



CÓMO INFLUYE LA ZONA ÓPTICA EN
PACIENTES INTERVENIDOS
MEDIANTE CIRUGÍA REFRACTIVA
LASIK

JESÚS PANIAGUA GONZÁLEZ



TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

COMO INFLUYE LA ZONA ÓPTICA EN PACIENTES INTERVENIDOS MEDIANTE CIRUGÍA REFRACTIVA LASIK

ÁREA DE ÓPTICA

TUTORA: MARTA ROMERO LUNA

AUTOR: JESÚS PANIAGUA GONZÁLEZ

FACULTAD DE FARMACIA: 6 DE JULIO 2022

REVISIÓN SISTEMÁTICA

RESUMEN

La cirugía refractiva mediante láser excímer y bajo la técnica Queratomileusis in situ con láser (LASIK) es un procedimiento quirúrgico mediante el cual, con la creación de un colgajo corneal y continuado de una fotoablación estromal, se realiza tratamientos para la corrección de errores refractivos. Este tipo de procedimiento consta de una serie de parámetros, entre ellos la zona óptica, siendo el área principal en la intervención ya que se quiere conseguir una corrección excelente y completa. En la actualidad las zonas ópticas tienen un diámetro variable, dependiendo del tipo de ametropía, tipo de láser utilizado y características del paciente. De manera que, las variaciones de diámetro de la zona óptica comprometerán a la calidad visual en el resultado de la cirugía, induciendo complicaciones como la aparición de aberraciones.

Para el análisis de este parámetro en estudios reales con pacientes intervenidos mediante LASIK, se ha llevado a cabo una revisión sistemática guiada por las directrices PRISMA de los estudios encontrados en PubMed, incorporando 14 estudios. Los resultados señalan una relación entre la zona óptica y el postoperatorio de la cirugía LASIK, de modo que unas zonas ópticas con mayores diámetros irán acompañadas de resultados visuales conformes y baja probabilidad de aberraciones. En cambio, diámetros pequeños inducirán aberraciones y por tanto la resolución del tratamiento no proporcionará una calidad visual óptima. Actualmente las investigaciones entre los distintos tipos de técnicas del LASIK, como puede ser la ablación por frente de onda, están proporcionando resultados eficaces y de gran seguridad independientemente del tamaño de la zona óptica.

PALABRAS CLAVES. Zona óptica. LASIK. Aberraciones. Miopía. Hipermetropía.

ABSTRACT

Refractive surgery by excimer laser and under the technique Keratomileusis in situ (LASIK) is a surgical procedure by means of which, with the creation of a corneal flap and continued stromal photoablation, treatments are performed for the improvement of refractive errors. This type of procedure consists of a series of parameters, including the optical zone, which is the main area in the intervention, since the aim is to achieve an excellent and complete amelioration. Currently, the optical zones have a variable diameter, depending on the type of ametropia, the type of laser used and the patient's characteristics. Therefore, variations in the diameter of the optical zone will compromise the quality in the result of the surgery, inducing difficulties such as the appearance of aberrations.

For the analysis of this parameter in real studies with patients who underwent LASIK surgery, a systematic review was carried out guided by the PRIMAS guidelines of the studies found in PubMed, incorporating 14 studies. The results indicate a relationship between the optical zone and the postoperative LASIK surgery, so that some larger diameter optical zones will be accompanied by conformal visual outcomes and low probability of aberrations. On the other hand, small diameters will induce aberrations and therefore the resolution of the treatment will not provide optimal visual quality. Currently, research between different types of LASIK techniques, such as wavefront ablation, is providing effective and safe results regardless of the size of the optical zone.

KEY WORDS. Optical zone. LASIK. Aberrations. Myopia. Hyperopia

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
 - 1.1. DEFINICIÓN DE CIRUGÍA REFRACTIVA. LÁSER EXCÍMER
 - 1.1.1. TÉCNICAS DE CIRUGÍA REFRACTIVA CON LÁSER EXCÍMER
 - 1.1.1.1. CIRUGÍA REFRACTIVA LASIK
 - 1.2. ¿QUÉ ES LA ZONA ÓPTICA?
 - 1.2.1. ZONA DE TRANSICIÓN
 - 1.2.2. ZONA ÓPTICA FUNCIONAL
 - 1.2.3. ZONA ÓPTICA EFECTIVA
 - 1.3. LAS ABERRACIONES ÓPTICAS
 - 1.3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ABERRACIONES ÓPTICAS
 - 1.3.2. ABERRACIONES POSTOPERATORIAS-LASIK
2. OBJETIVOS
3. METODOLOGÍA
 - 3.1. BÚSQUEDA INICIAL
 - 3.2. BÚSQUEDA SISTEMÁTICA
 - 3.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN
 - 3.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
 - 3.3. BÚSQUEDA MANUAL
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN
5. CONCLUSIONES
6. BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

En el campo de la cirugía de los últimos años, la cirugía refractiva ha vivido un desarrollo evolutivo e ininterrumpido, con la pretensión de disminuir la posibilidad de aparición de complicaciones postoperatorias y proporcionar excelentes resultados en la calidad visual de los pacientes (Ramírez et al., 2021).

1.1. DEFINICIÓN DE CIRUGÍA REFRACTIVA. LÁSER EXCÍMER

La cirugía refractiva se define como una subespecialidad de la oftalmología que cuenta con distintos tipos de procedimientos quirúrgicos: incisionales, fotoablativos y lenticulares, que producen la corrección refractiva de las ametropías del ojo humano; miopía, hipermetropía y astigmatismo. El objetivo de la cirugía refractiva marca la modificación de la curvatura corneal, y así cambiar su poder dióptrico. Los antecedentes de la cirugía refractiva se remontan a una primitiva cirugía incisional, que paralelamente a una cirugía lamelar se hacían un hueco en el ámbito de las intervenciones quirúrgicas de errores refractivos. En cambio, con la aparición y desarrollo del láser excímer esta subespecialidad vive una revolución, embaucándose en una transición encaminada a la cirugía ablativa con la finalidad de incrementar a niveles superlativos la eficacia y seguridad de los procesos quirúrgicos refractivos (Sánchez-Di Martino, 2012).

La abreviación LASER hace referencia a la amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación, su función consiste en una fuente de radiación que siendo estimulada apropiadamente emite energía luminosa y se dirige hacia un tipo de tejido. Encontramos distintos tipos de efectos según el tipo de radiación usada: fotoablación, fotodisrupción y fotocoagulación. En la síntesis de esta revisión abordaremos la fotoablación, proceso mediante el cual, los enlaces moleculares de la córnea son rotos para quitar una capa muy fina de tejido, generando un mínimo o ningún daño al tejido circundante. Este proceso se consigue gracias a la aplicación de una contracción de dímero excitado, una molécula energizada de dos componentes, utilizando gases de flúor y argón para generar un haz de luz ultravioleta. Esta aplicación es referida por la denominación excímer (Sánchez-Di Martino, 2012).

