



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin De Grado Óptica y Optometría

Lentes intraoculares tóricas, en pacientes
operados de catarata.

Autor

M^a Teresa González Lafuente

Director

Enrique Minguez Muro

Facultad De Ciencias
Año 2017

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	3
2. INTRODUCCIÓN	4
• CATARATA.....	4
• ASTIGMATISMO.....	5
3. LENTES INTRAOCULARES.....	7
• TIPOS DE LENTES.....	8
○ MONOFOCALES.....	8
○ MULTIFOCALES.....	8
• LENTES TORICAS.....	9
4. FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE LIO.....	11
• 1ºGENERACIÓN.....	11
• 2º GENERACIÓN.....	11
• 3ºGENERACIÓN	12
• 4ºGENERACIÓN.....	12
5. CIRUGIA DE CATARATA.....	13
• PREOPERATORIO.....	13
• POSTOPERATORIO.....	13
• CALCULOS BIOMETRICOS.....	14
• TOMOGRAFÍA DE COHERENCIA ÓPTICA.....	14
• ELEMENTOS PARA EL CÁLCULO DE LIO.....	15
6. ESTUDIO.....	16
• MUESTRA.....	16
• MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
7. RESULTADOS.....	18
8. DISCUSIÓN.....	22
9. CONCLUSIONES.....	23
10. BIBLIOGRAFIA.....	24

1.RESUMEN

PROPÓSITO: Evaluar la eficacia de las lentes intraoculares tóricas para corregir el astigmatismo en pacientes operados de catarata y verificar la concordancia de las medidas obtenidas con los biómetros de no contacto IOL MASTER y ALADDIN para valorar la K corneal y la longitud axial.

MATERIAL Y MÉTODOS: Se han estudiado 33 pacientes intervenidos de catarata en el HCU Lozano Blesa y que cumplían los criterios para implante de lente tórica con un astigmatismo superior o igual a 2.00 dioptrías que iban a ser intervenidos de catarata mediante facoemulsificación. Previamente se les realizó un estudio optométrico que consistió en la evaluación de la agudeza visual y en la realización de una biometría óptica mediante el IOL MASTER y ALADDIN. La potencia esférica de la lente a implantar se determinó a partir de los datos proporcionados por el IOL master. El eje de implantación y la toricidad de la lente se decidió siguiendo las indicaciones del Alción toric IOL calculator.

Finalmente, tras dilatación de la pupila se evalúa si la lente se encuentra correctamente implantada y se valora la mejor agudeza visual alcanzada con y sin corrección.

RESULTADOS: De 33 ojos estudiados la potencia cilíndrica se encontraba comprendida entre -2.00 y -4.75 dioptrías, siendo el astigmatismo inverso el que obtenía un porcentaje más alto en el astigmatismo prequirúrgico. Tras la operación, 10 de los 33 ojos no necesitaron corrección cilíndrica y de los otros 22 las potencias se encontraban entre las -0.25 y -1.25 dioptrías siendo el mayor porcentaje entre -0.25 y -0.75 dioptrías. En este caso el astigmatismo directo era el que presentaba un porcentaje más alto, pero esto es debido a que de los 10 ojos corregidos en su totalidad, la mayoría eran inversos por lo que al realizar un nuevo cálculo con los 22 ojos restantes se ha obtenido un mayor volumen en astigmatismos directos. En cuanto a la biometría preoperatoria, el biómetro IOL MASTER dio un astigmatismo medio de -3.06 dioptrías mientras que ALADDIN daba un resultado muy similar siendo su astigmatismo medio de -3.05 dioptrías. En cuanto a la longitud axial obtenemos el mismo resultado en ambos biómetros, siendo de 23.69 mm.

CONCLUSIONES: Un buen preoperatorio es esencial para el cálculo de la lente a implantar y para conseguir el éxito en la intervención. En cuanto a la biometría tanto ALADDIN como IOL MASTER son dos aparatos igualmente eficaces dando resultados muy similares en la queratometría y longitud axial. Las técnicas quirúrgicas han evolucionado proporcionando una mejora tanto quirúrgica como en la calidad de las lentes a implantar. Y en casos de pacientes con astigmatismo las lentes tóricas son una buena alternativa consiguiendo reducir el astigmatismo medio de la serie de -3,07 a -0,48 dioptrías.

2.INTRODUCCIÓN

El sistema óptico sufre cambios estructurales y fisiológicos con la edad. Por una parte disminuye el tamaño de la pupila, “miosis senil” esto tiene un efecto positivo ya que reduce el efecto de las aberraciones ópticas e incrementa la profundidad de foco.¹

También hay mayor absorbancia por las diferentes estructuras oculares y esto produce una disminución del nivel de intensidad lumínica que llega a la retina.

Además de todo lo anterior, en el cristalino se produce dos cambios importantes con la edad, uno de ellos es la reducción de la amplitud de acomodación ya que el cristalino aumenta su volumen, incrementando el espesor central y disminuyendo los radios de curvatura de sus caras por lo que pierde elasticidad, dificultando la acomodación y en consecuencia apareciendo así la presbicia. El otro cambio del cristalino es la catarata del que tratare en más profundidad en el siguiente apartado.

LA CATARATA

La catarata es la falta de transparencia del cristalino, por lo tanto dificulta el paso de la luz a la retina y el paciente sufre una disminución progresiva de la visión ya que se reduce la agudeza visual y la sensibilidad al contraste como consecuencia de la dispersión.

El cristalino es la lente natural del ojo, una estructura transparente en forma de lente biconvexa situada detrás del iris y delante del humor vítreo. Se encuentra suspendido por medio de las zónulas de zinn, al cuerpo ciliar¹. Está compuesto por varias estructuras, que son:

- Cápsula: es una membrana basal transparente y elástica que envuelve completamente el cristalino. Su grosor es variable, más gruesa en las zonas periféricas y más delgada en las regiones centrales.
- Corteza: compuesta por fibras cristalinianas colocadas en capas concéntricas cuya consistencia es blanda, permite modificar la curvatura del cristalino.
- Núcleo: es la parte central del cristalino, su tamaño y consistencia incrementa con la edad que dificulta la acomodación e impide su extracción.

Según la ubicación de la catarata, diremos que es una catarata nuclear, catarata cortical, catarata supcapsular posterior o catarata subcapsular anterior.

