



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FUNDACIÓN HOSPITAL
NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ, I.A.P.

DEPARTAMENTO DE CÓRNEA Y CIRUGÍA REFRACTIVA

TESIS DE POSGRADO

ANÁLISIS VECTORIAL DE ASTIGMATISMO INDUCIDO Y RESIDUAL
EN FEMTOLASIK

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
CIRUJANO OFTALMÓLOGO

PRESENTA
DRA. AZYADEH CAMACHO ORDÓÑEZ

ASESOR DE TESIS:
DRA. ELISA D. ALEGRÍA GÓMEZ



Ciudad de México, Agosto 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Datos de identificación

I. De la Unidad

Fundación Hospital “Nuestra Señora de la Luz”, I. A. P.

II. De la Investigación

Análisis vectorial de astigmatismo inducido y residual en Femto-LASIK

DRA. ELISA D. ALEGRÍA GÓMEZ

MÉDICO ADSCRITO DEL DEPARTAMENTO DE CÓRNEA Y CIRUGÍA REFRACTIVA

FUNDACIÓN HOSPITAL “NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ” I.A.P.

DRA. ADRIANA SAUCEDO CASTILLO

PROFESOR TITULAR UNAM Y JEFE DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

FUNDACIÓN HOSPITAL “NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ” I.A.P.

DR. ALEJANDRO BABAYÁN SOSA

PROFESOR TITULAR UNAM Y SUBDIRECTOR MÉDICO
FUNDACIÓN HOSPITAL “NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ” I.A.P.

DR. ÓSCAR BACA LOZADA

MÉDICO ADSCRITO DEL DEPARTAMENTO DE CÓRNEA Y CIRUGÍA REFRACTIVA
FUNDACIÓN HOSPITAL “NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ” I.A.P.

DR. JAIME LOZADA ALCAZÁR

DIRECTOR MÉDICO
FUNDACIÓN HOSPITAL “NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ” I.A.P.

Índice

Resumen.....	5
Marco Teórico	6
Introducción.....	6
Planteamiento del problema	11
Justificación.....	13
Hipótesis	13
Objetivos.....	14
Material y método.....	15
Resultados.....	18
Discusión.....	24
Conclusion.....	27
Bibliografía	28

Resumen

Objetivo: Determinar el grado de astigmatismo inducido y residual en pacientes sometidos a cirugía refractiva de Femto-LASIK.

Método: Es una cohorte de sujetos sometidos a cirugía refractiva de Femto-LASIK. El cálculo del astigmatismo inducido y residual se realizó por medio de la fórmula matemática descrita por Holladay Hersh, representadas con gráficas de doble ángulo en la primera semana, primer mes y tercer mes.

Resultados: Se incluyeron un total de 82 ojos de 60 pacientes. La edad media fue de 28.75.6años, (38 mujeres y 22 hombres). El rango de la esfera prequirúrgica fue -10.50 a +4.50D, con potencia cilíndrica de -0.50 a -6.50 dioptrías (D). Mientras que el astigmatismo promedio fue $-3.21 \times 173^\circ$. El astigmatismo inducido fue $-0.06 \times 94^\circ$ en la semana uno, $-0.11 \times 113^\circ$ en el primer mes y $-0.14 \times 98^\circ$ en el tercer mes; el astigmatismo residual fue $-0.19 \times 157^\circ$ en la primera semana, $-0.86 \times 154^\circ$ en el primer mes y $-0.20 \times 164^\circ$ en el tercer mes. La esfera inducida fue -0.65D en primera semana, -0.64D en el primer mes y -0.63 en el tercer mes. La esfera residual fue de -0.45D en la primera semana, -0.40D en el primer mes y -0.56D en el tercer mes.

Conclusión: El astigmatismo inducido y residual con Femto-LASIK es mínimo. El astigmatismo residual es mayor que el inducido. Mientras que la esfera inducida fue en promedio de -0.64D y residual de -0.47D.

Marco teórico

Introducción

El astigmatismo (del griego “a” que significa ausencia y “stigma” significa punto) es un error refractivo. El astigmatismo ocurre cuando los rayos incidentes de luz no convergen en un solo punto focal. El astigmatismo total puede ser dividido en corneal, lenticular y retinal; la suma de los tres dan el resultado del astigmatismo total, sin embargo, el principal componente es el astigmatismo corneal.

El astigmatismo puede ser clasificado a favor de la regla, en contra de la regla u oblicuo, dependiendo de la localización en donde se encuentren los meridianos principales de mayor y menor poder. En el astigmatismo regular, los dos meridianos principales se sitúan a 90 grados uno del otro y en el irregular no se respeta esta condición. El astigmatismo puede ser simétrico cuando las curvaturas de los dos hemimeridianos son iguales y asimétrico cuando la curvatura de un hemimeridiano es mayor a la del otro meridiano. El astigmatismo puede ser clasificado de acuerdo al enfoque de los meridianos principales encontrando así:

1. Astigmatismo miópico simple: un meridiano se enfoca frente a la retina y el otro en la retina.
2. Astigmatismo miópico compuesto: ambos meridianos se enfocan frente a la retina.
3. Astigmatismo hipermetrópico simple: un meridiano se enfoca teóricamente por detrás de la retina y otro en la retina.
4. Astigmatismo hipermetrópico compuesto: ambos meridianos se enfocan teóricamente por detrás de la retina.
5. Astigmatismo mixto: un meridiano se enfoca por delante y otro por detrás de la retina.¹

La cirugía refractiva comprende diferentes procedimientos dirigidos a modificar la curvatura de la córnea y de esta manera corregir la miopía, la hipermetropía y el astigmatismo. Uno de los procedimientos refractivos más empleados es la queratomileusis in situ asistido con láser (LASIK). Permite corregir una hipermetropía de hasta 4 dioptrías, un astigmatismo de hasta 5 dioptrías y una miopía de hasta 10 dioptrías.²

