

CIRUGÍA REFRACTIVA

CORNEAL LÁSER



Montserrat García González, MD, PhD, FEBOS-CR

Departamento de Córnea, Cirugía de Cataratas y Cirugía Refractiva.
Clínica Rementería. Madrid

Unidad de Cirugía Refractiva. Clínica Novovisión. Madrid

Miguel Á. Teus Guezala, MD, PhD

Catedrático de Oftalmología. Universidad de Alcalá.
Alcalá de Henares. Madrid

Jefe de Servicio de Oftalmología. Hospital Universitario Príncipe
de Asturias. Alcalá de Henares. Madrid

Director Médico de la Clínica Novovisión. Madrid



© 2022 Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto-Refractiva
Montserrat García González
Miguel Á. Teus Guezala

Realización y producción:
MAC LINE, S.L.

ISBN: 978-84-939898-7-3
Depósito Legal: M-12371-2022

Imprime:
INDUSTRIA GRÁFICA MAE, S.L.

Edita:
Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto-Refractiva

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del Copyright, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

La editorial y los autores no se hacen responsables de las opiniones, contenido e iconografía de los diferentes co-autores y colaboradores.

Me gustaría mostrar mi agradecimiento en primer lugar, a mi maestro el Prof. Miguel Teus, por contagiarme su pasión por la cirugía refractiva, por su generosidad a la hora de enseñarme su experiencia y sabiduría, y por trasmitirme el amor por el trabajo bien hecho.

Siempre he sido muy consciente de la suerte que tuve por poder aprender, y seguir aprendiendo, de uno de los mejores oftalmólogos, y por ello desde hace tiempo sentía la necesidad interior de compartir todo lo aprendido en estos años plasmándolo en un libro, para que especialmente los oftalmólogos noveles pudiesen aprender de cirujanos experimentados y formarse en esta preciosa especialidad, tal y como yo lo hice. Por ello, querría expresar mi gratitud a la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva (SECOIR) por confiar en nosotros para la elaboración de esta monografía y especialmente por permitirme convertir este sueño en realidad. Mi agradecimiento también a todos los coautores de la monografía, amigos y admirados compañeros, por su esfuerzo y su generosa colaboración. Y por último, y de forma muy especial, querría dar las gracias a mis padres, por confiar siempre en mí, a mi marido Rodrigo, por su amor y apoyo incondicionales, y a mis niños Irene y Carlos, por ser la luz y la alegría de mi vida.

Montserrat García González

Quiero dedicar la presente monografía a todos los que la han hecho posible. En primer lugar, a la SECOIR, por la amabilidad que tuvo en aceptar la propuesta que la Dra. Montserrat García y yo mismo hicimos en su día. En segundo lugar, a todos los colaboradores que a lo largo de los últimos 20 años y en el campo de la cirugía refractiva corneal láser han trabajado conmigo, de entre los cuales destaca la Dra Montserrat García, trabajadora infatigable, perfeccionista hasta el extremo y sobre todo, una buena persona. Son muchos los proyectos de investigación, artículos científicos, presentaciones a congresos y tesis doctorales que han surgido fruto del trabajo común que tuve y tengo el privilegio de liderar. Por último, quiero pedir disculpas a mi familia y a mis amigos, pues sin duda parte del tiempo que les debía lo he dedicado a tareas académicas. Estoy seguro de su comprensión, y espero que los frutos de esa dedicación, entre ellos este texto, les parezcan adecuados.

Miguel Ángel Teus Guezala

COAUTORES

Belén Alfonso Bartolozzi, MD

Departamento de Córnea y Cristalino.
Instituto Universitario Fernández-Vega. Oviedo.

José F. Alfonso Sánchez, MD, PhD

Coordinador Departamento de Córnea y Cristalino.
Instituto Universitario Fernández-Vega. Oviedo.
Profesor Titular de Oftalmología de la Universidad de Oviedo.

Jorge L. Alió del Barrio, MD, PhD, FEBOS-CR

Servicio de Córnea, Catarata y Cirugía Refractiva,
Vissum (Grupo Miranza), Alicante.
Profesor Asociado, Departamento de Patología y
Cirugía, Universidad Miguel Hernández, Alicante.

Laureano Álvarez-Rementería Capelo, MD

Oftalmólogo especialista en Cataratas y Cirugía
Refractiva.
Director Médico de la Clínica Rementería, Madrid.

Jaime Aramberri, MD

Clínica Miranza Ókular. Vitoria-Gasteiz.
Clínica Miranza Begitek. San Sebastián-Donostia.

Francisco Arnalich Montiel, MD, PhD, FEBOS-CR

Jefe de Sección. Unidad de Córnea. Servicio de
Oftalmología del Hospital Universitario Ramón y
Cajal. Madrid.
Consultor de Segmento Anterior y Cirugía Refractiva.
Instituto de Oftalmología Avanzada (IOA) Miranza.
Profesor clínico Universidad de Alcalá de Henares.
Madrid.

Esther Arranz Márquez, MD, PhD

Clínica Novovisión, Madrid.
Hospital Universitario Rey Juan Carlos. Madrid.

Núria Artells, MD

Unidad de Córnea y Cirugía Refractiva. Instituto de
Microcirugía Ocular (IMO) Barcelona. Grupo Miranza.
Departamento de Oftalmología. Hospital Universitari
Dr. Josep Trueta. Girona.

Francisco Avilés Rogel, OD

Óptico-optometrista. Clínica Novovisión. Madrid.
Profesor del Grado de Optometría. Centro
Universitario Internacional de Madrid (CUNIMAD).
Director técnico L'Atelier Óptica.

Rafael I. Barraquer Compte, MD, PhD

Catedrático de Oftalmología, Universidad
Internacional de Catalunya, Barcelona.

José Manuel Benítez del Castillo Sánchez, MD, PhD

Catedrático de Oftalmología. Universidad
Complutense de Madrid.
Hospital Clínico San Carlos. Madrid.
Jefe de la Sección de Ojo Seco. Clínica Rementería.
Madrid.

Rafael Bilbao Calabuig, MD, PhD, FEBOS-CR

Unidad de Cirugía Refractiva y Cataratas. Clínica
Baviera, Aier Eye Hospital Group, Madrid.

Bárbara Blanco Toral, OD

Óptico-optometrista. Clínica Rementería. Madrid.

Vanessa Blázquez Sánchez, OD, PhD

Óptico-optometrista. Clínica Rementería. Madrid.
Profesor Asociado de la Facultad de Óptica-optometría.
Universidad Complutense de Madrid.

Gema Bolívar de Miguel, MD, PhD

Hospital Universitario Príncipe de Asturias. Alcalá de
Henares. Madrid.

Margarita Cabanás Jiménez, MD

Jefe de Servicio Unidad de Gestión Clínica de
Oftalmología. Hospital Universitario Virgen del Rocío.
Sevilla.
Unidad de Cirugía Refractiva y Cataratas. Clínica
Baviera, Aier Eye Hospital Group, Sevilla.

Francisco Calle Díaz, MD

Unidad de Cirugía Refractiva y Cataratas. Clínica
Baviera, Aier Eye Hospital Group, Madrid.

Miguel Ángel Calvo Arrabal, MD

Unidad de Cirugía Refractiva y Cataratas. Clínica
Baviera, Aier Eye Hospital Group, Madrid.

Pilar Cañadas, OD, PhD

Departamento de Optometría y Visión. Facultad de Óptica
y Optometría. Universidad Complutense de Madrid.

Rafael Cañones Zafra, MD, PhD

Departamento de Córnea y Superficie Ocular,
Hospital Universitario Príncipe de Asturias, Alcalá de
Henares, Madrid.
Departamento de Córnea y Superficie Ocular, Clínica
Novovisión, Madrid.
Profesor Asociado de la Facultad de Medicina,
Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Madrid.

Humberto Carreras Díaz, MD, PhD

Departamento de Córnea, Cirugía Refractiva y Cataratas.
Director médico Vithas Eurocanarias Instituto
Oftalmológico.

María del Rosario Carreras Díaz, MD

Licenciada en Medicina.

Jorge Cazal, MD, FEBO

Unidad de Córnea y Cirugía Refractiva. Instituto de Microcirugía Ocular (IMO) Barcelona. Grupo Miranza.

Miguel Contreras Díaz, MD

Unidad de Gestión Clínica de Oftalmología. Hospital Universitario Virgen del Rocío. Sevilla
Hospital Infanta Luisa. Sevilla.

Marceliano Crespo Borbonaba, MD

Especialista en Polo Anterior y Cirugía Refractiva.
Clínica Oftalmológica Oftalvist Madrid.

Pilar Drake Rodríguez-Casanova, MD, PhD

Unidad de Cataratas y Cirugía Refractiva. Clínica Novovisión. Madrid.
Hospital Universitario del Sureste. Arganda del Rey. Madrid.

Laura de Benito Llopis, MD, PhD, FRCOphth, CertLRS

Cornea and External Diseases Department.
Clinical lead for Moorfields Eye Bank and Corneal Graft Outcome Clinic.
Moorfields Eye Hospital, London, UK.

M.ª Ángeles del Buey Sayas, MD, PhD

Sección Segmento Anterior. Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa, Zaragoza.
Unidad de Cirugía Refractiva y del Segmento Anterior.
ARAVIS Oftalmología, HC Miraflores, Zaragoza.
Profesor Asociado en Ciencias de la Salud.
Universidad de Zaragoza.

Francesc Duch, MD

Departamento de Cirugía Refractiva, Institut Català de Retina. Barcelona.

Daniel Elies, MD

Unidad de Córnea y Cirugía Refractiva. Instituto de Microcirugía Ocular (IMO) Barcelona. Grupo Miranza.

Purificación Escámez Fernández, MD

Médico Interno Residente de Oftalmología, Hospital Universitario Príncipe de Asturias, Alcalá de Henares, Madrid.

Jaime Escolano Serrano, MD

Hospital General Universitario de Elche, Alicante.

Roberto Fernández Buenaga, MD, PhD

Oftalmólogo especialista en Córnea, Cataratas y Cirugía Refractiva.
Director Médico de la clínica Fernández-Casas Oftalmólogos, Torrelavega. Cantabria.

Joaquín Fernández Pérez, MD, PhD

Especialista en Cirugía Refractiva, Presbicia, Cataratas y Director Médico Qvision, Departamento de Oftalmología Hospital VITHAS Almería.

Luis Fdez.-Vega Cueto-Felgueroso, MD, PhD, FEBOS-CR

Departamento de Córnea y Cristalino. Instituto Universitario Fernández-Vega. Oviedo.
Profesor Asociado de Oftalmología de la Universidad de Oviedo.

Laura Frau Aguilera, MD

Unidad de Gestión Clínica de Oftalmología. Hospital Universitario Virgen del Rocío. Sevilla.
Clínica Baviera.

Graciana Fuentes, MD

Departamento de Cirugía Refractiva, Institut Català de Retina. Barcelona.

Susana García, MD

Departamento de Cirugía Refractiva, Institut Català de Retina. Barcelona.

Ángel García-García, MD, PhD

Departamento de Córnea, Cirugía refractiva y Cataratas.
Subdirector médico Vithas Eurocanarias Instituto Oftalmológico.

Gonzalo García de Oteyza Delbès, MD, PhD

Clínica Oftalmológica García de Oteyza, Barcelona.
Hospital San Rafael, Barcelona.

Jorge L. García Pérez, MD, PhD

Jefe de Sección de Córnea y Cirugía Refractiva.
Clínica Rementería. Madrid.

David I. Gijón Carretero, MD

Servicio de Oftalmología, Hospital General Universitario de Alicante, Alicante.

Félix González López, MD, PhD

Unidad de Cirugía Refractiva y Cataratas. Clínica Baviera, Aier Eye Hospital Group, Madrid.

José Manuel González Méijome, PhD

Clinical and Experimental Optometry Research Lab (CEORLab) de la Universidad do Minho.

Juan Gros Otero, MD, PhD

Departamento de Córnea, Cirugía refractiva y Cataratas. Director docente. Clínica Rementería. Madrid.

José Luis Güell, MD, PhD

Unidad de Córnea y Cirugía Refractiva. Instituto de Microcirugía Ocular (IMO) Barcelona. Grupo Miranza.
Universidad Autónoma de Barcelona.

Eileen Guerrero, MD

Departamento de Cirugía Refractiva, Institut Català de Retina. Barcelona.

Lucía Ibares Frías, MD, PhD

Departamento de Córnea y Cristalino. Instituto Universitario Fernández-Vega. Oviedo.

Marta Ibarz Barberá, MD, PhD

Especialista en Cataratas, Glaucoma y Cirugía Refractiva. Clínica Oftalmológica Oftalvist. Madrid.

Jaime Javaloy Estañ, MD, PhD

Unidad de Cirugía Refractiva y Cataratas. Clínica Baviera, Aier Eye Hospital Group, Alicante.

Carlos Lisa Fernández, MD, PhD

Departamento de Córnea y Cristalino. Instituto Universitario Fernández-Vega. Oviedo.

Katia Llanos, MD

Departamento de Cirugía Refractiva, Institut Català de Retina. Barcelona.

Andrea Llovet Rausell, MD, FEBO

Servicio de Oftalmología. Hospital Politécnico y Universitario La Fe. Valencia.
Unidad de Cirugía Refractiva y Cataratas. Clínica Baviera, Aier Eye Hospital Group, Valencia.

Fernando Llovet Osuna, MD, PhD

Director Médico. Clínica Baviera, Aier Eye Hospital Group, Madrid.
Profesor asociado. Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad Cardenal Herrera – CEU, Valencia.

David Madrid Costa, OD, PhD

Departamento de Optometría y Visión.
Facultad de Óptica y Optometría de la Universidad Complutense de Madrid.
Catedrático de Optometría de la Universidad Complutense de Madrid.

Felicidad Manero, MD

Unidad de Córnea y Cirugía Refractiva. Instituto de Microcirugía Ocular (IMO) Barcelona. Grupo Miranza.

Mercè Martí, MD

Departamento de Cirugía Refractiva, Institut Català de Retina. Barcelona.

Ana Cristina Martínez Borrego, MD

Unidad de Gestión Clínica de Oftalmología. Hospital Universitario Virgen del Rocío. Sevilla.

Mercedes Martínez del Pozo, MD

Unidad de Cirugía Refractiva y Cataratas. Clínica Baviera, Aier Eye Hospital Group, Madrid.

Eugenia Moix, MD

Servicio de Oftalmología. Hospital Universitario de Bellvitge. L'Hospitalet de Llobregat.

Aída Morán Ballesteros, OD

Óptico-optometrista. Clínica Rementería. Madrid.

Agustín Moreno Salgueiro, MD

Especialista en Ojo Seco y Superficie Ocular. Clínica Rementería. Madrid.

Nuno Moura-Coelho, MD

Unidad de Córnea y Cirugía Refractiva. Instituto de Microcirugía Ocular (IMO) Barcelona. Grupo Miranza.
NOVA Medical School – Universidade Nova de Lisboa.

Gonzalo Muñoz Ruiz, MD, PhD

Unidad de Cirugía Refractiva y Cataratas. Clínica Baviera, Aier Eye Hospital Group, Castellón.

Luis Nova Fernández-Yáñez, MD

Clínica Nova, Linares.
Hospital La Milagrosa, Madrid.

Julio Ortega-Usobiaga, MD, PhD, FEBOS-CR

Unidad de Cirugía Refractiva y Cataratas. Clínica Baviera, Aier Eye Hospital Group, Bilbao.
Director Médico para Relaciones Internacionales. Clínica Baviera.

Renato Papa Vettorazzi, MD

Unidad de Córnea y Cirugía Refractiva. Instituto de Microcirugía Ocular (IMO) Barcelona. Grupo Miranza.

Alberto Parafita Fernández, MD, PhD

Complejo Hospitalario Universitario de Pontevedra, Pontevedra.
Clínica Oftalmológica Dr. Parafita, Santa Eugenia de Ribeira, La Coruña.

Francisco Pastor Pascual, MD, PhD

Especialista en Córnea y Cirugía Refractiva. Clínica Oftalmológica Oftalvist. Valencia.

Rafael Pastor Pascual, OD

Óptico-optometrista. Clínica Oftalmológica Oftalvist. Valencia.

Ricardo Pérez Izquierdo, MD

Especialista en Cataratas y Cirugía Refractiva. Instituto de Oftalmología Avanzada (IOA). Grupo Miranza.

Juan J. Pérez Santonja, MD, PhD

Sección de Córnea y Superficie Ocular, Servicio de Oftalmología, Hospital General Universitario de Alicante, Alicante.

Cristina Peris Martínez, MD, PhD, FEBO

Unidad de Córnea y Segmento Anterior. FISABIO
Oftalmología Médica. Valencia.
Universidad de Valencia. Departamento de Cirugía.
Oftalmología.
Clínica Ocular Aviñó. Peris. Valencia

David P. Piñero Llorens, PhD

Profesor/Investigador del Departamento de Óptica,
Farmacología y Anatomía, Universidad de Alicante,
Alicante.
Departamento de Oftalmología, Hospital Vithas
Medimar Internacional, Alicante.

Francisco Poyales Galán, MD

Director Médico del Instituto de Oftalmología
Avanzada (IOA). Grupo Miranza.

Blanca Poyales Villamor, MD, PhD

Especialista en Córnea y Cirugía Refractiva. Instituto
de Oftalmología Avanzada (IOA). Grupo Miranza.

Miriam Rahhal Ortuño, MD

Unidad de Córnea y Segmento Anterior. FISABIO
Oftalmología Médica. Valencia.
Clínica Oftalmológica Rahhal. Valencia.

Javier Reyes, MD

Departamento de Cirugía Refractiva, Institut Català de
Retina. Barcelona.

Mercedes Roca Hidalgo, MD

Servicio de Oftalmología, Hospital General
Universitario de Alicante, Alicante.

Carlos Rocha-de-Lossada, MD, PhD, FEBO

Especialista en Córnea, Cirugía Refractiva, Presbicia
y Cataratas, Qvision, Departamento de Oftalmología
Hospital VITHAS Almería.
Especialista en Córnea, Departamento de Oftalmología,
Hospital Virgen de las Nieves, Granada.

Sara Rodrigo Rey, MD

Sección de Córnea y Superficie Ocular, Servicio
de Oftalmología, Hospital General Universitario de
Alicante, Alicante.