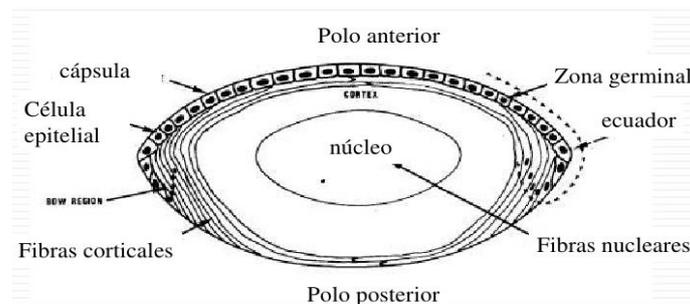


Figura 1. Estructura del cristalino

EL ASTIGMATISMO

La palabra astigmatismo proviene de la fusión de los siguientes términos griegos: a-, que indica negación, -stigma-, que significa “punto” e -ismos que indica un proceso patológico. Literalmente significa “patología sin punto”, haciendo alusión a la imposibilidad de los que padecen de enfocar las imágenes en un único punto.²

El astigmatismo es una ametropía o defecto refractivo, que consiste en la irregularidad de la curvatura de la córnea o del cristalino, así pues los meridianos del sistema óptico no refractan la luz en un mismo punto. También, puede producirse por un traumatismo aunque generalmente es congénito. A lo largo de la vida se sufren cambios en la potencia y en el eje del astigmatismo. Al nacer es habitual la presencia de astigmatismo inverso que va disminuyendo en los meses posteriores, en la primera década de vida predominan astigmatismos directos de baja potencia que se mantendrán hasta los 50 años aproximadamente. En este momento el párpado superior pierde tonicidad y la presión de este sobre la córnea aumenta la curvatura del meridiano horizontal reapareciendo así el astigmatismo inverso.

La mayoría de las veces el astigmatismo aparece en el ojo humano cuando la cara anterior de la córnea carece de simetría de revolución. En este caso las imágenes van aparecer enfocadas o desenfocadas según direcciones que se puedan fijar en el objeto perpendiculares a la línea principal de mirada. El ojo va a representar distinta potencia según meridianos.³

El astigmatismo total del ojo se compone del astigmatismo corneal (cara anterior de la córnea) sumado al astigmatismo interno (cara posterior de la córnea o caras anterior y posterior del cristalino). A esto se le conoce como regla de Javal y al astigmatismo interno se le da un valor promedio de -0.50 D a 90°, por lo que la fórmula queda así:
 $AT=AC-0.50$ a 90°

CLASIFICACIONES DEL ASTIGMATISMO

- **Regular e irregular**

En el *astigmatismo regular* los meridianos principales son perpendiculares entre sí y su refracción es constante a lo largo de cada meridiano.

En el *astigmatismo irregular*, los meridianos principales no son perpendiculares entre sí y además presentan diferente poder refractivo en los distintos puntos de un meridiano.

- **En función de la posición de las líneas focales**

Astigmatismo simple: una focal se encuentra en la retina y la otra focal se encuentra delante en el caso del miópico y por detrás en el caso del hipermetropico.

Astigmatismo compuesto: ambas focales se encuentran delante de la retina en el caso del miopico o por detrás de la retina en el caso del hipermetropico.

Astigmatismo mixto: en este caso una focal queda por delante de la retina y la otra por detrás.

- **Según la curvatura y orientación de sus meridianos**

Astigmatismo directo o a favor de regla: el meridiano vertical es más curvo que el horizontal por lo que este tiene mayor poder refractivo.

Astigmatismo inverso o en contra de regla: el meridiano horizontal es el de mayor curvatura y por tanto el de mayor potencia.

Astigmatismo oblicuo: los meridianos principales se encuentran a más de 30° de los meridianos horizontal y vertical. Tienen su eje entre 30° y 60°, y entre 120° y 150°.

Astigmatismo simétrico: los meridianos principales de cada ojo se encuentran en una posición simétrica uno del otro, los grados de sus ejes principales suman 180°.

- Homólogo: a favor de regla.
- Heterólogo: contra la regla.

Astigmatismo asimétrico: no existe simetría entre los meridianos principales de ambos ojos.

- Homónimo: ambos a favor o contra regla.
- Heterónimo: un ojo a favor y el otro en contra de regla.

MAGNITUD DEL ASTIGMATISMO

- *Bajo:* entre 0.75 y 1.50 D
- *Moderado:* entre 1.75 y 2.50 D
- *Alto:* mayor de 2.50 D

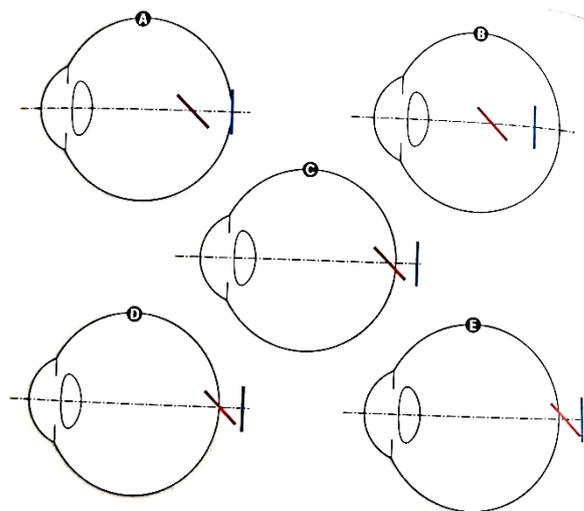


Figura 2. Astigmatismos en función de la ametropía que asocian. A) Astigmatismo miópico simple. B) Astigmatismo miópico compuesto. C) Astigmatismo mixto. D) Astigmatismo hipermetrópico simple. E) Astigmatismo hipermetrópico compuesto.

3. LENTES INTRAOCULARES

La extracción del cristalino tiene dos consecuencias, el ojo queda altamente hipermetrope, salvo que sea un ojo miope y la capacidad de acomodación se pierde. Para resolver esta situación hay dos soluciones, una de ellas es la implantación de la lente intraocular monofocal que es la que vamos a implantar a nuestros pacientes, calculada para compensar la visión de lejos. La otra opción es la lente intraocular multifocal que proporciona buena visión en visión lejana y visión próxima. Tanto unas como otras pueden incorporar en el diseño un toro para compensar astigmatismos.

El diseño de la LIO depende de varios parámetros, es necesario seleccionar los radios de curvatura anterior y posterior, como la forma de su superficie, el espesor, el diámetro y el material. También hay que tener en cuenta las dimensiones y la flexibilidad, permitiendo así una reducción de la incisión corneal obteniendo como resultado menos aberraciones corneales. Los bordes de la LIO deben ser rectos para evitar la opacidad de la cápsula posterior del cristalino, y la angulación, geometría y forma de los hápticos que permiten un correcto posicionamiento y una estabilidad dentro de la cápsula evitando descentramientos e inclinaciones.

Los hápticos permiten su posicionamiento dentro de la capsula y la zona óptica proporciona la potencia equivalente a la del cristalino.

En cuanto a los materiales de las LIOs se dividen en PMMA, siliconas, polímeros acrílicos hidrofóbos e hidrófilos y metacrilatos y elastómeros de silicona

En los polímeros acrílicos se incluyen las lentes rígidas de PMMA y las lentes blandas acrílicas y de hidrogel. Se diferencian en el índice de refracción, contenido en agua, comportamientos en plegado y desplegado, y propiedades de superficie.

Las lentes de polímeros acrílicos y metacrilatos y elastómeros de silicona tienen flexibilidad mecánica y dependiendo del grupo orgánico asociado, varían sus índices de refracción, la resistencia mecánica, y la transparencia.

