

Queratopigmentación cosmética: estado actual, indicaciones, complicaciones y opciones de eliminación

Cosmetic keratopigmentation: current status, indications, complications and removal options

D. Castanera Gratacós

Clínica Oftalmológica TACIR. Barcelona.

Correspondencia:

Diego Castanera Gratacós

E-mail: d.castanera@clinicatacir.com

Resumen

La queratopigmentación ha evolucionado desde una técnica reconstructiva para ojos ciegos con leucomas hasta convertirse en una indicación puramente cosmética en ojos con visión conservada. El desarrollo de los pigmentos minerales micronizados de tercera generación y la incorporación del láser de femtosegundo han permitido alcanzar resultados estéticos más precisos, reproducibles y con menor tasa de complicaciones graves respecto a las generaciones previas. La queratopigmentación terapéutica cuenta con evidencia científica en defectos iridianos, aniridia, síndrome de Urrets-Zavalía e iridectomías periféricas sintomáticas. La indicación puramente cosmética genera debate científico y ético dado que las series disponibles son aún limitadas en seguimiento y carecen de grupos control. Las complicaciones descritas incluyen fotosensibilidad, desvanecimiento del pigmento, ectasia corneal, úlceras corneales, disfotopsias, cambios refractivos, alteración de la calidad visual y alteraciones durante la resonancia magnética. La eliminación del pigmento, cuando es necesaria, constituye un reto técnico: el lavado precoz del bolsillo estromal permite retirar el exceso de pigmento no fijado, pero la extracción definitiva puede requerir la ablación combinada con láser de femtosegundo y excímer.

Palabras clave: Queratopigmentación. Tatuaje corneal. Láser de femtosegundo. Cambio de color del iris. Complicaciones corneales. Reversibilidad.

Resum

La queratopigmentació ha evolucionat des d'una tècnica reconstructiva per a ulls cecs amb leucomes fins a convertir-se en una indicació purament cosmètica en ulls amb visió conservada. El desenvolupament dels pigments minerals micronitzats de tercera generació i la incorporació del làser de femtosegon han permès assolir resultats estètics més precisos, reproduïbles i amb una taxa inferior de complicacions greus en comparació amb les generacions prèvies. La queratopigmentació terapèutica compta amb evidència científica en defectes iridians, aniridia, síndrome d'Urrets-Zavalía i iridectomies perifèriques simptomàtiques. La indicació purament cosmètica genera debat científic i ètic, atès que les sèries disponibles encara presenten un seguiment limitat i manca de grups control. Les complicacions descrites inclouen fotosensibilitat, esvaïment del pigment, ectàsia corneal, úlceres corneals, disfotòpsies, canvis refractius, alteració de la qualitat visual i artefactes durant la ressonància magnètica. L'eliminació del pigment, quan és necessària, constitueix un repte tècnic: el rentat precoç de la butxaca estromal permet retirar l'excés de pigment no fixat, però l'extracció definitiva pot requerir l'ablació combinada amb làser de femtosegon i excímer.

Paraules clau: Queratopigmentació. Tatuatge corneal. Làser de femtosegon. Làser excímer. Canvi de color de l'iris. Complicacions corneals. Reversibilitat.

Abstract

Keratopigmentation has evolved from a reconstructive technique for blind eyes with leukomas to a purely cosmetic indication in eyes with preserved vision. The development of third-generation micronized mineral pigments and the incorporation of femtosecond laser technology have enabled more precise, reproducible aesthetic outcomes with a lower rate of serious complications compared to previous generations. Therapeutic keratopigmentation has scientific evidence supporting its use in iridial defects, aniridia, Urrets-Zavalía syndrome, and symptomatic peripheral iridectomies. Purely cosmetic indications remain a subject of scientific and ethical debate, as available case series are still limited in follow-up duration and lack control groups. Reported complications include photosensitivity, pigment fading, corneal ectasia, corneal ulcers, dysphotopsias, refractive changes, visual quality impairment, and artifacts during magnetic resonance imaging. Pigment removal, when required, represents a technical challenge: early irrigation of the stromal pocket allows retrieval of unfixed excess pigment, but definitive extraction may require combined ablation with femtosecond and excimer lasers.