Marina Rodríguez-Calvo de Mora, MD, PhD, FEBO

Especialista en Córnea, Cirugía Refractiva, Presbicia
y Cataratas, Qvision, Departamento de Oftalmología
Hospital VITHAS Almería.
Especialista en Córnea. Departamento de Oftalmología
Hospital Regional Universitario de Málaga.

Isabel Rodríguez Pérez, PhD

Asesor de Salud. Servicio de Promoción de Salud.
Sanitas SA
Clínica Novovisión. Madrid

Patricia Rodríguez Pérez, MD

Departamento de Córnea, Cirugía Refractiva
y Cataratas. Vithas Eurocanarias Instituto
Oftalmológico.

Manuel Rodríguez-Vallejo, OD, PhD

Director de I+E Qvision, Departamento de
Oftalmología Hospital VITHAS Almería.

Stephanie Rohrweck, MD

Unidad de Cirugía Refractiva y Cataratas.
Clínica Baviera, Aier Eye Hospital Group, Castellón.

María José Roig Revert, MD, PhD, FEBO

Unidad de Córnea y Segmento Anterior. FISABIO
Oftalmología Médica. Valencia.

Ramón Ruiz Mesa, MD

Director Médico. Clínica Oftalmológica Oftalvist
Andalucía.

María Ruiz Santos, MD

Médico Interno Residente. Centro Oftalmológico
Barraquer, Barcelona.

Óscar Ruiz Moreno, MD, PhD

Hospital Universitario Miguel Servet, Zaragoza.
ARAVIS Oftalmología, HC Miraflores, Zaragoza.
Profesor Asociado en Ciencias de la Salud.
Universidad de Zaragoza.

Antonio Sánchez Pérez-Borbujo, MD, PhD

Hospital Universitario Miguel Servet, Zaragoza.
ARAVIS Oftalmología, HC Miraflores, Zaragoza.
Profesor Asociado en Ciencias de la Salud.
Universidad de Zaragoza.

Carlos Vera Lara, MD

Médico Interno Residente en Oftalmología. Hospital
Universitario Príncipe de Asturias. Alcalá de Henares.
Madrid.

César Villa Collar, PhD

Clínica Oftalmológica Novovisión.
Grupo de Investigación en Visión de la Universidad
Europea de Madrid.

ÍNDICE

PRÓLOGO	15
<i>Fernando Llovet Osuna</i>	
SECCIÓN 1: HISTORIA DE LA CIRUGÍA REFRACTIVA SUBTRACTIVA CORNEAL	
Capítulo 1.1 HISTORIA DE LA CIRUGÍA REFRACTIVA SUBTRACTIVA CORNEAL	17
<i>Rafael I. Barraquer Compte</i>	
SECCIÓN 2: CIRUGÍA REFRACTIVA CORNEAL LÁSER	
Capítulo 2.1 INTRODUCCIÓN A LA CIRUGÍA REFRACTIVA CORNEAL LÁSER	29
<i>Miguel Á. Teus Guezala, Carlos Vera Lara</i>	
Capítulo 2.2 FUNDAMENTOS DE LA CIRUGÍA REFRACTIVA CORNEAL LÁSER	33
<i>Montserrat García González, Miguel Á. Teus</i>	
SECCIÓN 3: EXPLORACIÓN PREOPERATORIA	
Capítulo 3.1 ANAMNESIS Y EXPLORACIÓN GENERAL DEL PACIENTE REFRACTIVO	39
<i>Ángel García García, Humberto Carreras Díaz, Patricia Rodríguez Pérez, María del Rosario Carreras Díaz</i>	
Capítulo 3.2 REFRACCIÓN Y PUPILOMETRÍA	47
<i>Francisco Avilés Rogel, Bárbara Blanco Torcal, Vanesa Blázquez Sánchez, Aída Morán Ballesteros</i>	
Capítulo 3.3 TOPOGRAFÍA Y TOMOGRAFÍA CORNEAL	57
<i>David P. Piñero Llorens</i>	
Capítulo 3.4 PAQUIMETRÍA CORNEAL	65
<i>Juan Gros Otero, Vanesa Blázquez, Montserrat García, Miguel Á. Teus</i>	
Capítulo 3.5 BIOMECÁNICA CORNEAL	71
<i>Marina Rodríguez Calvo de Mora, Carlos Rocha de Lossada, Manuel Rodríguez Vallejo, Joaquín Fernández Pérez</i>	

Capítulo 3.6

EXPLORACIÓN PREOPERATORIA DEL OJO SECO 81*Agustín Moreno Salgueiro, José Manuel Benítez del Castillo Sánchez***SECCIÓN 4: INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES DE LA CIRUGÍA REFRACTIVA CORNEAL LÁSER**

Capítulo 4.1

INDICACIONES DE LA CIRUGÍA REFRACTIVA CORNEAL LÁSER..... 89*Montserrat García González, Miguel Á. Teus*

Capítulo 4.2

CONTRAINDICACIONES ABSOLUTAS Y RELATIVAS DE LA CIRUGÍA REFRACTIVA CORNEAL LÁSER 103*Montserrat García González, Miguel Á. Teus***SECCIÓN 5: TÉCNICAS QUIRÚRGICAS**

Capítulo 5.1

VENTAJAS E INDICACIONES DE LA CIRUGÍA REFRACTIVA LASIK..... 115*Miguel Á. Teus*

Capítulo 5.2

VENTAJAS E INDICACIONES DE LA ABLACIÓN DE SUPERFICIE 119*Montserrat García González*

Capítulo 5.3

INDICACIONES, VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA CIRUGÍA SMILE..... 131*Carlos Rocha de Lossada, Marina Rodríguez Calvo de Mora, Manuel Rodríguez Vallejo, Joaquín Fernández Pérez***SECCIÓN 6: LASIK**

Capítulo 6.1

LASIK MECÁNICO 139**6.1.1. Modelos de microqueratomo mecánico** 139*Andrea Llovet Rausell, Fernando Llovet Osuna, Julio Ortega-Usobiaga, Rafael Bilbao Calabuig, Miguel Ángel Calvo Arrabal***6.1.2. LASIK mecánico: Técnica quirúrgica y trucos prácticos intraoperatorios. Protocolo pre y postoperatorio** 147*Fernando Llovet Osuna, Andrea Llovet Rausell, Julio Ortega-Usobiaga, Rafael Bilbao Calabuig, Mercedes Martínez del Pozo, Félix González López, Francisco Calle Díez, Miguel Ángel Calvo Arrabal*

Capítulo 6.2

FEMTO-LASIK..... 153**6.2.1. Modelos de láser de femtosegundo** 153*Alberto Parafita Fernández, Montserrat García González***6.2.2. Femto-LASIK: fundamentos para conseguir una técnica quirúrgica eficaz y segura**..... 164*Belén Alfonso Bartolozzi, Carlos Lisa Fernández, Luis Fernández-Vega Cueto-Felgueroso, José F. Alfonso Sánchez*

Capítulo 6.3

RESULTADOS CLÍNICOS DE LA CIRUGÍA LASIK PARA LA CORRECCIÓN DE MIOPIA, HIPERMETROPÍA Y ASTIGMATISMO: MICROQUERATOMO MECÁNICO VERSUS LÁSER DE FEMTOSEGUNDO 177*Isabel Rodríguez Pérez, Pilar Drake Rodríguez-Casanova, Montserrat García González*

Capítulo 6.4

COMPLICACIONES INTRAOPERATORIAS	191
6.4.1. Complicaciones intraoperatorias comunes al LASIK mecánico y Femto-LASIK	191
6.4.1.1. Pérdida de succión durante la cirugía LASIK	191
Rafael Bilbao-Calabuig, Félix González-López, Julio Ortega-Usobiaga, Andrea Llovet Rausell, Fernando Llovet Osuna	
6.4.1.2. Lentículos finos e irregulares	194
Rafael Bilbao Calabuig, Félix González López, Julio Ortega-Usobiaga, Andrea Llovet Rausell, Fernando Llovet Osuna	
6.4.1.3. Buttonhole (ojal en el lentículo)	197
Fernando Llovet Osuna, Mercedes Martínez del Pozo, Andrea Llovet Rausell, Julio Ortega-Usobiaga, Rafael Bilbao Calabuig, Miguel Ángel Calvo Arrabal	
6.4.1.4. Despegamiento epitelial	201
Cristina Peris Martínez, Miriam Rahhal Ortuño, María José Roig Revert	
6.4.2. Complicaciones intraoperatorias específicas del LASIK mecánico	204
6.4.2.1. Lentículo libre	204
Margarita Cabanás Jiménez, Miguel Contreras Díaz, Ana Cristina Martínez Borrego, Laura Frau Aguilera	
6.4.2.2. Perforación corneal	207
Margarita Cabanás Jiménez, Laura Frau Aguilera, Ana Martínez Borrego, Miguel Contreras Díaz	
6.4.3. Complicaciones intraoperatorias específicas del Femto-LASIK	209
6.4.3.1. Capa de burbujas opacas («Opaque bubble layer»)	209
M.º Ángeles del Buey Sayas, Antonio Sánchez Pérez-Borbujo, Óscar Ruiz Moreno	
6.4.3.2. Paso vertical de gas («Vertical gas breakthrough») y paso de gas a cámara anterior	211
M.º Ángeles del Buey Sayas, Óscar Ruiz Moreno, Antonio Sánchez Pérez-Borbujo	
Capítulo 6.5	
COMPLICACIONES POSTOPERATORIAS	217
6.5.1. Complicaciones postoperatorias precoces comunes al LASIK mecánico y Femto-LASIK: diagnóstico y manejo	217
6.5.1.1. Micro y macroestrías	217
Marta Ibarz Barberá, Marceliano Crespo Bordonaba	
6.5.1.2. Dislocación del lentículo de LASIK	223
Gonzalo Muñoz Ruiz, Jaime Javaloy Estañ	
6.5.1.3. Queratitis lamelar difusa	227
Francisco Pastor Pascual, Ramón Ruiz Mesa, María Ruiz Santos, Rafael Pastor Pascual	
6.5.1.4. Necrosis central del flap	232
Montserrat García González, Miguel Á. Teus	
6.5.1.5. Síndrome de fluido en la interfase	234
Esther Arranz Márquez, Gema Bolívar de Miguel	
6.5.1.6. Endocrecimiento epitelial post-LASIK	238
Nuno Moura-Coelho, Núria Artells, Daniel Elies, José Luis Güell	
6.5.2. Complicaciones postoperatorias precoces específicas de la cirugía Femto-LASIK	245
6.5.2.1. Síndrome de hipersensibilidad tardía a la luz	245
Gonzalo Muñoz Ruiz, Stephanie Rohrweck, Jaime Javaloy	
6.5.2.2. Deslumbramiento en arco iris («Rainbow glare»)	246
Jaime Javaloy, Gonzalo Muñoz	

Capítulo 6.6

RETRATAMIENTOS LASIK	249
6.6.1. Retratamientos LASIK: cuándo realizarlos	249
<i>Gonzalo García de Oteyza Delbès, Luis Nova Fernández-Yáñez</i>	
6.6.2. Retratamiento tras LASIK mediante levantamiento del lentículo corneal previo	254
<i>Julio Ortega-Usobiaga, Andrea Llovet Rausell, Félix González López, Fernando Llovet Osuna</i>	
6.6.3. Retratamiento mediante ablación de superficie tras LASIK	259
<i>Julio Ortega-Usobiaga, Andrea Llovet Rausell, Rafael Bilbao Calabuig, Fernando Llovet Osuna</i>	
6.6.4. Creación de un nuevo «side-cut» con el láser de femtosegundo para los retratamientos tardíos post-LASIK	262
<i>Renato Papa Vettorazzi, Dani Elies, Jorge Cazal, Felicidad Manero, José Luis Güell</i>	
6.6.5. Técnica del mini-flap	265
<i>Montserrat García González, Miguel Á. Teus</i>	

SECCIÓN 7: ABLACIÓN DE SUPERFICIE

Capítulo 7.1

TÉCNICAS DE DESEPITELIZACIÓN CORNEAL EN LA ABLACIÓN DE SUPERFICIE	267
<i>Javier Reyes, Francesc Duch, Mercè Martí, Katia Llanos, Eugenia Moix</i>	

Capítulo 7.2

TÉCNICA QUIRÚRGICA Y TRUCOS QUIRÚRGICOS PRÁCTICOS. PROTOCOLO PRE Y POSTOPERATORIO	275
7.2.1. Ablación de superficie mediante desepitelización química	275
<i>Montserrat García González, Miguel Á. Teus</i>	
7.2.2. PRK transepitelial: técnica quirúrgica y trucos prácticos intraoperatorios	280
<i>Francesc Duch, Javier Reyes, Eugenia Moix, Graciana Fuentes, Eileen Guerrero, Mercè Martí, Susana García, Katia Llanos</i>	

Capítulo 7.3

RESULTADOS VISUALES DE LA ABLACIÓN DE SUPERFICIE PARA LA CORRECCIÓN DE MIOPIA, HIPERMETROPIA Y ASTIGMATISMO	285
<i>Pilar Drake Rodríguez-Casanova, Isabel Rodríguez Pérez, Montserrat García González, Miguel Á. Teus</i>	

Capítulo 7.4

PAPEL DE LA MITOMICINA C EN LA ABLACIÓN DE SUPERFICIE	299
<i>Laura de Benito Llopis, Pilar Cañadas</i>	

Capítulo 7.5

MODELOS DE LENTES DE CONTACTO TERAPÉUTICAS EN LA ABLACIÓN DE SUPERFICIE	311
<i>César Villa Collar, José Manuel González Méijome</i>	

Capítulo 7.6

COMPLICACIONES INTRAOPERATORIAS DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ABLACIÓN DE SUPERFICIE	317
<i>Alberto Parafita Fernández, Montserrat García González</i>	

Capítulo 7.7

RECUPERACIÓN VISUAL TRAS ABLACIÓN DE SUPERFICIE	323
<i>Rafael Cañones Zafra, Juan Gros Otero</i>	

Capítulo 7.8

COMPLICACIONES POSTOPERATORIAS PRECOCES	331
7.8.1. Manejo del dolor postoperatorio agudo tras ablación de superficie	331
<i>Jorge L. García Pérez, Laureano Álvarez-Rementería, Juan Gros Otero</i>	

7.8.2. Retraso en la reepitelización tras ablación de superficie	337
---	------------

Jaime Aramberri

Capítulo 7.9

COMPLICACIONES POSTOPERATORIAS TARDÍAS	343
---	------------

7.9.1. Haze corneal tras ablación de superficie	343
--	------------

Laura de Benito Llopis, Pilar Cañadas

Capítulo 7.10

RETRATAMIENTOS TRAS ABLACIÓN DE SUPERFICIE	349
---	------------

Montserrat García González, Laura de Benito Llopis, Pilar Cañadas, Pilar Drake, Miguel Á. Teus

SECCIÓN 8: SMILE

Capítulo 8.1

SMILE: TÉCNICA QUIRÚRGICA Y TRUCOS PRÁCTICOS INTRAOPERATORIOS	355
--	------------

Blanca Poyales Villamor, Ricardo Pérez Izquierdo, Francisco Poyales Galán

Capítulo 8.2

RESULTADOS VISUALES DE LA TÉCNICA SMILE	363
--	------------

Joaquín Fernández, Manuel Rodríguez-Vallejo, David P. Piñero

Capítulo 8.3

COMPLICACIONES INTRAOPERATORIAS DE LA TÉCNICA SMILE	371
--	------------

Jaime Escolano Serrano, Jorge L. Alió del Barrio

Capítulo 8.4

COMPLICACIONES POSTOPERATORIAS DE LA TÉCNICA SMILE	381
---	------------

Jaime Escolano Serrano, Jorge L. Alió del Barrio

Capítulo 8.5

RETRATAMIENTOS TRAS SMILE	391
--	------------

Ricardo Pérez Izquierdo, Blanca Poyales Villamor, Francisco Poyales Galán

SECCIÓN 9: QUERATITIS INFECCIOSA POSTOPERATORIA

Capítulo 9.1

QUERATITIS INFECCIOSA TRAS CIRUGÍA REFRACTIVA CORNEAL LÁSER	397
--	------------

Sara Rodrigo Rey, David I. Gijón Carretero, Mercedes Roca Hidalgo, Juan J. Pérez Santonja

SECCIÓN 10: OJO SECO POST-CIRUGÍA REFRACTIVA CORNEAL LÁSER

Capítulo 10.1

OJO SECO POST-CIRUGÍA REFRACTIVA CORNEAL LÁSER	415
---	------------

Rafael Cañones Zafra, Miguel Á. Teus, Purificación Escámez Fernández

SECCIÓN 11: ECTASIA CORNEAL POST-CIRUGÍA REFRACTIVA CORNEAL LÁSER

Capítulo 11.1

PARÁMETROS PREOPERATORIOS DE SOSPECHA EN CIRUGÍA REFRACTIVA CORNEAL	423
--	------------

Roberto Fernández Buenaga, Francisco Arnalich Montiel

Capítulo 11.2

CARACTERÍSTICAS DIFERENCIALES DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS QUIRÚRGICAS CON RESPECTO A LA ECTASIA POSTOPERATORIA	431
--	------------

Miguel Á. Teus Guezala, Purificación Escámez Fernández

Capítulo 11.3

DETECCIÓN PRECOZ DE LA ECTASIA CORNEAL POSTQUIRÚRGICA	437
--	------------

Francisco Arnalich Montiel, Roberto Fernández Buenaga

Capítulo 11.4

MANEJO DE LA ECTASIA POST-CIRUGÍA REFRACTIVA CORNEAL LÁSER	443
---	------------

Luis Fernández-Vega Cueto-Felgueroso, Lucía Ibares Frías, David Madrid Costa, Belén Alfonso Bartolozzi, José F. Alfonso Sánchez

SECCIÓN 12: MANEJO DEL PACIENTE DESCONTENTO

Capítulo 12.1

MANEJO DEL PACIENTE DESCONTENTO	453
--	------------

Miguel Á. Teus Guezala

Capítulo 6.4

COMPLICACIONES INTRAOPERATORIAS

6.4.1. Complicaciones intraoperatorias comunes al LASIK mecánico y Femto-LASIK

6.4.1.1. Pérdida de succión durante la cirugía LASIK

Rafael Bilbao-Calabuig, Félix González-López, Julio Ortega-Usobiaga, Andrea Llovet Rausell, Fernando Llovet Osuna

INTRODUCCIÓN

La disminución o incluso la pérdida de la succión durante el tallado del lentículo en un procedimiento LASIK es una complicación intraoperatoria poco común que

puede ocurrir tanto en la cirugía realizada con microqueratomo mecánico como en la asistida mediante el láser de femtosegundo (LFS). Su aparición puede provocar complicaciones importantes y puede conllevar la necesidad de abortar el tratamiento fotoablativo (tabla 1).