Actualmente, la mayoría de LIOs tienen un filtro amarillo para prevenir el paso de los rayos ultravioletas del sol y ayudar a proteger a la retina de dicha radiación.

Los avances en los materiales como la silicona y los acrílicos permiten insertar la lente plegada a través de una menor incisión permitiendo un menor tiempo de post operatorio y una cicatrización mucho más rápida.

La calidad de la imagen puede verse afectada por errores refractivos y aberraciones de alto orden.

TIPOS DE LENTES

1. LENTES MONOFOCALES

Tienen una superficie refractiva única, por lo que enfocan en un punto que suele encontrarse en el infinito y así no es necesaria la corrección de lejos.

Al variar su poder dióptrico corrigen la miopía, la hipermetropía y el astigmatismo aunque el astigmatismo se corrige muy mal modificando solamente el componente esférico por lo que estas lentes se compondrán de un toro y de esta manera poder compensar el astigmatismo preexistente.

Las ventajas de estas lentes son que permiten una visión de alto contraste, sin pérdida de visión de lejos cuando hay poca luz y no producen halos ni deslumbramientos nocturnos.

El inconveniente es que un paciente presbita seguirá necesitando de la corrección de cerca y distancia intermedia.

2. LENTES MULTIFOCALES

Las lentes intraoculares multifocales inducen simultáneamente un foco para visión lejana y otro para visión próxima. Los principios ópticos que usan son los de difracción y refracción. El problema de estas lentes es la reducción de la calidad visual respecto a las monofocales, debido a la pérdida de la sensibilidad al contraste y a la presencia de fenómenos como los halos. La pérdida de contraste se debe a que la energía lumínica que entra en el ojo a través de la pupila se divide entre la que va a formar la imagen de lejos y la de cerca. La presencia de halos es por la superposición de las imágenes de las diferentes visiones. También tienen reducida la profundidad de foco.

Los diseños **refractivos** están formados por anillos concéntricos que alternan la visión de cerca con la de lejos y esto se consigue variando el radio de curvatura de los diferentes anillos. El inconveniente es que son lentes pupilo-dependientes y son muy sensibles al centrado y alineamiento axial, su visión próxima es de peor calidad que las difractivas pero la visión intermedia es mejor.

Las lentes **difractivas** están formadas por anillos concéntricos donde se tallan unos escalones que permiten que la luz que entre en la lente se difracte creando dos focos, uno para visión lejana y otro para visión próxima. Estas lentes presentan disminución al contraste en visión escotópica sobre todo en frecuencias altas y una mayor percepción de halos y deslumbramiento respecto a las monofocales o multifocales refractivas.

Lentes bifocales

Debido a su diseño óptico permiten enfocar a dos distancias a la vez, distancia próxima y lejana o distancia lejana e intermedia.

La ventaja de estas lentes es que dan mucha independencia y la mayoría de los pacientes no precisan de llevar ninguna otra corrección óptica.

El inconveniente es que al repartir la luz en varios focos, esto puede repercutir a la calidad visual, dando lugar a halos y deslumbramientos cuando hay luces puntuales en ambientes oscuros y menor contraste cuando la iluminación ambiental es muy baja.

Lentes trifocales

Mediante su diseño óptico muestran una clara dominancia en la visión intermedia, ya que constan de un tercer foco mediante diseños difractivos. Manteniendo una calidad óptica aceptable en distancias lejanas y cercanas, no generando disminuciones significativas de la sensibilidad al contraste y asociándose a la percepción de halos o deslumbramientos, sobre todo al inicio tras el implante, y bien tolerados.⁴

LENES TÓRICAS

Las lentes intraoculares tóricas tienen un solo foco y compensan el astigmatismo corneal para lograr una buena visión de lejos. Para ello la lente cuenta con dos toros internos en los que va marcado el eje más curvo para su implantación y colocación dentro del ojo.

En 1992, diseñaron la primera LIO tórica para corregir el astigmatismo corneal durante la cirugía de catarata. Esta lente contaba con 3 piezas de PMMA y no era plegable por lo que era necesaria una incisión de 5.7mm. Esta lente se encontraba disponible en potencias de cilindro de -2.00 y -3.00 dioptrías. En el postoperatorio se observó que en el 77% de los casos la agudeza visual fue 20/25 o mejor pero alrededor del 30% se encontraban lentes giradas 30° y en el 50% de los casos estaban giradas más de 10°.⁵

En 1994, apareció la primera LIO tórica plegable de una pieza, su material era silicona y la incisión era de 3.2mm. En el post operatorio se observó que entre un 20% y 30% las lentes habían rotado la lente más de 10°.⁵

A partir de este momento se han llevado a cabo grandes avances en la tecnología de la LIO tórica y mejoras tanto en el material, diseño y cirugía. Lo que ha llevado a la estabilidad rotacional post operatoria y por tanto a mejores resultados visuales.

- **CARACTERÍSTICAS LIO TÓRICAS IMPLANTADAS EN ESTE ESTUDIO:**

Son lentes monobloques que poseen una óptica biconvexa asimétrica. Los hápticos están compuestos por el mismo material que la zona óptica.

El material es un polímero blando con un filtro ultravioleta químicamente añadido. El diámetro de la zona óptica es de 6 mm y la longitud total son 13 mm. Estas lentes presentan una óptica biconvexa asimétrica que presenta la superficie tórica en la cara posterior.¹⁰

La angulación de los hápticos es de 0° y la constante A recomendada 118.4, presenta un índice de refracción de 1.55 nm.¹⁰

Las marcas de guía del eje de la lente son 3 puntos en la periferia de la zona óptica y señalan el eje más plano del toro.

Las potencias de corrección cilíndrica de cada lente son:

- SN6AT4 posee una potencia cilíndrica de 2.25 D en el plano de la lente y 1.55 D de media en el plano corneal. Es adecuada para astigmatismos entre $1.50 < 2.00D$.
- SN6AT5 posee una potencia cilíndrica de 3.00 D en el plano de la lente y 2.06 D de media en el plano corneal. Es adecuada para astigmatismos entre $2.00 < 2.50D$.
- SN6AT6 posee una potencia cilíndrica de 3.75 D en el plano de la lente y 2.57 D de media en el plano corneal. Es adecuada para astigmatismos entre $2.50 < 3.00D$.
- SN6AT7 posee una potencia cilíndrica de 4.50 D en el plano de la lente y 3.08 D de media en el plano corneal. Es adecuada para astigmatismos entre $3.00 < 3.50D$.
- SN6AT8 posee una potencia cilíndrica de 5.25 D en el plano de la lente y 3.60 D de media en el plano corneal. Es adecuada para astigmatismos entre $3.50 < 4.00D$.
- SN6AT9 posee una potencia cilíndrica de 6.00 D en el plano de la lente y 4.11 D de media en el plano corneal. Es adecuada para astigmatismos a partir de 4.00D.

También existen SN6AT2 y SN6AT3 pero estas no serán implantadas en este estudio ya que son para potencias cilíndricas inferiores a -2.00 dioptrías y todos nuestros pacientes tienen una potencia entre -2.00 dioptrías o superior.

