

Tratamientos personalizados topográficos y aberrométricos en la cirugía refractiva corneal

Personalized Topographic and Aberrometric Treatments in Corneal Refractive Surgery

Leandro Peña Parra^{1*} <https://orcid.org/0009-0004-9118-4729>

Michel Guerra Almaguer¹ <https://orcid.org/0000-0002-1542-9091>

Dunia Cruz Izquierdo¹ <https://orcid.org/0000-0002-2900-6575>

Jackeline Pla Arbelo¹ <https://orcid.org/0009-0001-0272-2387>

Arlettis Mompeller Escalona² <https://orcid.org/0000-0002-1259-3769>

¹Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La Habana, Cuba.

²Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: leopp260697@gmail.com

RESUMEN

La cirugía refractiva comprende procedimientos quirúrgicos dirigidos a modificar la refracción ocular en sus distintas ametropías, no está exenta de complicaciones y deja una brecha, cuando no es posible predecir con exactitud los cambios que acontecen en la córnea posterior a la cirugía. En los últimos años, con el desarrollo de modernas plataformas y sistemas de análisis del frente de ondas, se han incorporados nuevos algoritmos de ablación optimizados que, según los patrones de ablación, pretenden mejorar la calidad visual posquirúrgica. El objetivo de esta investigación fue profundizar acerca de estos tratamientos en la cirugía refractiva corneal. En el caso de los convencionales, estos pueden inducir aberraciones de alto orden y afectar la calidad visual, mientras que el personalizado, guiado por topografía o aberrometría, constituye una opción para tratar y mejorar la afectación visual en el paciente.

Palabras clave: cirugía refractiva; láser; tomografía; aberrometría.

ABSTRACT

Refractive surgery comprises surgical procedures aimed at modifying ocular refraction in its various forms of ametropia. It is not without complications and leaves a gap when it is not possible to accurately predict the changes that occur in the cornea after surgery. In recent years, with the development of modern wavefront analysis platforms and systems, new optimized ablation algorithms have been incorporated which, depending on the ablation patterns, aim to improve post-surgical visual quality. The objective of this research was to delve deeper into these treatments in corneal refractive surgery. In the case of conventional treatments, these can induce high-order aberrations and affect visual quality, while personalized treatments, guided by topography or aberrometry, are an option for treating and improving visual impairment in patients.

Keywords: refractive surgery; laser; tomography; aberrometry.

Recibido: 24/07/2025

Aceptado: 28/07/2025

Introducción

En las últimas dos décadas, los procedimientos de cirugía refractiva basados en láser excímer se han establecido con éxito por su seguridad y resultados visuales satisfactorios. Estos procedimientos quirúrgicos están dirigidos a modificar la refracción ocular en sus distintas ametropías, que no está exenta de complicaciones y deja una brecha, cuando no es posible predecir con exactitud los cambios que acontecen en la córnea posterior a la cirugía.

Con el desarrollo de modernas plataformas y sistemas de análisis del frente de ondas, se han incorporados nuevos algoritmos de ablación optimizados que, según los patrones de ablación, pretenden mejorar la calidad visual posquirúrgica. Los tratamientos personalizados constituyen una opción para aquellos pacientes con un predominio importante de aberraciones de alto orden y córneas irregulares.^(1,2,3,4)

En la cirugía refractiva, el análisis de las aberraciones corneales es muy útil en el pre- y posoperatorio, al representar un alto porcentaje del total de las producidas a nivel ocular. En el posoperatorio se puede presentar un aumento de las aberraciones corneales de alto orden, sobre todo la esférica, y el coma. En ocasiones, en visión

fotópica o percepción visual en condiciones de iluminación adecuada, estas no suscitan cuantiosas alteraciones visuales al paciente; pero, en condiciones escotópicas o percepción visual con iluminación baja o nula, si el diámetro de la pupila se incrementa, se manifiesta una disminución considerable de la agudeza visual (AV), de la sensibilidad al contraste, así como presencia de halos y deslumbramientos, entre otros. En estos casos, el análisis del frente de ondas adquiere gran importancia, ya que, mediante la ablación personalizada, se pueden corregir las aberraciones de alto orden que ocasionan tal sintomatología.^(5,6)