Keywords: Keratopigmentation. Corneal tattooing. Femtosecond laser. Excimer laser. Iris color change. Corneal complications. Reversibility.

Premio al mejor caso clínico presentado en el 56º Congreso de la *Societat Catalana de Oftalmologia*.

Introducción

La queratopigmentación (KTP) corneal tiene una historia que se remonta al siglo II d.C., cuando Galeno empleaba sulfato de cobre reducido para enmascarar leucomas corneales desfigurantes¹. Durante siglos, el procedimiento se llevó a cabo con materiales heterogéneos —polvos metálicos, tinta china, pigmentos orgánicos— con resultados inconsistentes, escasa durabilidad y un perfil de complicaciones elevado.

El punto de inflexión moderno llegó con dos avances: el desarrollo de pigmentos minerales micronizados específicamente diseñados para uso intracorneal, y la incorporación del láser de femtosegundo al procedimiento a principios de la década de 2010. La introducción de la tecnología de láser de femtosegundo revolucionó el procedimiento, permitiendo la colocación más precisa y controlada del pigmento en el estroma corneal²⁻⁴. La técnica desarrollada fue la queratopigmentación asistida por láser de femtosegundo, denominada FAK (Femtosecond laser-Assisted Keratopigmentation) o FLAAK, siendo introducida por primera vez en 2010 para indicaciones patológicas².

Desde entonces la KTP ha experimentado un crecimiento rápido llegando a modificarse su indicación original reconstructiva para abordar patologías funcionales por tratamientos estéticos en ojos con visión conservada^{2,4}. Esta última indicación ha generado un debate científico, ético e institucional que esta revisión pretende analizar de forma sistemática.

Evolución de los pigmentos

Los pigmentos empleados en la queratopigmentación han evolucionado a lo largo de tres generaciones, con diferencias sustanciales en cuanto a biocompatibilidad, durabilidad y perfil de seguridad:

- Primera generación. Tintes químicos como el cloruro de oro y platino, carbono y compuestos orgánicos de uso dermatológico. Producían complicaciones frecuentes incluyendo reacciones inflamatorias, cambios de color y toxicidad corneal. No estaban diseñados para uso ocular.
- Segunda generación. Pigmentos inorgánicos con base de óxido de hierro, más estables y con menor toxicidad aguda. Sin embargo, su contenido en hierro generó problemas específicos relacionados con la resonancia magnética, así como cambios de coloración a largo plazo por oxidación en medios acuosos.
- Tercera generación. Pigmentos minerales micronizados certificados CE, formulados específicamente para uso intracorneal con mejor compatibilidad tisular. Introducidos en 2010, han demostrado en estudios histopatológicos y de tolerancia corneal una biocompatibilidad completa^{3,5,6}. Los estudios de tolerancia han confirmado que los pigmentos minerales micronizados modernos son completamente biocompatibles con el tejido estromal corneal. Es fundamental destacar que los tintes empleados en tatuajes dérmicos tienen una composición diferente y no deben utilizarse en la córnea.

Descripción de la técnica

En la queratopigmentación asistida por láser de femtosegundo, el láser crea un túnel corneal a profundidades controladas en los que se depositan posteriormente los pigmentos micronizados. Dicho de otra manera, se utiliza un perfil similar al que se utilizaría para la implantación de anillos intraestromales, modificando los diámetros interno y externo del túnel. De esta manera la técnica permite la creación precisa de túneles uniformes a diferentes profundidades y dimensiones, personalizados según el caso concreto⁴. Un disector lamelar se utiliza para abrir y expandir el túnel hasta los límites externos de la córnea, extendiéndose hacia el limbo (Figura 1).