La intervención quirúrgica de LASIK consta de varios pasos: se aplica un anillo de succión sobre el globo ocular que eleva la presión intraocular por encima de 65 mmHg. El anillo se centra sobre la córnea proporcionando una guía por medio de la que se inserta un microqueratomo, el cual avanza sobre la córnea para formar el colgajo constituido por epitelio, membrana de Bowman y estroma anterior. La succión se libera y se levanta el colgajo, dejando una bisagra nasal o superior. Sobre el lecho corneal se aplica el láser excimer para realizar la fotoablación. Se recoloca el colgajo para permitir la adherencia del mismo.³

Femto-LASIK es similar a la técnica LASIK con la diferencia de que en la primera se emplea un láser de femtosegundo en vez de un microqueratomo para la creación del colgajo corneal. El laser de femtosegundo usa luz infrarroja con una longitud de onda de 1053nm, con pulsos ultra cortos para causar fotodisrupción del tejido estromal corneal, con la consecuente formación de burbujas de cavitación, creando un plano de disección que se separa con mínimo esfuerzo.^{4,5,6}

Algunos estudios muestran que el laser de femtosegundo tiene ventajas en comparación a los dispositivos mecánicos en la calidad del colgajo corneal, como el grosor uniforme del colgajo y longitud de bisagra predecible con disección lamelar.⁷ Sin embargo, otros estudios muestran que el laser de femtosegundo al crear el colgajo tiene complicaciones específicas, como aumento en el tiempo de succión, fotofobia, pliegues corneales, inflamación de la interfase y queratitis lamelar difusa (DLK).⁸ Mientras que otros artículos reportan que el láser de femtosegundo

muestra una mejor refracción postquirúrgica predecible, mejor agudeza visual mejor corregida (AVMC), y reducción del astigmatismo inducido. ⁹

Teóricamente, una ablación en la córnea puede inducir astigmatismo solo si existe asimetría en el haz del láser o en la córnea. Con los dispositivos mecánicos al realizar el colgajo corneal puede existir una asimetría en la bisagra, cortes incompletos, irregulares y descentrados que puede ocasionar astigmatismo. El astigmatismo residual se define como la diferencia vectorial entre el astigmatismo topográfico corneal y el cilindro refractivo en el plano corneal. Esta diferencia puede ser significativa y producir resultados visuales subóptimos después de la cirugía refractiva. ¹⁰

Se han descrito diferentes causas del astigmatismo postquirúrgico, que incluyen la alineación del paciente, la mala alineación de los ejes astigmáticos secundarios a los movimientos oculares durante el procedimiento quirúrgico, el grado de torsión, localización de la bisagra del colgajo, irregularidades en el haz del láser. A pesar de la causa, el astigmatismo residual e inducido puede limitar la agudeza visual no corregida, diplopia monocular, provocar destellos y resplandor en la noche. ^{2,11}

El astigmatismo se puede medir en base a de retinoscopia, queratometrías y refracción. Hay diferentes métodos para determinar el astigmatismo residual e inducido quirúrgicamente, incluyendo el análisis vectorial, la conversión en un sistema de coordenadas y óptica lineal. ⁹

El análisis vectorial es un método matemático por el cual se calcula el astigmatismo inducido y residual quirúrgicamente, se deriva de los cambios corneales tanto en magnitud como en eje. Se han reportado diferentes modelos matemáticos para el análisis vectorial del astigmatismo, cualquiera de estos es adecuado para el cálculo del astigmatismo. ^{10,12,13}

Alpins analiza el astigmatismo posterior a la cirugía refractiva usando tres vectores: vector diana de astigmatismo inducido (TIA), vector de astigmatismo inducido quirúrgicamente (SIA), y la diferencia entre vectores (DV). La relación entre estos vectores se usa para generar un número de índices, y con ellos entender el efecto quirúrgico y su uso para el ajuste en un nomograma.¹⁴

El TIA se define como el cambio de magnitud y eje del astigmatismo que se tenía por objetivo, mientras que el SIA es la cantidad del astigmatismo que se induce por la cirugía. La DV es el cambio astigmático inducido que causa la cirugía para alcanzar el objetivo inicial, y es preferentemente cero. El índice de éxito (IOS) se determina dividiendo la DV entre TIA e idealmente es cero. Otros índices útiles son el índice de corrección (CI), que se define como la relación entre SIA y TIA, y el coeficiente de ajuste (COA) que es el coeficiente de ajuste del astigmatismo futuro. Los valores ideales de estos índices son 1.0.

El análisis por Holladay y col.,¹³ inicialmente se describió en coordenadas polares (cilindro y eje), convertidas a un sistema de coordenadas Cartesianas. Los ángulos de los ejes se duplican para mostrar el astigmatismo inducido, el promedio y la desviación estándar del astigmatismo inducido se determinan.

El cambio refractivo inducido quirúrgicamente (SIRC) se calcula convirtiendo la esfera y cilindro (en notación cilindro cruzado) al plano corneal. Los ejes no ortogonales se normalizan manteniendo el eje más curvo y asignado un valor de 90 grados al eje más plano con respecto al más curvo. El error de predicción (PE) es la refracción postoperatoria deseada. El equivalente esférico del SIRC se determina y se representa gráficamente. El equivalente de desenfoque (DEQ) es la magnitud del equivalente esférico más la mitad de la magnitud del

cilindro. Es una medida de precisión quirúrgica, se correlaciona mejor con la agudeza visual que con el equivalente esférico.