En las técnicas quirúrgicas refractivas corneales, tanto las de superficies como las intraestromales, se puede realizar una ablación convencional, al tratar las aberraciones de bajo orden o esferoscilíndricas. Los algoritmos convencionales usados para calcular el perfil de ablación se basan en la ecuación de Munnerlyn, que asume que todos los pulsos de láser alcanzan la misma profundidad en toda el área. Durante muchos años se ha logrado corregir la mayoría de los defectos esféricos y cilíndricos en pacientes tratados con láser excímer; sin embargo, solo del 50 al 80 % alcanzó una visión 20/20, a pesar de que el grado de satisfacción era del 90 %.⁽⁵⁾

El láser en la cirugía refractiva modifica la curvatura corneal y, de este modo, la asfericidad, lo que incrementa las aberraciones de alto orden (*High Ocular Aberrations*, HOA). Diversos autores han informado su aumento posterior a la cirugía refractiva, y concluyen que son las aberraciones de tercer orden y la esférica la de mayor variación, aunque también lo hacen el resto de HOA.^(7,8,9,10)

En el Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer" los tratamientos convencionales se realizaron mediante la refracción subjetiva del ojo a tratar (ORK-CAM Asférico). El objetivo del tratamiento optimizado es eliminar o evitar que se presenten o se induzcan aberraciones esféricas en el posoperatorio. El tratamiento personalizado se realizaba mediante el uso del Láser Esiris de la casa comercial SCHWIND de Alemania, mediante un *software* denominado ORK-CAM (en inglés, *Optimized Refractive Keratectomy-Custom Ablation Manager*) y, a su vez, el tratamiento personalizado guiado por la aberrometría ocular (Ocular ORK-CAM) o por la topografía (Corneal ORK-CAM).

En la actualidad, en la institución se cuenta con el Microscan Visum, de Optosystems, Excímer Láser con frecuencia de pulso de 1100 Hz para cirugía refractiva, con perfil de energía de haz único supergaussiano, con sistema de seguimiento ocular avanzado, compatible con otros instrumentos de diagnóstico como el Visionix VX 120. El objetivo de esta investigación es profundizar acerca de estos tratamientos en la cirugía refractiva corneal.

Métodos

Se realizó una búsqueda a partir de los descriptores bibliográficos correspondientes a las palabras clave relacionadas con la temática a investigar: cirugía refractiva, láser, tomografía y aberrometría; en las bases de datos bibliográficos disponibles en Infomed: Medline (buscador PubMed), SciELO, Ebsco, ClinicalKey y Google Académico. Se revisaron 31 artículos con contenidos que correspondían al tema de investigación.

Tratamientos guiados por topografía y aberrometría

Antes de abordar los diferentes tratamientos guiados, es importante hacer referencia a los diferentes perfiles de ablación. A los perfiles modernos de tratamiento esférico también se les conoce en la literatura como ablaciones optimizadas, y suelen ser los más empleados en la actualidad.

En los inicios de la cirugía refractiva sustractiva corneal, los perfiles de ablación mediante láseres de haz ancho para la corrección de la miopía eran perfiles esféricos. Las primeras investigaciones de ablación de superficie con láser excímer utilizaban diámetros de ablación pequeños de 4-5 mm, con el objetivo de realizar una ablación menos profunda y reducir la cicatrización corneal, lo que ocasionaba visión nocturna, deslumbramiento y halos alrededor de las luces.⁽¹¹⁾

En la actualidad, se pueden crear perfiles de ablación esférico, que tratan de mantener la prolaticidad fisiológica de la córnea y, de esta forma, lograr una mejor calidad visual posoperatoria. Se han desarrollado algoritmos de ablación esféricos optimizados diseñados para corregir los defectos esferocilíndricos o aberraciones de bajo orden, mediante la creación de zonas de transición más suave entre el área ablacionada y la zona no tratada. Ellos persiguen tratar de mantener la asfericidad corneal preoperatoria y minimizar la inducción de aberraciones de alto orden, principalmente la aberración esférica $Z(4,0)$, según el Polinomio de Zernicke, que es la responsable de los fenómenos disforópticos.^(11,12,13)