Un ojo hipermetrope tiene una disfunción en la convergencia, para aumentarla se necesita incrementar la curvatura de la córnea en la zona central; eliminando tejido de la periferia en forma de anillo. En cambio, un ojo miope tiene un exceso en la convergencia, para disminuirla es necesario reducir la curvatura córnea; removiendo tejido en forma de círculo en el centro de esta. Así como, un astigmatismo tendrá más poder de convergencia en un eje predeterminado de la córnea, para corregirlo se lleva a cabo una ablación en la parte central y en la periferia de la córnea dando como resolución el aplanamiento del meridiano más curvo y el encurvamiento del meridiano más plano (Sánchez-Di Martino, 2012).

1.1.1. TÉCNICAS DE CIRUGÍA REFRACTIVA CON LÁSER EXCÍMER

Las técnicas de cirugía refractiva con el láser excímer se dividen conforme al perfil de ablación del láser y según la profundidad de la aplicación. En la primera vertiente tenemos: la ablación convencional, ablación con perfil optimizado y ablación por frente de ondas. En la ablación convencional el láser actúa con uniformidad en la superficie corneal tratada, se suele usar en ametropías bajas. La ablación con perfil optimizado aplica la energía en la zona periférica de la córnea. La ablación por frente de ondas consiste en eliminar tejido corneal asimétricamente y partiendo de un mapa de aberraciones oculares previas para tallar un patrón en la córnea de aberraciones igual a cero. Referente a la profundidad del proceso encontramos dos fuentes: cirugía de superficie, de la cual solo citaremos las técnicas, y cirugía lamelar, englobando el proceso principal de esta revisión. En cuanto a la cirugía de superficie se encuentra la técnica Queratectomía Fotorefractiva (PRK) y sus variantes; LASEK y EpiLASIK. Mientras que en la cirugía lamelar referimos la técnica Queratomileusis in situ con láser (LASIK) (Sánchez-Di Martino, 2012).

1.1.1.1. CIRUGÍA REFRACTIVA LASIK

Las siglas LASIK hacen referencia a Laser-Assisted in situ Keratomileusis (Sánchez-Di Martino, 2012). La técnica LASIK nace de la integración del láser excímer con los procesos laminares in situ (Moreno et al., 2010), consistiendo en un procedimiento quirúrgico realizado en dos partes: la creación de un colgajo o flap corneal y una seguida fotoablación estromal. El colgajo corneal consiste en una capa de tejido procedente de

la córnea con un grosor comprendido entre 100 y 160 μ y con diámetro oscilante de 8 a 9.5 mm, que se corta con un microqueratomo o con el láser de femtosegundo en forma de casquete y se aparta para realizar la ablación estromal con el láser excímer, dejando intacto: el epitelio, la membrana de Bowman y el estroma superficial. El corte no se realiza en la totalidad del casquete, sino que el colgajo queda unido a la córnea por un pedículo, que comúnmente se sitúa en posición nasal o superior para permitir una vez finalizada la cirugía, recolocararlo en su sitio sin suturas (Sánchez-Di Martino, 2012).

Hace unos años aparecieron los dispositivos láser de femtosegundo (haciendo alusión al tiempo que dura cada pulso) que emiten un haz infrarrojo con una longitud de onda de 1053 nm provocando fotodisrupción. Este proceso transforma el tejido en plasma mientras que la precisión y elevada temperatura hacen que se produzcan numerosas microcavidades en el estroma, generando el colgajo. Una vez desplazado el colgajo, se procede a la fotoablación con el láser excímer que al finalizar se recoloca en su posición natural (Sánchez-Di Martino, 2012). Comparado con el microqueratomo, el láser de femtosegundo produce: un grosor de colgajo más uniforme y predecible, menos astigmatismo inducido y menos probabilidad de daño epitelial, que pudiera afectar a la rehabilitación visual postoperatoria (Moreno et al., 2010).

La intervención mediante LASIK es una de las principales técnicas en cirugía refractiva en la actualidad. Durante el proceso quirúrgico el epitelio y la lámina de Bowman son preservados con la reposición del flap corneal. Esta conservación corneal explica el mínimo dolor postoperatorio y la rápida recuperación visual. El LASIK muestra resultados más exactos en el tratamiento de la alta miopía respecto a la técnica PRK, incluyendo: una estabilización muy rápida de la agudeza visual (AV) postoperatoria, mínima formación de opacidades corneales, menor tiempo de medicamentos postoperatorios y más facilidad de retratamientos al levantar el flap preexistente. En cambio, con la creación del flap en el LASIK se interrumpen las láminas del estroma anterior, pudiendo debilitar las propiedades biomecánicas de la córnea y desembocando en una epitelio patía neurotrófica con el diagnóstico del síndrome de ojo seco. De tal manera que, los perfiles y expectativas de los pacientes son cruciales para determinar la elección del procedimiento quirúrgico (Moreno et al., 2010).

El LASIK es la técnica predominante en cirugía refractiva y permite tratar con buenos resultados ametropía bajas y moderadas. El rango de tratamiento es amplio porque el riesgo de queratitis lamelar difusa y regresión es menor, ya que estas dificultades aumentan a medida que se incrementa la cantidad de dioptrías a tratar (Moreno et al., 2010).

1.2. ¿QUÉ ES LA ZONA ÓPTICA?

La zona óptica (ZO) es el área corneal objetivo de la cirugía refractiva que consta de una corrección completa lograda al cambiar la curvatura de la córnea. Independientemente del tipo de cirugía refractiva realizada, esta área se asocia enteramente con los resultados visuales postoperatorios (Ding et al., 2021). Podríamos definirla como la zona óptica útil para el resultado final en el trabajo de corrección refractiva de un paciente, para la obtención de cantidad y calidad en la visión. Esta zona cuenta con un valor óptico y permite minimizar aberraciones (Pizarroso & Penelas, 2005).

Anteriormente, las zonas ópticas de tratamiento en la cirugía con láser era una cuestión relativamente estandarizada porque había pocas posibilidades de variación debido al diseño de los láseres empleados. A la mayoría de los pacientes se le asignaba un diámetro determinado de zona óptica: la miopía se corregía con un diámetro típico de 5 o 6 mm, el astigmatismo de 5.5 mm y la hipermetropía de 6 mm. De esta forma, aumentaba la probabilidad de producir regresiones refractivas al usar zonas ópticas pequeñas. En cambio, se evolucionó en esta tecnología para mejorar la calidad de visión de los pacientes con tratamientos más personalizados. La calidad visual depende de múltiples factores, entre ellos, la zona óptica que empleamos. En teoría, por dioptría y a igualdad de zonas ópticas, se elimina la misma cantidad de espesor corneal cuando actúa un láser, sea cual sea el fabricante (Pizarroso & Penelas, 2005).

En la actualidad, los láseres cuentan con un programador que introduce los valores de la graduación y diseña las zonas ópticas adecuadas para el espesor corneal existente y la pupila del ojo, y el láser se encarga de tratar la esfera y el cilindro en la combinación que resulte más adecuada. También, habría que realizar una amplia medición de la pupila y valorar condiciones previas subjetivas del paciente, respecto a

su calidad visual. Podemos afirmar que lo usado hoy en día en los tratamientos son valores mínimos de 6 mm, siendo la elección de partida de 6.5 mm en todos los tratamientos (tanto miópicos como hipermetrópicos). Se pueden hacer aún mayores las zonas ópticas si la ablación, la paquimetría de seguridad y el diámetro pupilar lo exigen y lo permiten (Pizarroso & Penelas, 2005).