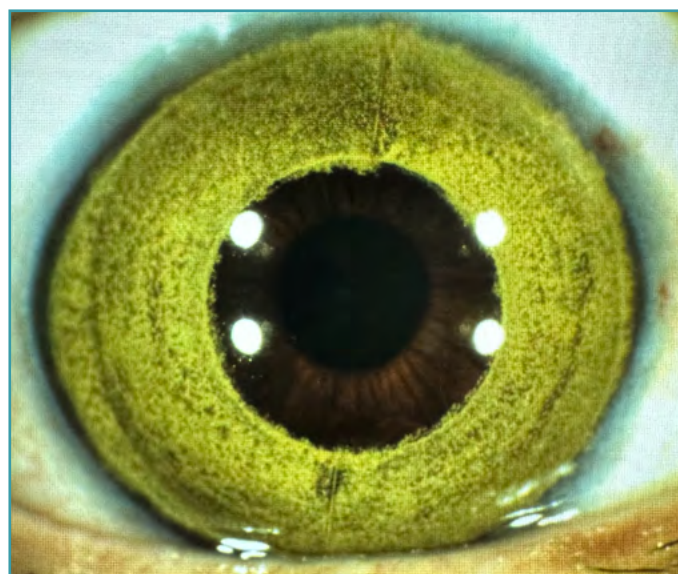


Figura 1. Imagen de paciente intervenido de queratopigmentación cosmética a la semana de la intervención.

Queratopigmentación terapéutica

La KTP terapéutica constituye la indicación con mayor consenso y evidencia científica. Sus aplicaciones principales comprenden ojos ciegos con leucomas desfigurantes, defectos iridianos con discapacidad visual significativa, síndrome de Urrets-Zavalía con fotofobia incapacitante, iridectomías periféricas sintomáticas, atrofia esencial del iris, síndrome iridocorneal endotelial y diplopía monocular por defectos del iris⁷⁻¹⁰.

Los resultados en esta indicación son consistentemente favorables. En una serie de 40 ojos con opacidades corneales severas tratados con pigmentos minerales micronizados, el 95% de los pacientes estuvieron satisfechos al año postoperatorio, evitando una cirugía reconstructiva extensa⁷. En casos de aniridia traumática se objetivó una reducción significativa del deslumbramiento.

Los estudios con láser de femtosegundo en defectos iridianos ofrecen resultados especialmente relevantes. En una serie de 19 ojos de 18 pacientes con discapacidades visuales significativas relacionadas con defectos del iris, el 94% experimentó mejoría en la agudeza visual corregida, con un seguimiento medio de aproximadamente 60 meses⁹. La FAK demostró ser mínimamente invasiva y producir una disminución significativa del deslumbramiento subjetivo y la fotofobia con resolución de la diplopía monocular en pacientes con iridectomías periféricas. En casos de síndrome iridocorneal endotelial, la cirugía FAK produjo la disminución de la fotofobia y la diplopía sin incidencias en el seguimiento a 12 meses.

En la serie más reciente sobre KTP terapéutica en 184 ojos ciegos, la apariencia cosmética fue calificada como buena a excelente en el 90% de los casos, y el 88% de los pacientes expresó alta satisfacción, reportando mejoría en el bienestar psicosocial¹⁰.

Queratopigmentación cosmética en ojos sanos

La queratopigmentación puramente cosmética implica la inyección de pigmentos en el estroma corneal con el único propósito de modificar el color aparente del ojo en personas sanas. Esta indicación fue descrita por primera vez en 2016⁴ y ha ganado popularidad progresiva entre cirujanos de distintos países, generando simultáneamente un debate científico e institucional que no ha concluido.

En el primer reporte de KTP puramente cosmética, todos los pacientes expresaron alta satisfacción con los resultados, sin complicaciones y con agudeza visual estable en un seguimiento de 6 meses a 2,5 años⁴. Este resultado inicial favorable impulsó el desarrollo de series más amplias.

La evidencia disponible en ojos sanos se basa principalmente en series de casos prospectivas de centro único. La serie más amplia publicada hasta la fecha incluyó 166 ojos sometidos a queratopigmentación pura entre 2021 y 2023, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas en agudeza visual, desviación media campimétrica ni presión intraocular a los 12 meses de la cirugía¹¹. Se observó un descenso del recuento de células endoteliales de 2.393 a 2.309 células/mm², estadísticamente significativo.