Tabla 1. Características de la pérdida de succión durante un procedimiento LASIK mecánico versus Femto-LASIK

	LASIK mecánico	Femto-LASIK
Factores de riesgo	Córneas planas (KM < 42D) Córneas con diámetro horizontal < 11 mm Ojos anatómicamente complejos (reborde orbitario marcado, nariz prominente, hendidura palpebral pequeña, ojo muy hundido) Pacientes mal colaboradores (movimiento brusco o inclinación de la cabeza, compresión excesiva de los párpados o de la conjuntiva sobre el anillo de succión)	Modelos de LFS que inducen incrementos bajos de la PIO Ojos anatómicamente complejos (reborde orbitario marcado, nariz prominente, hendidura palpebral pequeña, ojo muy hundido) Pacientes mal colaboradores (movimiento brusco o inclinación de la cabeza, compresión excesiva de los párpados o de la conjuntiva sobre el anillo de succión)
Manejo terapéutico	Abortar el procedimiento Ablación de superficie + MMC en un 2º tiempo	Repetir inmediatamente todo el corte con el LFS a la misma profundidad Repetir inmediatamente solo el <i>side-cut</i> con un diámetro 0.5 mm menor que el original
Pronóstico visual	Repercusión visual variable	No afecta al resultado visual final

KM = Queratometría media; D = Dioptrías; MMC = Mitomicina C; LFS = Láser de Femtosegundo; PIO = Presión intraocular.

CAUSAS Y FACTORES DE RIESGO PREDISPONENTES

Una succión inicial inadecuada, córneas planas con queratometrías medias inferiores a 42 dioptrías, córneas pequeñas con diámetros blanco-blanco horizontales menores de 11 mm, hendiduras palpebrales estrechas, ojos hundidos, el movimiento brusco e inesperado del paciente, la rotación del ojo, la inclinación de la cabeza, la compresión excesiva de los párpados y la incapacidad de fijación del anillo de succión con el globo ocular pueden contribuir a la pérdida de succión y a obtener un lentículo incompleto o deteriorado (1,2).

MANEJO DE LA PÉRDIDA DE SUCCIÓN

Con el microqueratomo mecánico, una succión insuficiente puede provocar un corte del lentículo excesivamente fino, con una superficie de corte irregular o incluso un agujero en el mismo (*buttonhole*). Una pérdida de succión completa puede provocar un lentículo incompleto, roto o incluso inviable para su reposición, si el trauma quirúrgico ha sido sustancial.

Si se detectase una disminución o pérdida intraoperatoria de la succión se debe intentar **detener la progresión del microqueratomo** y el movimiento oscilatorio de su cuchilla para limitar el daño anatómico en la córnea producido por un corte descontrolado. El microqueratomo mecánico debe entonces ser retirado cuidadosamente, valorar y **reposicionar meticulosamente el lentículo** si fuera necesario, y **abortar el procedimiento fotoablativo** (3).

El manejo ulterior de esta complicación dependerá del estado de la córnea del paciente. Aunque algunos autores consideraron posible reintentar el corte de un nuevo lentículo con un microqueratomo mecánico en un plano más profundo (4,5), hoy en día resulta mucho más seguro proceder a **realizar un tratamiento fotorrefractivo de superficie** (6), **entre 2 y 4 meses después del procedimiento inicial, aplicando siempre intraoperatoriamente mitomicina C (MMC) al 0,02%** (6). Si existiese una irregularidad topográfica significativa secundaria a la complicación inicial, podría incluso ser necesario realizar una ablación guiada por topografía (7) o por frente de onda.

Resulta aconsejable **no iniciar el corte del lentículo cuando la presión intraocular (PIO) es insuficiente**

debido a una succión inadecuada. Hace unos años era necesario comprobar intraoperatoriamente que la PIO alcanzaba valores superiores a aproximadamente 80 mmHg con un tonómetro, mientras que actualmente los microqueratomos mecánicos tienen sensores con señalizadores que nos advierten si existe una presión de succión insuficiente. Además, se debe tener cuidado para evitar la pseudo-succión, causada por la obstrucción del puerto de succión por la conjuntiva, lo que podría conducir a una discrepancia entre la PIO y la presión de succión registrada en la consola de vacío del microqueratomo.

Sin embargo, con el LFS, la pérdida de succión no conduce automáticamente a que el procedimiento deba abortarse, como ocurre con el microqueratomo. La pérdida de succión con el LFS puede ocurrir durante el tallado horizontal del lentículo o mientras se realiza el corte vertical. Habitualmente, el primer signo de pérdida de succión suele ser la **aparición de un menisco asimétrico periférico** que lleva a una pérdida de aplanación parcial o total. Una vez detectado, es importante interrumpir inmediatamente el tratamiento.

Si se detecta **pérdida de succión durante el corte lamelar**, se puede **repetir el corte con el LFS en el mismo momento**, utilizando el **mismo cono de aplanación** para asegurar la **misma profundidad** de tratamiento (8). El anillo de succión se puede cambiar si el cirujano sospechase un defecto de fabricación (9). Se puede desactivar la realización del bolsillo vertical perilábico utilizado para absorber las burbujas de cavitación, si este se llegó a realizar durante el primer paso. Realizar múltiples pases lamelares con el LFS no produce un lecho estromal irregular, ni varios lentículos que se cruzan ni genera un impacto negativo sobre el resultado visual final (10-12). **Por ello, cuando se utiliza el LFS, no se suele abortar el procedimiento, incluso si la pérdida de succión ocurre dentro del eje visual.**

Aunque los LFS tienen una alta predictibilidad en cuanto a la profundidad de su corte (13,14), cabe la posibilidad de que el segundo corte no quede exactamente en el mismo plano que el corte inicial interrumpido, de manera que si comenzamos la disección del lentículo en la zona del doble paso del LFS podemos disecar de forma inadvertida el plano original incompleto y que luego no podamos continuar con la disección completa del lentículo o incluso que creemos una falsa vía. Es por ello que **se recomienda comenzar la disección mecánica del colgajo desde la**

porción del lentículo que ha recibido un único pase, es decir, la parte más distal a la bisagra. De esta manera nos aseguramos de que estamos en el plano de clivaje correcto, podremos levantar sin problemas el lentículo creado y procederemos a la aplicación del láser excímer.

Si la pérdida de succión ocurre durante el corte vertical lateral o periférico («side-cut»), se recomienda reducir el área del corte lateral posterior en 0,5 mm de diámetro. Hay que tener en cuenta que no todas las plataformas de LFS permiten la realización aislada del *side-cut*. En esos casos, habrá que repetir todo el procedimiento, tanto el corte horizontal como el corte vertical.

Finalmente, se puede considerar el realizar una ablación de superficie sobre el colgajo incompleto, cuando los intentos repetidos de succión han resultado infructuosos. Sin embargo, se recomienda esperar al menos 2 semanas y siempre con aplicación intraoperatoria de MMC para minimizar el riesgo de aparición de haze (15).

PREVENCIÓN

Para prevenir la aparición de esta complicación debe realizarse un reconocimiento cuidadoso de los factores de riesgo mencionados anteriormente y planificar adecuadamente el procedimiento quirúrgico. Una adecuada preparación y aislamiento del campo quirúrgico para evitar que las pestañas, la conjuntiva y los párpados dificulten la correcta sujeción del anillo de succión durante el paso del microqueratomo mecánico o durante la aplicación del LFS.

Con el microqueratomo, centrar adecuadamente y elegir el tamaño apropiado del anillo de succión puede contribuir también a minimizar la aparición de esta complicación.

Con el LFS, debe mantenerse una meticulosa atención durante el acoplamiento de la interfaz al anillo de succión, valorar recolocar la cabeza del paciente si fuera necesario, o en casos de riesgo valorar elegir un diámetro algo menor del cono de aplanación (16). Finalmente hay que recordar que no todos los modelos de LFS generan el mismo incremento de la PIO durante la aplicación del anillo de succión (17,18). Por tanto, esta complicación sería potencialmente más frecuente observarla con aquellas plataformas de LFS que inducen un incremento bajo de la PIO durante el procedimiento LASIK (17,19).

BIBLIOGRAFÍA

- Santhiago MR, Kara-Junior N, Waring 4th GO. Microkeratome versus femtosecond flaps: accuracy and complications. *Curr Opin Ophthalmol* 2014; 25: 270-274.
- Sahay P, Bafna RK, Reddy C, et al. Complications of laser-assisted in situ keratomileusis. *Indian J Ophthalmol* 2021; 69: 1658-1669.
- Melki SA, Azar DT. LASIK complications: etiology, management, and prevention. *Surv Ophthalmol* 2001; 46: 95-116.
- Jabbur NS, Myrowitz E, Wexler JL, et al. Outcome of second surgery in LASIK cases aborted due to flap complications. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 993-999.
- Sharma N, Ghatge D, Agarwal T, et al. Refractive outcomes of laser in situ keratomileusis after flap complications. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 1334-1337.
- Abdulaal MR, Wehbe HA, Awwad ST. One-step transepithelial photorefractive keratectomy with mitomycin C as an early treatment for LASIK flap buttonhole formation. *J Refract Surg* 2015; 31: 48-52.
- Chen X, Stojanovic A, Zhou W, et al. Transepithelial, Topography-guided Ablation in the Treatment of Visual Disturbances in LASIK Flap or Interface Complications. *J Refract Surg* 2012; 28: 120-126.
- Tomita M, Watabe M, Nakamura T, et al. Management and outcomes of suction loss during LASIK flap creation with a femtosecond laser. *J Refract Surg* 2012; 28: 32-36.
- Perez-Straziota C, Randleman JB. Femtosecond-assisted LASIK: Complications and Management. *Int Ophthalmol Clin* 2016; 56: 59-66.
- Syed ZA, Melki SA. Successful femtosecond LASIK flap creation despite multiple suction losses. *Digit J Ophthalmol* 2014; 20: 7-9.
- Ide T, Yoo SH, Kymionis GD, et al. Second femtosecond laser pass for incomplete laser in situ keratomileusis flaps caused by suction loss. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 153-157.
- Muñoz G, Albarrán-Diego C, Ferrer-Blasco T, et al. Single versus double femtosecond laser pass for incomplete laser in situ keratomileusis flap in contralateral eyes: visual and optical outcomes. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 8-15.
- Sutton G, Hodge C. Accuracy and precision of LASIK flap thickness using the Intralase femtosecond laser in 1000 consecutive cases. *J Refract Surg* 2008; 24: 802-806.
- Vaddavalli PK, Yoo SH. Femtosecond laser in-situ keratomileusis flap configurations. *Curr Opin Ophthalmol* 2011; 22: 245-250.
- Tse SM, Farley ND, Tomasko KR, Amin SR. Intraoperative LASIK Complications. *Int Ophthalmol Clin* 2016; 56: 47-57.
- Mariacher S, Mariacher M, Seuthe AM, et al. Impact of Patient Interface Diameter and Vacuum Level on Suction Stability Using a Flap Applanation Interface for Femtosecond Laser-Assisted LASIK. *Curr Eye Res* 2020; 45: 789-796.
- Bolivar G, Garcia-Gonzalez M, Laucirika G, et al. Intraocular pressure rises during laser in situ keratomileusis: Comparison of 3 femtosecond laser platforms. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45: 1172-1176.
10. Laucirika G, Garcia-Gonzalez M, Bolivar G, et al. Measurement of the Intraocular Pressure Elevation During Laser-Assisted In Situ Keratomileusis Flap Creation Using a Femtosecond Laser Platform. *Transl Vis Sci Technol* 2021; 10(3): 9.
- Ang M, Mehta JS, Rosman M, Li L, Koh JC, Htoon HM, et al. Visual outcomes comparison of 2 femtosecond laser platforms for laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 1647-1652.

6.4.1.2. Lentículos finos e irregulares

Rafael Bilbao Calabuig, Félix González López, Julio Ortega-Usobiaga, Andrea Llovet Rausell, Fernando Llovet Osuna

LENTÍCULOS FINOS

La creación del lentículo o flap es el primer paso y el más determinante del procedimiento LASIK. Históricamente, los lentículos finos eran considerados una complicación del LASIK, al pensarse que predisponían a los pliegues del flap y al astigmatismo irregular postoperatorio (1). La incidencia descrita de lentículos finos después de LASIK con microqueratomo mecánico (MQT) variaba entre un 0,3% y un 0,75% en tres estudios clásicos (2-4). Tradicionalmente se consideraba que el grosor recomendado para los lentículos debía oscilar entre las 130 y 170 micras. Sin embargo, las primeras descripciones de casos de ectasias corneales postquirúrgicas, el advenimiento de MQT cada vez más fiables y predecibles y el desarrollo de la tecnología de láser de femtosegundo (LFS) para el tallado del flap hicieron que la mayoría de cirujanos refractivos buscasen obtener lentículos más finos, en el entorno de las 100 μm , para mantener las ventajas de una técnica quirúrgica con recuperación funcional muy rápida, y minimizar la alteración en la arquitectura biomecánica de la córnea. Los estudios publicados desde entonces confirmaron unos excelentes resultados anatómicos, refractivos y visuales con este rango de grosor de lentículo (5-8). La gran ventaja de la realización de lentículos finos es la reducción del porcentaje de tejido alterado (PTA) en la córnea y el aumento del

grosor del lecho estromal residual tras la ablación, disminuyendo así el riesgo de ectasia corneal.

Por fino que sea un lentículo, mientras no se seccione la capa de Bowman durante su tallado, en un área central suficientemente amplia para abarcar el tratamiento fotoablativo previsto, puede considerarse viable y realizarse la fotoablación. Su manipulación suele ser un poco más delicada y podría predisponer a la aparición de erosiones o bullas epiteliales (fig. 1), pero si consigue reposicionarse adecuadamente sin otra incidencia, los resultados refractivos y visuales serán óptimos. Solo si se produjese algún defecto epitelial significativo, debería considerarse la utilización de una lente de contacto terapéutica.

En lentículos finos pero viables, menores de 90 μm de grosor, realizados tanto con MQT como con LFS, y especialmente en individuos miopes jóvenes, puede producirse una turbidez corneal o *haze* (9,10) a nivel de la interfase alrededor de los tres meses de postoperatorio, que no suele afectar clínicamente al resultado refractivo ni visual de los pacientes (fig. 2). Esto se debe a que durante el tallado de lentículos ultrafinos se produce un mayor traumatismo intraoperatorio en el epitelio y la capa de Bowman, que desencadena una mayor respuesta inflamatoria (parecida a la que sucede tras la PRK) que da como resultado esta alteración en la transparencia de la

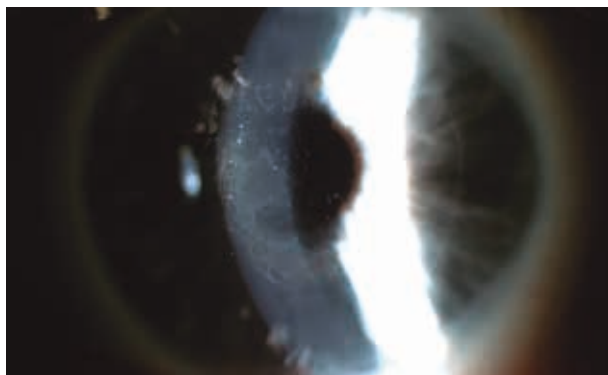


Figura 1. Bullas epiteliales tras tallado de lentículo fino durante procedimiento LASIK.

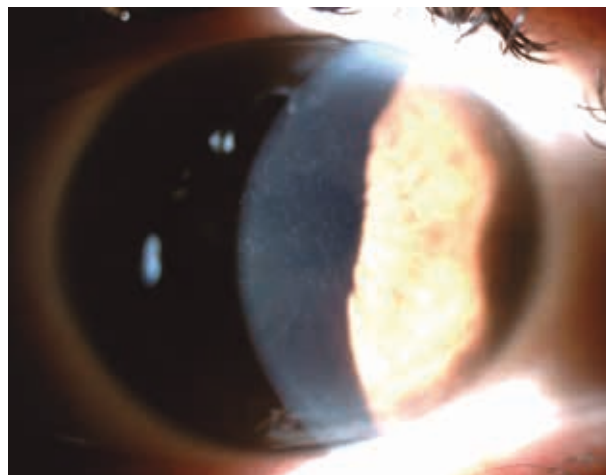


Figura 2. Haze corneal tras LASIK con lentículo fino.

interfase y del estroma del flap (11). Por ello, se ha propuesto un **umbral mínimo de grosor del flap de 100 micras con el LFS y de 80-90 μm con el MQT** para minimizar la aparición de este fenómeno.

LENTÍCULOS EXCESIVAMENTE FINOS

El lentículo debe ser tallado por debajo de la capa de Bowman, evitando así su ablación ulterior con el láser excímer. Actualmente hablaríamos de un lentículo excesivamente fino **cuando el MQT o el LFS corta al nivel o por encima de la capa de Bowman**. Esto se reconoce por un reflejo brillante en la superficie del estroma. El uso de la paquimetría ultrasónica o la tomografía de coherencia óptica (OCT) intraoperatorias antes y después de levantar el colgajo puede ser útil para reconocer esta complicación. Una medición por debajo de $60\text{ }\mu\text{m}$ de grosor lenticular resultaría ya muy sospechosa. Ante un lentículo anormalmente tallado y excesivamente fino, la actitud a tomar es la de **reposicionarlo cuidadosamente y esperar a la recuperación anatómica, topográfica y funcional antes de intentar realizar un segundo procedimiento refractivo**. El uso de una lente de contacto terapéutica ayudará a mantener mejor la integridad del lentículo y a minimizar las molestias del paciente.