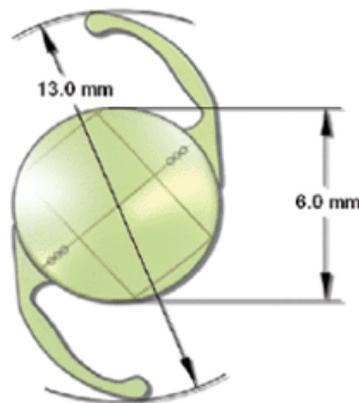


Figura 3. Lente Acrysof toric SN6ATx

4.FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE LA LIO

Para alcanzar la emetropía es necesario calcular la potencia dióptrica de la lente a implantar, para ello se han desarrollado varias fórmulas para la obtención de la potencia de la lente necesaria para emetropizar a cada paciente.

- **Fórmulas teóricas de 1ª generación y fórmula empírica SRK**

Las primeras fórmulas desarrolladas fueron teóricas, como la fórmula de Fyodorov en 1967, la cual solo tenía en cuenta la longitud axial del ojo y la queratometría. Consideraba constante el índice de refracción corneal y la profundidad de la cámara anterior.

A continuación en 1980 se utilizaron fórmulas empíricas basadas en resultados obtenidos en cirugías anteriores, con la fórmula SRK desarrollada por Sander, Retzlaff y Kraft.

El problema de las fórmulas de primera generación es que asumían que la posición efectiva de la lente o la profundidad de la cámara anterior posoperatoria era igual en todos los ojos por lo que estos no quedaban correctamente corregidos.

- **Fórmulas teóricas de 2ª generación y fórmula empírica SRK II**

Hoffer y Binkhorst observaron que los ojos largos quedaban hipercorregidos y los ojos cortos hipocorregidos, de ahí deducen que el valor de la profundidad de la cámara anterior (ACD) se debía calcular en función de la longitud axial realizando estas mediciones.⁶

$$ACD = \frac{\text{Longitud axial}}{23.45 \times ACD \text{ pre}}$$

La ELP se define como la posición efectiva de la lente respecto a la córnea. Para describir la posición de la LIO en el ojo y no confundirlo con la ACD. Ésta es la única medida que de manera preoperatoria no podemos medir y la fórmula debe estimar un valor.

Para corregir las limitaciones de la fórmula SRK en ojos con longitudes axiales extremas propusieron hacer variable el valor de A en función de la longitud axial aumentando 1,2 o 3 dioptrías al valor de A para ojos cortos y para ojos largos se resta 0.5 dioptrías, transformando así la fórmula SRK en SRK-II, de esta forma deducen que la longitud axial, aunque tiene mayor variabilidad en ojos largos, influye más en el error dióptrico de la LIO en los ojos cortos, y por ello se modificó más el valor de A en dichos ojos.^{7,8,9}

- **Fórmulas teóricas de 3^o generación**

En la actualidad se utilizan unas fórmulas que tienen como objetivo calcular la potencia que corrige a cada paciente, así como la posición más efectiva de la lente a partir de la longitud axial y la queratometría. Estas fórmulas son SRK-T, Holladay, Hoffer-Q y Olsen.

En 1988 Holladay considera que para poder predecir el valor de la profundidad de la cámara anterior post operatoria debe relacionarse con la longitud axial y con la altura de la cúpula corneal, la cual debe estar relacionada con el radio de curvatura corneal, con el diámetro corneal, y con un factor dependiente del cirujano, que equivale a la distancia desde el plano iridiano al plano principal de la LIO.¹⁰

Los mismos autores de la fórmula SRK, conscientes de que la posición efectiva de la lente es muy importante para disminuir el error dióptrico final, proponen una nueva teoría de su fórmula, obteniendo la SRK-T. Para obtener el valor de la profundidad de la cámara anterior suman la distancia existente entre la córnea y el plano del iris y la distancia desde el plano iridiano al plano principal de la LIO.

Teniendo en cuenta que cada una tiene un algoritmo diferente para calcular la posición efectiva de la lente.

- **Fórmulas teóricas de 4^o generación**

Son las más recientes, estas emplean más de dos factores para predecir especialmente la posición efectiva de la lente. Las más conocidas son Haigis y Shamaas, útiles en el cálculo de la LIO posterior a cirugía refractiva, y Holladay II indicada en ojos muy cortos y para la realización de dobles implantes primarios, en que usan siete variables: longitud axial, queratometría, edad, refracción preoperatoria, blanco-blanco horizontal, ACD preoperatoria y grosor del cristalino.^{8,9}

5. CIRUGIA DE CATARATA

PREOPERATORIO

Previamente al paciente se le realiza una anamnesis en donde recogemos los antecedentes personales, familiares, oculares que nos aportan información relevante. Incluye el estado funcional real del paciente, su estado médico general, sus condiciones psíquicas y físicas, y todos los factores que pueden influir en el resultado de la cirugía.

Tras la anamnesis pasamos a la realización de la toma de medidas, para ello primero mediante optotipos snellen tomamos la AV al paciente con corrección. Después se le realiza un examen de la motilidad ocular. Mediante lámpara de hendidura se le realiza una exploración completa de párpados y segmento anterior del globo ocular.

También se observa el epitelio corneal, las glándulas lagrimales y de Meibomio, la estática y dinámica de los párpados y la película lagrimal.

En nuestro caso que es la cirugía refractiva cristaliniana se realizan a parte otras pruebas específicas como una queratometría y topografía que nos permiten obtener medidas de la curvatura corneal y nos informan del astigmatismo de la misma. También se realiza una pupilometría para obtener el tamaño de la pupila en diferentes condiciones luminosas y un contaje de las células endoteliales y paquimetría, ya que si se encuentra alterada tiene riesgo de edema corneal ante un procedimiento quirúrgico.

Finalmente se realiza una biometría que nos dará los valores de la longitud axial, profundidad de cámara anterior y queratometría para poder obtener el cálculo de la LIO que mejor se adapte a las características de nuestro paciente.

POST OPERATORIO

Día después de la cirugía: control de los parámetros postquirúrgicos habituales (presión intraocular, dolor, estabilidad de la LIO, respuesta inflamatoria de la cámara anterior y edema corneal).

Primera semana: se mide la agudeza visual mediante los optotipos de snellen y la refracción con el autorrefractómetro. También se dilata la pupila y se controla la rotación de la lente.

Un mes después de la cirugía: lo mismo que a la semana pero además se le gradúa al paciente para visión lejana y próxima. También se le realiza un fondo de ojo.

Control trimestral y semestral: lo mismo que en las anteriores revisiones pero en este caso la agudeza visual es con corrección.

CALCULOS BIOMETRICOS

La biometría es una técnica no invasiva, rápida y no dolorosa que nos permite realizar mediciones de las estructuras oculares. Los factores más importantes para obtener un cálculo correcto del poder dióptrico de la una LIO son la longitud axial y queratometría.

Un error de 1 mm en la medición de la longitud axial determina un error post operatorio de unas 3 dioptrías.