En cuanto a la satisfacción del paciente, en un estudio multicéntrico prospectivo sobre 79 ojos de 40 pacientes con un seguimiento medio de 29 meses, la evaluación del observador fue excelente en el 90% de los casos y la satisfacción del paciente fue excelente en el 92,5% de los casos¹². Sin embargo, el 35,4% de los ojos requirió reintervención para retoques de color en algún momento del seguimiento.

Complicaciones de la queratopigmentación cosmética

Las complicaciones más frecuentes en el período perioperatorio inmediato son de carácter transitorio. En una encuesta transversal postoperatoria sobre 42 pacientes sometidos a FLAAK, el 81% experimentó dolor, el 76% ojo seco, el 56% deslumbramiento, el 67% hiperemia y el 71% sensación de hormigueo.

La estabilidad del pigmento a lo largo del tiempo constituye una de las limitaciones más relevantes de la técnica. En la serie más amplia de KTP cosmética, la fotosensibilidad al primer mes fue la complicación más frecuente (30%), seguida de cambio de color (7,5%) y desvanecimiento del color (5%)¹². En una serie más reciente, hasta el 57% de los pacientes requirió algún tipo de corrección de color en algún momento del seguimiento.

La ectasia corneal es la complicación grave más relevante descrita en la literatura sobre KTP cosmética. Se describieron 5 casos (10 ojos) que desarrollaron ectasia corneal entre 6 meses y 4 años después del procedimiento, en todos los casos con topografía corneal preoperatoria normal¹³. Tres de los cinco pacientes afectados requirieron cross-linking corneal como tratamiento.

En 2025 se publicó el primer caso de ulceración corneal severa tras queratopigmentación puramente cosmética¹⁴. El cuadro requirió injerto de membrana amniótica, así como corticoides tópicos y sistémicos. Este caso subraya que las complicaciones graves son posibles incluso con pigmentos de tercera generación.

Otras de las complicaciones descritas en la literatura son: neovascularización corneal (7% en la serie de 234 ojos³), queratitis infecciosa, melting corneal¹⁰, pérdida de células endoteliales, uveítis, edema corneal, conjuntivitis, defectos epiteliales persistentes y limitaciones campimétricas^{3,12}.

Las alteraciones relacionadas con la resonancia magnética (RM) constituyen una complicación específica del tipo de pigmento empleado, de especial relevancia dada su potencial gravedad. En la serie de 234 ojos, el 2% de los casos presentó alteraciones en RM, particularmente con pigmentos que contienen óxido de hierro³.

El caso más detallado en la literatura proviene de la serie sobre KTP terapéutica en 184 ojos: un paciente sometido a KTP con pigmentos inorgánicos con base de óxido de hierro presentó, tres meses tras la cirugía, dolor ocular severo, hiperemia y lagrimeo al entrar en la sala del escáner de RM, sin posibilidad de completar el estudio. En intentos sucesivos (al mes y a los 5 meses), los síntomas fueron disminuyendo progresivamente, y a los 6 meses, bajo supervisión oftalmológica y tras instilación de anestésico tópico, se pudo completar el estudio sin evidencia de alteraciones estructurales a nivel corneal¹⁰.

Reversibilidad del procedimiento

La posibilidad de eliminar el pigmento implantado ya sea por complicaciones, insatisfacción estética o necesidad médica futura es uno de los aspectos más relevantes de la KTP. El carácter esencialmente permanente del procedimiento ha sido señalado como uno de los principales argumentos en el debate sobre su indicación cosmética en ojos sanos. A diferencia de la hiperpigmentación cutánea que puede abordarse con agentes despigmentantes tópicos, la pigmentación corneal intrastromal no responde a tratamientos médicos y requiere necesariamente intervención quirúrgica.

Lavado del pigmento: la opción menos invasiva consiste en la reapertura del túnel estromal creado por el femtosegundo y la irrigación con suero salino balanceado para aspirar el pigmento.