Debido a que el eje del astigmatismo regresa al mismo valor cuando pasa a través de los 180 grados, los ángulos de astigmatismo se duplican y después se utilizan fórmulas estándar para realizar el SIRC. Posteriormente, los datos se muestran en un diagrama de doble ángulo, con 0 y 180 grados a las 3:00horas, 45 grados a las 12:00, 90 grados a las 9:00 y 135 grados a las 6:00. Los valores polares se convierten en valores cartesianos por medio de ecuaciones:

$$x = \text{cilindro} * \cos(2 * \text{eje})$$

$$y = \text{cilindro} * \sin(2 * \text{eje})$$

La media del valor x o y es calculada usando el promedio de cada variable. Los valores cartesianos son convertidos a la notación polar por la media de los valores agregados:

$$\text{Cilindro} = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\text{Ángulo} = \frac{1}{2} * \text{Arco tangente} (y/x)$$

El astigmatismo inducido y residual en LASIK no es infrecuente. En la literatura se reporta que la tecnología de punto flotante se asocia con un menor grado de astigmatismo inducido en comparación con el de lluvia de puntos, pero que su comportamiento en pacientes con astigmatismo igual o mayor a 4.00 D no es tan estable como en graduaciones cilíndricas menores. ¹⁶

Planteamiento del problema

El astigmatismo es un defecto refractivo en el que los rayos de luz procedentes de un objeto situado en el infinito no se enfocan en un solo punto, sino en dos líneas focales. Se produce porque no todos los meridianos del sistema óptico tienen el mismo poder de refracción, principalmente por variaciones en la curvatura de la córnea o del cristalino.¹⁷

Existen múltiples técnicas quirúrgicas para el tratamiento del astigmatismo, la mayoría de las cuales actúan modificando la curvatura corneal. Las más utilizadas incluyen el tratamiento mediante láser excimer (LASIK, PRK, epi-LASIK, LASEK). El resultado es que las imágenes se enfocan claramente en la retina en lugar de ser distorsionadas por la dispersión de la luz causada por una córnea de forma irregular.¹⁷

El tipo de cirugía refractiva que se realiza más común es el LASIK. Sin embargo, en los últimos años femto-LASIK ha ganado aceptación en la cirugía refractiva, debido a su seguridad y exactitud en la creación de un colgajo corneal más regular, preciso y uniforme. A diferencia del creado con el microqueratomo mecánico de LASIK.¹⁸

En cirugía refractiva, existen múltiples complicaciones como defectos epiteliales, ojo seco, descentramiento de la ablación, haze corneal, ectasia corneal, queratitis lamelar difusa, colgajo incompleto, irregular, colgajo en dona, exceso o defecto de corrección. El astigmatismo inducido y residual son complicaciones que pueden provocar disminución en la agudeza visual, diplopia monocular y destellos. Con el advenimiento del láser de femtosegundo se amplían otras opciones terapéuticas más precisas para la creación de un colgajo corneal con una arquitectura más uniforme y menor número de complicaciones.¹⁹

Justificación

La visión tiene un gran impacto sobre la vida de las personas. Diversos estudios han mostrado que una mala función visual repercute negativamente en la calidad de vida, generando problemas tales como dificultad en la realización de las actividades cotidianas, aislamiento social o depresión. La baja agudeza visual es el factor que más influye en el deterioro de la calidad de vida de los pacientes. Los defectos de refracción son una de las causas más frecuentes de baja visión corregibles en el mundo. Su falta de corrección supone una pérdida de capacidad funcional en aquellos que los padecen.²⁰

La cirugía refractiva ha alcanzado en los últimos años gran importancia para la corrección de errores refractivos. Son varios los procedimientos utilizados a lo largo de la historia con la finalidad de conseguir la emetropía en los pacientes. En un intento de perfeccionar las técnicas de incisión corneal, produciendo menor daño a los tejidos, han surgido los láseres quirúrgicos, como el excimer y láser de femtosegundo.²⁰

Es importante una adecuada selección del paciente para asegurar el éxito de la cirugía refractiva. La cirugía refractiva no es 100% exacta, puede generar cambios refractivos inducidos y residuales. Actualmente, existen algunos estudios que evalúan el astigmatismo inducido y residual en pacientes sometidos a femto-LASIK. Estos cambios pueden ocasionar limitación en la agudeza visual de los pacientes. Por lo que es importante evaluar tanto el astigmatismo residual e inducido en estos pacientes.²¹

Para determinar el astigmatismo residual e inducido quirúrgicamente existen diferentes métodos como el análisis vectorial, la conversión en un sistema de coordenadas y óptica lineal. El análisis vectorial es un método matemático por el cual se calcula el astigmatismo inducido y residual quirúrgicamente, se deriva de los cambios corneales tanto en magnitud como en eje. Se han reportado diferentes modelos matemáticos para el análisis vectorial del astigmatismo.^{10,12,13}

Pregunta de investigación

¿Cuál es el grado de astigmatismo inducido y residual en pacientes sometidos a cirugía refractiva de femto-LASIK en la primera semana, primer mes y tres meses?

Hipótesis

El femto-LASIK genera mínimo astigmatismo inducido y residual en la primera semana, primer y tercer mes.

Objetivos

Objetivo general

- Determinar el astigmatismo inducido y residual en pacientes sometidos a femto-LASIK

Objetivos específicos

- Determinar la esfera inducida en pacientes sometidos a femto-LASIK
- Determinar la esfera residual en pacientes sometidos a femto-LASIK
- Determinar el grado de astigmatismo inducido en cilindros prequirúrgicos de 0.25 a 0.75 dioptrías, de 1 a 1.75 dioptrías y mayores a 2 dioptrías.
- Determinar el grado de astigmatismo residual en cilindros prequirúrgicos de 0.25 a 0.75 dioptrías, de 1 a 1.75 dioptrías y mayores a 2 dioptrías.