LENTÍCULO IRREGULAR

La definición de lentículo irregular varía según los estudios, pero haría mención a una morfología o un diámetro anormal del flap. Puede referirse a un lentículo incompleto, de pequeño tamaño, partido, en ojal (*buttonhole*), o simplemente aquel con un **grosor heterogéneo**, lo que se traduce en la obtención de un **lecho estromal de superficie irregular** (fig. 3). La situación más extrema de lentículo de espesor irregular es cuando se obtiene un *buttonhole* (12,13). Este se produce cuando la cuchilla del MQT se desplaza más superficialmente de lo previsto y corta a nivel del epitelio/complejo de Bowman (fig. 4). Esto puede proporcionar un canal para que las células epiteliales se infiltren en la interfase lentículo-estroma. Los ojales pueden tener un grosor parcial si cortan la capa de Bowman o un grosor total si salen a través del epitelio. Estas alteraciones lenticulares pueden provocar cicatrices y astigmatismo irregular.

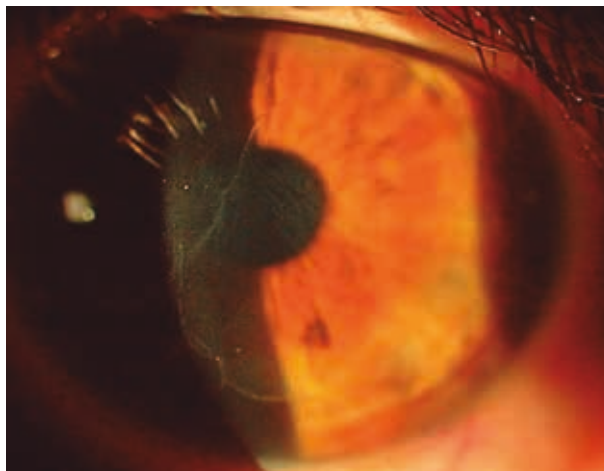


Figura 3. Tallado parcial (incompleto) del lentículo en LASIK con microqueratomo.

Afortunadamente la incidencia descrita de lentículos irregulares es baja y oscila entre un 0,7% y un 2,6% con el MQT mecánico (13-15). En un estudio realizado por nuestro grupo en 2020, sobre más de 725.832 ojos operados mediante LASIK con MQT mecánico (16), encontramos un 0,154% de ojos con *buttonhole*, un 0,678% de lentículos incompletos, un 0,201% de lentículos irregulares y un 0,059% de lentículos rotos. Sin embargo, esta incidencia resulta significativamente menor con el LFS, siendo de tan solo entre un 0,002% y un 0,005% cuando se emplea este láser para el tallado del flap (17).

FACTORES ETIOLÓGICOS

Entre los posibles **factores de riesgo preoperatorios** del lentículo extremadamente fino y/o irregular, con MQT mecánico, se mencionan (1,2,17,18):

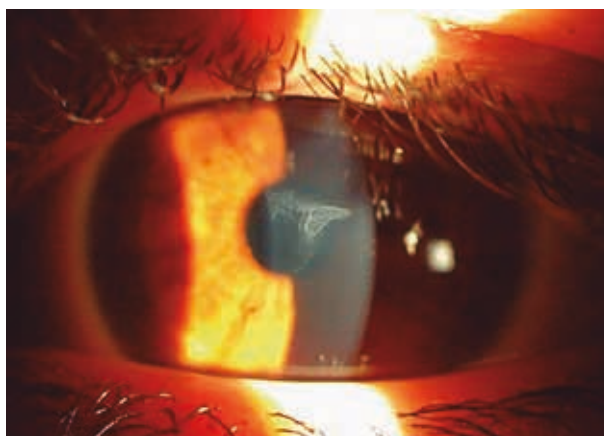


Figura 4. Lentículo en ojal (*buttonhole*) central tras LASIK con microqueratomo.

las córneas planas (suelen dar lentículos finos y/o pequeños), córneas curvas (*buttonhole*) o de diámetro pequeño, los astigmatismos elevados, cirugía corneal previa (en especial la queratoplastia penetrante), órbita profunda o el modelo de MQT usado (19). Cuando se utiliza el LFS, los factores de riesgo preoperatorios son: la presencia de cicatrices u opacidades corneales, la rotura en la capa de Bowman o la programación de un lentículo fino.

Como **causas intraoperatorias** se han descrito con el uso de MQT: una mala colaboración del paciente, un intento de cierre palpebral o la torsión corneal durante el paso del MQT, una elevada velocidad de paso del MQT, intentos de obtener lentículos muy finos, la desecación corneal, imperfecciones en la cuchilla o en los sistemas de succión, problemas de oscilación o de traslación del MQT, y las causas de disminución o pérdida de succión (1,2,17,18). Con el LFS se han reconocido como causas intraoperatorias una fuerza excesiva de los párpados, un movimiento brusco de la cabeza del paciente, un acoplamiento inadecuado entre el anillo de succión y el cono de aplanación, fallos en la succión o en el sistema operativo del LFS, las córneas planas, el paso vertical de gas (*vertical gas breakthrough*), intentos de obtener lentículos muy finos, o realizar una disección anómala del flap tras su tallado (4-6).

TRATAMIENTO Y PREVENCIÓN

El primer paso en el tratamiento es la identificación temprana de la complicación y la determinación de la etiología subyacente. **Una vez que se ha producido un defecto del flap, el procedimiento debe detenerse inmediatamente.** Si se reconoce un ojal en el lentículo hay que evitar levantarlo y colocar una lente de contacto terapéutica para ayudar en la curación epitelial y la adherencia lenticular (13). Si se procede a levantar el lentículo, y hay suficiente superficie estromal regular, se puede realizar la fotoblación y recolocar cuidadosamente el lentículo posteriormente. Para lentículos incompletos con un lecho estromal insuficiente o si la bisagra está dentro del eje visual, el lentículo debe ser recolocado meticulosamente, especialmente si estuviera roto o existiesen varios fragmentos, y el procedimiento pospuesto. No existe un consenso específico, pero se ha sugerido **esperar 3 meses antes de reintentar un procedimiento**, que nosotros recomendamos se realice

en superficie corneal con aplicación intraoperatoria de mitomicina C (MMC) y valorando la utilidad de usar un **tratamiento guiado por topografía o frente de onda** si el incidente inicial ha generado una superficie corneal muy irregular (20,21). En caso de que el flap esté muy dañado y resulte visualmente inviable, se procederá a su amputación quirúrgica (22), seguido de la aplicación intraoperatoria de MMC sobre el lecho estromal irregular no ablacionado y se colocará una lente de contacto terapéutica hasta la completa reepitelización corneal (23).

Con el LFS un lentículo incompleto puede ser tallado de nuevo manteniendo los parámetros del corte inicial. Si creemos que hemos obtenido un lentículo demasiado fino o de espesor irregular, es preferible abortar el procedimiento sin intentar disecar el flap, y en un segundo tiempo, valorar crear un nuevo flap a una profundidad mayor o valorar una ablación de superficie (en estos casos, siempre se recomienda el uso de MMC, independientemente de la profundidad de ablación, ya que el riesgo de *haze* postoperatorio es alto) (24).

Con respecto a la prevención, los cirujanos deben comprobar antes de comenzar el tratamiento con cada paciente que el dispositivo quirúrgico esté limpio y que funcione correctamente y mediante un examen ocular cuidadoso asegurarse de que el paso del MQT o el sistema de fijación ocular con el LFS no va a verse bloqueado o dificultado por ningún obstáculo mecánico. Un aislamiento adecuado del campo quirúrgico evita que las pestañas y los párpados obstruyan el paso del MQT o del LFS, y también disminuye las interferencias con la succión.

BIBLIOGRAFÍA

1. Melki SA, Azar DT. LASIK complications: etiology, management, and prevention. *Surv Ophthalmol* 2001; 46: 95-116.
2. Gimbel HV, Penno EE, van Westenbrugge JA, et al. Incidence and management of intraoperative and early postoperative complications in 1000 consecutive laser in situ keratomileusis cases. *Ophthalmology* 1998; 105: 1839-1847; discussion 1847-1848.
3. Lin RT, Maloney RK. Flap complications associated with lamellar refractive surgery. *Am J Ophthalmol* 1999; 127: 129-136.
4. Stulting RD, Carr JD, Thompson KP, et al. Complications of laser in situ keratomileusis for the correction of myopia. *Ophthalmology* 1999; 106: 13-20.
5. Cobo-Soriano R, Calvo MA, Beltran J, et al. Thin flap laser in situ keratomileusis: analysis of contrast sensitivity, visual, and refractive outcomes. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 1357-1365.

6. Duffey RJ. Thin flap laser in situ keratomileusis: flap dimensions with the Moria LSK-One manual microkeratome using the 100-microm head. J Cataract Refract Surg 2005; 31: 1159-1162.
7. Prandi B, Baviera J, Morcillo M. Influence of flap thickness on results of laser in situ keratomileusis for myopia. J Refract Surg 2004; 20: 790-796.
8. De Benito-Llopis L, Teus MA, Gil-Cazorla R, et al. Comparison between femtosecond laser-assisted sub-Bowman keratomileusis vs laser subepithelial keratectomy to correct myopia. Am J Ophthalmol 2009; 148: 830-836.e.1.
9. Hafezi F, Seiler T. Persistent subepithelial haze in thin-flap LASIK. J Refract Surg 2010; 26: 222-225.
10. Rocha KM, Kagan R, Smith SD, et al. Thresholds for interface haze formation after thin-flap femtosecond laser in situ keratomileusis for myopia. Am J Ophthalmol 2009; 147: 966-972, 972.e.1
11. Bamba S, Rocha KM, Ramos-Esteban JC, et al. Incidence of rainbow glare after laser in situ keratomileusis flap creation with a 60 kHz femtosecond laser. J Cataract Refract Surg 2009; 35: 1082-1086.
12. Jain V, Mhatre K, Shome D. Flap buttonhole in thin-flap laser in situ keratomileusis: case series and review. Cornea 2010; 29: 655-658.
13. Al-Mezaine HS, Al-Amro SA, Al-Obeidan S. Incidence, management, and visual outcomes of buttonholed laser in situ keratomileusis flaps. J Cataract Refract Surg 2009; 35: 839-845.
14. Carrillo C, Chayet AS, Dougherty PJ, et al. Incidence of complications during flap creation in LASIK using the NIDEK MK-2000 microkeratome in 26,600 cases. J Refract Surg 2005; 21(5 Suppl): S655-S657.
15. Llovet-Osuna F, Ortega-Usobiaga J, Notaro M, et al. Buttonholes in 315,259 LASIK procedures. J Emmetropia 2013; 4: 145-151.
16. Llovet F et al. Effect of Preoperative Keratometric Power on Intraoperative Complications in LASIK in 725,832 Eyes. Poster (POS- 454228) presentado durante el 38º Congreso anual del ESCRS. Meeting virtual, 2020.
17. Moshirfar M, Gardiner JP, Schliesser JA, et al. Laser in situ keratomileusis flap complications using mechanical microkeratome versus femtosecond laser: retrospective comparison. J Cataract Refract Surg 2010; 36: 1925-1933.
18. Espandar L, Meyer J. Intraoperative and postoperative complications of Laser in situ keratomileusis flap creation using IntraLase Femtosecond Laser and mechanical microkeratomes. Middle East Afr J Ophthalmol 2010; 17: 56-59.
19. Jacobs JM, Taravella MJ. Incidence of intraoperative flap complications in laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg 2002; 28: 23-28.
20. Motwani M. A protocol for topographic-guided corneal repair utilizing the US Food and Drug Administration-approved WaveLight Contoura. Clin Ophthalmol 2017; 11: 573-581.
21. Chen X, Stojanovic A, Zhou W, et al. Transepithelial, Topography-guided Ablation in the Treatment of Visual Disturbances in LASIK Flap or Interface Complications. J Refract Surg 2012; 28: 120-126.
22. Weissman HM, Randleman JB. Therapeutic flap amputation for atypical LASIK flap and interface abnormalities. J Refract Surg 2015; 31: 61-67.
23. Garcia-Gonzalez M, Gil-Cazorla R, Teus MA. Surgical flap amputation for central flap necrosis after laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg 2009; 35: 2018-2021.
24. Teus MA, De Benito-Llopis L, Alió JL. Mitomycin C in Corneal Refractive Surgery. Surv Ophthalmology 2009; 54: 487-502.

6.4.1.3. Buttonhole (ojal en el lentículo)

Fernando Llovet Osuna, Mercedes Martínez del Pozo, Andrea Llovet Rausell,
Julio Ortega-Usobiaga, Rafael Bilbao Calabuig, Miguel Ángel Calvo Arrabal

La creación de un ojal en el lentículo (en inglés *buttonhole* o *doughnut-shaped*) es una complicación intraoperatoria poco común que puede ocurrir durante la fase de la queratomileusis del procedimiento LASIK y que conlleva una alteración en la morfología del lentículo, obligando, cuando su localización es central, a suspender la foto-ablación estromal refractiva. Causado por un corte laminar anormal, provoca una conexión entre la cara interna del lentículo (también conocido como lamela o *flap* corneal) o el propio estroma subyacente y la superficie corneal (figs. 1 y 2). Esta complicación intraoperatoria se ha asociado tradicionalmente al empleo del

microqueratomo mecánico (MQT) para la creación del *flap* corneal de LASIK (1,2) aunque también se han descritos casos aislados de *buttonhole* asociados al empleo del láser de femtosegundo (LFS) (3). Así, cuando observamos un paso vertical de gas (en inglés *vertical gas breakthrough*) durante la cirugía FemtoLASIK y cometemos el error de intentar disecar y levantar el *flap* en esa zona donde no se ha producido el corte lamelar, corremos el riesgo de generar un *buttonhole* iatrogénico (4).

En general los *buttonhole* pueden causar una pérdida significativa de líneas de agudeza visual corregida por la afectación anatómica del eje visual y la

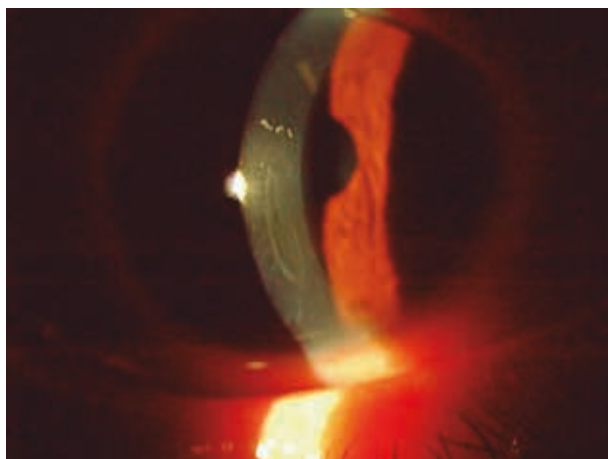


Figura 1. Ojal (*buttonhole*) en lenticulo de LASIK.

inducción de una irregularidad topográfica, cambios en el error de refracción original, deslumbramientos, halos e incluso diplopía monocular (1-3).

La incidencia estimada de *buttonhole*, cuando se usa MQT, oscila entre un 0,03 y un 0,5%. Sin embargo existen claras diferencias en cuanto a la incidencia de esta complicación entre los diversos modelos de MQT y de LFS empleados (3,5-13) (tabla 1).

FACTORES DE RIESGO

Entre los posibles factores de riesgo preoperatorios, cuando se emplea un MQT, se mencionan: las córneas planas o curvas, los ojos pequeños, las órbitas profundas, los astigmatismos elevados, la ci-

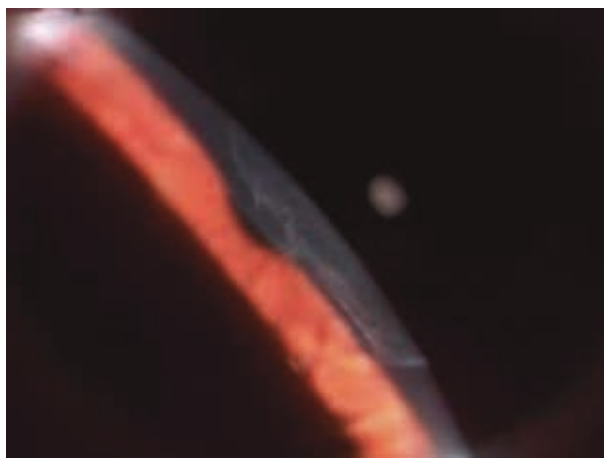


Figura 2. Haze corneal asociado a la presencia de un ojal (*buttonhole*) en lenticulo de LASIK.

rugía corneal previa (en especial la queratoplastia penetrante) o el modelo de MQT. Cuando se utiliza el LFS los factores de riesgo para obtener un *buttonhole* son: los leucomas corneales, la rotura en la membrana de Bowman o el intento de creación de un lenticulo fino (14,15).