Tras ablaciones miópicas, la córnea pierde su arquitectura natural esférica prolata y adquiere una forma más oblata, se produce así un cambio positivo en la aberración esférica, cuya magnitud es proporcional al error refractivo previo. Por el contrario, el perfil de ablación hipermetrópico disminuye la asfericidad corneal, que adquiere una configuración más prolata, por lo que la aberración esférica primaria asociada cambia de positiva a negativa. Sin embargo, no todos los cambios en la asfericidad corneal pueden explicarse por el algoritmo de ablación. De forma general, luego de

la cirugía puede existir una inducción de aberración esférica positiva tras el LASIK miópico, y negativa en el LASIK hipermetrópico.⁽⁷⁾

El otro tipo de aberración frecuentemente inducida es el coma, pero su cantidad varía de unos estudios a otros. Mientras *Oliver* y otros⁽¹⁴⁾ encontraron gran inducción de coma tras PRK hipermetrópico, *Wang* y *Koch*⁽⁹⁾ registraron solo un ligero aumento tras LASIK hipermetrópico. La aberración comática inducida depende, sobre todo, de factores como el perfil de ablación y el centrado durante la cirugía. La cantidad de aberraciones inducidas es proporcional a la magnitud del error refractivo previo.⁽⁷⁾

El LASIK constituye una técnica de amplio uso. En miopes reduce la curvatura corneal mediante sustracción de tejido, lo que crea una zona óptica más plana. En hipermetropes, el LASIK ablaciona un anillo periférico para incrementar la curvatura corneal. Aunque los resultados son buenos en cuanto a corrección de los errores refractivos, aumentan las aberraciones corneales. En ambos casos se crea una zona de transición entre la zona óptica tratada y la córnea no tratada. Los principales efectos de las aberraciones de alto orden (principalmente el coma y la aberración esférica) se deben al llamado “efecto borde”, es decir, cambios locales en la curvatura corneal entre la zona óptica y la de transición, y entre esta y la córnea no tratada.^(7,8)

El patrón de ablación hipermetrópico conlleva una zona de transición más compleja que el miópico, lo que es posible que induzca una zona óptica funcional menos uniforme desde el punto de vista topográfico.^(7,8)

La ablación personalizada se basa en la tecnología del frente de ondas, a la que se agrega un sistema de aberrometría de la topografía corneal, que detecta los defectos aberrométricos del globo ocular, que pudieran ejercer un factor agregado a la refracción del paciente, e influir, sobre todo, en la calidad de la visión.⁽⁵⁾

Los tratamientos guiados por frente de ondas constituyen tratamientos personalizados que buscan corregir no solamente las aberraciones de bajo orden, sino reducir las aberraciones de alto orden preoperatorias, evitar la inducción de otras nuevas y afectar la calidad visual posoperatoria. Se utilizan como opción en los retratamientos tras una cirugía refractiva fotoablativa con zona óptica pequeña, o en pacientes que presenten aberraciones inducidas por el tratamiento primario.⁽¹¹⁾

La información proporcionada por el aberrómetro da una idea de la calidad óptica del ojo analizado, y permite explicar situaciones clínicas en las que el paciente que presente una agudeza visual de unidad refiera mala calidad visual, por la existencia de altos valores de aberración.⁽¹⁵⁾

Según el estudio de la aberrometría, el láser diseña un patrón de ablación que integra las diferentes aberraciones oculares totales, de tal forma que, al moldear la

superficie corneal, se compensen y resulten en un sistema libre de aberraciones. Este tratamiento trata de evitar la inducción de aberraciones y reducir las preexistentes.⁽⁵⁾

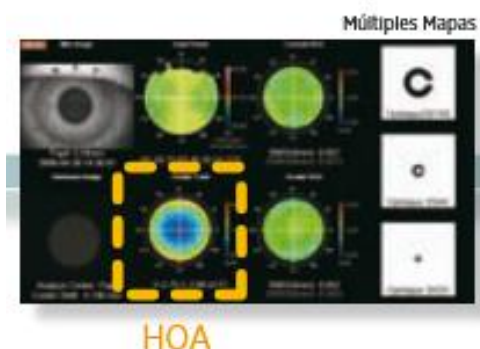
Para realizar el tratamiento guiado por frente de ondas en el Microscan Visum, se utiliza el archivo de tratamiento personalizado generado por el *software* PlatoScan del aberrómetro Topcon KR-IW (fig. 1). Este equipo, que combina la aberrometría, topografía, queratometría, pupilometría y autorrefracción, es inigualable en términos de funcionalidad y reproducibilidad. Se recomienda el tratamiento para la corrección precisa de los errores de refracción y aberraciones que provocan visión disminuida o borrosa, y problemas de visión nocturna; además, como tratamiento inicial del astigmatismo irregular y en aquellos pacientes en los que sea necesario un retratamiento por láser descentrado y zona óptica pequeña.⁽¹²⁾