Material y método

Diseño de estudio

El presente estudio es una cohorte descriptiva, prospectiva y longitudinal.

Muestra

En el estudio se integraron todos los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión sometidos a femto-LASIK en el departamento de Córnea y Cirugía Refractiva en la Fundación Hospital “Nuestra Señora de la Luz” I.A.P. durante el año 2015.

Criterios de inclusión

- Mayores de 21 años
- Estabilidad refractiva que se define como una refracción que no se modifique más de 0.5D en 6 meses o más de 1D en un año.
- No patología ocular
- Lecho estromal de 300 micras
- Error refractivo de -0.50 a -10.00D ó +1.00 a +4.00D y -0.50 a -6.50D de cilindro
- Consentimiento informado firmado

Criterios de exclusión

- Opacidades corneales
- Enfermedades inflamatorias oculares
- Enfermedades sistémicas como Artritis Idiopática Juvenil y Síndrome de Sjögren

Criterios de eliminación

- Pacientes que no cuenten con el estudio de refracción durante el seguimiento.

Los pacientes que acudieron a valoración de cirugía refractiva, fueron sometidos a diferentes estudios. Primero se interrogaron los antecedentes personales patológicos y no patológicos, se realizó una topografía corneal, se valoró el segmento anterior, se tomó la presión intraocular y después se realizó el estudio de refracción manifiesta y después cicloplejica con la aplicación de 3 gotas oftálmicas cada 10 minutos de tropicamida 0.5% + fenilefrina 5% en ambos ojos, reportando el error refractivo y la agudeza visual en cada una de las evaluaciones. Posteriormente se evaluó el segmento posterior para determinar la presencia de lesiones predisponentes en retina. En caso de que el paciente presentará alguna lesión predisponente se valoró por el departamento de Retina y Vítreo quienes indicaron tratamiento. Una vez que el paciente cumplía con los criterios de inclusión, se firmó el consentimiento informado previa explicación del procedimiento y complicaciones.

Técnica quirúrgica

Previo aseo de párpados y anestesia tópica con tetracaína 0.5%, se realiza el colgajo corneal mediante láser femtosegundo VisuMax (Carl Zeiss Meditec). El diámetro del colgajo corneal y el grosor fue de 8.0mm y de 90 a 120 micras, respectivamente. La posición y el ángulo de la bisagra se fija en 90° y 50°, respectivamente. Después de levantar el colgajo corneal, se utilizó el láser excimer para realizar la ablación del estroma con VISX STAR S2, luego el colgajo se reposición con cuidado sobre el estroma. Al finalizar el procedimiento, a todos los pacientes se les aplicó tobramicina 0.5% y dexametasona 1% en solución oftálmica cada 4 horas durante la primera semana.

Cálculo de análisis vectorial

Para fines del estudio, se consideró el astigmatismo residual como aquel astigmatismo postquirúrgico remanente que no cambio más de 15 grados en relación al cilindro inicial. Mientras que el astigmatismo inducido se considero aquel con cambio mayor a 15 grados con respecto al inicial. La esfera inducida se consideró como aquella que cambio de negativo a positivo o viceversa y la esfera residual como el remanente que no cambio de signo positivo o negativo.

El cálculo del astigmatismo inducido y residual postquirúrgico se realizó mediante el análisis vectorial con las fórmulas matemáticas de Holladay y Hersh, aplicadas en el sistema de Microsoft Excel y Microsoft Paint para las gráficas de doble ángulo.

El análisis vectorial se realizó tomando las refracciones subjetivas prequirúrgicas, en la primera semana, primer mes y tercer mes. Los datos polares (cilindro y eje) se convirtieron a un sistema de coordenadas Cartesianas (x , y), para obtener el valor promedio del astigmatismo prequirúrgico, inducido y residual. Los resultados se expusieron en gráficas de doble ángulo, y se reportó el valor centroide promedio en cada una de ellas.

Aspectos éticos.

El estudio garantiza los aspectos bioéticos inherentes a los estudios de investigación clínica como son confidencialidad de la información obtenida, principio de autonomía de los sujetos participantes, principio de beneficencia y consentimiento informado, sin tener conflicto de intereses y permitiendo el acceso a documentos fuente en caso de ser solicitado por autoridades normativas. El estudio se apega a las pautas establecidas en la Declaración de Helsinki.

Resultados

Se incluyeron un total de 82 ojos de 60 pacientes. La edad media fue de 28.7 ± 5.6 años, de los cuales 38 eran mujeres y 22 eran hombres, sin patologías oculares asociadas o cirugías previas.

Estado refractivo prequirúrgico

El rango de esfera prequirúrgica fue -10.50 a + 4.75D, con potencia cilíndrica de -0.50 a -6.50 dioptrías. Mientras que el astigmatismo promedio fue $-3.21 \times 173^\circ$. En la siguiente tabla se muestran las características de los errores refractivos.

	Valor (promedio \pm SD (rango))
Equivalente esférico	-5.32 ± 3.51 (-10.75, 2.00)
Esfera	-4.14 ± 3.44 (-10.50, +4.75)
Cilindro	-2.68 ± 1.71 (-0.50, -6.50)

Tabla 1. Características prequirúrgicas

Los pacientes se dividieron según el astigmatismo prequirúrgico en tres grupos: 0.25 a 0.75 dioptrías, de 1 a 1.75 dioptrías y mayores a 2 dioptrías. El cilindro centroide prequirúrgico fue de $-2.60 \times 174^\circ$.