Las causas intraoperatorias con MQT pueden ser: la torsión corneal durante el paso del MQT, una elevada velocidad de paso, la desecación corneal durante el corte, imperfecciones en la cuchilla, la creación de un lenticulo fino, la pérdida de succión, el intento de cierre palpebral, la mala colaboración, la reducción de la presión intraocular y la disminución de potencia en el motor del MQT (14). Mientras que con el LFS estarían: la penetración vertical de gas en-

Tabla 1. Incidencia de buttonhole según el modelo de microqueratomo o láser de femtosegundo empleado

Autor	Nº Proced. LASIK	Incidencia (%/ojos)	MQT m /Femto
Gimbel (Ophthalmology 1998) (5)		0,3	Nidek EC 500
Stulting (Ophthalmology 1999) (6)	1.062	0,56 (6)	ACS
Lin (AJO 1999) (7)	1.019	0,2	ACS
Jacobs (JCRS 2002) (8)	84.711	0,07 (59)	ACS & Hansatome
Albelda-Vallés (JRS 2004) (9)	34.099	0,11 (39)	Moria LSK ONE
Carrillo (JRS 2006) (10)	26.600	0,041 (11)	Nidek MK 2000
Lichter (JRS 2007) (11)	7.627	0,06 (5)	Hansatome
Harissi-Dragher (JCRS 2008) (12)		0,5	Hansatome & Moria LSK
Tabakaru (Exp Ther Med 2020) (2)	4.032	0	Visumax femtosecond
Llovet (2011) (18)	275.902	0,044	Moria LSK ONE
Schallhorn (AJO 2020) (13)	61.833	0,005	Intralase iFS, FS-60
Llovet (2020) (19)	725.832	0,033	Moria LSK One, Moria 2, Hansatome, Moria SBK

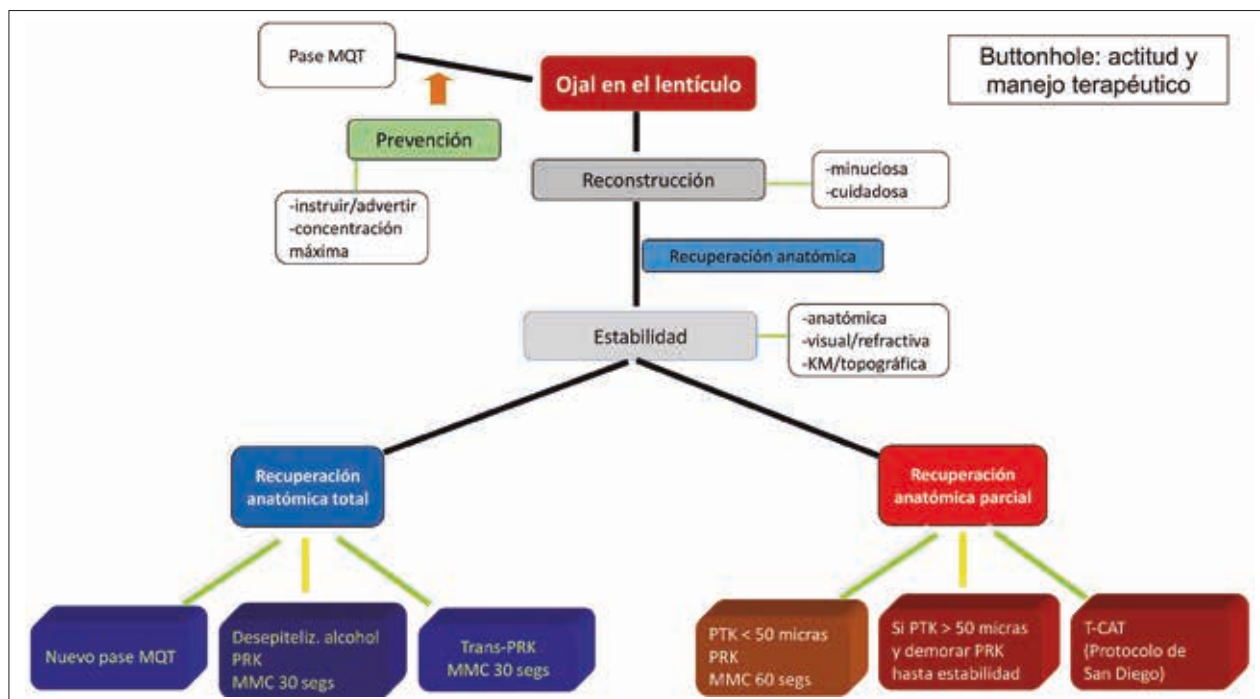


Figura 3. Protocolo para el manejo terapéutico del buttonhole (modificado de Harissi-Dagher) (12).

tre el plano de disección y el espacio subepitelial, la creación de un lenticulo excesivamente fino o irregular y la disección anómala del flap corneal (16,17).

Aunque algunos autores sugieren que en las córneas muy curvas hay más predisposición al ojal durante el LASIK, según estudios propios la incidencia de *buttonhole* en LASIK mecánico es independiente del valor de la queratometría preoperatoria y en cambio sí es claramente dependiente del modelo de MQT empleado (5,9,18,19).

MANEJO TERAPÉUTICO

En el manejo de un lenticulo inviable por ojal, además de la prevención (estudiando los posibles factores de riesgo, evitando en la medida de lo posible las causas e instruyendo al paciente sobre el procedimiento), parece haber acuerdo entre la mayoría de los autores en que **la mejor opción es abortar el procedimiento quirúrgico, evitando el paso de la ablación estromal refractiva** (6).

En el postoperatorio de un LASIK abortado por un *buttonhole*, es habitual encontrar cambios (transitorios o no) anatómicos, refractivos (por la irregularidad existente entre la córnea que se reseco y la que no) y topográficos (pese a no haber aplicado láser). Por tal motivo se recomienda **esperar (al me-**

nos entre 1 y 3 meses), antes de intentar un nuevo tratamiento refractivo, hasta que se logre la recuperación anatómica (se objetiva por biomicroscopía y tomografía de coherencia óptica del segmento anterior [OCT-SA]) y la estabilización de la topografía, de la queratometría, de la paquimetría, de la visión y de la refracción (20,21).

En la figura 3 se muestra nuestro «Protocolo para el manejo del buttonhole» (modificado de Harissi-Dagher) (12).

Si la recuperación anatómica es total y sin pérdida de líneas de la agudeza visual lejana corregida, puede optarse por un nuevo tallado del lenticulo (ya sea con MQT o LFS) o por una ablación superficial, bien con queratectomía fotorrefractiva (PRK)-desepitelización con alcohol o con una PRK transepitelial (en estos dos últimos supuestos se aplicará siempre mitomicina C –MMC– al 0,02% durante 30 segundos).

Sin embargo, cuando la recuperación anatómica es parcial (presencia de una cicatriz corneal, alteración topográfica y refractiva) y afecta a la visión, preferimos realizar una queratectomía fototerapéutica (PTK) de 50 micras aproximadamente y asociar una PRK inmediatamente, si el pronóstico lo consideramos bueno. Cuando el pronóstico es incierto podemos realizar una PTK para eliminar (en lo posible) la zona lesionada y diferir en el tiempo un nuevo tratamiento, refractivo o inclusive terapéutico. Una

variante en esta última situación es el tratamiento guiado por topografía (T-CAT) que puede realizarse en uno (ablación reguladora y refractiva simultáneas) o en dos tiempos (aplicando el Protocolo de San Diego), con un primer tratamiento regularizador de la córnea y demorar entre 3-6 meses un segundo tratamiento refractivo con WFA (perfil de ablación guiado por frente de ondas) o WFO (perfil de ablación optimizado por frente de onda) (22). El empleo de MMC al 0,02% (entre 1-2 minutos) en estos casos es mandatorio (23).

CONCLUSIONES

La aparición de un ojal en el lentículo de LASIK es una complicación potencialmente peligrosa para la visión y una gestión adecuada puede preservar una visión útil. Su manejo se considera actualmente incluido en el apartado de la Cirugía Refractiva Terapéutica (CRT) (24) y se fundamenta en:

- La **prevención**, es el tratamiento más efectivo.
- Un **diagnóstico** correcto (exploración biomicroscópica, refracción, OCT-SA y topografía corneal).
- Esperar a la **estabilidad** anatómica, visual, refractiva y topográfica.
- **Decidir** el procedimiento adecuado.
- La **PTK**, como procedimiento quirúrgico basado en láser excímer, se emplea para tratar complicaciones post-refractivas.
- El empleo de **MMC al 0,02%**, que permite minimizar o eliminar la aparición del **haze** tras la ablación de superficie sobre el flap de LASIK dañado.
- Los **tratamientos guiados por topografía (T-CAT)** son útiles para el manejo de determinadas complicaciones, especialmente las más severas.
- Seguir un **protocolo** correcto es fundamental para alcanzar el éxito en la CRT.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tham VM-B, Maloney RK. Microkeratome complications of laser in situ keratomileusis. *Ophthalmology* 2000; 107: 920-924.
2. Jain V, Mhatre K, Shome D. Flap buttonhole in thin-flap Laser in situ keratomileusis: case series and review. *Cornea* 2010; 29: 655-658.
3. Tabacaru B, Stanca S, MOcanu V et al. Intraoperative flap related complications in FemtoLASIK surgeries performed with Visumax® femtosecond laser: A ten year Romanian experience. *Exp Ther Med* 2020; 20: 2529-2535.
4. Wei C-H, Mei L-X, Ge Y, et al. Managements of vertical gas breakthrough in femtosecond laser assisted LASIK. *Int J Ophthalmol* 2020; 13: 1503-1504.
5. Gimbel HV, Anderson Penno EE, van Westenbrugge JA, et al. Incidence and management of intraoperative and early postoperative complications in 1000 consecutive laser in situ keratomileusis cases. *Ophthalmology* 1998; 105: 1839-1847.
6. Stulting RD, Carr JD, Thompson KP, et al. Complications of laser in situ keratomileusis for the correction of myopia. *Ophthalmology* 1999; 106: 13-20.
7. Lin RT, Maloney RK. Flap complications associated with lamellar refractive surgery. *Am J Ophthalmol* 1999; 127: 129-136.
8. Jacobs JM, Taravella MJ. Incidence of intraoperative flap complications in laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28: 23-28.
9. Albelda-Vallés JC, Martín-Reyes C, Ramos F, et al. Effect of preoperative keratometric power on intraoperative complications in LASIK in 34,099 eyes. *J Refract Surg* 2007; 23: 592-597.
10. Carrillo C, Chayet AS, Dougherty PJ, et al. Incidence of complications during flap creation in LASIK using the Nidek MK-2000 microkeratome in 26,600 cases. *J Refract Surg* 2005; 21(5 Suppl): S665-S667.
11. Lichter H, Stulting RD, Waring GO III, et al. Buttonholes during LASIK: etiology and outcome. *J Refract Surg* 2007; 23: 472-476.
12. Harissi-Dagher M, Todani A, Melki SA. Laser in situ keratomileusis buttonhole: Classification and management algorithm. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 1892-1899.
13. Schallhorn JM, Schallhorn SC, Teenan D, et al. Incidence of Intraoperative and Early Postoperative Adverse Events in a Large Cohort of Consecutive Laser Vision Correction Treatments. *Am J Ophthalmol* 2020; 210: 97-106.
14. Leung ATS, Rao SK, Cheng ACK, et al. Pathogenesis and management of laser in situ keratomileusis flap buttonhole. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26: 358-362.
15. Espandar L, Meyer J. Intraoperative and postoperative complications of Laser in situ keratomileusis flap creation using IntraLase Femtosecond Laser and mechanical microkeratomes. *Middle East Afr J Ophthalmol* 2010; 17: 56-59.
16. Seider MI, Ide T, Kymionis GD, et al. Epithelial breakthrough during IntraLase flap creation for laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 859-863.
17. Srinivasan S, Herzig S. Sub-epithelial gas breakthrough during femtosecond laser flap creation for LASIK [video report]. *Br J Ophthalmol* 2007; 91: 1373.
18. Llovet F et al. Comunicación oral presentada durante el 26º congreso del SECOIR. Valencia, 2011.
19. Llovet F et al. Effect of Preoperative Keratometric Power on Intraoperative Complications in LASIK in 725,832 Eyes. Poster (POS- 454228) presentado durante el 38º Congreso anual del ESCRS. Meeting virtual, 2020.
20. Al-Mezaine HS, Al-Amro SA, Al-Obeidan S. Incidence, management, and visual outcomes of buttonholed laser in situ keratomileusis flaps. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 839-845.
21. Llovet-Osuna F, Ortega-Usobiaga J, Notaro M, et al. Buttonholes in 315,259 LASIK procedures. *J Emmetropia* 2013; 4: 145-151.
22. Motwani M. A protocol for topographic-guided corneal repair utilizing the US Food and Drug Administration-approved WaveLight Contoura. *Clin Ophthalmol* 2017; 11: 573-581.
23. Teus MA, De Benito-Llopis L, Alió JL. Mitomycin C in Corneal Refractive Surgery. *Surv Ophthalmology* 2009; 54: 487-502.
24. Reinstein DZ. Therapeutic refractive surgery [Editorial]. *J Refract Surg* 2015; 31: 6-8.

6.4.1.4. Despegamiento epitelial

Cristina Peris Martínez, Miriam Rahhal Ortuño, María José Roig Revert

El despegamiento epitelial intraoperatorio durante la creación del *flap* o colgajo corneal en la técnica *laser in situ keratomileusis* (LASIK) es una complicación presente en aproximadamente un 1,6% de los procedimientos (1), que no debe ser pasada por alto debido a las implicaciones posteriores que puede conllevar.

El epitelio corneal cuenta con un complejo engranaje que favorece las adhesiones dentro del propio epitelio, es decir a nivel intercelular, y de este con las estructuras subyacentes, capa de Bowman y estroma, mediante el llamado complejo de adhesión formado por hemidesmosomas, filamentos de queratina y placas de anclaje (2). Cualquier noxa que altere este sistema de adhesión va a favorecer el despegamiento epitelial y su posterior recuperación.

El mecanismo por el cual se producen los defectos epiteliales es la disrupción de la unión existente entre el epitelio y la membrana basal debido a que las fuerzas externas de corte superan la adhesión del epitelio corneal, siendo dichas fuerzas una combinación de la presión que actúa sobre la superficie corneal y el coeficiente de fricción de dicha superficie. Es decir, que a más presión se ejerza sobre el epitelio y a más rugosidad tenga este, mayor riesgo de despegamiento (3).

ETIOLOGÍA y FACTORES DE RIESGO

Es un hecho suficientemente documentado que, con el paso del tiempo, la unión entre la membrana basal del epitelio corneal y la capa de Bowman es significativamente menor debido a alteraciones en el complejo de adhesión, así como al engrosamiento progresivo de la membrana basal que comienza alrededor de los 20 años (4). Es por ello que uno de los principales factores de riesgo implicados en la aparición de despegamiento epitelial es la edad. Según Tekwani et al. (5), el riesgo de aparición de dicha complicación aumenta 2,39 veces por cada década de vida. Hay que tener en cuenta también en esta etiopatogenia el aumento de fricción de la superficie ocular al presentarse unas tasas superiores de sequedad ocular con la edad.

La presencia de distrofia de la membrana basal epitelial (DMBE) o en mapa-punto-huella, también conocida como distrofia epitelial de Cogan (fig. 1 izquierda) es otro de los puntos clave a tener en cuenta al hablar del despegamiento epitelial durante la técnica LASIK, especialmente en aquellos casos más avanzados (fig. 1 derecha). De hecho, los grandes defectos epiteliales o las erosiones crónicas recurrentes tras la cirugía corresponden en muchas ocasiones a casos de DMBE subclínicas no diagnos-

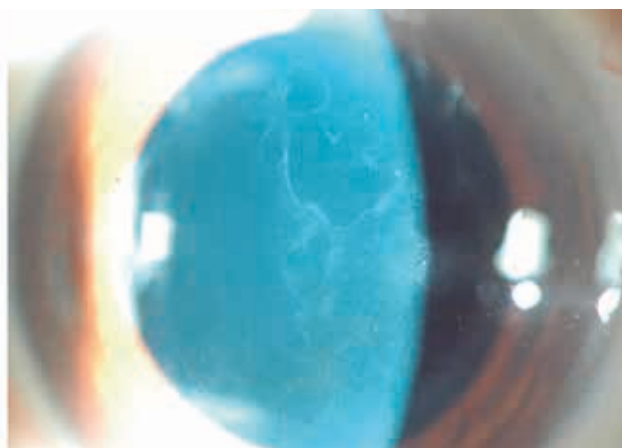


Figura 1. Izquierda: Imagen mediante biomicroscopía de paciente con distrofia de la membrana basal. Derecha: Imagen en retroiluminación.

Tabla 1. Factores predisponentes al despegamiento epitelial durante la cirugía LASIK

Factores de riesgo relacionados con el despegamiento epitelial en LASIK
FACTORES INTRÍNSECOS • Edad (>40 años) • Sequedad ocular • Distrofia corneal de la membrana basal • Pigmentación cutánea • Córnea gruesa • Hipermetropía • Despegamiento epitelial en el primer ojo
FACTORES EXTRÍNSECOS • Microqueratomo > láser de femtosegundo • Escasa irrigación durante la intervención • Colirio anestésico tópico preoperatorio

ticadas con anterioridad (6,7). En estos casos con DMBE debe evitarse la cirugía refractiva corneal mediante la técnica LASIK y emplear técnicas alternativas como la queratectomía fotorrefractiva (PRK) que además buscan un fin terapéutico.

Bashour et al. (2) postulan la relación entre la pigmentación cutánea y la incidencia de defectos epiteliales, siendo su aparición hasta diez veces superior en personas con fototipos de piel claros (tipos I-II en la escala de Fitzpatrick) en comparación con fototipos más oscuros (tipos V-VI en la escala de Fitzpatrick). Se cree que esto es debido a la mayor protección intracelular de estos últimos a la radiación ultravioleta, conocida por producir daño directo a los desmosomas y hemidesmosomas, claves en la adhesión epitelial.

Otro factor de riesgo incluye el espesor corneal (3) debido a que esto podría ocasionar una mayor rigidez y por tanto una fuerza de oposición al corte y fricción (5).

Además de todas aquellas causas ya discutidas que aumentan la fragilidad epitelial, la técnica empleada también va a conllevar diferentes tasas de despegamiento epitelial. Entre otros, Moshirfar et al. (8) encuentran diferencias significativas entre aquellos pacientes intervenidos de LASIK empleando el microqueratomo mecánico (MQT) y aquellos intervenidos con láser de femtosegundo (LFS), siendo la incidencia de despegamiento epitelial menor en estos últimos (2,6% con el MQT versus 0,6% con el LFS) debido probablemente a la ausencia de fuerzas mecánicas que actúen directamente sobre la superficie corneal. Se ha comparado también la incidencia de despegamiento epitelial asociado a LASIK emplean-

do MQTs estándar versus MQTs de compresión cero. El uso de estos últimos se ha relacionado con tasas menores de esta complicación (9). El diseño redondeado del cabezal de corte de compresión cero fue desarrollado con el propósito de minimizar las fuerzas de compresión y corte sobre el tejido corneal, protegiendo por tanto del daño epitelial.

En la tabla 1 se enumeran los posibles factores de riesgo intrínsecos y extrínsecos relacionados con el despegamiento epitelial intraoperatorio (5,6).

TRATAMIENTO

Debido por tanto a las consecuencias que pueden derivar de esta complicación, el mejor tratamiento es la prevención. En aquellos pacientes con factores de riesgo (tabla 1) donde se prevea un despegamiento epitelial intraoperatorio, es recomendable maximizar la lubricación mediante lágrimas artificiales sin conservantes los días previos a la intervención, para que la superficie ocular llegue en el mejor estado posible a la cirugía, así como intraoperatoriamente para evitar el despegamiento y postoperatoriamente para minimizar las fuerzas de fricción. En los casos con DMBE y ojo seco con un tiempo de ruptura de la película lagrimal menor de 6 segundos, debe evitarse la cirugía refractiva corneal mediante la técnica LASIK. En ellos son recomendables técnicas alternativas como la PRK, que además de corregir el defecto de refracción, tiene un efecto terapéutico evitando y retrasando la aparición de defectos epiteliales recurrentes. Otras medidas preventivas para disminuir la incidencia de despegamiento epitelial en pacientes que van a someterse a técnica LASIK con factores de riesgo, puede ser el empleo del LFS frente al MQT para elaborar el flap corneal, así como minimizar el tiempo previo de uso de anestésico tópico (que actuaría como factor de riesgo favoreciendo defectos epiteliales (5,10).