1.2.1. ZONA DE TRANSICIÓN

Las zonas de transición implican un mayor debilitamiento al usarla junto a la zona óptica porque va disminuyendo el rebaje de la periferia de ablación hasta un tallado nulo, por lo tanto, creamos un canto biselado suplementario de la lente tallada. Como la intervención es más ancha, también será más profunda, pero no tanto como si empleásemos una zona óptica mayor equivalente a la suma de la zona óptica más la zona de transición, es decir, la profundidad de una zona óptica de 6 mm más una zona de transición de 1 mm (total 8 mm) siempre será mucho menor que una zona óptica de 8 mm por sí sola. Entonces, la zona de transición amplía el diámetro de la zona de ablación, por tanto, previamente hay que levantar una zona tisular proporcional al trabajo diseñado (Pizarroso & Penelas, 2005).

1.2.2. ZONA ÓPTICA FUNCIONAL

La zona óptica funcional (ZOF) se define como la región de la superficie en córnea que logra una corrección refractiva completa después del tratamiento. Este parámetro es un indicador teórico que refleja el valor de la agudeza visual sobre la base de datos obtenidos de exámenes de topografía corneal (Ding et al., 2021).

1.2.3. ZONA ÓPTICA EFECTIVA

La zona óptica efectiva (ZOE) se le denomina al área delimitada por un cambio de cero dioptrías en el mapa de diferencia de curvatura tangencial (valor preoperatorio – valor postoperatorio) y así distinguirla de la zona óptica funcional (Ding et al., 2021).

1.3. LAS ABERRACIONES ÓPTICAS

Una zona óptica representada abarcaría los 4 mm de la zona central de la córnea. Si tenemos en cuenta el diámetro pupilar en condiciones de iluminación muy reducidas (escotópica), la luz que pasa por fuera de la zona óptica y llega a la retina puede

experimentar una serie de aberraciones que reducen la calidad de la visión. Una aberración óptica es un fenómeno que provoca una serie de distorsiones en la imagen de un objeto que el sistema óptico del ojo proyecta sobre la retina respecto del objeto real. De manera cualitativa, podemos analizar las aberraciones tanto a partir de la óptica geométrica describiendo la luz como un conjunto de rayos, o bien usando la óptica ondulatoria y el concepto de frente de ondas. Trataremos el análisis según el concepto de frente de ondas: los rayos son perpendiculares a los frentes de onda, de modo que cuando la luz proviene de un objeto situado en el infinito, los rayos que llegan al ojo son paralelos y los frentes de onda asociados son planos. En el caso de un ojo libre de aberraciones; los frentes de ondas dentro del ojo serían esféricos y convergerían en un punto de enfoque de la luz (la retina en el caso de un ojo emétrope o uno amétrope con su corrección óptica). En un ojo con aberraciones; la proyección de dichos frentes de ondas no es totalmente esférica, provocando que los rayos provenientes de un punto objeto formen una 'mancha', debido a la presencia de aberraciones, y no un punto imagen (el Gharbi, 2020).

1.3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ABERRACIONES ÓPTICAS

Las aberraciones ópticas se pueden clasificar en dos grandes grupos: aberraciones cromáticas y aberraciones monocromáticas o de Seidel. Las aberraciones cromáticas son debidas al cambio del índice de refracción de los medios oculares (córnea, cristalino, humor acuoso y vítreo) con la longitud de onda. Esto provoca que haya un punto focal distinto para cada longitud de onda y, por consiguiente, en el caso de trabajar con luz blanca, se forman varias imágenes del objeto en diferentes distancias focales. Las aberraciones monocromáticas o de Seidel se producen por las distorsiones de los frentes de onda provocadas por errores esferocilíndricos y por irregularidades de la superficie refractiva del ojo. Dependiendo de la organización de estas irregularidades aparecen diferentes patrones de distorsión, por lo que hay varios tipos de aberraciones monocromáticas, clasificadas según el grado de distorsión (el Gharbi, 2020).

Las aberraciones de bajo orden son inducidas por los errores refractivos y corresponden a la mayoría de las aberraciones que presenta el ojo, se pueden corregir mediante: prismas, lentes esferocilíndricas o cirugía refractiva. Estas engloban a las

aberraciones de orden 0 (frente de onda plano), las de primer orden (error prismático) y las de segundo orden (desenfoque y astigmatismo). También vemos las aberraciones de alto orden (AAO): aberraciones de tercer orden (coma o astigmatismo irregular) y aberraciones de cuarto orden (aberración esférica). Estas distorsiones no pueden ser corregidas con los métodos convencionales citados anteriormente. La afectación sobre la calidad visual depende del diámetro pupilar: a mayor diámetro, mayor es la distorsión de la imagen ya que hay mayor cantidad de rayos periféricos. En condiciones de máxima iluminación (fotópicas) las AAO tienden a reducirse, mientras que, en condiciones escotópicas, son más elevadas (el Gharbi, 2020).

En el coma, los rayos de luz que indican con un ángulo oblicuo respecto al eje óptico no convergen en el plano focal, lo hacen más cerca o más lejos a este. Este tipo de aberración es frecuente tras la cirugía refractiva con láser si se descentra la pupila con la zona de ablación, provocando efectos graves sobre la calidad de la imagen en la retina. Un astigmatismo irregular consiste en un astigmatismo con tres ejes que impiden la proyección de los rayos periféricos en un punto sobre la retina. La afectación a la calidad de la imagen del astigmatismo irregular es menor que el coma. La aberración esférica (AE) se debe a que los rayos marginales periféricos enfocan en puntos diferentes respecto de los rayos paraxiales que pasan más cerca del centro de la pupila, lo que provoca: una reducción de la calidad de la imagen retiniana, disminución de la sensibilidad al contraste, percepción de halos en el contorno de la imagen y miopía nocturna. Comúnmente la AE que induce la córnea es positiva, esto significa que los rayos marginales periféricos se enfocan por delante de los rayos paraxiales. Sin embargo, la AE del cristalino es negativa, compensando total o parcialmente la AE de la córnea (el Gharbi, 2020).

1.3.2. ABERRACIONES POSTOPERATORIAS-LASIK

Durante la cirugía refractiva LASIK se produce una modificación en la estructura y parámetros de la córnea, induciendo el aumento de las AAO, sobre todo la aberración esférica y el coma. El descontento se reproduce mayoritariamente en condiciones escotópicas, donde la pupila se dilata y puede llegar a adquirir un diámetro superior al de la zona óptica funcional. Cabe destacar que la cirugía llevada a cabo para la miopía y

la hipermetropía es distinta y por consiguiente las quejas también difieren. Tras el LASIK miópico, la córnea pasa a tener un perfil más curvado en la zona periférica que en el centro (oblato). En cuanto a las aberraciones, aumenta la AE corneal positiva. Con el LASIK hipermetrópico la córnea preserva su forma con mayor encurvamiento en el centro (prolata), induciendo AE corneal negativa. Además, se inducen más aberraciones, como el coma, que con el tratamiento de miopía. Se ha demostrado que, para la misma cantidad de dioptrías corregidas, el aumento de las aberraciones corneales y oculares inducidas, es más pronunciado en el LASIK para hipermetropía que para la miopía (el Gharbi, 2020).