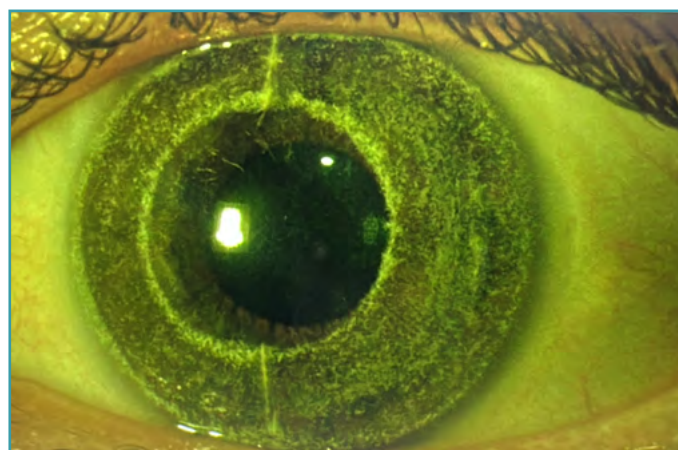


Figura 2. Imagen de lavado de pigmento con restos intraestromales difusos.

Este procedimiento es factible únicamente en la fase muy precoz postoperatoria, antes de que el pigmento quede encapsulado por el proceso de cicatrización estromal. Este procedimiento solo permite eliminar el pigmento que queda depositado en el túnel corneal, pero no es efectivo en el pigmento intraestromal (Figura 2).

Raspado manual: otra opción descrita en la literatura consiste en el raspado o scraping manual del estroma corneal pigmentado tras reapertura del bolsillo. Esta técnica presenta limitaciones importantes: la dificultad para alcanzar de forma homogénea toda la superficie pigmentada, el riesgo de inducir irregularidades estromales y la imposibilidad de garantizar la eliminación completa del pigmento. No existen series publicadas con esta técnica específicamente para la KTP asistida por femtosegundo.

Eliminación mediante láser de femtosegundo y excimer: el primer caso de esta técnica fue publicado en 2025¹⁵. Este trabajo describe el primer caso documentado de eliminación exitosa de queratopigmentación cosmética asistida por láser de femtosegundo.

La técnica combinada empleada consistió en la creación de un colgajo corneal mediante láser de femtosegundo, seguido de ablación del estroma pigmentado con láser excimer dentro de una zona óptica de 8,5 mm. Los resultados obtenidos en este caso incluyeron:

- Restauración de la transparencia corneal.
- Regularización de la arquitectura corneal.
- Reducción de las aberraciones corneales inducidas.
- Eliminación de la ametropía inducida por el pigmento.
- Mejoría subsecuente en la agudeza visual (Figura 3).

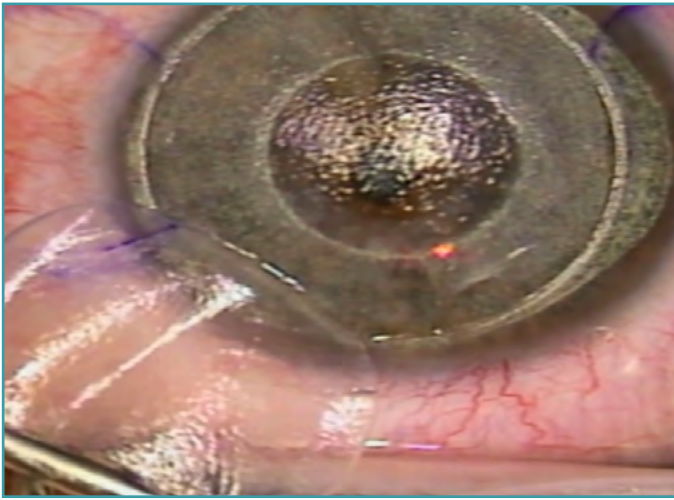


Figura 3. Creación de flap corneal mediante láser de femtosegundo en paciente con queratopigmentación previa.

Las limitaciones de esta técnica también existen: depende directamente de la profundidad a la que se implantó el pigmento en la cirugía previa, depende de la distribución y la dispersión del pigmento y la técnica implica ablación de tejido corneal estromal con pérdida permanente de sustancia por lo que depende del grosor estromal del paciente.