Si estamos ante un despegamiento epitelial, es muy importante recolocar el flap con sumo cuidado, asegurándonos que queda perfectamente adherido al lecho estromal y que ningún fragmento de epitelio queda en la interfase. Si estamos ante un área de despegamiento epitelial amplia es recomendable retirar el epitelio y realizar un peinado centrífugo de manera radial mediante una hemosteta-esponja quirúrgica para evitar su entrada en la interfase. Colocaremos seguidamente una lente de contacto terapéutica.

Por todo lo mencionado, parece razonable que el haber padecido un despegamiento epitelial por LASIK en un ojo aumente la posibilidad de padecerlo en el segundo ojo, al estar presente en ambos ciertos factores de riesgo que aumentan la debilidad del complejo de adhesión (3). **En caso de aparición de un defecto epitelial significativo tras la cirugía del primer ojo** puede ser recomendable esperar a realizar la cirugía del otro ojo para evitar una visión binocular demasiado pobre mientras se recupere el defecto, e incluso replantear la técnica quirúrgica LASIK y **optar por una técnica de superficie como la PRK (5) en el segundo ojo.**

En cuanto al tratamiento postoperatorio del despegamiento epitelial, una vez presente, a pesar de haber defecto epitelial, no se aconseja la retirada de tratamiento con corticoides tópicos debido a la asociación entre despegamiento epitelial durante la técnica LASIK y queratitis lamelar difusa, cuya etiopatogenia está basada en la invasión de la interfase por células inflamatorias (1,7). Aquellos defectos epiteliales menores de 3 mm suelen curar correctamente sin tratamientos añadidos, observándose reepitelizaciones completas del defecto el día siguiente de la cirugía (11). Algunos autores recomiendan el uso de lentes de contacto terapéuticas si el defecto epitelial es mayor a 3 mm (1,11). El uso de queratectomía fototerapéutica (PTK) puede resultar útil en caso de grandes defectos sintomáticos (11) o ante síntomas de queratología recidivante persistente tras LASIK (12).

COMPLICACIONES

La presencia de despegamiento epitelial puede a su vez dar lugar, a ulteriores complicaciones (13,14) como el crecimiento intraepitelial, queratitis lamelar difusa, edema del colgajo corneal, *melting* del flap y *haze*. El resultado refractivo puede verse alterado en forma de hiper o hipocorrección, aparición de astigmatismo debido a la remodelación corneal y disminución de la agudeza visual mejor corregida en aquellos defectos grandes y centrales, describién-

dose en algunos estudios un aumento del número de retratamientos en aquellos ojos en los que se ha constatado un despegamiento epitelial intraoperatorio (3,7,10).

BIBLIOGRAFÍA

1. Rao SK, Shome D, Iyer GK, et al. Bilateral epithelial defects after laser in situ keratomileusis. Clinical features, management and outcome. *Indian J Ophthalmol* 2005; 53: 37-42.
2. Bashour M. Risk factors for epithelial erosions in laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28: 1780-1788.
3. Kohnen T, Terzi E, Mirshahi A, Bühren J. Intraindividual comparison of epithelial defects during laser in situ keratomileusis using standard and zero-compression Hansatome microkeratome heads. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 123-126.
4. Alvarado J, Murphy C, Juster R. Age-related changes in the basement membrane of the human corneal epithelium. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1983; 24: 1015-1028.
5. Tekwani NH, Huang D. Risk factors for intraoperative epithelial defect in laser in-situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 2002; 134: 311-316.
6. Randleman JB, Lynn MJ, Banning CS, et al. Risk factors for epithelial defect formation during laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 1738-1743.
7. Mirshahi A, Bühren J, Kohnen T. Clinical course of severe central epithelial defects in laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 1636-1641.
8. Moshirfar M, Gardiner JP, Schliesser JA, et al. Laser in situ keratomileusis flap complications using mechanical microkeratome versus femtosecond laser: retrospective comparison. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 1925-1933.
9. Polk EE, Wexler SA, Kymes S. Incidence of corneal epithelial defects with the standard and zero-compression hansatome microkeratomes. *J Refract Surg* 2005; 21: 359-364.
10. Mulhern MG, Naor J, Rootman DS. The role of epithelial defects in intralamellar inflammation after laser in situ keratomileusis. *Can J Ophthalmol* 2002; 37: 409-415.
11. Smirennaia E, Sheludchenko V, Kourenkova N, Kashnikova O. Management of corneal epithelial defects following laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg* 2001; 17(2 Suppl): S196-S199.
12. Garcia-Gonzalez M, Teus MA. Early phototherapeutic keratectomy for basement membrane dystrophy after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 389-392.
13. Pérez-Santonja JJ, Galal A, Cardona C, et al. Severe corneal epithelial sloughing during laser in situ keratomileusis as a presenting sign for silent epithelial basement membrane dystrophy. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 1932-1937.
14. Dastgheib KA, Clinch TE, Manche EE, et al. Sloughing of corneal epithelium and wound healing complications associated with laser in situ keratomileusis in patients with epithelial basement membrane dystrophy. *Am J Ophthalmol* 2000; 130: 297-303.

6.4.2. Complicaciones intraoperatorias específicas del LASIK mecánico

6.4.2.1 Lentículo libre

Margarita Cabanás Jiménez, Miguel Contreras Díaz, Ana Cristina Martínez Borrego, Laura Frau Aguilera

El flap libre (en inglés, *free-cap*) es la consecuencia de un **corte excesivo en la bisagra con el microqueratomo mecánico (MQT)** durante la cirugía LASIK (acrónimo de *laser in situ keratomileusis*). De todas las complicaciones intraoperatorias descritas durante el LASIK mecánico, la creación de un flap libre será, en la mayoría de los casos, la que menos nos deba preocupar. De hecho, muchos clínicos defienden que un flap libre puede ser considerado una complicación únicamente en caso de no conocer las estrategias para manejarlo. Su incidencia varía entre un 0,004 y un 5,9% (1-4) dependiendo del modelo de MQT empleado y de la experiencia del cirujano (5). Intraoperatoriamente, con la experiencia y el conocimiento adecuados, esta situación puede solventarse con relativa facilidad, convirtiéndose en una mera inconveniencia quirúrgica que con frecuencia nos prolongará algo el tiempo quirúrgico, pero sin transcendencia visual relevante para el paciente. En el postoperatorio tendremos que tener presente el riesgo potencial de pérdida del flap y advertir de ello adecuadamente al paciente (6).

FACTORES DE RIESGO

Se han publicado comparativas entre diferentes modelos de MQT (7-9), detectándose una significativamente menor incidencia de flap libre con el MQT Hansatome (Bausch & Lomb) frente al Automated Corneal Sharper (Chiron Vision Corp) (7,8), y frente al Nidek MK-2000 (8). En cambio, Al-Mezaine y colaboradores (9) no encuentran diferencias significativas en la incidencia de flap libre empleando el Hansatome o el MQT manual Carriazo-Barraquer Moria LSK2 (Moria, Anthony, France).

En el LASIK mecánico es imprescindible consultar los nomogramas orientativos de los distintos modelos

de MQT para **seleccionar el anillo de succión y el tope a emplear en función de la queratometría en el eje más horizontal y del diámetro del blanco-blanco** del ojo a tratar. Hoy en día, los microqueratomos automatizados se ajustan bien a las distintas características anatómicas de los pacientes, y hay mucha experiencia previa, por lo que es poco frecuente el flap libre.

Cuanto más plana sea una córnea, más ancho deberá ser el anillo de succión y más retrasado programaremos el tope, para evitar una bisagra ancha. **Cuanto más curva sea una córnea, más pequeño deberá ser el anillo y más adelantado pondremos el tope**, para disminuir la probabilidad de *buttonhole* y precisamente de flaps completos. Si bien los nomogramas de los diferentes dispositivos nos ayudan a la elección del material adecuado, la experiencia del cirujano añade seguridad a la técnica (5).

Por tanto, **el principal factor de riesgo para el flap libre es la inadecuada selección del material**. Entendiendo que la elección es la adecuada, el tratar córneas de curvatura extrema aumentará la probabilidad de obtener uno, especialmente las **córneas muy planas** (con queratometría media <41 D), aunque también se incrementa con **córneas muy curvas** (con queratometría media >45 D). Otros factores de riesgo son (1,10,11): la pérdida de succión, la pseudosucción (4), la anatomía orbitaria complicada, el empleo del MQT con respecto al láser de femtosegundo para la creación del flap corneal o el descentrado del anillo de succión.

PREVENCIÓN Y MANEJO DEL FLAP LIBRE

La mejor manera de prevenir su aparición será por tanto poner todos nuestros sentidos a la hora de seleccionar los límites pero independientemente de ello debemos tener prevista la posibilidad de que

ocurra, y eso lo haremos **marcando el epitelio corneal con tinta**. Las marcas corneales no se realizan al azar si no buscando su funcionalidad tanto para colocar en su posición tanto un lentículo con bisagra como un lentículo libre. Idealmente las marcas corneales deberían abarcar el flap, el borde del flap, y la zona corneal externa al flap, formando una imagen no simétrica, para que podamos reconocer su orientación (12). En la figura 1 se muestran ejemplos de formas correctas de marcación corneal antes de comenzar un LASIK mecánico.

En relación con las marcas corneales, si obtenemos un flap completo podríamos encontrarnos ante 4 escenarios diferentes (fig. 2), y en función de cada caso la actitud intraoperatoria será distinta (6):

Escenario 1: Las marcas corneales están completamente borradas.

Debemos buscar cualquier posible resto de las marcas y hacerlas coincidir. A continuación, antes de proceder a aplicar la ablación, deberíamos hacer nuevas referencias, a ser posible, imborrables. Esto puede conseguirse haciendo una mini-queratotomía, con un cuchillito precalibrado a 300 micras, de manera que hagamos una incisión que atravesase el flap y marque también el lecho estromal. La orientación de una marca lineal debe ser oblicua para evitar la simetría.

Escenarios 2 y 3: Las marcas corneales quedan por fuera o por dentro del flap.

La mejor forma de prevención es realizar previamente a la obtención del flap, marcas que crucen el limbo y se aproximen al centro de la córnea. Otra opción es realizar 2 marcas paralelas, una más periférica que cruce limbo y otra más central.

Escenario 4: Las marcas son simétricas con respecto al radio corneal. No forma imagen en espejo y no podemos distinguir si el flap está o no invertido.

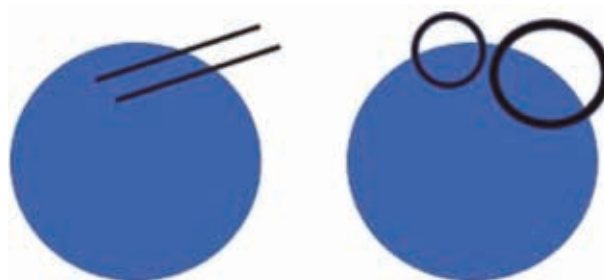


Figura 1. Ejemplos de marcas corneales correctas antes de la realización de un LASIK mecánico. Obsérvese a la izquierda cómo las dos líneas paralelas no son radiales (no se dirigen al centro de la córnea) y cómo a la derecha los dos círculos tienen diferente diámetro. En caso de obtener un flap libre, será sencillo hacer coincidir las marcas presentes en el flap con las correspondientes presentes en córnea periférica. En caso de que reposicionemos de forma invertida el flap (epitelio versus estroma) la no coincidencia de las marcas corneales nos hará darnos cuenta del error de posicionamiento (en el caso de las líneas no radiales, las presentes en el flap formarían un ángulo de 90° con las marcas periféricas y en el caso de las marcas circulares, el semicírculo grande del flap coincidiría con el semicírculo pequeño de la córnea periférica).

Debemos realizar las marcas de tal manera que, si reposicionamos el flap al revés (estroma hacia arriba), seamos capaces de diferenciarlo. Para ello podemos realizar 2 marcas, o bien una pero que cruce el borde del flap de forma tangencial (fig. 1). Si esto no fuera posible, debemos reposicionar el flap y mantener al paciente en observación hasta que estemos seguros de que está correctamente orientado (estroma con estroma).

En caso de obtener un flap libre, es fundamental hacer una meticulosa manipulación del mismo durante la cirugía para evitar dañarlo. Si hemos hecho adecuadamente las marcas corneales y obtenemos un flap libre, lo protegeremos con cuidado y procedemos a aplicar la ablación con el láser excímer.

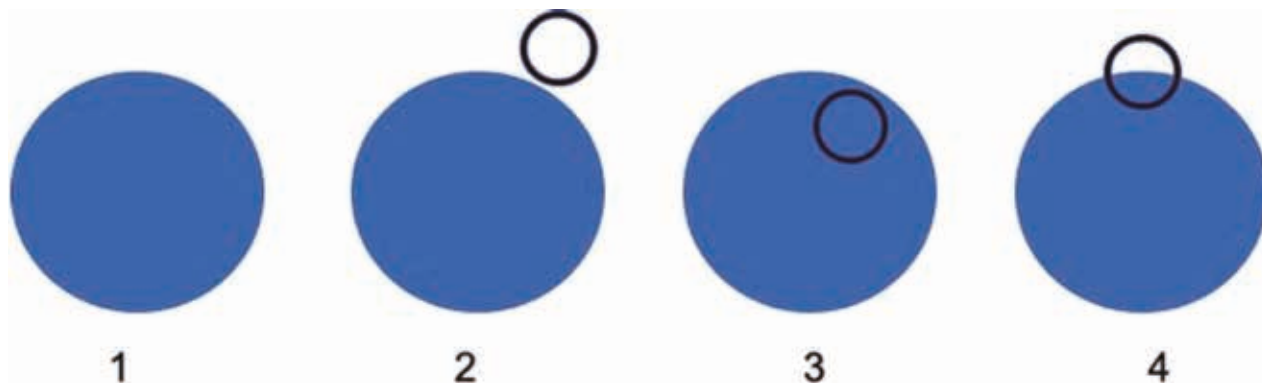


Figura 2. Escenarios posibles en relación a la realización inadecuada de las marcas corneales de referencia y la obtención de un flap de LASIK libre.

Seguidamente, colocaremos el flap en su posición haciendo coincidir las marcas corneales de referencia. Se recomienda entonces insuflar aire seco (con una jeringa, por ejemplo) con cuidado sobre el flap durante 3-5 minutos con el fin de que con la desecación del mismo se facilite su adherencia al estroma subyacente (11-13). En algunos casos en los que se observe una cierta movilidad del flap puede ser aconsejable suturarlo (sutura continua o puntos sueltos) (11-13) empleando nylon monofilamento 10-0, aunque generalmente no suele ser necesario. Finalmente se aconseja colocar una lente de contacto terapéutica durante las primeras 48 horas, si bien esta medida es opcional ya que algunos autores no encuentran ventajas y no recomiendan su uso (14).

Una vez recolocado el flap habrá que observar al paciente durante varias horas antes de que se marche a casa para asegurarnos de la estabilidad de la adhesión del flap ya que la pérdida del mismo podría complicar de forma importante el postoperatorio así como comprometer el resultado de la cirugía con la aparición de un astigmatismo irregular (15).

Cuando todas las medidas fracasan, y no reposicionamos el flap con la orientación correcta obtendremos un flap rotado, lo que genera un grado variable de astigmatismo mixto. Para entender el **manejo del flap rotado** tengamos en cuenta la morfología del flap: teóricamente, la rotación libre del lentículo no afectaría al poder refractivo siempre que este fuera perfectamente circular y tuviera un espesor uniforme. Por ejemplo, si el MQT realiza el corte en el eje de 0°-180° (con bisagra nasal) y dado que el flap realizado con MQT mecánico tiene un menor grosor en el centro que en la periferia (meniscado), y esta asimetría de espesor centro-periferia puede ser asimétrica, el flap se puede comportar, por tanto, como una lente cilíndrica. En consecuencia, el lecho estromal resultante sería la imagen especular del flap, comportándose como una lente cilíndrica con la misma potencia y eje que el flap, pero en sentido contrario. Por este motivo si el flap estuviera correctamente colocado, ambas lentes se neutralizarían, y el flap no ejercería cambio refractivo alguno.

Si por el contrario, obtenemos un flap libre que no posicionamos correctamente (es decir, «rotado»), los cilindros anteriormente descritos no van a descansar sobre su posición original, por lo tanto obtendremos un astigmatismo mixto con equivalente esférico neutro, donde el cilindro positivo (flap) ha rotado sobre el cilindro negativo (lecho estromal). El eje y

la potencia dependerán del ángulo de rotación y la magnitud del corte del flap. Asumiendo que la ablación no ha generado astigmatismo, y que además ha eliminado el preoperatorio, el astigmatismo que obtenemos después de una rotación del flap sería la consecuencia de este efecto bicilíndrico entre el flap y el lecho estromal (16-18).

Se han descrito diferentes métodos matemáticos para calcular el ángulo de rotación, uno de ellos es la fórmula derivada de la teoría de Rubin (19), que afirma que la bisectriz de dos cilindros que han rotado uno sobre otro, coincide con la bisectriz formada por el eje curvo y el eje plano del astigmatismo resultante.

$$\text{Eje curvo (+) postqx} = \frac{\text{eje inicial paso MQT} + 45^\circ + \text{ángulo de rotación}}{2}$$

Por lo tanto, para calcular el número de grados que está rotado el flap con bisagra nasal, emplearemos la siguiente fórmula:

$$\text{Ángulo de rotación} = 2 \times \text{Eje curvo (+) postqx} - 90^\circ$$

En cambio, si creamos un flap con bisagra vertical el eje inicial del paso del MQT es de 90°, y en ese caso el ángulo de rotación se calcularía empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Ángulo de rotación} = 2 \times \text{Eje curvo (+) postqx} - 270^\circ$$

De esta manera, **si el signo resultante del ángulo de rotación es (-), debemos rotar el flap en sentido anti-horario**, mientras que **si el ángulo de rotación es de signo (+), rotaremos el flap en sentido horario**.