Valor de astigmatismo	n	Promedio de astigmatismo
0.25 - 0.75 dioptrías	20	-0.03D x176°
1.00 - 1.75 dioptrías	11	-1.34D x174°
Mayor a 2 dioptrías	38	-3.40Dx174°

Tabla 2. Astigmatismo prequirúrgico por grupos

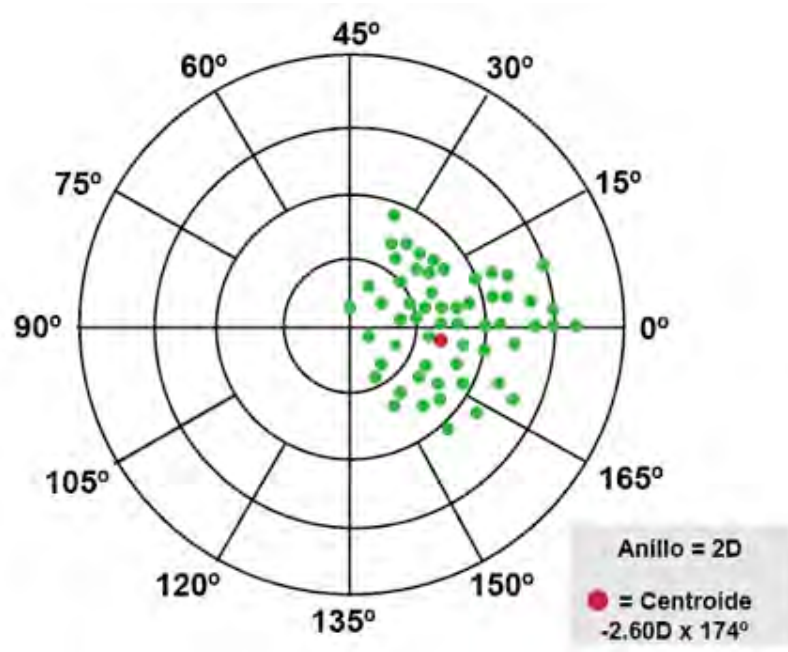


Figura 1. Astigmatismo prequirúrgico

Resultados postquirúrgicos

El astigmatismo inducido fue $-0.06 \times 94^\circ$ en la semana uno, $-0.11 \times 113^\circ$ en el primer mes y $-0.14 \times 98^\circ$ en el tercer mes; el astigmatismo residual fue $-0.19 \times 157^\circ$ en la primera semana, $-0.86 \times 154^\circ$ en el primer mes y $-0.20 \times 164^\circ$ en el tercer mes.

Astigmatismo inducido

Astigmatismo	1 semana	1 mes	3 meses
0.25 - 0.75 dioptrías	0.06D x 10°	0.04D x 179°	0.02D x 160°
1.00 - 1-75 dioptrías	0.06D x 12°	0.05D x 56°	0.05D x 70°
Mayor a 2 dioptrías	0.14D x 140°	0.05D x 114°	0.09D x 128°