Fuente: <https://topconhealthcare.eu/uploads/media/612f2c120d330/kr1w-catalogo-esp-5213285.pdf>

Fig. 1 - Aberrómetro Topcon KR-IW.

La forma concéntrica que puede observarse en el mapa de aberraciones totales de alto orden (HOA), se muestra en la figura 2, en el recuadro con un centro azul y una periferia amarilla en un caso con miopía.



Fuente: <https://topconhealthcare.eu/uploads/media/612f2c120d330/kr1w-catalogo-esp-5213285.pdf>

Fig. 2 - Imagen en el modo multimapas.

Un estudio realizado resalta la utilización del tratamiento optimizado por frente de ondas para disminuir este tipo de síntomas, en pacientes cuyas aberraciones de alto orden previas al LASIK fueran menores de 0,3 micras del valor cuadrático medio (RMS). Sin embargo, pacientes con aberraciones de alto orden mayores de 0,3 micras de RMS previas al LASIK, se vieron beneficiados por láseres guiados por frente de ondas.⁽¹⁶⁾

De manera general, la cirugía optimizada con frente de ondas ofrece un mejor resultado visual que el LASIK estándar. El LASIK guiado por frente de ondas es más personalizado, lo que ofrece mejores resultados visuales, con menos aberraciones posquirúrgicas en pacientes que presenten aberraciones preexistentes de alto orden.⁽¹⁷⁾

El tratamiento guiado por topografía es un perfil de ablación que tiene en cuenta no solo la refracción preoperatoria a tratar, sino también el análisis topográfico corneal. El perfil se aprobó recientemente por la FDA, y usa los datos de la topografía para crear un perfil de ablación que trata las irregularidades existentes en su superficie: zonas ópticas pequeñas o descentradas por tratamientos refractivos previos, complicaciones en el colgajo tras la cirugía de LASIK o irregularidades de la córnea posqueratotomía radial.⁽⁵⁾

Para realizar el tratamiento guiado por topografía en el Microscan Visum, se utiliza el archivo de tratamiento personalizado generado por el *software* KeraScan del queratotopógrafo TMS-5 (fig. 3).



Fuente: <https://www.ophthalmicmart.com/product/tomey-tms-5/>

Fig. 3 - Totopógrafo TMS-5.

La cirugía LASIK guiada por topografía fue aprobada por la FDA en 2013 y se volvió ampliamente disponible en 2015. La queratectomía fotorrefractiva (PRK) guiada por

topografía puede utilizarse junto con un procedimiento de reticulación corneal en córneas irregulares. Al combinarse, estos procedimientos ayudan a estabilizar la córnea y a reducir las irregularidades. Tras la cirugía muchos pacientes presentan mejores agudeza y calidad visuales.⁽¹⁷⁾

La ablación descentrada ocurre si el cirujano coloca la cabeza del paciente de forma incorrecta, si el ojo del paciente comienza a desviarse y pierde la fijación, o si el ojo del paciente no está perpendicular al tratamiento láser. La incidencia aumenta con la inexperiencia del cirujano, las ablaciones en hipermétropes y el tiempo de ablación más prolongados. Los sistemas de seguimiento modernos han reducido el riesgo de ablaciones descentradas. El tratamiento de la ablación descentrada con tecnología guiada por topografía puede ayudar a regularizar la córnea. Es importante explicarle al paciente que, después de realizar el tratamiento, su calidad visual mejora, pero puede quedar un defecto refractivo residual que, en ocasiones, es necesario corregir.⁽¹⁸⁾

El LASIK guiado por topografía y el LASIK guiado por frente de ondas (WFG) constituyen las últimas tecnologías con una seguridad relativamente mejor y menor incidencia de aberraciones de alto orden en comparación con el LASIK convencional. El objetivo básico del LASIK guiado por topografía y del guiado por aberrometría es crear perfiles de ablación personalizados para corregir las HOA existentes y minimizar las HOA posoperatorias.^(4,19)