2. OBJETIVOS

Los objetivos de esta revisión consisten en comparar y evaluar el tamaño del diámetro de la zona óptica en la aplicación de la cirugía refractiva mediante la técnica LASIK y comprobar las distintas complicaciones postoperatorias a nivel de calidad visual, conforme a la variación de este. Por tanto, estudiar el proceso según el defecto refractivo, y comparar la aplicación del tratamiento con los distintos tipos de láseres excímer. Por ende, determinar las distintas aberraciones creadas en la resolución de este tipo de intervenciones. Para así, identificar una zona óptica determinada a la hora de tomar decisiones en la cirugía LASIK y de este modo mejorar los resultados postoperatorios.

3. METODOLOGÍA

En la realización de este trabajo se ha efectuado una revisión sistemática de la literatura científica publicada en materia de la zona óptica y la disyuntiva entre el tamaño de ésta y las posibles dificultades postoperatorias de la cirugía refractiva LASIK, aplicada a los distintos errores refractivos. Para su elaboración, se han seguido las directrices de la declaración PRISMA para la correcta composición de revisiones sistemáticas (Molins & Serrano, 2019). Seguidamente se detalla el proceso de confección en sus distintas fases.

3.1. BÚSQUEDA INICIAL

Las primeras búsquedas se llevaron a cabo en marzo de 2022 intercalando los términos “zona óptica” y “cirugía refractiva” en la base de datos de PubMed. Más adelante, esta búsqueda se incrementó con una combinación, empleando los operadores booleanos AND, OR y NOT, según correspondiera de los términos “optical zone refractive”, “optical zone laser”, “ablation zone”, “aberrations”, “effective optical zone”, “theoretical optical zone”, “LASIK”, “PRK”, “LASEK”, “SMILE”. Con esta búsqueda se obtuvo un número cuantioso de artículos, muchos de ellos repetidos o de poca utilidad para la revisión. Pero, nos ayudó a tener una percepción general de la temática y permitieron verificar que anteriormente se había realizado una revisión no sistemática en torno al tema principal.

3.2. BÚSQUEDA SISTEMÁTICA

La búsqueda sistemática se llevó a cabo en abril de 2022, en PubMed, sin ningún tipo de filtros respecto a las fechas de publicación, analizando así todas las referencias publicadas desde el principio hasta el momento.

La combinación de términos que arrojó mejores resultados en el buscador fue la siguiente: (((((((((optical zone) OR (ablation zone)) OR (effective optical zone)) OR (theoretical optical zone)) AND (refractive)) AND (laser)) AND (aberrations)) NOT (PRK)) NOT (LASEK)) NOT (SMILE).

Concretamente, se obtuvieron 99 resultados en PubMed. Antes de proceder a la selección de artículos, se definieron los criterios de inclusión y exclusión de la revisión.

3.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Tratarse de investigaciones, revisiones, estudios de casos clínicos, libros.
- Que se trate de cirugía refractiva, en especial: intervenciones bajo la técnica LASIK.
- Que exista diversidad en la edad, sexo, etnia de cada paciente.
- Que faciliten información del diámetro de la zona óptica y los tipos que se usan en cada paciente.
- Que presenten intervenciones de miopes, hipermetropes y astigmatas.

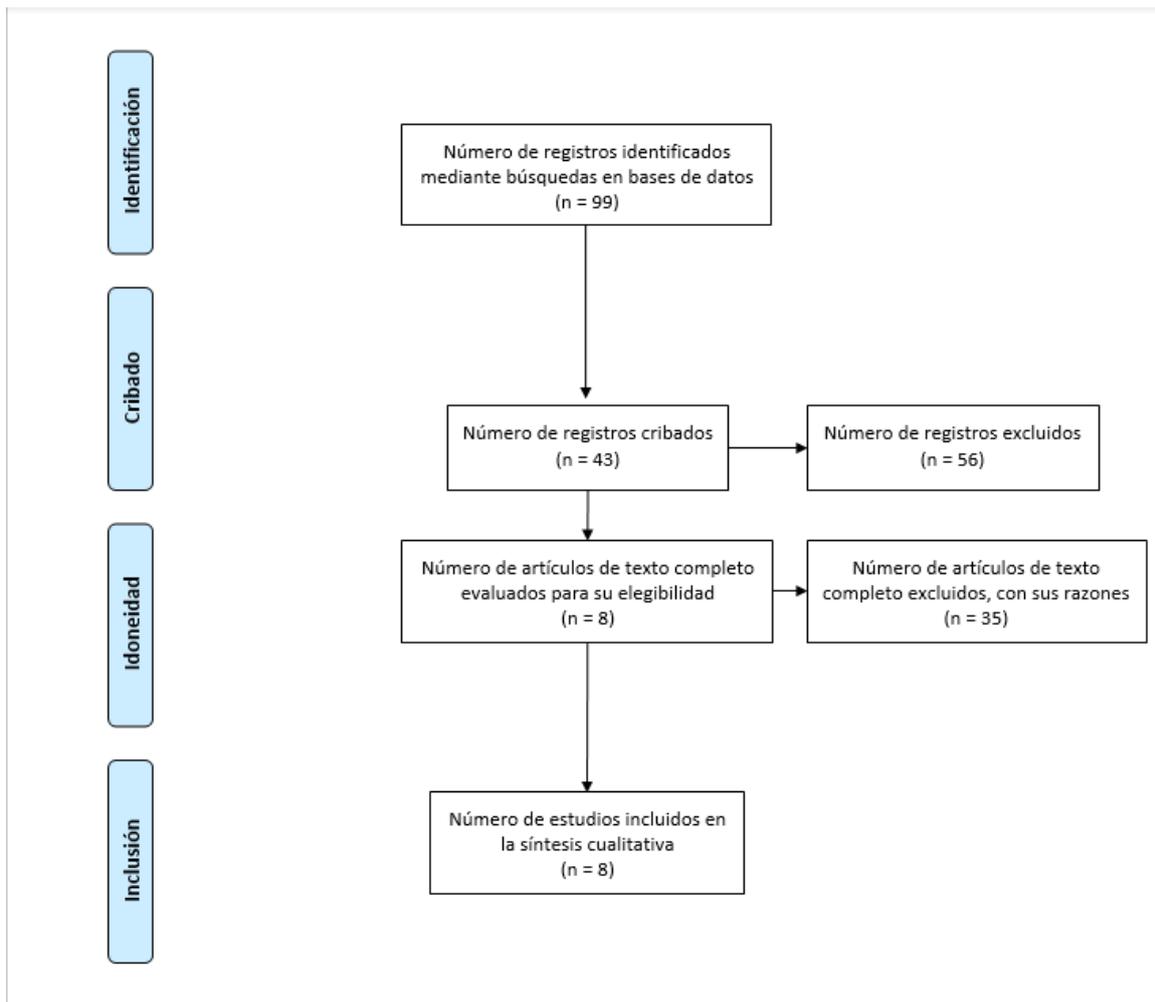
- Que contengan el postoperatorio de cada paciente, incluyendo posibles aberraciones.
- Que no presenten un rango de fechas de publicación

3.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Se excluyen los estudios con cirugía que no sea refractiva
- Los procesos quirúrgicos realizados en pacientes no humanos.
- Las intervenciones realizadas con otro tipo de técnica de láser (por ejemplo: LASEK, PRK o SMILE)
- Los que enfoquen el parámetro de la zona óptica en otro contexto no relacionado con el postoperatorio y las dificultades que puedan crear al paciente.