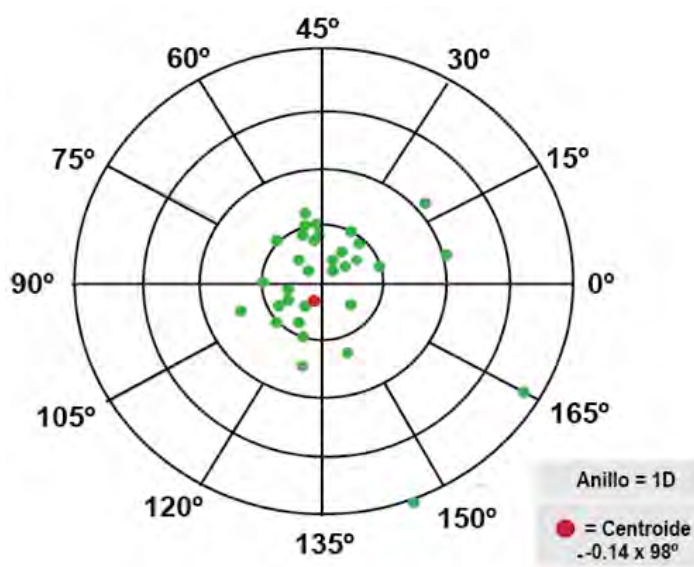


Figura 2. Cilindro inducido en la primera semana

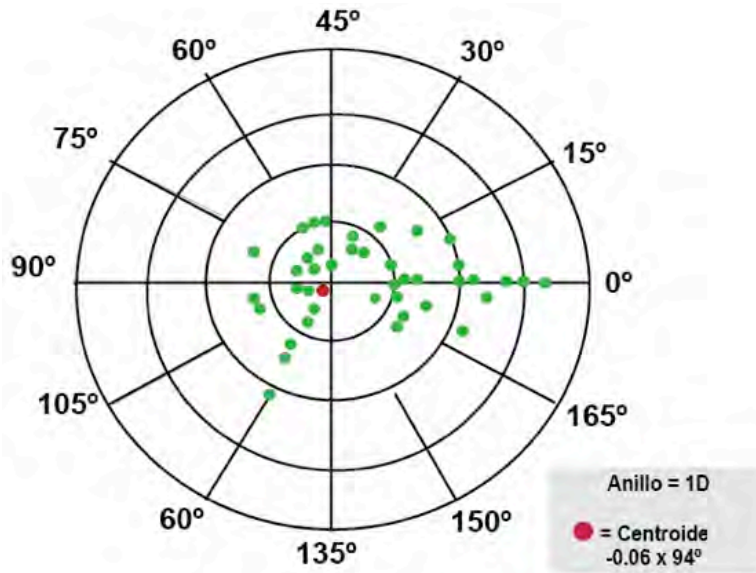


Figura 3. Cilindro inducido en el primer mes

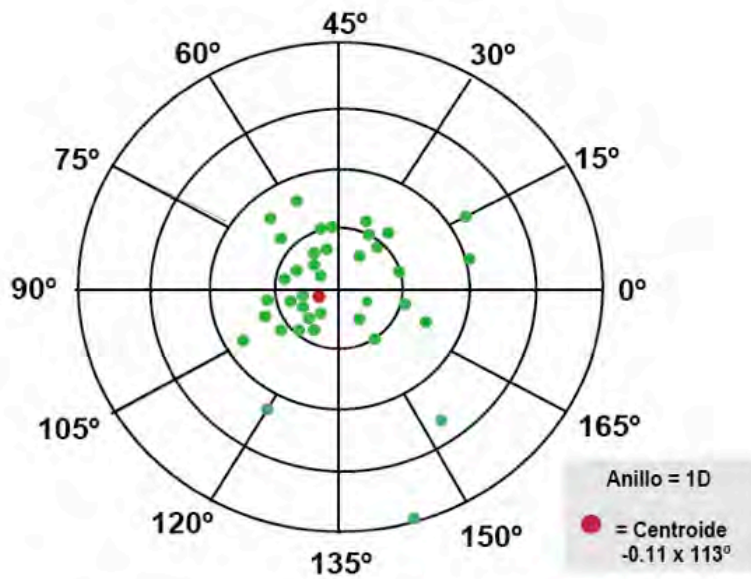


Figura 4. Cilindro inducido en el tercer mes

Astigmatismo residual

Astigmatismo	1 semana	1 mes	3 meses
0.25 - 0.75 dioptrías	0.02D x 174°	0.03D x 165°	0.03D x 178°
1.00 - 1.75 dioptrías	0.06D x 164°	0.08D x 176°	0.02D x 164°
Mayor a 2 dioptrías	0.10D x 167°	0.86D x 154°	0.08D x 149°