Mientras que el LASIK WFG considera todas las aberraciones del sistema óptico y las convierte en datos útiles desde el punto de vista clínico (polinomios de Zernike), el tratamiento guiado por topografía corneal considera las aberraciones presentes solo en la córnea, y utiliza imágenes tomadas en diferentes puntos de elevación únicos, para crear un perfil de elevación para cada paciente que se compara con el óptimo. La diferencia entre el perfil de elevación del paciente y el óptimo proporciona el perfil de ablación individual para el procedimiento LASIK; mientras que, en el caso del LASIK WFG, los datos de aberrometría de frente de ondas preoperatorios se utilizan para crear un perfil de ablación personalizado.^(19,20,21)

El LASIK guiado u optimizado por frente de ondas ha mejorado de forma considerable la agudeza visual mejor corregida (AVMC) de los pacientes. En el LASIK guiado por frente de onda para astigmatismo miópico, por ejemplo, hasta un aproximado de -10,00 a -12,00 dioptrías (D), el 79-95 % de los pacientes obtuvieron una (AVMC) de 20/20. En pacientes con astigmatismo hipermetrópico de hasta +6,00 D, el 55-59 % se halló una AVMC de 20/20, y en el astigmatismo mixto de hasta 5,00 D de cilindro, entre el 56 y el 61 % de los pacientes obtuvieron una AVMC de 20/20.⁽¹⁸⁾ Un estudio reciente reveló que los resultados de agudeza visual para la mayoría de los pacientes fueron equivalentes entre el LASIK guiado por frente de ondas y el LASIK optimizado por frente de ondas.⁽²²⁾

Datos registrados de ensayos clínicos sobre ablaciones guiadas por topografía demostraron que, para correcciones de hasta 9,00 D de miopía del equivalente esférico, con componentes esféricos de hasta 8,00 D y astigmatismos de 3,00 D, el 93 % de los ojos presentó una agudeza visual mejor corregida de 20/20 o superior. Los datos también mostraron que el 32 % de los ojos alcanzó una AVMC de 20/12,5 o superior y el 69 % alcanzó una AVMC de 20/16 o superior. En el 30 % de los pacientes, la AVMC posoperatoria mejoró una línea o más en comparación con la AVMC preoperatoria.^(18,23)

Estudios recientes^(24,25,26,27,28,29,30,31) han informado que el tratamiento guiado por topografía corneal es mejor que la ablación guiada por frente de ondas, ya que reduce las aberraciones causadas por procedimientos quirúrgicos refractivos, disminuye las aberraciones de frente de ondas preoperatorias, y mejora la agudeza visual posoperatoria con menos aberraciones de alto orden. Sin embargo, hay evidencia limitada para defender que los resultados visuales de las ablaciones guiadas por topografía son superiores a la ablación guiada por frente de ondas, o viceversa, en córneas regulares, y se ha utilizado en diferentes investigaciones.

En los últimos años se han puesto a disposición diferentes plataformas que pueden utilizar los perfiles de ablación personalizados creados por la topografía corneal y el frente de ondas. Entre las plataformas de tratamiento de ablación personalizada guiado por topografía (T-CAT) disponibles, la visión ALCON Contoura, utilizada junto con el sistema láser excímer WaveLight EX500, puede corregir con éxito córneas altamente aberradas con astigmatismo irregular. Además, también se ha informado que la tecnología T-CAT mejora la agudeza visual posoperatoria, con una menor incidencia de aberraciones de alto orden.^(4,22)

Entre las plataformas que utilizan perfiles de ablación personalizados guiados por aberrometría, se ha reportado que la plataforma Schwind Amaris es segura y eficaz. Esta plataforma mejora las aberraciones corneales, al permitir el corte asimétrico; y se utiliza globalmente, excepto en Estados Unidos. Además, la plataforma Schwind Amaris elimina de forma selectiva los componentes de las aberraciones de alto orden hasta el séptimo orden y, en el modo de minimización, elimina las irregularidades corneales preoperatorias y preserva el tejido de ablación. Sin embargo, es importante comprender las diferencias en los resultados clínicos asociados con estos dispositivos para maximizar su aplicabilidad.^(4,22)

Conclusiones

Los tratamientos convencionales pueden inducir aberraciones de alto orden y afectar la calidad visual. El tratamiento personalizado topoaberrométrico constituye una opción para tratar y mejorar la afectación visual en el paciente.