LA TOMOGRAFIA DE COHERENCIA OPTICA

Técnica basada en la proyección de dos haces de luz infrarroja sobre el globo ocular y la medición de la reflexión de estos haces sobre las distintas superficies oculares. Este doble haz permite eliminar la influencia de los movimientos longitudinales del ojo durante las mediciones, usando la córnea como superficie de referencia.

Al ser una técnica de no contacto evita las distorsiones y errores que pueden producir la depresión corneal de la biometría ultrasónica de contacto. Da una rápida medición de elevada precisión y esta medición no se afecta en midriasis.

El inconveniente de este tipo de biómetros es que la luz infrarroja no puede atravesar medios opacos.

El aparato IOL MASTER utiliza un haz de luz, que es reflejado por la película lagrimal y el epitelio pigmentario de la retina del ojo, creando una señal parcialmente coherente. El sistema emite un haz de luz infrarroja que pasa por un divisor de haz, generando dos haces de luz de alta coherencia, uno que se refracta en un espejo y otro que se refleja en él. Estos dos haces pasan por el ojo reflejándose en las estructuras oculares transparentes. Por último, son recogidos por un fotodetector que transformara la información, a partir de un software, en un ecograma.⁵

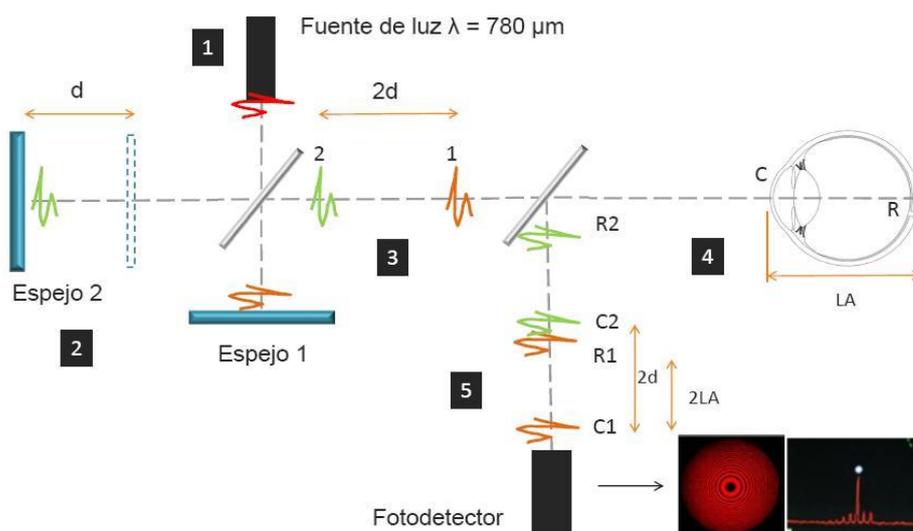


Figura 4. Esquema de funcionamiento óptico del IOL MASTER

El aparato ALADDIN TOPCOM cuenta con una tecnología RCR (radio de córnea real) que permite analizar aproximadamente 1000 puntos a 3 mm de diámetro y medir el radio de la córnea, esto da lugar a una mayor precisión en la potencia esférica de la lente intraocular a implantar. Para el cálculo de la potencia cilíndrica cuenta con la Fórmula Barrett que tiene en consideración la córnea posterior y calcula la posición y espesor del cristalino para cada paciente en particular. Este aparato también cuenta con un topógrafo incorporado de discos de plácido y en base a los datos topográficos obtenemos un análisis de aberrometría mediante los coeficientes de Zernike. Estos proporcionan la diferencia de camino óptico e información sobre el astigmatismo, aberración esférica, aberraciones de alto orden y aberración cromática para pupilas de 2.50 mm a 7.00 mm.

ELEMENTOS PARA EL CALCULO DE LA LENTE INTRAOCULAR

Dependiendo del tamaño ocular y de las dioptrías previas a la intervención, se ha de colocar una lente con una medida que se encuentra individualizada para cada paciente.

El cálculo del poder dióptrico de las lentes intraoculares (LIO) es una parte esencial en la planificación quirúrgica de catarata y está determinado principalmente, por factores como el diámetro anteroposterior del globo ocular o longitud axial en cualquier segmento del eje óptico, es muy importante la profundidad de cámara anterior, la queratometría o medida de la curvatura anterior corneal y la adecuada selección de la fórmula de cálculo dependiendo del diámetro de la longitud axial y su relación con la constante de fabricación, es decir las características de cada modelo de LIO.⁸

Longitud axial: es la distancia que existe entre el vértice anterior del ojo y el punto opuesto en la retina. Representa el diámetro antero posterior del ojo. Es el factor más importante para determinar el poder dióptrico de la LIO ya que un error de medición de 1mm determina un error post operatorio de 3 dioptrías.

Profundidad de cámara anterior (ACD): es el espacio que hay entre la córnea, el iris y la cara anterior del cristalino y se encuentra constituida por humor acuoso. Su cálculo se basa en la longitud axial y en la posición post operatoria de la LIO, un error de 0.1 mm en este cálculo produce un error refractivo de 0.1 dioptrías en el cálculo de la LIO por lo que es uno de los factores que menos influye para los cálculos de las lentes.⁸

Queratometría: mide dos ejes complementarios, el K_1 y K_2 siendo la medida de ambas el K_{medio} . A partir de este valor en mm se calcula la potencia corneal total en dioptrías. El error en la queratometría es un motivo frecuente de un mal cálculo de la LIO, ya que un fallo de 0.1mm en el cálculo del radio corneal da lugar a un trastorno en la refracción postoperatoria de 0.5 dioptrías.

6. ESTUDIO

MUESTRA

Para la realización de este estudio se revisaron 33 pacientes con un astigmatismo prequirúrgico igual o superior a 2.00 dioptrías para ser operados de cataratas mediante facoemulsificación en el hospital HCU Lozano Blesa, de Zaragoza, en el período de tiempo comprendido entre noviembre de 2016 - agosto de 2017. Todos los pacientes firmaron un consentimiento informado para la cirugía y recibieron las instrucciones que debían seguir antes y después de la intervención.

A estos pacientes se le implanta una lente intraocular tórica para compensar su astigmatismo a parte de sus otros defectos refractivos.

Todos los pacientes seleccionados para este estudio cumplieron los criterios de inclusión para ser sometidos a la cirugía de catarata mediante la técnica de facoemulsificación son implante de lente intraocular en cámara posterior establecidos por el HCU Lozano Blesa.

- Criterios principales de inclusión:
 - Agudeza visual igual o inferior a 4.
 - Catarata que justifique la baja agudeza visual.

MATERIAL Y METODOS

Para la realización de este estudio se utilizó el siguiente material:

- Autorrefractómetro.
- Biómetro IOL MASTER y ALADDIN.
- Lámpara de hendidura.
- Test de optotipos Snellen.
- Caja de lentes y gafa de prueba.

La toma de medidas se realizó de la misma manera a toda la muestra de pacientes. Primero se tomó la agudeza visual para visión lejana con la carta de optotipos de Snellen, visión próxima con el optotipo para cerca. Tras esto se tomó la refracción con el autorrefractómetro y se afino con la caja de lentes de prueba.

