: 613-615.
- ²¹⁹ Lemagne JM, Kallay OJ: Astigmatism after a large scleral pocket incision in extracapsular cataract extraction. *J Cataract Refract Surg.* 1993. 19: 453-456.
- ²²⁰ Fu-Chin H, Sung- Huei T: Comparison of surgically induced astigmatism after sutureless temporal clear corneal and scleral frown incisions. *J Cataract Refract Surg.* 1998: 24: 477-481.

²²¹ Roman SJ R, Auclin FX, Chong-Sit DA, Ullern M: Surgically induced astigmatism with superior and temporal incisions in cases of with the rule preoperative astigmatism. *J Cataract Refract Surg.* 1998; 24: 1636-1641.

²²² Olsen T, Dan-Johansen M: Evaluating surgically induced astigmatism. *J Cataract Refract Surg.* 1994; 20: 517-522.

²²³ Rainer G, Vass C, Menapace R, Papapanos P, Streen K, Findl O: Long term course of surgically induced astigmatism after a 5.0 mm sclerocorneal valve incision. *J Cataract Refract Surg.* 1998; 24: 1642-1646.

²²⁴ Alpíns NA: A new method of analyzing vectors for changes in astigmatism. *J Cataract Refract Surg.* 1993; 19: 524-533.

²²⁵ Seiler T, Wollensak J: Über die mathematische darstellung des postoperativen regulären hornhautastigmatismus. *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 1993; 203: 70-76.

²²⁶ Rainer G, Menapace R, Vass C, Streen K, Papapanos P: Surgically induced astigmatism following a 4.0 mm sclerocorneal valve incision. *J Cataract Refract Surg.* 1997; 23: 358-364.

²²⁷ Steinert RF, Brint SF, White SM, Fine IH: Astigmatism after small incision cataract surgery; a prospective, randomized, multicenter comparison. *Ophthalmology*.1991; 98:417-423.

²²⁸ Fine IH: Architecture and construction of self sealing incision for cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 1991; 17: 672-676.

²²⁹ Kershner RM: Keratolenticuloplasty: arcuate keratotomy for cataract surgery and astigmatism. *J Cataract Refract Surg*. 1995; 21: 274-277.

²³⁰ Binhorst RD: Selection of the intraocular lens power. *Contemporary Ophthalmology*.1980; 1: 1-18.

²³¹ Hoffer KJ: Preoperative cataract evaluation: Intraocular lens power calculation. *Int Ophthalmol Clin*. 1982; 22: 37-75.

²³² Shammas HJF: Axial length measurement and its relation to intraocular lens power calculations. *Am Intraocular Implant Soc J*.1982; 8:346-349.

²³³ Merlin U: Curved keratotomy procedures for congenital astigmatism. *J Cataract Refract Surg*. 1987; 3: 92-97.

- ²³⁴ Sorsby A: Biology of the eye as an optical system. En Duane's: Clinical Ophthalmology. Philadelphia: Lippincott eds.1995; 1. 34: 1-17.
- ²³⁵ Rerzlaff J, Sanders DR, Kraff MC: Factors affecting accuracy of implant power calculation. En Rerzlaff J, Sanders DR, Kraff MC ed. Lens power calculation. Thorofare: Slack.1990.
- ²³⁶ Sanders DR, Rerzlaff J, Kraff MC: Comparison of the SRK II formula and the other second generation formulas. *J Cataract Refract Surg.* 1988; 14: 136-141.
- ²³⁷ Yalvac IS, Nurozler A, Unlu N: Calculation of intraocular lens power with the SRK II formula for axial high myopia. *Europ J Ophthalmol.*1996; 6:375-378.
- ²³⁸ Holladay JT: IOL power calculation for the unusual eye. En Gills JP, ed. Cataract surgery. The state of the art. Thorofare: Slack.1990.
- ²³⁹ Hoffer KJ: The Hoffer Q formula: A comparison of theoretical an regression formulas. *J Cataract Refract Surg.* 1994; 23: 677.
- ²⁴⁰ Olsen T, Thim K, Corydon L: Accuracy of the newer generation intraocular lens power calculation formulas in long and short eyes. *J Cataract Refract Surg.*1991; 17: 187-193.

²⁴¹ McEwan JR, Massengill RK, Friedel SD: Effect of Keratometer and axial length Measurement errors on primary implant power calculations. *J Cataract Refract Surg.*1990; 16: 61-70.

²⁴² Byrne SF: Intraocular lens power calculations. En Byrne SF, ed. A-Scan axial eye length measurements. Mars Hill: Grove Park Publishers. 1995.

²⁴³ Seitz B, Langerbucher A, Nguyen NX: Underestimations of intraocular lens power for cataract surgery after myopic photorefractive keratectomy. *Ophthalmology.* 1999; 106: 693-702.

²⁴⁴ Smith RJ, Chan WK, Maloney RK: The prediction of surgically induced refractive change from corneal topography. *Am J Ophthalmol.* 1998. 125: 44-53.

²⁴⁵ Byrne SF, Green RL: Ultrasound of the Eye and Orbit. ST Louis: Mosby Year Book.1992.

²⁴⁶ Drexler W, Final O, Menapace R: Partial coherence interferometry: A novel approach to biometry in cataract surgery. *Am J Ophthalmol.* 1998. 128: 524-534.

²⁴⁷ Rao SN, Konowal A, Murchison AE, Epstein RJ: Enlargement of the temporal clear corneal cataract incision to treat pre-existing astigmatism. *J Refract Surg.* 2002;18:463-467.

²⁴⁸ Norouzi H, Rahmati-Kamel M: Laser in situ Keratomileusis for correction of induced astigmatism from cataract surgery. *J Refract Surg.* 2003; 19: 416-424.