Según estos criterios, sólo con la lectura del título, se consideraron adecuados 43 artículos. A continuación, se procedió a leer el resumen y, a partir de esta lectura, se descartaron 35 por centrarse en la cirugía refractiva con las técnicas; PRK, LASEK y SMILE, tratarse de estudios que no relacionaban la zona óptica con el postoperatorio y por salirse del contexto de cirugía refractiva en miopes, hipermétropes y astigmatas. Finalmente, 8 artículos cumplieron los criterios de inclusión y fueron seleccionados para llevar a cabo la revisión sistemática. Todos ellos contenían: cirugías refractivas realizadas bajo la técnica LASIK, pacientes con las ametropías estudiadas, referencias cuantificadas de la zona óptica y problemas en el postoperatorios, en especial, las aberraciones.

Figura. Diagrama de flujo PRIMA en cuatro niveles.



3.3. BÚSQUEDA MANUAL

Tras haber seleccionado 8 estudios, y después de su lectura en profundidad, basándonos en sus referencias, se incluyeron 6 artículos, los cuales fueron buscados de manera manual en la base de datos PubMed. Decidimos incluirlo porque se consideraban básicos al comprobar que también contemplaban los criterios de inclusión y exclusión establecidos en nuestra metodología. Finalmente, se incluyeron 14 artículos en la revisión sistemática, todos ellos en lengua inglesa.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Una síntesis de los resultados de los estudios seleccionados puede consultarse en las *tablas 1,2 y 3*. El análisis que se llevará a continuación, sigue el orden que hemos considerado más pertinente para facilitar la comprensión e integración de los resultados. La mayoría de los artículos señalan que los aumentos del tamaño de la zona óptica en los tratamientos de LASIK miópicos, hipermetrópicos y astígmatas, parecen mejorar los resultados refractivos, disminuyendo la aparición de halos y deslumbramientos. Así como, evidencias de que la actual cirugía refractiva LASIK guiada por frente, podría mostrar hallazgos de una disminución de aberraciones en el postoperatorio y un aumento en la calidad visual del paciente, afianzando la seguridad en este tipo de tratamientos.

Tabla 1. Cirugía refractiva LASIK en pacientes miopes y astímatas.

	Muestra	Métodos	Resultados
(Özülken & Kaderli, 2020)	80 ojos de 40 pacientes LASIK convencional por femtosegundo. Edad: 18 a 45 años. Miopía de entre -0.50 D y -8.00 D / Astigmatismo de entre 0.00 y -3.00 D.	ZO de 6.5 y 7 mm. Coeficientes de aberración a los 3 meses. Con zona de transición de 1 mm.	↑ ZO se asoció con ↓ valores de aberraciones esféricas y coeficientes de aberraciones. ↓ ZO se agrupó con ↑ de las variables de aberración.
(Nepomuceno et al., 2005)	78 ojos de 56 pacientes (30 mujeres y 26 hombres). Láser excímer convencional Alcon LADARVision. Edad: 18.7 a 68.2 años.	Análisis de ZOF pre y postoperatoria tras 3 meses.	↓ ZOF preoperatoria en todo el rango de correcciones. Las ZO ↑ tuvieron ↓ AE postoperatorias. Las correcciones ↑↑, tuvieron ↑ AE. ↑ diámetros de tratamiento, ↓ AE postoperatorias.
(Holladay & Janes, 2002)	39 ojos LASIK convencional Miopía de entre -1.5 D y -18.00 D.	ZO de 4.33 mm. Relación entre cambio refractivo, ZOE y asfericidad corneal.	↓ ZOE a medida ↑ que cantidad de tratamiento, la asfericidad ↑. Miopes altos asociado a malos resultados visuales.
(Hei Mok & Wing-hong Lee, 2005)	96 ojos de 96 pacientes chinos LASIK convencional Alcon LADARWave. Edad: 19 a 27 años. Miopía de entre -2.50 D y -8.50 D / Astigmatismo de -2.00 D.	ZO de 6.0 y 7.0 mm. Tamaño de pupila de 6.5 mm. Zona de transición de 1 mm. Análisis de aberración de alto orden (coma y esférica).	↑ diámetro de ZO, ↓ las AAO tras LASIK.

(Bühren et al., 2005)	27 ojos de 19 pacientes. LASIK guiado por frente de onda. Equivalente esférico medio - 6.86 D.	ZO 5.7 a 7.1 mm frente al diámetro de pupila (DP) y AAO con pupilas dilatadas antes y 12 meses después de LASIK.	↓ ZO frente a DP resultó en ↑ de AAO.
(Fang et al., 2012)	112 ojos de 56 pacientes. LASIK guiado por frente de onda. Edad: 18 a 34 años. Equivalente esférico medio - 5.38 D.	ZO 6 mm. DP de 6 y 7 mm. Aberraciones de Zernike.	↑ de las aberraciones a medida que ↑ DP respecto de la ZO.
(Racine et al., 2006)	41 ojos de 25 pacientes - LASIK guiada por frente de onda. CustomVue (CV) LASIK. 41 ojos de 23 pacientes - LASIK estándar.	ZO 6.0 mm frente de onda vs ZO de 6.5 mm laser estándar. Con zona de transición se investiga la zona óptica efectiva.	↑ EOZ postoperatorias de CV LASIK que la estándar. Ojos con corrección esférica, ↑ la EOZ operatoria y por tanto ↓ las aberraciones.
(Hori-Komai et al., 2006)	98 ojos de 54 pacientes y 111 ojos de 66 pacientes. Sin zona de transición. 109 ojos de 58 pacientes y 109 ojos de 75 pacientes con zona de transición.	Tres meses después de la cirugía.	Con zonas de transición ↑ calidad visual y ↑ de zonas ópticas efectivas en comparación con los tratados con el perfil de ablación convencional. ↑ calidad visual en tratamientos esféricos que convencionales.
(Boxer Wachler et al., 2002)	76 ojos de 53 pacientes.	ZO 6mm. Comparación del tamaño de FOZ preoperatoria y postoperatoria. Sin zona de transición.	↓ FOZ disminuyó conforme ↑ la corrección a tratar. ↑↑ las aberraciones según la cantidad de miopía a tratar.

Tabla 2. Cirugía refractiva LASIK en pacientes hipermétropes y astigmatas.