Después se procedió a realizar un examen de salud ocular mediante la lámpara de hendidura. Se exploró el segmento anterior con iluminación difusa e indirecta, se observó la córnea y el cristalino se estudió manteniendo el brazo de iluminación de la lámpara de hendidura con un ángulo entre 20° y 30° y un aumento medio enfocando el núcleo y la cápsula posterior.

Tras esto se realizó una biometría óptica con IOL Master. En el proceso de medida, este instrumento muestra el valor de la longitud axial del paciente y una relación

señal/ruido (SNR). El valor SNR, sirve como referencia para conocer la calidad de las medidas. Si la SNR es menor o igual a 2, la medida tiene una baja fiabilidad y el aparato la marca con un signo de exclamación (!). Se considera un buen escáner cuando los valores están entre 3 y 5, y un escaneado ideal cuando supera el valor 5. Con este aparato también se midió la queratometría, la profundidad de cámara anterior y la distancia blanco-blanco. Lo mismo sucedió con el ALADDIN que es un segundo biómetro por el que se realizó las pruebas a nuestros pacientes.

Realizadas las medidas el propio sistema de los biómetros cálculo la potencia idónea de la lente intraocular, utilizando la fórmula SRK T para ojos normales, aquellos que su longitud axial estuviera comprendida entre 22 y 25 mm y para ojos largos, aquellos en los que su longitud axial fuera superior a 25 mm. Para los ojos cortos, con una longitud axial inferior a 22 mm la fórmula utilizada es la de Hoffer Q. También se utilizó la página de Alcon para calcular la potencia y el eje de la LIO Acrysoft SN6ATT más adecuada a cada paciente.

Al finalizar el proceso preoperatorio y calculada la potencia de la LIO a implantar, el cirujano llevó a cabo el implante de la lente. A todos los pacientes se les realizó la misma técnica quirúrgica con el mismo tipo de LIO, en este caso la lente Acrysoft SN6ATx de Alcon en cámara posterior.

Al tratarse de una cirugía sin ingreso, los pacientes fueron visitados al día, a la semana y al mes de la intervención, siendo esta última visita la del alta médica y de la cual se tomaron los datos para este estudio. Se les realizó una autoqueratorefractometría postoperatoria, una refracción subjetiva tanto en visión lejana como en visión próxima y un examen de la salud ocular con lámpara de hendidura para el control de la cirugía.

Finalmente se creó una base de datos en Microsoft Office Excel 2016 para su posterior manejo estadístico. Esta base de datos se diseñó clasificando a los pacientes con un número y distinguiendo su edad, longitud axial, potencia astigmática y eje del mismo, queratometría media del biómetro IOL Master y Aladdin, agudeza visual preoperatoria y post operatoria, graduación astigmática tras la intervención quirúrgica y eje del astigmatismo y rotación de la lente.

Para el análisis estadístico se utilizó el mismo programa que para la realización de la base de datos.

7.RESULTADOS

Para describir las características de los sujetos incluidos en este estudio, así como los parámetros obtenidos en las diferentes pruebas, se utilizó la media. Se analizaron los resultados de los 33 ojos sometidos a cirugía de catarata.

La edad media de los participantes fue de 72.36 años, en la tabla 1- gráfico 1 se muestra la distribución de frecuencias y el porcentaje de pacientes sometidos a cirugía por grupos de edad.

EDAD	FRECUENCIA	PORCENTAJE
50-59	2	6.06
60-69	9	27.27
70-79	15	45.45
80-89	7	21.21
TOTAL	33	100
MEDIA	72.36	

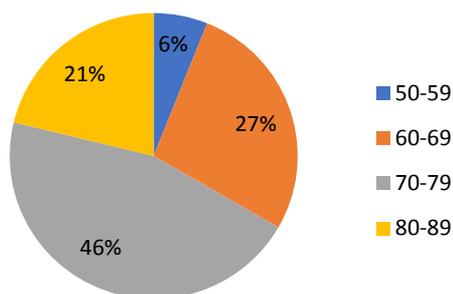


Tabla 1. Distribución de la muestra por grupos de edad. **Gráfico 1.** Distribución de pacientes por edades.

La longitud axial media que se obtuvo fue de 23.70 mm siendo el tamaño mínimo de 21.88 mm y el máximo de 25.76 mm. En la tabla 2-gráfico 2 se muestra la distribución de la muestra por grupos de longitud axial.

LONGITUD AXIAL	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Menor de 22 mm	3	9.09
Entre 22 y 25 mm	29	87.88
Mayor de 25 mm	1	3.03
Total	33	100
Media	23.70	

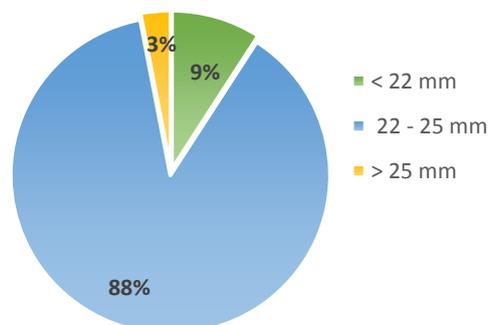


Tabla 2. Distribución muestra por LA. **Gráfico 2.** Distribución de pacientes por LA.

El astigmatismo medio preoperatorio fue de -3.07 D siendo el mínimo de la muestra de -2.00D y el máximo de-4.75D. En la tabla 3-gráfico 3 se observa la distribución de la muestra por grupos de potencia astigmática.

POTENCIA ASTIGMATICA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
2.00-2.75D	16	48.49
3.00 – 3.75D	12	36.37
4.00 – 4.75D	5	15.14
TOTAL	33	100
MEDIA	3.07	

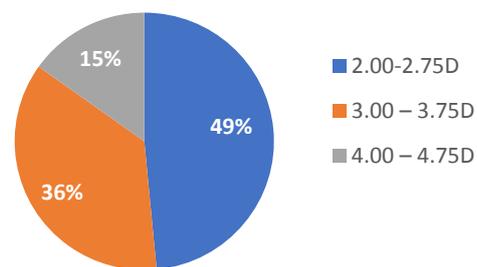


Tabla 3. Distribución de la muestra por grupos de potencia astigmática. **Gráfico 3.** Distribución de pacientes por grupos de potencia astigmática.

El astigmatismo más común fue el inverso con una media de 108° eje, los ejes para el astigmatismo inverso estaban comprendidos entre 60°-120°, los ejes en el astigmatismo directo entre 150°-180° y 0°-30°, para los oblicuos se encontraban comprendidos entre 30°-60° y 120°-150°. En la tabla 4-gráfico 4 se observa la distribución de la muestra por tipo de astigmatismo.