Otros algoritmos propuestos para calcular el ángulo de rotación del flap también presentan resultados favorables (18,20).

Por último, se han descrito métodos de reposicionamiento del flap basado en la curvatura sagital en la tomografía Scheimpflug (21) o en el mapa epitelial (22,23).

PRONÓSTICO

En la mayoría de casos de flap libre el pronóstico visual es muy bueno si conseguimos una correcta alineación del flap con el estroma subyacente (16-18). No obstante y aunque poco probable, se han descrito complicaciones postoperatorias precoces importantes como son: la pérdida del lentículo, el astigmatismo irregular, el endocrecimiento epitelial, la

aparición de micro o macroestrías o la pérdida de líneas de visión. Por tanto, y como conclusión, el mejor tratamiento del lentículo completo es su prevención.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sahay P, Bafna RK, Reddy JC, et al. Complications of laser-assisted in situ keratomileusis. *Indian J Ophthalmol* 2021; 69: 1658-1669.
2. Lee JK, Nkyekyer EW, Chuck RS. Microkeratome complications. *Curr Opin Ophthalmol* 2009; 20: 260-263.
3. Walker MB, Wilson SE. Lower intraoperative flap complication rate with the Hansatome microkeratome compared to Automated Corneal Shaper. *J Refract Surg* 2000; 26: 79-82.
4. Tabbara KF, El-Sheikh HF, Vera-Cristo CL. Complications of laser in situ keratomileusis (LASIK). *Eur J Ophthalmol* 2003; 13: 139-146.
5. Romero-Díaz-de-León L, Serna-Ojeda JC, Navas A, et al. Intraoperative flap complications in LASIK surgery performed by ophthalmology residents. *J Ophthalmic Vis Res* 2016; 11: 263-267.
6. Baviera J. Dislocated flaps: How to solve free flaps with no marc or flap malposition. Cap 3.3. In: Alió JL, Dazar DT. *Management of complications in refractive surgery*, Berlin 2008. Ed. Springer. Págs. 21-27.
7. Walker MB, Wilson SE. Lower intraoperative flap complications rate with the Hansatome microkeratome compared to the Automated Corneal Shaper. *J Refract Surg* 2000; 16: 79-82.
8. Nakano K, Nakano E, Oliveira M, et al. Intraoperative microkeratome complications in 47,094 laser in situ keratomileusis surgeries. *J Refract Surg* 2004; 20(5 Suppl): S723-726.
9. Al-Mezaine HS, Al-Amro SA, Al-Obeidan S. Intraoperative flap complications in laser in situ keratomileusis with two types of microkeratomes. *Saudi J Ophthalmol* 2011; 25: 239-243.
10. Lin RT, Maloney RK. Flap complications associated with lamellar refractive surgery. *Am J Ophthalmol*. 1999; 127: 129-136.
11. Gimbel HV, Iskander NG, Peters NT, et al. Prevention and management of microkeratome-related laser in situ keratomileusis complications. *J Refract Surg* 2000; 16(2 Suppl): S226-S229.
12. Schallhorn SC, Amesbury EC, Tanzer DJ. Avoidance, recognition, and management of LASIK complications. *Am J Ophthalmol* 2006; 141: 733-739.
13. Sridhar MS, Rao SK, Vajpayee RB, et al. Complications of laser in situ keratomileusis. *Indian J Ophthalmol* 2002; 50: 265-282.
14. Baviera Sabater F, Llovet Osuna F. Manejo del lentículo completo. En: Llovet Osuna F, Ortega-Usobiaga J. «Cirugía Refractiva: Protocolos». Bilbao 2014. Capítulo 16.1. Pág. 175.
15. McLeod SD, Holsclaw D, Lee S. Refractive, topographic, and visual effects of flap amputation following laser in situ keratomileusis. *Arch Ophthalmol* 2002; 120: 1213-1217.
16. Utz VM, Krueger RR. Management of irregular astigmatism following rotationally disoriented free cap after LASIK. *J Refract Surg* 2008; 24: 383-391.
17. Cheng AC, Wong VW, Rao SK, et al. Repositioning of free cap four days after LASIK. *J Refract Surg* 2007; 23: 625-627.
18. Hovanesian JA, Maloney RK. Treating astigmatism after a free laser in situ keratomileusis cap by rotating the cap. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 1870-1876.
19. Rubin ML. *Optics for Clinicians*. Triad Scientific. Gainesville, FL, 1971. Pages 179-181.
20. Todani Amit, Al-Arfaj K, Melki SA. Repositioning free laser in situ keratomileusis flaps. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 200-202.
21. Sim HE, Kang MJ, Lee JH, et al. Scheimpflug Topography Oriented Adequate Repositioning of a Misaligned Free Flap after Laser in situ Keratomileusis. *Case Rep Ophthalmol* 2021; 12: 889-893.
22. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M, et al. Epithelial thickness changes following realignment of a malpositioned free cap. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 1237-1239.
23. Reinstein DZ, Rothman RC, Couch DG, et al. Artemis very high-frequency digital ultrasound-guided repositioning of a free cap after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32: 1877-1883.

6.4.2.2. Perforación corneal

Margarita Cabanás Jiménez, Laura Frau Aguilera, Ana Martínez Borrego, Miguel Contreras Díaz

La cirugía refractiva LASIK ha demostrado ser, a lo largo de sus muchos años de historia, una cirugía segura y predecible. Las complicaciones intraoperatorias con los microqueratomos automáticos que se utilizan hoy en día son extremadamente raras, y la incidencia registrada en la literatura oscila entre un 0,7% y un 11,8%, de los casos, suponiendo las complicaciones consideradas potencialmente graves tal solo un 0,4% aproximadamente (1-5). Una de las complicaciones potencialmente más graves que po-

demos tener durante el tallado del lentículo de LASIK es la perforación corneal.

FACTORES DE RIESGO

Esta devastadora complicación se debe principalmente a un **incorrecto montaje del microqueratomo** que hace que la placa (cuchilla) metálica penetre en un ojo que está altamente presurizado por el anillo

de succión (6), con el consiguiente daño de todas las estructuras oculares que encuentre a su paso, tales como perforación corneal de espesor completo, daño iridiano o catarata traumática (7-9).

Esta complicación se ha asociado con los modelos de microqueratomos en los que se requiere el montaje manual de la placa para tallar el lentículo, como son el Innovatone microkeratome y Automatic corneal shaper microkeratome (2,4,5). Afortunadamente este tipo de microqueratomos ha caído en desuso y los utilizados hoy en día, como el Hansatome (Bausch & Lomb Surgical, Inc. San Dimas, CA), el Carriazo-Barraquer (Moria, Anthony, France) o el Moria SBK (Moria, Anthony, France), presentan una placa con una profundidad fija predeterminada, por lo que las piezas no pueden ser ensambladas de forma incorrecta (2,4,5).

Por otro lado y también de forma excepcional, se han descrito **casos de perforación corneal durante la ablación por láser excímer** (10). Esta complicación tan inusual, se ha asociado a un mal funcionamiento de la plataforma del láser excímer, a retratamientos sobre una ectasia corneal que pasó inadvertida o a una excesiva deshidratación del lecho estromal debido a una exposición prolongada a la luz del microscopio (8,10).

MANEJO TERAPÉUTICO

El manejo de la perforación corneal por microqueratomo debe seguir el mismo protocolo que la perforación corneal secundaria a traumatismo ocular, suturando o tratando de reconstruir las diferentes estructuras en función de la extensión de las lesiones (11-14), pudiendo llegar a ser necesario incluso la realización de una queratoplastia penetrante en un segundo tiempo.

PREVENCIÓN

La realización de la cirugía refractiva LASIK en un quirófano con las condiciones óptimas es fundamental para prevenir complicaciones intraoperatorias. Es de vital importancia **comprobar el correcto ensamblaje de la placa** antes de cada procedimiento quirúrgico y seguir las instrucciones del fabricante. No existe consenso sobre quién debe ser el encargado de montar el microqueratomo antes de la cirugía y no se han observado complicaciones atribuibles a esto siempre

que el personal encargado del ensamblaje sea personal experimentado y bien instruido. El cirujano debe asegurarse siempre de forma personal, del correcto funcionamiento del microqueratomo antes de realizar el pase del mismo sobre el ojo del paciente. Para ello es fundamental el uso del tacto y el oído, además de comprobar visualmente que la placa se mueve correctamente y no presenta ningún defecto de fábrica.

Otras medida para prevenir la perforación durante el tratamiento con el láser excímer son el examen preoperatorio exhaustivo de la córnea y la paquimetría intraoperatoria del lecho estromal, así como no mantenerlo expuesto de forma prolongada para evitar una deshidratación excesiva y el consecuente adelgazamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Schallhorn JM, Schallhorn SC, D Teenan, et al. Incidence of intraoperative and early postoperative adverse events in a large cohort of consecutive laser vision correction treatments. *Am J Ophthalmol* 2020; 210: 97-106.
- Ambrósio Jr R, Wilson SE. Complications of laser in situ keratomileusis: etiology, prevention and treatment. *J Refract Surg* 2001; 17: 350-379.
- Gimbel HV, Iskander NG, Peters NT, et al. Prevention and Management of Microkeratome-related Laser in situ Keratomileusis Complications. *J Refract Surg* 2000; 16(2 Suppl): S226-S229.
- Tabbara KF, EL-Sheik HF, Vera-Cristo CL. Complications of laser in situ keratomileusis (LASIK). *Eur J Ophthalmol* 2003; 13: 139-146.
- Melki SA, Azar DT. Lasik complications: etiology, management, and prevention. *Surv Ophthalmol* 2001; 46: 95-116.
- Hernández-Verdejo JL, Teus MA, Román JM, et al. Porcine model to compare real-time intraocular pressure during LASIK with a mechanical microkeratome and femtosecond laser. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48: 68-72.
- Wong VW, Zhu CC, Rao SR, et al. Corneal perforation during laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26: 1103-1104.
- Joo CK, Kim TG. Corneal perforation during laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 1999; 25: 1165-1167.
- Nakamura K, Bissen-Miyajima H, Arai H, et al. Iatrogenic cataract after laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 1999; 128: 507-509.
- Imamura A, Amano S, Oshika T. Corneal bed perforation by laser ablation during laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 1638-1640.
- Altan-Yaycioglu R, Akova YA, Gur S, et al. Repeat LASIK after penetrating keratoplasty for repair of a corneal perforation from previous LASIK. *J Refract Surg* 2006; 22: 331-332.
- Chang SW, Ashraf FM, Azar DT. Wound healing patterns following perforation sustained during laser in situ keratomileusis. *J Formos Med Assoc* 2000; 99: 635-641.
- Liu Q, Gong XM, Chen JQ, et al. Laser in situ keratomileusis induced corneal perforation recurrent corneal epithelial ingrowth. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 857-859.
- Hori Y, Wantanabe H, Maeda N, et al. Medical treatment of operative corneal perforation caused by laser in situ keratomileusis. *Arch Ophthalmol* 1999; 117: 1422-1423.

6.4.3. Complicaciones intraoperatorias específicas del Femto-LASIK

6.4.3.1. Capa de burbujas opacas («Opaque bubble layer»)

M.^a Ángeles del Buey Sayas, Antonio Sánchez Pérez-Borbujo, Óscar Ruiz Moreno

INTRODUCCIÓN/DEFINICIÓN

La creación de colgajos (o flaps) de LASIK empleando para ello el láser de femtosegundo (LFS) (procedimiento denominado Femto-LASIK) es una de las técnicas más empleadas actualmente en cirugía refractiva. La técnica Femto-LASIK proporciona resultados visuales y refractivos similares a la cirugía LASIK asistida por microqueratomo para corregir miopía, con una curva de aprendizaje rápida (1-5). Esta técnica aumenta la predictibilidad, la precisión y permite la personalización de la creación de colgajos LASIK (6,7), por lo que se considera especialmente adecuada para córneas algo delgadas, ametropías esféricas altas y elevados astigmatismos (8). A pesar de la mayor seguridad obtenida mediante el uso del LFS en la creación de flaps (9,10), existen complicaciones intraoperatorias específicas de esta técnica, entre la que se incluye la capa de burbujas opaca (OBL, acrónimo de *opaque bubble layer*).

La OBL es una complicación intraoperatoria específica de la cirugía Femto-LASIK (aunque también se ha descrito durante la cirugía SMILE) (11) y que consiste en la aparición de una **capa opaca de burbujas causada por acumulación de gas en el estroma corneal**.

ETIOLOGÍA/FACTORES DE RIESGO

Los pulsos del LFS se enfocan en el tejido corneal, donde provocan la ruptura de enlaces covalentes entre el núcleo atómico y los electrones (ionización). Durante este proceso de fotodisrupción, cada pulso de láser crea una burbuja de cavitación que provoca una separación entre las laminillas colágenas estromales. La rejilla de burbujas crea un plano de disección laminar que luego el cirujano separa manualmente con ayuda de una espátula durante el levantamiento del lentículo.

La OBL es la acumulación temporal de burbujas de gas, detenidas en la interfaz intraestromal, creando una opacidad transitoria. El mecanismo de OBL no está claro y no se ha descrito su histopatología, aunque se sugiere que las burbujas de gas se infiltran en el estroma porque no pueden escapar, debido a la compresión de la córnea por el alto nivel de vacío creado durante el aplanamiento (12). También se ha planteado la hipótesis de que cuando la energía del láser es demasiado alta (provocando burbujas excesivas) o demasiado baja (lo que resulta en una bolsa inadecuada para ventilar las burbujas), las burbujas de gas pueden viajar en direcciones errantes, separar las fibrillas de colágeno a su alrededor y expandirse hacia el interior del espacio creado (13).

La incidencia de OBL varía entre el 3,69% y el 52,5% en los diferentes trabajos, dependiendo del modelo de LFS que se utilice y de la extensión mínima que se considere (5,14,15). Aunque, actualmente, la mayoría de las plataformas LFS tienen programas que crean una bolsa o canal de descompresión que facilite el escape de gas que se genera durante el proceso, en algunos casos, el gas puede acumularse en el estroma y provocar una OBL.

Entre los factores de riesgo relacionados con la aparición de OBL se encuentran:

- **Edad:** Se cree que los pacientes de mayor edad tienen un colágeno más denso en la córnea periférica y la esclerótica en comparación con los pacientes más jóvenes, lo que puede impedir la salida de las burbujas hacia la periferia.
- **Curvatura y grosor corneal:** Las córneas más curvas y las córneas gruesas se han asociado con más riesgo de OBL (12,14-16).
- **Biomecánica corneal:** se ha relacionado mayor incidencia de OBL en casos de córneas con valores de histéresis y factor de resistencia corneal más elevados (15).

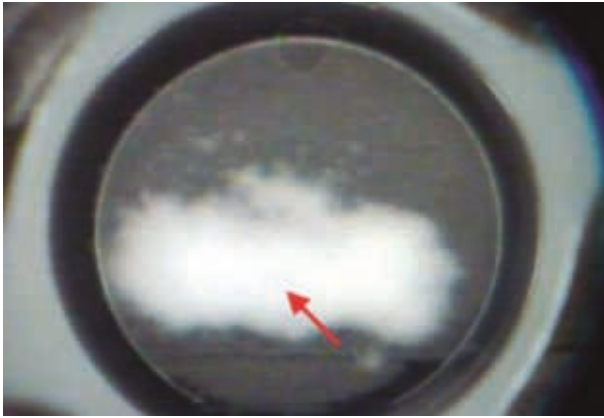


Figura 1. Capa de burbujas opaca (OBL) durante una cirugía Femto-LASIK. Obsérvese el acúmulo de gas localizado a nivel estromal y que en este caso afecta al eje visual.

- **Tamaño del colgajo:** los colgajos pequeños se han asociado con más OBL (16).
- **Características técnicas y programación del láser.** La realización de un fuerte acoplamiento (*hard docking*) (17) se ha asociado con más riesgo de OBL. La incidencia y extensión de la OBL disminuye con la modificación en la programación de láser reduciendo la distancia entre líneas y puntos de fotodisrupción, lo que disminuye, además, la tensión durante el levantamiento del flap (18).

CARACTERÍSTICAS INTRAOPERATORIAS DE LA OBL

La OBL puede ser de intensidad y extensión variable y, en la mayoría de las ocasiones, no ocasiona problemas intraquirúrgicos.

Se han descrito dos tipos diferentes de OBL (16). La mayoría de las OBL que se encuentran en la crea-

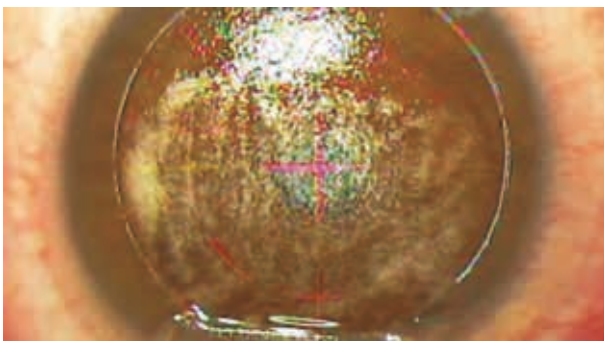


Figura 2. Imagen del mismo caso, una vez que se ha procedido a la disección del lenticulo corneal. La presencia de burbujas en el eje visual puede dificultar el reconocimiento de la pupila por el láser excímer y la fijación adecuada del paciente.

ción de colgajos LASIK se consideran **OBL «retardadas»** o **«blandas»**, tienen una apariencia más difusa o suave y ocurren tras la finalización de la disección láser en un área específica, por detrás de la línea de corte del LFS (fig. 1). En cambio, las **OBL «duras», «en avance»** o **«tempranas»** son menos frecuentes, aparecen por delante de la línea de corte del LFS y tienen una apariencia más densa.

Un exceso de OBL (en extensión o en intensidad) puede interferir con el sistema de reconocimiento de la pupila del láser excímer, si tapa la totalidad o una parte de la pupila (fig. 2). También pueden ocasionar dificultades en el levantamiento del colgajo, entorpecer las mediciones de la paquimetría intraoperatoria (14), o limitar la capacidad del paciente para fijar correctamente durante la ablación.

Estos problemas pueden resultar en intervenciones quirúrgicas algo más largas y con la posibilidad de inducir una leve infra-corrección durante el procedimiento de fotoablación, debido a una fluencia reducida.