	Muestra	Métodos	Resultados
(Roesler & Kohnen, 2018)	33 ojos. LASIK con láser Technolas 217 C-LASIK. Equivalente esférico medio +3.55 D.	Factores influyentes en el tamaño de ZOF postoperatoria. Tras 1 semana, 1 mes, 4 meses y 12 meses.	ZOF en la hipermetropía alta no provoca grandes complicaciones. Aunque puede inducir posibles deslumbramientos y halos.
(Gauthier-Fournet et al., 2019)	146 ojos de 77 pacientes. LASIK láser excímer Amaris 750S. Hipermetropía alta.	ZO 6.7 mm. Examinación tras 6 meses de la cirugía. Usando un perfil de aberración neutral.	La corrección de la hipermetropía alta usando perfil de aberración neutral y ZO por encima de 6.5 mm (alta) proporciona buena eficacia, seguridad, previsibilidad y resultados visuales.
(Kermani et al., 2005)	161 ojos de 89 pacientes. Equivalente esférico medio +2.44 D. Láser excímer Nidek EC 500 CXII.	ZO 7.0 mm y compararlos con tratamientos que utilizan una ZO de 5.5 y 6.5 mm. Examinamos después de un día, semana, mes y 3 meses y 1 año.	↑ ZO de 5.5 mm a 6.5 mm y a 7 mm ↑ los resultados refractivos, estabilidad y seguridad de tratamientos.

Tabla 3. Cirugía refractiva LASIK en comparativa de pacientes miopes e hipermétropes.

	Muestra	Métodos	Resultados
(Kohnen et al., 2005)	100 ojos (50 miopes y 50 hipermétropes) de 59 pacientes. Equivalente esférico medio -4.22 D en el grupo miope. +2.72 D en el grupo hipermetrope.	ZO 6.70mm miopes. ZO 6.59mm para hipermétropes. Se calcularon AAO para DP de 6mm.	El LASIK miópico indujo AE positivas y astigmatismos irregulares positivos. LASIK hipermetrope indujo AE negativas y astigmatismos irregulares negativos. LASIK hipermetrope ↑ aberraciones de 3 y 5 orden.
(Lee et al., 2005)	40 ojos de 20 pacientes LASIK guiada por frente de onda. 20 ojos de 10 pacientes LASIK convencional.	Un ojo de cada paciente fue tratado con una zona óptica de 6.00 mm y el otro con una zona óptica de 6.2 5mm.	La ablación por frente de onda mostró un ↓ coma independientemente de ZO más pequeña.

(Özülken & Kaderli, 2020) afianzaron mediante un estudio, la evaluación de las diferencias posibles entre las aberraciones de alto orden postoperatorias de la cirugía femto-LASIK con zonas ópticas de 6.5 y 7 mm. De acuerdo con el estudio, los pacientes eran miopes o miopes con astigmatismo y las aberraciones observadas fueron: aberración esférica, coma vertical y coma horizontal, evaluándose 3 meses después de la cirugía. Los frutos obtenidos en este examen consistieron en valores más bajos de aberraciones esféricas y coeficientes de aberración en la realización de la cirugía con la zona óptica grande, es decir, 7 mm. Por tanto, una zona óptica más pequeña, en este caso de 6.5 mm, se asoció con un aumento en la mayoría de las variables de aberración del frente de onda. De manera que, el tratamiento LASIK con zonas ópticas de 6.5 y 7 mm es seguro y efectivo para corregir estas ametropías refractivas, teniendo en cuenta que la zona óptica más grande (7 mm) está asociada a una inducción de aberración esférica más baja y valores de coeficiente de aberración más pequeños en comparación con la zona óptica de 6.5 mm. Estas diferencias de aberraciones nos llaman a darle gran importancia a la zona óptica en la hora de tomar decisiones de la cirugía femto-LASIK para mejores resultados.

En (Nepomuceno et al., 2005) también es llevado a cabo el análisis de las aberraciones esféricas en paciente que recibieron queratomileusis miópica in situ con láser, con diferentes zonas ópticas y diversos grados de intento de corrección. Durante el método escogido por el estudio, comprendieron 78 ojos de 56 pacientes consecutivos, sometidos a LASIK para la miopía con el láser excímer Alcon LADARVision. En el proceso, se evaluaron en cada ojo las zonas ópticas funcionales preoperatorias y postoperatorias de 3 meses, y una medida de las aberraciones esféricas. En este caso, las zonas ópticas funcionales se analizaron según el tamaño de la zona óptica primaria y el grado de intento de corrección. La zona óptica funcional preoperatoria media fue de 6.1 mm y la zona óptica funcional media a los 3 meses fue de 5.2 mm. De manera que, las zonas ópticas más grandes tuvieron menos aberraciones esféricas postoperatorias. En la mayoría de las correcciones altas, tras la cirugía tuvieron mayores aumentos en las aberraciones esféricas. En definitiva, los diámetros de tratamiento más grande minimizan las aberraciones esféricas postoperatorias.

(Holladay & Janes, 2002) nos conceden la proposición de determinar la relación entre: la corrección de la miopía con la cirugía de láser excímer LASIK, la zona óptica efectiva y la asfericidad corneal determinada por topografía corneal. El estudio cuenta con 39 casos con un rango dióptrico tratado de entre -1.50 y -18.00 D. La resolución del estudio concluye en la disminución de la zona óptica efectiva a medida que aumenta la cantidad de tratamiento. En cambio, el valor de la asfericidad aumentó con el incremento de la corrección a tratar.

Complementariamente (Hei Mok & Wing-hong Lee, 2005) abordan la comparativa de las aberraciones de alto orden entre pacientes que han recibido el tratamiento quirúrgico con la técnica LASIK con diferentes zonas ópticas, medidas antes y a los 6 meses de la intervención. El proceso contaba con 96 ojos de pacientes chinos divididos en grupos según el diámetro de la zona óptica, con un tamaño pupilar de 6.5 mm y astigmatismo miópico. Por consiguiente, un mayor diámetro de la zona óptica reducía significativamente las aberraciones de alto orden tras la cirugía refractiva LASIK.

(Bühren et al., 2005) , este estudio se llevó a cabo mediante LASIK guiado por frente de onda y utilizando el propósito de: la investigación de la influencia de la zona óptica y el diámetro de pupila, frente a las posibles aberraciones de orden superior. En cuanto al método del proceso, se incluyeron 27 ojos miopes de 19 pacientes con un equivalente esférico preoperatorio medio de -6.86 D, mientras que el diámetro medio de la zona óptica fue de 6.26 mm (rango de 5.7 a 7.1 mm). A cada paciente se le realizó mediciones de frente de onda con un sensor Hartmann-Shack con pupilas dilatadas (midriasis) antes de la operación y 12 meses después de ella. Los errores de frente de onda se calcularon para diámetros pupilares (DP) de: 3.0, 3.5, 4.0, 5.0, 6.0 y 7.0 mm, para el diámetro de zona óptica individual y para el diámetro pupilar midriático individual (7.93 mm). En la resolución de este estudio se destaca la relación entre una zona óptica más pequeña que la pupila un 9% y la cantidad de aberración de alto orden inducida. De manera que la relación entre la ZO y la pupila tuvo un impacto significativo en la inducción de aberraciones de alto orden después del LASIK guiado por frente de onda.