Esta publicación representa un paso adelante fundamental, pues demuestra que la KTP no es absolutamente irreversible. Sin embargo, el procedimiento no está exento de riesgos, por lo que su disponibilidad no debe utilizarse como argumento para minimizar el impacto de una queratopigmentación puramente cosmética (Figura 4).

En casos en los que las técnicas láser no sean aplicables o hayan fracasado, la queratoplastia lamelar anterior profunda (DALK) representa una opción quirúrgica. Sin embargo, someter a un paciente a los riesgos de un trasplante corneal para revertir un procedimiento estético electivo plantea serias consideraciones bioéticas. No existen series publicadas de DALK específicamente para la eliminación de pigmento FAK.

Conclusiones

La queratopigmentación corneal ha recorrido un largo camino desde sus aplicaciones históricas en ojos ciegos con leucomas hasta convertirse en una opción cosmética electiva. Las conclusiones que se extraen de la literatura disponible pueden resumirse en los siguientes puntos:

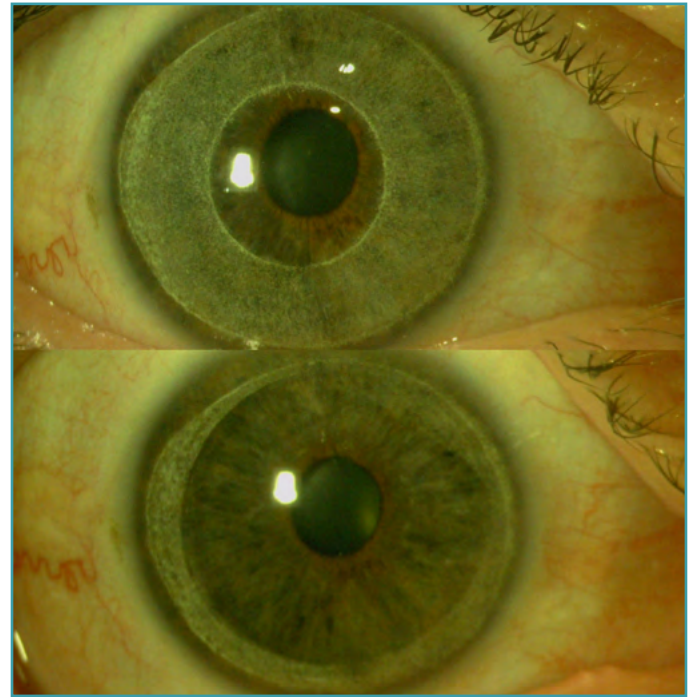


Figura 4. Antes y después de la eliminación del pigmento estromal mediante la combinación de láser de femtosegundo y láser de excimer.

- La KTP terapéutica en ojos con patología establecida cuenta con evidencia sólida y presenta mayor aceptación en la comunidad científica.
- Los pigmentos minerales micronizados de tercera generación han demostrado biocompatibilidad corneal y representan el estándar actual. El empleo de pigmentos dermatológicos o con base de óxido de hierro debe evitarse por sus complicaciones específicas.
- La KTP cosmética en ojos sanos muestra resultados decentes en series de corto-medio plazo, pero los estudios disponibles son aún insuficientes en número, calidad metodológica y duración del seguimiento para avalar su uso.
- Las complicaciones graves documentadas implican un impacto muy elevado en la salud del paciente por lo que deberían primar a la hora de decidir hacer este tipo de procedimientos.
- La eliminación del pigmento es técnicamente posible mediante la combinación de láser de femtosegundo y excimer, pero implica pérdida de tejido corneal y no está exenta de riesgos.