TIPO ASTIGMATISMO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
INVERSO	18	54.55
DIRECTO	10	30.30
OBLICUO	5	15.15
TOTAL	33	100
MEDIA	108	

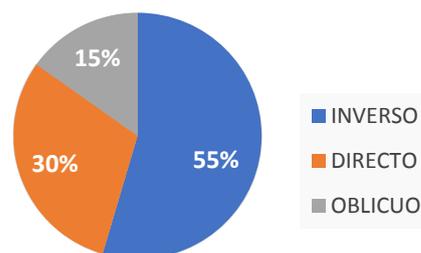


Tabla 4. Distribución de la muestra por tipo de astigmatismo. **Gráfico 4.** Distribución de la muestra por tipo de astigmatismo.

La potencia del astigmatismo medio comparado por el biómetro IOL Master y por el biómetro Aladdin es similar, siendo en el IOL Master de -3.06 D y en Aladdin de -3.05 D. En la tabla 5 se observa la media de astigmatismo preoperatorio comparado en ambos biómetros.

	K IOL MASTER	K ALADDIN
MEDIA	3.06	3.05

Tabla 5. Media del astigmatismo según los diferentes biómetros.

La LIO media implantada fue SN6AT7 corrigiendo esta un cilindro entre -3.00D y -3.50 D. Siendo SN6AT4 la LIO que corrige menor potencia en nuestro estudio, corrigiendo astigmatismos de -1.50D a -2.00D y SN6AT9 la LIO que corrige mayor potencia cilíndrica, ya que corrige astigmatismos a partir de -4.00D. En la tabla 6 – gráfico 6 se observa la frecuencia y el porcentaje de las lentes implantadas en este estudio.

LIO IMPLANTADA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SN6AT4	2	6.06
SN6AT5	6	18.18
SN6AT6	8	24.25
SN6AT7	10	30.30
SN6AT8	3	9.09
SN6AT9	4	12.12
MEDIA	SN6AT7	

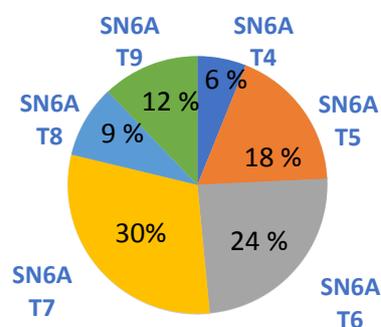


Tabla 6. Frecuencia y porcentaje de las lentes implantadas en este estudio. **Gráfico 6.** Porcentaje de las lentes implantadas en este estudio.

El astigmatismo medio postoperatorio fue de -0.50D siendo el mínimo de la muestra de -0.00D y el máximo de -1.25D. En la tabla 7-gráfico 7 se observa la distribución de la muestra por grupos de potencia astigmática.

POTENCIA CYL(D)	FRECUENCIA	PORCENTAJE
0-0.25	13	39.39
0.50-0.75	15	45.45
1.00-1.25	5	15.15
TOTAL	33	100
MEDIA	0.48	

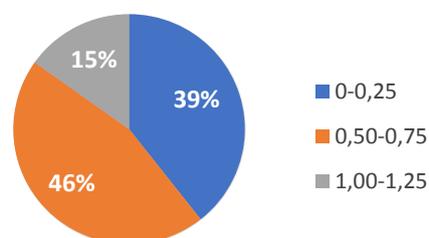


Tabla 7. Distribución de la muestra por grupos de potencia astigmática. **Gráfico 7.** Distribución de pacientes por grupos de potencia astigmática.

El astigmatismo más común fue el inverso con una media de 99.81° eje, los ejes para el astigmatismo inverso estaban comprendidos entre 60°-120°, los ejes en el astigmatismo directo entre 150°-180° y 0°-30°, para los oblicuos se encontraban comprendidos entre 30°-60° y 120°-150°. En este caso la media se realizó sobre 22 ojos que fueron aquellos que quedaron con potencia cilíndrica tras la operación. En la tabla 8-gráfico 8 se observa la distribución de la muestra por tipo de astigmatismo.

TIPO ASTIGMATISMO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
INVERSO	7	31.81
DIRECTO	12	54.54
OBLICUO	3	16.63
TOTAL	22	100
MEDIA	99.81	

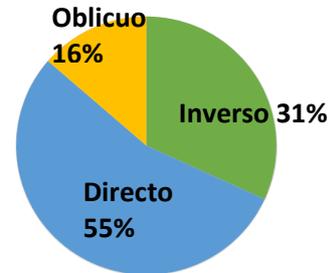


Tabla 8. Distribución de la muestra por tipo de astigmatismo. **Gráfico 8.** Distribución de la muestra por tipo de astigmatismo.

8.DISCUSIÓN

El diseño del estudio fue prospectivo transversal analizando los pacientes operados de catarata a los que se implanto lente tórica durante el periodo de tiempo en el que se realizó el estudio.

Tanto la duración del estudio como la cantidad de pacientes con astigmatismo igual o superior a -2.00 D no era lo suficientemente amplia como para conseguir una muestra representativamente grande. Por lo que esto es una limitación a la hora de la obtención de resultados, ya que con una muestra mayor se puede obtener unos resultados más fiables, aunque esto no invalida nuestros resultados ya que no realizamos ninguna comparativa entre grupos.

Todos los pacientes formaban parte del área de pacientes del HCU Lozano Blesa. Además como se ha indicado anteriormente todos ellos tenían que tener un astigmatismo igual o superior a -2.00 dioptrías por lo que en el preoperatorio todo aquel que reuniese las características para implantarle una lente intraocular tórica fue “elegido” para el estudio.

Hubo que realizar varias pruebas por lo que los pacientes acudieron al hospital antes de la intervención para realizar el preoperatorio, el mismo día de la cirugía y al otro día de esta para comenzar con el post operatorio. Después se les revisa a la semana, al mes, a los tres meses y finalmente a los seis meses. Esto es necesario para comprobar el estado en el que se encuentra el globo ocular y la lente intraocular tras la cirugía.

A todos los pacientes se les realizó las mismas pruebas y obtuvimos resultados muy similares entre el biómetro IOL MASTER y ALADDIN, siendo los dos igual de eficaces para medir la queratometría y la longitud axial y obteniendo unos resultados prácticamente iguales.

En cuanto al marcado del astigmatismo en quirófano se encuentra el marcado con tinta corneal pero en la actualidad también se cuenta en algunos casos con herramientas de guiado intraoperatorio, estas controlan el posicionamiento de la lente a tiempo real y avisan al cirujano de si la lente está quedando rotada o mal posicionada en el ojo por lo que valoran de forma más precisa la rotación y el éxito de la intervención.

Respecto a los resultados obtenidos al mes de la cirugía fueron satisfactorios, ya que de 33 ojos 10 de ellos no necesitaron corrección cilíndrica, mientras que de los 22 restantes el 80% indicó un astigmatismo entre -0.25 y -0.75 dioptrías y el resto entre -1.00 y -1.25 dioptrías, siendo este el máximo de potencia cilíndrica obtenida tras la cirugía.

No hubo rotaciones de lentes significativas que dieran lugar a cambios altos tanto en la potencia como en el eje cilíndrico, si no que en todos los casos disminuyó el astigmatismo inicial y se mantuvo un eje similar siendo en el mayor de los cambios una rotación en sentido horaria de 8º, pasando de tener el eje de 80º a 88º.