(Fang et al., 2012) estudiaron la relación entre las aberraciones y el diámetro de pupila utilizando un diámetro de zona óptica bajo (6 mm). El proceso recogía 112 ojos de 56 candidatos con un rango de edad de entre 18 y 34 años para cirugía refractiva de miopía con un equivalente esférico preoperatorio medio de -5.38 D. Las aberraciones del frente de onda en todos los ojos se obtuvieron mediante la transformación escalada de las aberraciones de Zernike. En el resultado del estudio se comprobó que las aberraciones residuales, esféricas y coma aumentaban a medida que el diámetro de la pupila aumentó de 6 a 7 mm. Por tanto, una zona óptica menor al diámetro de pupila aumentará la probabilidad de la aparición de aberraciones.

En este estudio retrospectivo de casos y controles, (Racine et al., 2006) investigan la zona óptica efectiva de la córnea en los ojos después del LASIK miópico guiado por frente de onda y compararla con la zona óptica efectiva tras el LASIK miópico convencional. Se evaluaron 41 ojos de 25 pacientes que recibieron CustomVue (CV) LASIK y 41 ojos de 23 pacientes que recibieron LASIK convencional. En efecto, las zonas ópticas postoperatorias de CV LASIK eran más grandes que la cirugía LASIK convencional.

En este análisis, (Hori-Komai et al., 2006) comparan un nuevo algoritmo de ablación denominado zona de transición esférica optimizada (ZTAO) con el perfil de ablación del LASIK convencional para la corrección del astigmatismo miope. De acuerdo con la metodología del estudio: se le realizó una cirugía LASIK convencional a 98 ojos de 53 pacientes y 111 ojos de 6 pacientes. Mientras que a 109 ojos de 58 pacientes y 109 ojos de 75 pacientes se le realizó LASIK usando el perfil de ZTAO. Tras 3 meses de la cirugía, los pacientes tratados con el perfil de ZTAO tenían una calidad visual mejor con zonas ópticas efectivas más grandes en comparación con los tratados por el perfil de ablación convencional.

Del mismo modo, (Boxer Wachler et al., 2002) evalúan la zona óptica funcional (ZOF) antes y después de la cirugía refractiva LASIK, utilizando una zona óptica primaria de 6.00 mm de diámetro sin zona de transición. En el estudio se incluyen 76 ojos de 53 pacientes miopes, relacionando entre sí la refracción preoperatoria y la corrección lograda con la ZOF preoperatoria y postoperatoria. De manera que tras el LASIK, la ZOF disminuyó provocando la aparición de aberraciones esféricas dentro de la zona

tratada. Esto tiene implicaciones para los pacientes con gran cantidad de miopía a corregir.

Por otra parte (Roesler & Kohnen, 2018) indagaron sobre la evaluación de factores influyentes en el tamaño de la zona óptica funcional después del LASIK en pacientes hipermétropes. Este estudio analiza 33 ojos con un equivalente esférico medio de +3.55 D sometidos a cirugía refractiva LASIK con un láser Technolas 217 C-LASIK. Tras una semana y 1,4 y 12 meses, se comprobó que la ZOF en la hipermetropía con un valor dióptrico alto no es un parámetro que provoque complicaciones severas. Aunque puede dar lugar, a la aparición de deslumbramientos y halos.

Así como, (Gauthier-Fournet et al., 2019) muestran la evaluación de los resultados visuales tras 6 meses del LASIK hipermetrópico con un valor alto de ametropía, utilizando un perfil de aberración neutral y una gran zona de ablación con una zona óptica grande (6.7 mm). En el estudio se incluyeron 146 ojos de 77 pacientes sometidos a LASIK con un láser excímer Amaris 750S (Schwind eye-tech solutions GmbH Kleinostheim, Alemania). De modo que, la corrección de la hipermetropía alta con LASIK usando un perfil de aberración neutral y una zona de ablación grande, proporciona; buena eficacia, seguridad, previsibilidad y buenos resultados visuales.

También, (Kermani et al., 2005) evaluaron los resultados de la cirugía LASIK con el sistema láser excímer Nidek EC 500 CXII (Nidek, Gamagori, Japón) para la corrección de la hipermetropía y el astigmatismo hipermetrópico, utilizando una zona óptica grande de 7.00 mm y compararlos con tratamientos que utilizan una zona óptica de 5.5 y 6.5 mm. El estudio recogía el tratamiento de 161 ojos de 89 pacientes con una refracción equivalente preoperatoria media de +2.44 D y el análisis después de la intervención: al día, semana, mes y 3 meses, y un año. En la resolución del caso se contempla que al aumentar el tamaño de la zona óptica de 5.5 a 6.5 y a 7.00 mm mejora los resultados refractivos, la estabilidad y la seguridad de los tratamientos hipermetrópicos.

El objetivo de este estudio (Kohnen et al., 2005), proponen la comparación de la inducción de aberraciones entre el LASIK miópico e hipermetrópico. Durante la evaluación se incluyeron 100 ojos (50 miopes y 59 hipermétropes) de 59 pacientes, con

un equivalente esférico preoperatorio de -4.22 D en el grupo miope y +2.72 D en el grupo hipermetrope. El diámetro de la zona óptica fue de 6.70 mm para miopes y 6.59 mm para hipermetropes. En cuanto a las aberraciones de alto orden, se calcularon del tercer al quinto orden para un diámetro pupilar de 6 mm, antes y un mes después de la cirugía. De modo que el LASIK miópico indujo aberraciones esféricas positivas y astigmatismo secundarios positivos, mientras que el LASIK hipermetrope indujo aberraciones esféricas negativas y astigmatismos secundarios negativos. Así como, el LASIK hipermetrope indujo aberraciones de tercer y quinto orden, aberraciones similares al coma del LASIK miópico.

(Lee et al., 2005) determinan si se pueden prevenir el deslumbramiento y el halo comparando la cirugía de LASIK convencional y guiado por frente de onda en pacientes miopes e hipermetropes. En el estudio se analizaron 40 ojos de 20 pacientes, un ojo de cada paciente fue tratado con LASIK guiado por frente de onda y una zona óptica de 6.00 mm mientras que el otro se trató con LASIK convencional y una zona óptica de 6.25 mm. Tras uno y tres meses después de la cirugía la ablación por frente de onda mostró un menor aumento del coma, independientemente de realizar el proceso con una zona óptica pequeña (6 mm).

5. CONCLUSIONES

A partir del análisis precedente, hemos comparado y evaluado los diferentes diámetros de zona óptica. La mayoría de las zonas ópticas usadas en los láseres excímer, tanto convencional como guiado por frente de onda, comprende un rango de diámetros que va desde los 6 mm hasta los 7 mm, a excepción de estudios que hayan utilizado valores inferiores o superiores. Este parámetro es de gran importancia a la hora de realizar una intervención quirúrgica refractiva porque según el tamaño que usemos, los tratamientos se resolverán con un buen o mal desenlace en la calidad visual del paciente.