Referencias bibliográficas

1. Schmid R, Borkenstein AF. Analysis of higher order aberrations in recently developed wavefront-shaped iols. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2022;260(2):609-20. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00417-021-05362-2>
2. Shao T, Li H, Zhang J, Wang H, Liu S, Long K. Comparison of wavefront-optimized and corneal wavefront-guided transprk for high-order aberrations (>0.35 μm) in myopia. *J Cataract Refract Surg*. 2022;48(12):1413-8. DOI: <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000001012>
3. Siedlecki J, Schmelter V, Schworm B, Mayer WJ, Priglinger SG, Dirisamer M et al. Corneal wavefront aberrations and subjective quality of vision after small incision lenticule extraction. *Acta Ophthalmol*. 2020;98(7):e907-13. DOI: <https://doi.org/10.1111/aos.14420>
4. Li L, Xiong L, Wang Z. Comparison of clinical outcomes of a corneal wavefront- and topography-guided platforms for laser in situ keratomileusis on virgin eyes: an expanded cohort study. *Int Ophthalmol*. 2024;44(1):331. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10792-024-03235-1>
5. Colectivo de autores. Óptica y optometría. Principios y aplicación clínica. Vol. 1. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2023. Disponible en: http://www.bvscuba.sld.cu/libro/optica-y-optometria-principios-y-aplicacion-clinica_volumen1
6. Hughes RP, Vincent SJ, Read SA, Collins MJ. Higher order aberrations, refractive error development and myopia control: a review. *Clin Exp Optom*. 2020;103(1):68-85. DOI: <https://doi.org/10.1111/cxo.12960>
7. Garrido Ceca MG. Resultados refractivos y aberrometría corneal en el femto-lasik hiperométrico: influencia del perfil de ablación, centrado y localización de la bisagra [tesis]. Universidad Autónoma de Madrid; 2018 [acceso 27/10/2022]. Disponible en: https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/685535/garrido_ceca_guadalupe.pdf?sequence=1

8. Arba-Mosquera S, de Ortueta D. LASIK for Hyperopia Using an Aberration-Neutral Profile With an Asymmetric Offset Centration. *J Refract Surg.* 2016;32(2):78-83. DOI: <https://doi.org/10.3928/1081597X-20151119-04>
9. Wang L, Koch DD. Anterior corneal optical aberrations induced by laser in situ keratomileusis for hyperopia. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29(9):1702-8. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(03\)00576-5](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(03)00576-5)
10. Llorente L, Barbero S, Merayo J, Marcos S. Total and corneal optical aberrations induced by laser in situ keratomileusis for hyperopia. *J Refract Surg.* 2004;20(3):203-16. DOI: <https://doi.org/10.3928/1081-597X-20040501-03>
11. García González M, Teus Guezala MA. Cirugía Refractiva Corneal Láser. En: *Fundamentos de la cirugía refractiva corneal láser.* Madrid: Monografía SECOIR; 2022. p. 33-7.
12. Valentina BS, Ramona B, Speranta S, Calin T. The influence of optical aberrations in refractive surgery. *Rom J Ophthalmol.* 2015 [acceso 22/06/2025];59(4):217-22. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29450310/>
13. Kohnen T. Clasificación de perfiles de láser excímer. *J Cataract Refract Surg* 2006 [acceso 22/06/2025];32(4):543-4. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16698450>
14. Oliver KM, O'Brart DP, Stephenson CG, Hemenger RP, Applegate RA, Tomlinson A *et al.* Anterior corneal optical aberrations induced by photorefractive keratectomy for hyperopia. *J Refract Surg.* 2001;17(4):406-13. DOI: <https://doi.org/10.3928/1081-597X-20010701-01>
15. Recarte M. Polinomios de zernike y su aplicación en oftalmología. *Revista de La Escuela De Física, Unah.* 2017;1(5):21-5. DOI: <https://doi.org/10.5377/ref.v5i1.8320>
16. Fernández J. Meta-análisis de LASIK para miopía: optimizado o guiado por frente de onda El Blog de Qvision; 2011 [acceso 22/06/2025]. Disponible en: <https://www.qvision.es/blogs/joaquin-fernandez/2011/11/27/meta-analisis-de-lasik-para-miopia-optimizado-o-guiado-por-frente-de-onda/>
17. Taneri, S. Cirugía láser excímer guiada por frente de onda. En: Albert DM, Miller JW, Azar DT, Young LH (eds.) *Principios y práctica de la oftalmología de Albert y Jakobiec.* Springer, Cham; 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-42634-7>
18. American Academy of Ophthalmology. BCSC Section 13: Refractive Surgery. San Francisco, CA: American Academy of Ophthalmology; 2025. Cap. 5 [Fotoablación: Complicaciones]. p.103-4.