9.CONCLUSIÓN

El buen cálculo del poder dióptrico de las lentes intraoculares a implantar es fundamental en el examen preoperatorio de cirugía de catarata al igual que es necesario realizar un estudio de los parámetros oculares completo de cada paciente para obtener una intervención y una visión satisfactoria post cirugía.

Otro factor importante que hay que tener en cuenta a la hora del cálculo de LIO son las características físicas de la propia lente, diseño y posición final en el ojo, esto viene determinado por una constante que nos indica la casa comercial. Por tanto las constantes más empleadas son la constante A, la ACD y el SF o factor cirujano.

En cuanto a la biometría obtenida por el IOL MASTER Y ALADDIN se obtuvieron datos muy similares por lo que ambos son igual de eficaces a la hora de obtener los datos necesarios para un buen cálculo y posicionamiento de la lente intraocular.

Con el paso de los años han evolucionado las técnicas quirúrgicas de catarata, aumentando así el éxito de las intervenciones y la rapidez de la recuperación visual. También ha influido la necesidad individual de ver mejor por parte de la población y por tanto una mayor motivación de estos para someterse a esta cirugía, fundamentalmente por parte de la tercera edad.

Las lentes tóricas son una buena alternativa para corregir el astigmatismo preexistente en pacientes que vayan a ser operados de cataratas.

10.BIBLIOGRAFIA

1. Remón Martín L.. Diseño, fabricación y control de calidad de lentes intraoculares multifocales. Valencia. Ed Universidad Politécnica de Valencia,2012.
2. Martín Herranz R., Vecilla Antolínez G. Manual de optometría. Ed medica panamericana,2012.
3. Romero Mora, J., García García, J., y García y Beltrán, A. Curso Introductorio a la Óptica Fisiológica. Ed Comares, 1996.
4. Caballero Caballero T., Molina Cañero L, Piñero Llorens D.2015. Lentes intraoculares trifocales.Gaceta de optometría y óptica oftálmica. 2015,no. 509, pp.26-35.
5. Savini G, Næser K. An analysis of the factors influencing the residual refractive astigmatism after cataract surgery with toric intraocular lenses. Invest Ophthalmol Vis Sci.2015,Vol.56 pp.827–835.
6. Tiago B. Ferreira, MD, Paulo Ribeiro, PhD, Filomena J. Ribeiro, MD, PhD, FEBO, Jo~ao G. O'Neill, MD, PhD. Comparison of astigmatic prediction errors associated with new calculation methods for toric intraocular lenses. J Cataract Refract Surg,2017, vol.43, pp.340–347.
7. V.de Juan A, R.Martín A, I. Pérez B y J. M. Herreras. Influencia de la longitud axial en el resultado refractivo tras cirugía de catarata. Arch Soc Esp Oftalmol.2010. vol.85 no.4.
8. Ortega Usobiaga O.,Sedó S.,Fossas M., Martinez Lehmann P., Vendrell V, Iribarne Y. Cálculo del poder dióptrico de lentes intraoculares. Servicio de oftalmología del hospital de Viladecans Annals d'oftalmologia,2003, vol 11 n.3 pp.152-165.
9. Bachernegg A, Ruckl T, Riha W, Grabner G, Dexl AK. Estabilidad de rotación y resultado visual tras la implantación de una nueva lente intraocular tórica para la corrección del astigmatismo corneal durante la cirugía de cataratas. J Catarata Refract Surg. 2013, vol.39, no.9, pp.1390 - 1398.
- 10.Zarranz-Ventura J.,Moreno-Montañés J., Caire J.y González-Jáuregui, De Nova Fernández-Yáñez E.y L.M. Implante de lentes intraoculares tóricas Acrysof® en cirugía de la catarata.Sádaba-Echarri.Departamento de Oftalmología, Clínica Universidad de Navarra, Pamplona, España. Arch Soc Esp Oftalmol.2010, vol.85 n.8, pp.274-277.
- 11.Alió JL, Agdeppa MC, Pongo VC, El Kady B. Microincision cataract surgery with toric intraocular lens implantation for correcting moderate and high astigmatism: pilot study. J Cataract Refract Surg. 2010, vol 36 no.1,pp.44-52.
- 12.Lorente R, Moreno C. Lentes tóricas. En Cristóbal JA. Corrección del astigmatismo. Madrid 2006, Ed. Mac Line.277-28

13. Verhulst E, Vrijghem JC. Accuracy of intraocular lens power calculation using the Zeiss IOL Master. A prospective study. Bull Soc Belge Ophthalmol 2001 ;281:61-5.
14. Gauri D. Shah, MS, Mamidipudi R. Praveen, DOMS, Abhay R. Vasavada, MS, FRCS, Viraj A. Vasavada, MS, Gauri Rampal, BE, Lajja R. Shastry, MS. Rotational stability of a toric intraocular lens: Influence of axial length and alignment in the capsular bag. J Cataract Refract Surg, 2012, vol.38, pp.54–59
15. Orts Vila P, Devesa Torregrosa P, Tañá Rivero P, Bemonte Martínez J. Precauciones quirúrgicas en intercambios de lentes tras errores refractivos significativos. Microcirugía Ocular. 2003, vol.11, pp.9-11.
16. Koshy JJ, Nishi Y, Hirschschall N, et al. Estabilidad de rotación de una lente intraocular acrílica tórica de una sola pieza. J Cataract Refract Surg. 2010; vol.36, pp.1665 - 1670.
17. Michael Goggin, FRCSI(Ophth), FRCOphth, FRANZCO, MS, Lourens van Zyl, FCOphth, MMed(Ophth), Silvestro Caputo, MD, Adrian Esterman, AStat, PhD. Outcome of adjustment for posterior corneal curvature in toric intraocular lens calculation and selection. J Cataract Refract Surg, 2016, vol.42, pp.1441–1448.
18. Behndig A, Montan P, Stenevi U, M Kugelberg, Zetterström C, Lundström M. Objetivo de la emmetropía después de la cirugía de catarata: Swedish National Cataract Register estudio. J Cataract Refract Surg. 2012, vol.38, no7, pp.1181 - 1186.
19. Lane S., Morris M., Wallace B. Multifocal Intraocular Lenses. Ophthalmology Department, University of Minnesota, Ophthalmol Clin Am 2006.vol. 493-8493, no.19, pp.89 – 105.
20. Resultados Miyake T, Kamiya K, Amano R, Iida Y, Tsunehiro S, Shimizu K. Resultados clínicos a largo plazo del implante tórico de lentes intraoculares en casos de cataratas con astigmatismo preexistente. J Cataract Refract Surg. 2014, vol.40, no.10, pp. 1654 - 1660.
21. Bachernegg A, Ruckl T, Riha W, Grabner G, Dexl AK. Estabilidad de rotación y resultado visual tras la implantación de una nueva lente intraocular tórica para la corrección del astigmatismo corneal durante la cirugía de cataratas. J Cataract Refract Surg. 2013, vol.39, no.9, pp.1390 - 1398.