Sobre la base de este factor, se ha comprobado que existen posibles complicaciones en el postoperatorio de la cirugía al variar el tamaño de su diámetro. En síntesis, los casos en los que se emplea diámetros mayores resultan ofrecer mejores

tratamientos. En cambio, cuando se utiliza una zona óptica de menor valor, encontramos más problemas en el postoperatorio, originando mala calidad visual en los pacientes, provocada por la presencia de aberraciones; aberraciones de alto orden (esféricas y coma). De esta manera, las zonas ópticas con diámetros altos tienen menos probabilidad de aparición de las mismas tras la intervención quirúrgica. Por lo que, los diámetros de zona óptica más pequeños tienden a inducir más cantidad de aberraciones en el postoperatorio.

Según la ametropía del paciente se le es asignado un valor determinado de zona óptica, por tanto, en la resolución de los casos encontramos distintos resultados visuales. De este modo, se ha clasificado los diámetros de zona óptica dependiendo del tipo de corrección que se haya llevado a cabo. En cuanto a los pacientes miopes al aumentar las dioptrías a tratar, se ocasiona una disminución de la zona óptica efectiva y, en consecuencia, se deriva en un aumento de la posibilidad en la aparición de aberraciones. En la realización de cirugías LASIK a pacientes hipermétropes con un amplio rango dióptrico no tiene por qué inducir aberraciones, es más, usando una zona óptica grande, producen buenos resultados visuales.

En relación con la zona óptica usada en miopes, ésta difiere en su mayoría con la utilizada en hipermetrope. Además, con una zona óptica pequeña, el LASIK miópico induce aberraciones esféricas positivas y astigmatismos secundarios positivos, mientras que el LASIK hipermetrópico induce aberraciones esféricas negativas y astigmatismos secundarios negativos.

En virtud de lo estudiado, las distintas técnicas de LASIK también influyen en los resultados visuales, manteniendo la posibilidad de realizar una cirugía con una misma zona óptica. Hemos comprobado que la ablación guiada por frente de onda mostró una disminución de la aparición del coma.

La evidencia presentada nos lleva a concluir que el parámetro de la zona óptica es de gran peso en la cirugía refractiva LASIK porque de él depende la realización de un buen tratamiento frente a los errores refractivos. Por tanto, debemos fomentar investigaciones en este ámbito, como el de evolucionar hacia el LASIK guiado por frente de onda. Para proporcionar a la población una mayor eficacia y seguridad en este tipo

de intervenciones con el objetivo de conceder una buena calidad visual en el día a día y por consiguiente una mejor calidad de vida.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Boxer Wachler, B. S., Huynh, V. N., El-Shiaty, A. F., & Goldberg, D. (2002). *Evaluation of corneal functional optical zone after laser in situ keratomileusis*.
- Bühren, J., Kühne, C., & Kohnen, T. (2005). Influence of pupil and optical zone diameter on higher-order aberrations after wavefront-guided myopic LASIK. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 31(12), 2272–2280.
- Ding, X., Fu, D., Wang, L., Zhou, X., & Yu, Z. (2021). Functional Optical Zone and Visual Quality After Small-Incision Lenticule Extraction for High Myopic Astigmatism. *Ophthalmology and Therapy*, 10(2), 273–288.
- el Gharbi, M. (2020). *CALIDAD ÓPTICA DE LA CÓRNEA ANTES Y DESPUÉS DE CIRUGÍA REFRACTIVA CON LÁSER*.
- Fang, L., Wang, Y., & He, X. (2012). *Effect of pupil size on residual wavefront aberration with transition zone after customized laser refractive surgery*.
- Gauthier-Fournet, L., Penin, F., & Mosquera, S. A. (2019). *Six-Month Outcomes After High Hyperopia Correction Using Laser-Assisted In Situ Keratomileusis With a Large Ablation Zone*.
- Hei Mok, K., & Wing-hong Lee, V. (2005). Effect of Optical Zone Ablation Diameter on LASIK-induced Higher Order Optical Aberrations. In *Journal of Refractive Surgery* (Vol. 21).
- Holladay, J. T., & Janes, J. A. (2002). *Topographic changes in corneal asphericity and effective optical zone after laser in situ keratomileusis*.
- Hori-Komai, Y., Toda, I., Asano-Kato, N., Ito, M., Yamamoto, T., & Tsubota, K. (2006). *Comparison of LASIK Using the NIDEK EC-5000 Optimized Aspheric Transition Zone (OATz) and Conventional Ablation Profile*.
- Kermani, O., Schmeidt, K., Oberheide, U., & Gerten, G. (2005). *Hyperopic Laser in situ Keratomileusis With 5.5-, 6.5-, and 7.0-mm Optical Zones*.
- Kohnen, T., Mahmoud, K., & Bühren, J. (2005). Comparison of corneal higher-order aberrations induced by myopic and hyperopic LASIK. *Ophthalmology*, 112(10), 1692.e1-1692.e11.
- Lee, D. H., Jae, R. O., & Reinstein, D. Z. (2005). Conservation of corneal tissue with wavefront-guided laser in situ keratomileusis. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 31(6), 1153–1158.

- Molins, F., & Serrano, M. A. (2019). Bases neurales de la aversión a las pérdidas en contextos económicos: revisión sistemática según las directrices PRISMA. *Revista Neurología*, 68(2), 47–58.
- MORENO, DR. R., SRURA, DR. M., & NIEME, DR. C. (2010). CIRUGÍA REFRACTIVA: INDICACIONES, TÉCNICAS Y RESULTADOS. *REV. MED. CLIN. CONDES*, 21(6), 901–910.
- Nepomuceno, R. L., Boxer Wachler, B. S., & Scruggs, R. (2005). Functional optical zone after myopic LASIK as a function of ablation diameter. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 31(2), 379–384.
- Özülken, K., & Kaderli, A. (2020). The effect of different optical zone diameters on the results of high-order aberrations in femto-laser-assisted in situ keratomileusis. *European Journal of Ophthalmology*, 30(6), 1272–1277.
- Pizarroso, J., & Penelas, C. (2005). Zonas ópticas de tratamiento y transición en la cirugía refractiva con láser excímero. *Gaceta Optica*, 390, 10–14.
- Racine, L., Wang, L., & Koch, D. D. (2006). Size of Corneal Topographic Effective Optical Zone: Comparison of Standard and Customized Myopic Laser In Situ Keratomileusis. *American Journal of Ophthalmology*, 142(2), 227–232.
- Ramírez, M., Cabrera, E., de la Torre-González, E., & Hernández-Quintela, E. (2021). In vivo confocal microscopy findings after SMILE refractive surgery technique. *Cirugía y Cirujanos (English Edition)*, 89(5), 570–573.
- Roesler, C., & Kohnen, T. (2018). Changes of functional optical zone after LASIK for hyperopia and hyperopic astigmatism. *Journal of Refractive Surgery*, 34(7), 476–481.
- Sánchez-Di Martino, Dr. D. (2012). Cirugía refractiva. *Tendencias En Medicina*, 7, 87–94.