Financiación

Los autores declaran no haber recibido financiación específica para la elaboración de este trabajo.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Bibliografía

- Hasani H, Es'haghi A, Rafatnia S, Alilou S, Abolmaali M. Keratopigmentation: a comprehensive review. *Eye (Lond)*. 2020;34(6):1039-46. doi: 10.1038/s41433-019-0750-2.
- Balparda K, Agudelo-Cardona M, Ferrari F, Herrera-Chalarca T, Franco-Sánchez I. Keratopigmentation in the modern era: a review of current techniques, results, and safety. *Indian J Ophthalmol*. 2025;73(8):1108-15. doi: 10.4103/IJO.IJO_3027_24.
- Alió JL, Al-Shymali O, Amesty MA, Rodríguez AE. Keratopigmentation with micronised mineral pigments: complications and outcomes in a series of 234 eyes. *Br J Ophthalmol*. 2018;102(6):742-7. doi: 10.1136/bjophthalmol-2017-310591.
- Alió JL, Rodríguez AE, El Bahrawy M, Angelov A, Zein G. Keratopigmentation to change the apparent color of the human eye: a novel indication for corneal tattooing. *Cornea*. 2016;35(4):431-7. doi: 10.1097/ICO.0000000000000745.
- Amesty MA, Alió JL, Rodríguez AE. Corneal tolerance to micronised mineral pigments for keratopigmentation. *Br J Ophthalmol*. 2014;98(12):1756-60. doi: 10.1136/bjophthalmol-2014-305611.
- Amesty MA, Rodríguez AE, Hernández E, De Miguel MP, Alió JL. Tolerance of micronized mineral pigments for intrastromal keratopigmentation: a histopathology and immunopathology experimental study. *Cornea*. 2016;35(9):1199-205. doi: 10.1097/ICO.0000000000000900.
- Alió JL, Sirerol B, Walewska-Szafran A, Miranda M. Corneal tattooing (keratopigmentation) with new mineral micronised pigments to restore cosmetic appearance in severely impaired eyes. *Br J Ophthalmol*. 2010;94(2):245-9. doi: 10.1136/bjo.2008.149435.
- Alió JL, Rodríguez AE, Toffaha BT, El Aswad A. Femtosecond-assisted keratopigmentation double tunnel technique in the management of a case of Urrets-Zavalía syndrome. *Cornea*. 2012;31(9):1071-4. doi: 10.1097/ICO.0b013e318243f6b1.
- Yin HY, Walter KA. Long-term outcome of femtosecond laser-assisted keratopigmentation: using Intacs channels for precise pigment deposition within the cornea. *Cornea*. 2021;40(10):1330-5. doi: 10.1097/ICO.0000000000002667.
- da Costa AX, Cal AFF, Bannach MP, de Oliveira GH, Garotti G. Therapeutic keratopigmentation vis-à-vis in blind eyes: complications and outcomes in a series of 184 eyes. *Front Med*. 2025;12:1700788. doi: 10.3389/fmed.2025.1700788.
- Alió JL, Sanginabadi A, Hojabr AT, Jafari B. Femtosecond laser-assisted keratopigmentation outcomes for pure cosmetic purposes. *Am J Ophthalmol Case Rep*. 2025;38:102297. doi: 10.1016/j.ajoc.2025.102297.
- D'Oria F, Alió JL, Rodríguez AE, Amesty MA, Abu-Mustafa SK. Cosmetic keratopigmentation in sighted eyes: medium- and long-term clinical evaluation. *Cornea*. 2021;40(3):327-33. doi: 10.1097/ICO.0000000000002417.
- Nouzovská K, Noveyri BB, Abu-Mustafa S, Alió JL. Corneal ectasia following cosmetic keratopigmentation. *Cornea*. 2024;44(6):779-87. doi: 10.1097/ICO.0000000000003754.
- Uddin O, Shah Y, Majidi S, Mei F, Eghrari AO, Akpek E. Severe corneal ulceration after cosmetic keratopigmentation. *Cornea*. 2025. doi: 10.1097/ICO.0000000000003895.
- Castanera-Gratacós D, Cerro-Clusella S, Sánchez-Aparicio FI, Gala-Núñez C. Removal of a cosmetic femtosecond laser-assisted keratopigmentation. *J Refract Surg*. 2025;41(12):e1360-e1363. doi: 10.3928/1081597X-20251028-01.