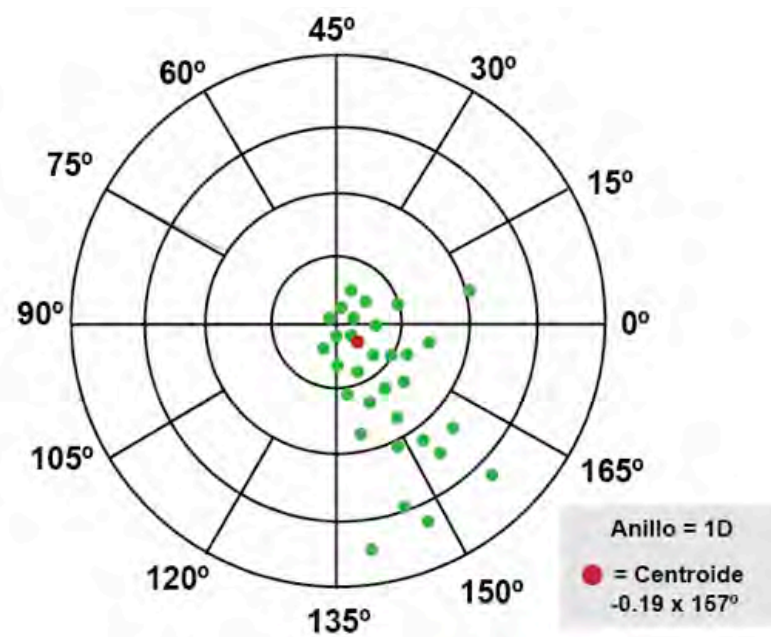


Figura 5. Cilindro residual en la primera semana

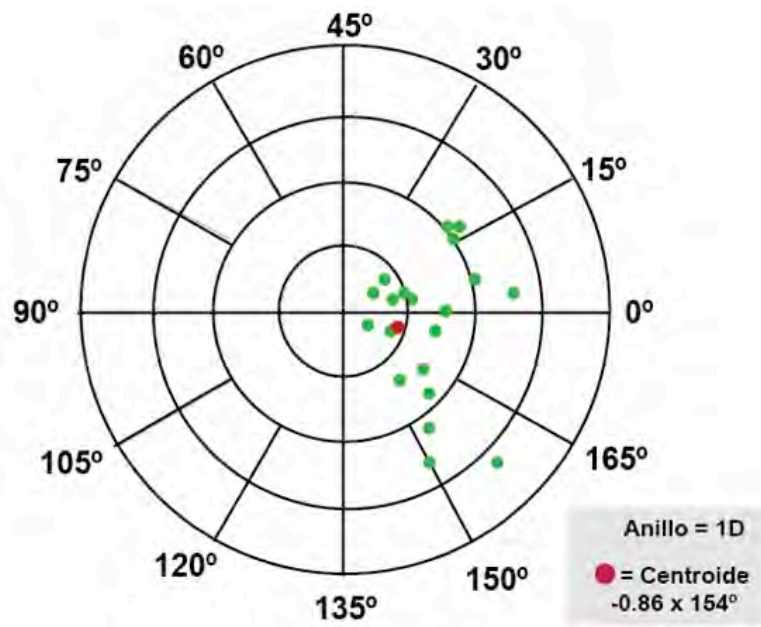


Figura 6. Cilindro residual primer mes

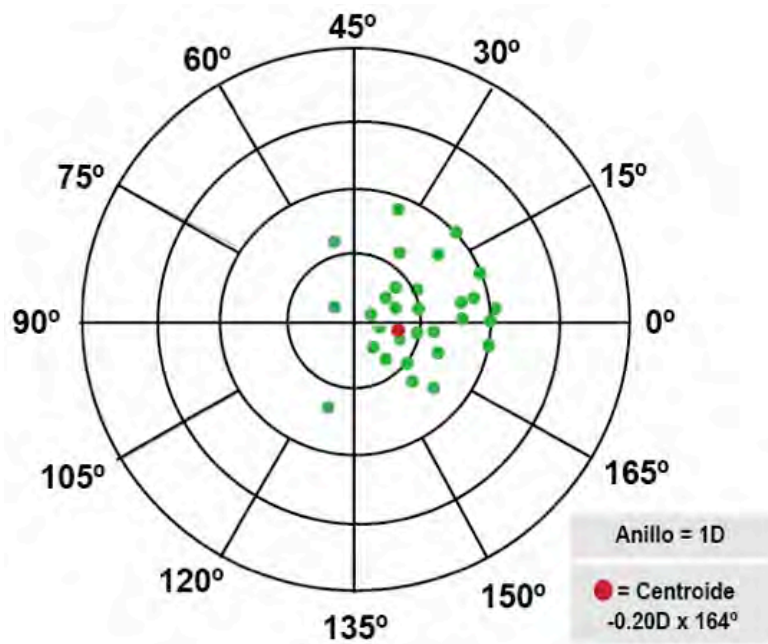


Figure 7. Cilindro residual tercer mes

La esfera inducida fue -0.65D en primera semana, -0.64D en el primer mes y -0.63 en el tercer mes. La esfera residual fue de -0.45D en la primera semana, -0.40D en el primer mes y -0.56D en el tercer mes.

Discusión

La representación matemática y el estudio estadístico del error refractivo esfero-cilíndrico han sido temas tratados frecuentemente por la literatura oftalmológica. El correcto análisis de los resultados de las diferentes cirugías para el tratamiento del astigmatismo, es vital, ya que permitirá cuantificar el grado de éxito alcanzado en el tratamiento del astigmatismo así como la comparación entre diferentes técnicas para ver cuál de ellas es mejor y de esta manera poder planear mejor futuras cirugías.²²

El método del análisis vectorial del astigmatismo convierte los valores de astigmatismo refractivo y corneal en vectores dotados de una magnitud y una dirección que los definen. El cálculo de dichos vectores se realiza a partir de los datos de astigmatismo previos y posteriores a la cirugía.¹⁵

El astigmatismo postquirúrgico es una causa de agudeza visual subóptima. Se puede clasificar en inducido y residual. El cálculo del astigmatismo inducido quirúrgicamente ha sido estudiado por varios autores, pero muchos contienen errores en el análisis y pueden llevar a conclusiones poco significativas con respecto a los resultados. En este estudio se aplicó el método de Holladay y Hersh¹⁶

En nuestro estudio, se dividieron los pacientes en tres grupos según el grado de astigmatismo prequirúrgico: 0.25D a 0.75D, 1.00D a 1.75D y mayor a 2.00D. Esto con el fin de determinar en

que grupo es mayor el astigmatismo tanto inducido como residual. El grupo con más pacientes fue el mayor a 2 dioptrías.

Una de las causas del astigmatismo inducido es la mala alineación de los ejes astigmáticas secundaria a la rotación ocular. El grado de torsión secundario al cambio posicional, de la posición erecta a la supina. Se estima que el promedio de rotación es de 4.1 ± 3.7 grados. Teóricamente, una desalineación de 4 grados resultaría en un astigmatismo residual de 14%.²³

El astigmatismo residual puede ser a consecuencia de un un astigmatismo inducido durante el procedimiento o una hipocorrección del astigmatismo preoperatorio. Frings y col, determinaron que la esfera miópica subjetiva, el género masculino y el ojo dominante tienden a correlacionar con un menor astigmatismo residual en pacientes sometidos a LASIK.²⁴

En cuanto al astigmatismo residual, durante la primera semana se presentan adecuados resultados, sin embargo en el primer mes tiende a la regresión, pero durante el tercer mes los resultados mejoran. Con respecto al desplazamiento del eje de este mismo grupo, no se presentó gran variación, quedando en el rango de “oblicuo”.

Hershe y col., refieren que los pacientes con mayor magnitud de cilindro prequirúrgico tienden a dejar un mayor astigmatismo residual, y que dicho fenómeno puede explicarse parcialmente por la intencional subcorrección de dichas graduaciones con el fin de evitar sobrecorrecciones. Aún más, el comportamiento postquirúrgico de los astigmatismos altos versus esferas miópicas altas es diferente, observándose un mayor componente residual para los primeros, dejando de manifiesto una menor predictabilidad.²⁵

En cuanto al astigmatismo inducido durante la primera semana se presentan resultados adecuados, pero durante el primer y tercer mes este tiende a la regresión. Respecto al eje no existió gran variación, quedando en el rango de “contra la regla”.

El astigmatismo inducido estuvo condicionado por el grupo de mayor a dos dioptrías prequirúrgico. Los grupos con cilindros leves y moderados no presentaron diferencia en su magnitud durante todo el seguimiento. De igual manera, el astigmatismo residual estuvo condicionado por el mismo grupo.

Chan y col., al comparar el astigmatismo generado en 111 pacientes sometidos a femto-LASIK y SMILE, mostraron que aquellos con astigmatismo miópico leve a moderado la técnica SMILE ofreció una corrección astigmática menos favorable que femto-LASIK. La alineación de tratamiento fue más variable en SMILE en comparación con femto-LASIK a los 3 meses después del procedimiento.²¹

Una de las limitaciones del estudio fue que el seguimiento se realizó hasta los 3 meses. En la literatura se describe que existe estabilidad de la refracción esfero-cilíndrica de los 3 a los 6 meses postquirúrgicos. Uno de los mecanismos fisiopatológicos expuestos en relación con la regresión del cilindro se basa en las modificaciones realizadas sobre el grosor epitelial secundaria a la ablación.¹⁶

El astigmatismo residual e inducido fue mayor en el grupo de astigmatismo prequirúrgico mayor a 2D. Este grupo contaba con el mayor número de pacientes, es necesario una muestra con un muestra mayor en los otros dos grupos para valorar si el astigmatismo sigue siendo mayor en el grupo de 2 dioptrías.