19. Guiado por frente de onda vs. guiado por topografía. CRSTEurope. 2021 [acceso 22/06/2025]. Disponible en: https://crstodayeurope.com/articles/2006-may/0506_14-php/
20. Manche E, Roe J. Recent advances in wavefront-guided LASIK. *Curr Opin Ophthalmol*. 2018;29(4):286-91. DOI: <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000488>
21. Kim A, Chuck RS. Wavefront-guided customized corneal ablation. *Curr Opin Ophthalmol*. 2008;19(4):314-20. DOI: <https://doi.org/10.1097/ICU.0b013e328302ccae>
22. Schallhorn SC, Farjo AA, Huang D, Boxer Wachler BS, Trattler WB, Tanzer DJ et al. American Academy of Ophthalmology. Wavefront-guided LASIK for the correction of primary myopia and astigmatism a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2008;115(7):1249-61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.04.010>
23. Tan J, Simon D, Mrochen M, Por YM. Clinical results of topography-based customized ablations for myopia and myopic astigmatism. *J Refract Surg*. 2012;28(11 Suppl):S829-36. DOI: <https://doi.org/10.3928/1081597X-20121005-04>
24. Hashmani S, Hashmani N, Haroon H, Hashmi Y. Visual and Refractive Outcomes of Topography-guided Laser-assisted In Situ Keratomileusis in Virgin Eyes. *Cureus*. 2018;10(1):e2131. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus>
25. Mularoni A, Laffi GL, Bassein L, Tassinari G. Two-step LASIK with topography-guided ablation to correct astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg*. 2006;22(1):67-74. DOI: <https://doi.org/10.3928/1081-597X-20060101-14>
26. Stojanovic A, Suput D. Strategic planning in topography-guided ablation of irregular astigmatism after laser refractive surgery. *J Refract Surg*. 2005;21(4):369-76. DOI: <https://doi.org/10.3928/1081-597X-20050701-12>
27. Wu L, Zhou X, Ouyang Z, Weng C, Chu R. Topography-guided treatment of decentered laser ablation using LaserSight's excimer laser. *Eur J Ophthalmol*. 2008;18(5):708-15. DOI: <https://doi.org/10.1177/112067210801800508>
28. Lee DH, Seo SJ, Shin SC. Topography-guided excimer laser ablation of irregular cornea resulting from penetrating injury. *J Cataract Refract Surg*. 2002;28(1):186-8. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(01\)00803-3](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(01)00803-3)
29. Stojanovic A, Zhang J, Chen X, Nitter TA, Chen S, Wang Q. Topography-guided Transepithelial Surface Ablation Followed by Corneal Collagen Cross-linking Performed in a Single Combined Procedure for the Treatment of Keratoconus and Pellucid Marginal Degeneration *J Refract Surg*. 2010;26(2):145-52. DOI: <https://doi.org/10.3928/1081597X-20100121-10>

30. Koller T, Iseli HP, Donitzky C, Ing D, Papadopoulos N, Seiler T. Topography-guided surface ablation for forme fruste keratoconus. *Ophthalmology*. 2006;113(12):2198-202. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.opthta.2006.06.032>
31. Schallhorn JM, Seifert S, Schallhorn SC. SMILE, Topography-Guided LASIK, and Wavefront-Guided LASIK: Review of Clinical Outcomes in Premarket Approval FDA Studies. *J Refract Surg*. 2019;35(11):690-8. DOI: <https://doi.org/10.3928/1081597X-20190930-02>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.