Conclusión

El cilindro inducido y residual postquirúrgico con la cirugía refractiva de femto-LASIK es mínima. Por lo que el femto-LASIK es un método adecuado para el tratamiento de pacientes con cirugía refractiva. El cilindro residual es mayor que el inducido, especialmente en aquellos cilindros prequirúrgicos mayores a 2 dioptrías. La esfera inducida fue de 0.64D y la esfera residual de 0.47D en promedio.

Bibliografia

1. Kaimbo D, Kaimbo W. Astigmatism – Definition, Etiology, Classification, Diagnosis and Non-Surgical Treatment. 2011;14(2):50-55.
2. Wu HK. Astigmatism and LASIK. *Curr Opin Ophthalmol*. 2012;13(4):250-255.
3. Huhtala A, Pietilä J, Mäkinen P, Uusitalo H. Femtosecond lasers for laser in situ keratomileusis: a systematic review and meta-analysis. *Clin Ophthalmol*. 2016;10:393-404.
4. Farjo AA, Sugar A, Schallhorn SC, et al. Femtosecond Lasers for LASIK Flap Creation Background and Description of Technology. *OPHTHA*. 2013;120:e5-e20..
5. Kymionis GD, Kankariya VP, Plaka AD, Reinstein DZ. Femtosecond laser technology in corneal refractive surgery: a review. *J Refract Surg*. 2012;28(12):912-920
6. Moshirfar M, Churgin DS, Hsu M. Femtosecond laser-assisted cataract surgery: a current review. *Middle East Afr J Ophthalmol*. 2011;18(4):285-291.
7. Xia L-K, Yu J, Chai G-R, Wang D, Li Y. Comparison of the femtosecond laser and mechanical microkeratome for flap cutting in LASIK. *Int J Ophthalmol*. 2015;8(4): 784-790.
8. Chen S, Feng Y, Stojanovic A, Jankov MR, Wang Q. IntraLase femtosecond laser vs mechanical microkeratomes in LASIK for myopia: a systematic review and meta-analysis. *J Refract Surg*. 2012;28(1):15-24.
9. Durrie DS, Kezirian GM. Femtosecond laser versus mechanical keratome flaps in wavefront-guided laser in situ keratomileusis: Prospective contralateral eye study. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31(1):120-126.
10. Alpíns NA. New method of targeting vectors to treat astigmatism. *J Cataract Refract Surg*. 23(1):65-75.

-
11. Read SA, Collins MJ, Carney LG. A review of astigmatism and its possible genesis. *Clin Exp Optom*. 2007;90(1):5-19.
 12. Alpíns NA. A new method of analyzing vectors for changes in astigmatism. *J Cataract Refract Surg*. 1993;19(4):524-533.
 13. Holladay JT, Dudeja DR, Koch DD. Evaluating and reporting astigmatism for individual and aggregate data. *J Cataract Refract Surg*. 1998;24(1):57-65.
 14. Alpíns N. Astigmatism analysis by the Alpíns method. *J Cataract Refract Surg*. 2001;27(1):31-49.
 15. Holladay JT, Dudeja DR, Koch DD. Evaluating and reporting astigmatism for individual and aggregate data. *J Cataract Refract Surg*. 1998;24(1):57-65.
 16. Guerrero Berger O, Baca O, Velasco R, Viggiano D, Calvillo Ángel Barroso RESUMEN M. Análisis vectorial del astigmatismo postlasik: lluvia de puntos vs. punto flotante*.
 17. Vitale S, Ellwein L, Cotch MF, Ferris FL, Sperduto R. Prevalence of refractive error in the United States, 1999-2004. *Arch Ophthalmol (Chicago, Ill 1960)*. 2008;126(8):1111-1119.
 18. Pajic B, Vastardis I, Pajic-Eggspuehler B, Gatziofias Z, Hafezi F. Femtosecond laser versus mechanical microkeratome-assisted flap creation for LASIK: a prospective, randomized, paired-eye study. *Clin Ophthalmol*. 2014;8:1883-1889.
 19. Melki SA, Azar DT. LASIK Complications: Etiology, Management, and Prevention. *Surv Ophthalmol*. 2001;46(2):95-116.
 20. Broman AT, Munoz B, Rodriguez J, et al. The impact of visual impairment and eye disease on vision-related quality of life in a Mexican-American population: proyecto VER. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2002;43(11):3393-3398.
 21. Chan TCY, Ng ALK, Cheng GPM, et al. Vector analysis of astigmatic correction after small-incision lenticule extraction and femtosecond-assisted LASIK for low to moderate myopic astigmatism. *Br J Ophthalmol*. 2016;100(4):553-559.

-
22. Naeser K. Assessment and Statistics of Surgically Induced Astigmatism. *Ophthal Physiol Opt Acta Ophthalmol Scand ACTA Ophthalmol Scand*. 2006;26:189-198.
 23. Stevens JD. Astigmatic Excimer Laser Treatment: Theoretical Effects of Axis Misalignment. *Eur J Implant Refract Surg*. 1994;6(6):310-318.
 24. Frings A, Katz T, Steinberg J, Druchkiv V, Richard G, Linke SJ. Ocular residual astigmatism: Effects of demographic and ocular parameters in myopic laser in situ keratomileusis.
 25. Hersh PS, Fry KL BD. Incidence and associations of retreatment after LASIK. *Ophthalmology*. 2003;110(4):748-754.