MANEJO TERAPÉUTICO DE LA OBL

Para evitar la aparición de OBL se recomienda:

- Reducir la presión de aplanación al aplicar el cono del láser.
- Modular la energía y reducir la distancia de los spots del LFS.

Si aparece una OBL durante el paso del LFS podemos actuar para acelerar su desaparición y evitar la demora quirúrgica. Recomendamos la siguiente actuación:

- Levantar cuidadosamente el flap con ayuda de una espátula roma.
- Realizar presión deslizando una espátula o una hemosteta sobre el lecho estromal, peinando la zona opaca hacia la zona de la bisagra, hasta la desaparición de las burbujas.

Esta simple actuación permite la aplicación del láser excímer sin necesidad de esperar a la desaparición espontánea de la opacidad transitoria por evaporación.

PRONÓSTICO VISUAL

En la literatura no se han reportado complicaciones graves relacionadas con la aparición de una OBL (16,18). Se ha comunicado una leve disminu-

ción en la sensibilidad al contraste postoperatoria (14). Afortunadamente no se ha comunicado ninguna afectación de la agudeza visual postoperatoria en los diferentes estudios realizados, por la presencia de OBL durante la cirugía Femto-LASIK (5).

BIBLIOGRAFÍA

1. Patel SV, Maguire LJ, McLaren JW, et al. Femtosecond laser versus mechanical microkeratome for LASIK: a randomized controlled study. *Ophthalmology* 2007; 114: 1482-1490.
2. Chen S, Feng Y, Stojanovic A, et al. Intralase femtosecond laser vs mechanical microkeratomes in LASIK for myopia: a systematic review and meta-analysis. *J Refract Surg* 2012; 28: 15-24.
3. Montés-Micó R, Rodríguez-Galietero A, Alió JL. Femtosecond laser versus mechanical keratome LASIK for myopia. *Ophthalmology* 2007; 114: 62-68.
4. Gil-Cazorla R, Teus MA, de Benito-Llopis L, et al. Femtosecond laser vs mechanical microkeratome for hyperopic laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 2011; 152: 16-21.
5. Kanclerz P, Khoramnia R. Flap thickness and the risk of complications in mechanical microkeratome and femtosecond laser in situ keratomileusis: a literature review and statistical analysis. *Diagnostics (Basel)* 2021; 11: 1588.
6. Ahn H, Kim JK, Kim CK, et al. Comparison of laser in situ keratomileusis flaps created by 3 femtosecond lasers and a microkeratome. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 349-357.
7. Sutton G, Hodge C. Accuracy and precision of LASIK flap thickness using the Intralase femtosecond laser in 1000 consecutive cases. *J Refract Surg* 2008; 24: 802-806.
8. Reinsteiner DZ, Carp GI, Archer TJ, et al. Transitioning from mechanical microkeratome to femtosecond laser flap creation: visual outcomes of an experienced and a novice LASIK surgeon. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 1788-1795.
9. Moshirfar M, Gardiner JP, Schliesser JA, et al. Laser in situ keratomileusis flap complications using mechanical microkeratomes versus femtosecond laser: retrospective comparison. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 1925-1933.
10. Santhiago MR, Kara-Junior N, Waring GO 4th. Microkeratome versus femtosecond flaps: accuracy and complications. *Curr Opin Ophthalmol* 2014; 25: 270-274.
11. Asif MI, Bafna RK, Mehta JS, et al. Complications of small incision lenticule extraction. *Indian J Ophthalmol* 2020; 68: 2711-2722.
12. Jung H-G, Kim J, Lim T-H. Possible risk factors and clinical effects of an opaque bubble layer created with femtosecond laser-assisted laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 1393-1399.
13. Mastropasqua L, Caliendo R, Lanzini M, et al. Opaque bubble layer incidence in Femtosecond laser-assisted LASIK: comparison among different flap designs parameters. *Int Ophthalmol* 2017; 37: 635-641.
14. Liu CH, Sun CC, Ma DH, et al. Opaque bubble layer: incidence, risk factors, and clinical relevance. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 435-440.
15. Courtin R, Saad A, Guilbert E, et al. Opaque bubble layer risk factors in femtosecond laser-assisted LASIK. *J Refract Surg* 2015; 31: 608-612.
16. Kaiserman I, Maresky HS, Bahar I, et al. Incidence, possible risk factors, and potential effects of an opaque bubble layer created by a femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 417-423.
17. Lim DH, Hyun J, Shin E, et al. Incidence and risk factors of opaque bubble layer formation according to flap thickness during 500-kHz FS-LASIK. *J Refract Surg* 2019; 35: 583-589.
18. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Essential opaque bubble layer elimination with novel LASIK flap settings in the FS200 Femtosecond Laser. *Clin Ophthalmol* 2013; 7: 765-770.

6.4.3.2. Paso vertical de gas («Vertical gas breakthrough») y paso de gas a cámara anterior

M.^a Ángeles del Buey Sayas, Óscar Ruiz Moreno, Antonio Sánchez Pérez-Borbujo

INTRODUCCIÓN

La frecuencia de creación del flap corneal para LASIK, utilizando el láser de femtosegundo (LFS), ha aumentado considerablemente desde su introducción, en 2002, hasta nuestros días. La práctica de esta técnica ha demostrado numerosas ventajas en la creación del colgajo corneal, en comparación con la técnica manual con microqueratomo mecáni-

co (1). Sin embargo, tiene algunas complicaciones únicas, relacionadas con la formación de burbujas de gas a partir de la fotodisrupción del LFS en el estroma corneal. Las burbujas de gas generalmente se disuelven o liberan a través del canal de ventilación o escape, sito en la bisagra del flap, para evitar la formación de la capa opaca de burbujas u OBL, por sus siglas en inglés (2), de la que hemos tratado en el capítulo anterior. Pero las burbujas también pue-

den migrar anteriormente, lo que se conoce como paso vertical de gas «*vertical gas breakthrough*», o pasar a cámara anterior (CA). Estas son dos complicaciones intraoperatorias infrecuentes pero específicas de la técnica Femto-LASIK (3,4).

PASO VERTICAL DE GAS «VERTICAL GAS BREAKTHROUGH»

Etiología/Factores de riesgo

El paso vertical de gas es una complicación infrecuente pero potencialmente severa durante la creación del flap corneal con LFS, con una incidencia variable entorno al 0,25% (entre 0 y un 1,3%), según los estudios y el tipo de plataforma LFS empleado (1). Las burbujas de cavitación del LFS pueden dirigirse hacia arriba, de forma vertical, disecionando el tejido en dirección al epitelio, provocando el **paso vertical de gas entre el plano de disección y el espacio subepitelial**, causando la complicación conocida como «*vertical gas breakthrough*» (5). Las burbujas pueden permanecer por debajo de la capa de Bowman o incluso atravesar el epitelio provocando un desgarro en el mismo. La existencia de una ruptura focal en la capa de Bowman por un LASIK previo o

por una cicatriz corneal podría favorecer una ruptura epitelial por el gas (6). En estos casos el LFS no puede fotodisrumpir el estroma corneal en una pequeña porción de la interfaz, o puede encontrar una resistencia provocada por tejido cicatricial (7).

Los factores de riesgo descritos para la producción de un paso vertical de gas incluyen (5):

- Lentículos finos ($\leq 100 \mu\text{m}$).
- Presencia de cicatrices corneales previas.
- Roturas o defectos focales de la capa de Bowman, a través de las cuales pueden escapar los subproductos gaseosos subepiteliales. Hay que tener especial precaución en los casos de distrofia de membrana basal epitelial (7).

Es importante, en el estudio preoperatorio, indagar sobre cirugías o traumatismos oculares previos que puedan haber provocado roturas en la capa de Bowman, como queratotomía radial previa, incisiones astigmáticas, pterigion o extracciones de cuerpos extraños corneales. El paciente debe ser informado preoperatoriamente de la posibilidad de una complicación del lentículo y que, en caso de presentarse, no se realizará la ablación con láser excímer. El conocimiento por parte del paciente reduce la presión sobre el cirujano para que proceda con una ablación que puede no ser apropiada.

Características intraoperatorias

El diagnóstico generalmente se realiza de forma intraoperatoria, al apreciarse el paso de gas vertical durante la fase del patrón de trama del procedimiento. Observaremos la aparición de un área limpia (más oscura que el resto) en el patrón de trama que avanza, o bien una burbuja de aire dentro de la interfaz entre el cono de aplanación y la superficie de la córnea. Ante esta situación debemos detener la construcción del colgajo, si es posible, antes de la creación de los cortes laterales del epitelio y de la capa de Bowman. De esta manera, la córnea del paciente regresará a su estado preoperatorio en unos pocos días sin repercusión visual.

Se han descrito 2 tipos de burbujas en el paso vertical de gas. Las burbujas con una **aparición blanco-grisácea** suelen aparecer en las roturas parciales y las burbujas con **aparición más negra y profunda** suelen corresponder a roturas completas.

Cuando las burbujas permanecen debajo de la capa de Bowman, se nota un adelgazamiento focal

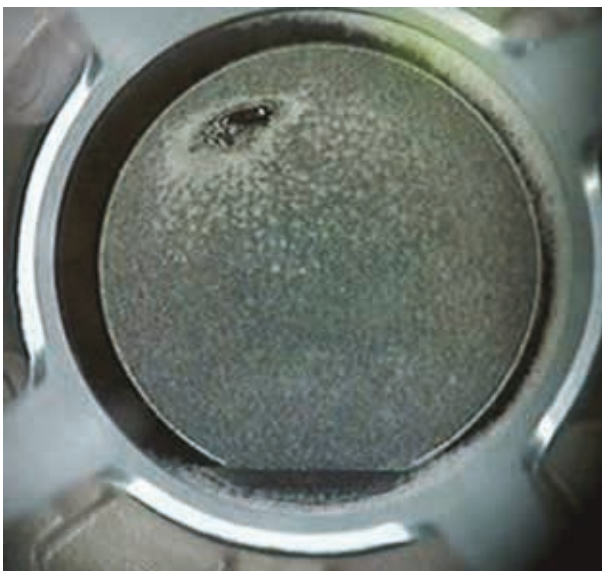


Figura 1. Paso vertical de gas durante la cirugía Femto-LASIK. Obsérvese la zona en la que no se ha completado el paso del LFS. Si intentamos disecar el flap, corremos el riesgo de crear un buttonhole iatrogénico, por lo que en este caso lo mejor es abortar el procedimiento y valorar una nueva cirugía en un segundo tiempo. Fotografía cortesía del Dr. Peter S. Binder.

en el flap en la zona afectada. En este momento debemos valorar el tamaño y localización antes de proceder al levantamiento del flap. Si se ha producido rotura epitelial se debe considerar como un ojal (*buttonhole*), no levantar el lentículo y colocar una lente de contacto terapéutica abortando el procedimiento (fig. 1).

Manejo terapéutico

Si una queratectomía tiene una superficie irregular hay un encaje perfecto entre la cara posterior del lentículo y el lecho estromal. Por lo tanto, si como consecuencia de un paso vertical de gas tenemos un flap más fino o irregular en esa zona, si nuestra actitud simplemente consiste en no proceder al levantamiento del mismo, o a recolocar en su posición sin aplicar la ablación láser, el paciente volverá a la refracción preoperatoria y a su agudeza visual mejor corregida en el postoperatorio inmediato.

Los problemas surgen cuando el lecho estromal irregular se modifica con un intento de ablación de modo que la irregularidad del lentículo ya no coincide con el estroma subyacente ablacionado. Este desajuste puede conducir a una pérdida de líneas de agudeza visual mejor corregida. Por esta razón, ante un paso vertical de gas es necesario ser cauteloso y proceder a una valoración individual de cada caso.

- Si el paso de gas es pequeño (menos de 1,5 mm²), focal y periférico, se puede proceder a la disección cuidadosa del flap (evitando crear un *buttonhole* iatrogénico) y a la posterior ablación (8).

- Si el paso de gas afecta a un área grande o involucra el área pupilar, se recomienda **abortar el procedimiento sin intentar disecar el lentículo** y planear un procedimiento de **ablación de superficie** (AS) con posterioridad (7), o **volver a cortar el lentículo a un nivel más profundo empleando el microqueratomo mecánico** (5,8).

En caso de optar por realizar una AS, se recomienda **demorar esta cirugía unos días o semanas** con el fin de que se reduzca primero la inflamación aguda en el estroma inducida por la fotodisrupción del LFS (7). En todos los casos de AS sobre un flap de LASIK complicado, se recomienda **emplear siempre mitomicina C al 0,02%** (independientemente de la profundidad de ablación) debido al alto riesgo de desarrollo de *haze* postoperatorio (9).

- Algunos autores distinguen el manejo dependiendo de si la burbuja aparece en la interfaz de aplanamiento, durante la creación del colgajo, antes o después del avance del frente del láser. Cuando la ruptura de una burbuja de gas se extiende por delante del frente de avance del láser en la creación del colgajo, la cirugía debería interrumpirse y demorarse para realizar un segundo procedimiento. Sin embargo, si ocurre detrás del borde del láser que avanza, el colgajo se puede levantar con cuidado y completar el LASIK (7).

- Algunos autores han reportado la posibilidad de realización de un **nuevo flap con LFS**, disminuyendo el diámetro de corte, con buenos resultados, aunque indicando mayor dificultad de reposicionamiento y alineación de la solapa por la presencia de dos cortes laterales (10). Sin embargo, otros autores advierten del **riesgo de recurrencia del paso vertical de gas en la misma zona anatómica**, aun cuando el segundo paso del LFS se realice de forma diferida y programada a una profundidad mayor (8).

- En el caso de que se haya producido una rotura epitelial evidente, se debe considerar como un ojal en el lentículo (*buttonhole*), ya que en esa zona no se ha producido el corte del LFS en el plano estromal. Por tanto, en estos casos nunca se debe intentar disecar el lentículo porque podemos inducir un *buttonhole* iatrogénico. La mejor opción en estos casos es abortar el procedimiento sin intentar la disección del lentículo y colocar una lente de contacto. Se han propuesto varios métodos para gestionar los ojales. Se puede considerar repetir el corte con un colgajo más grueso (20-60 µm más profundo) (8,10), o realizar un procedimiento de ablación de superficie (PRK o LASEK) (7) aplicando siempre mitomicina C al 0,02% (9,11), después de que el corte laminar haya cicatrizado.

Pronóstico visual

Los cortes irregulares del lentículo pueden provocar una disminución de agudeza visual, deslumbraamiento o halos transitorios, pero, en general, raras veces provocan una pérdida visual significativa o un cambio en el error de refracción, a menos que el cirujano proceda con la ablación. En general, los ojales en el lentículo son infrecuentes y tratables con excelentes resultados siempre que se cuente con el buen juicio del cirujano y la educación del paciente

en el momento de tal evento. El cirujano debe vigilar la aparición de cicatrices (*haze*) o crecimiento epitelial en el área del ojal que pueda impedir un buen resultado a pesar del retratamiento. Si ocurren estas complicaciones, el tratamiento debe centrarse primero en prevenir las cicatrices que pueden impedir un buen resultado con un segundo procedimiento refractivo.

Los pacientes que se someten a ablación con láser excímer a pesar de un ojal en el lentículo pueden desarrollar una disminución de agudeza visual corregida, deslumbramiento, halos, diplopía y sensibilidad a la luz. Aunque es poco común, la penetración vertical de gas con escape de gas a través del lentículo corneal central puede asociarse con crecimiento epitelial hacia la interfase, cicatrización corneal y microestrías (6), lo que puede limitar la capacidad del cirujano para repetir con éxito el procedimiento LASIK en una fecha posterior.

BURBUJAS DE GAS EN CÁMARA ANTERIOR

Etiología/Factores de riesgo

La incidencia reportada de burbujas de gas en CA durante la creación del lentículo de LASIK con el LFS es variable, oscilando entre 0,14 y 1,6% según los estudios (4,12-14). Aunque se trata de un evento de baja incidencia, no es infrecuente cuando se practica la cirugía Femto-LASIK en ojos asiáticos (4).

Se han sugerido diferentes teorías sobre los posibles **mecanismos etiopatogénicos** implicados en el paso de las burbujas de gas a CA, entre ellas:

- Migración de las burbujas de gas a través del estroma posterior y el endotelio, sin ser absorbidas por la bomba endotelial, y con posterior aparición en CA (12). En contra de esta hipótesis, no se ha evidenciado daño endotelial tras la migración de burbujas de gas a CA (15).
- Fotodisociación directa del humor acuoso producida por los rayos del LFS, o efecto de cavitación directa en el humor acuoso debido a los rápidos cambios de presión en la interfase corneal laminar durante el procedimiento Femto-LASIK (16).
- La entrada de las burbujas de gas a CA por el canal de Schlemm, a través de la malla trabecular, es la teoría más extendida entre los autores (4,13). Además, se ha evidenciado este paso mediante videos quirúrgicos (17).

Respecto a los **factores de riesgo** relacionados con la aparición de burbujas en CA debemos destacar (18,19):

- Diámetro corneal: una córnea más pequeña supondría un mayor riesgo de paso de burbujas a CA.
- Tamaño del lentículo: la realización de un flap o colgajo de mayor tamaño aumentaría el riesgo de paso de burbujas a CA.
- Grado de aplanamiento corneal: cuanto mayor aplanamiento se genera durante la creación del flap habría mayor riesgo de paso de gas a CA.

Por todo ello, en ojos con diámetro corneal pequeño, como los asiáticos, se recomienda reducir el tamaño del flap (<9 mm), lo que alejaría el borde del lentículo del limbo, disminuyendo así la posibilidad de migración de las burbujas de gas hacia la CA a través de la red trabecular (4).

Características intraoperatorias

La aparición de burbujas de gas en CA se observa, durante el corte laminar, generalmente en el sector inferior, con frecuencia inferonasal (14). Se ha descrito estar **inmediatamente precedido por un anillo laminar periférico de 360 grados de OBL profundo**, que disecciona cerca de la ubicación de la línea de Schwalbe. Además, se ha observado la ausencia de burbujas de cavitación para evacuar a través de la incisión del canal de ventilación (13). Se ha destacado predominancia en ojo izquierdo (70%), y bilateralidad en un 10% de los casos (4). Tras la aplanación, las burbujas se sitúan en el área pupilar por lo que, según tamaño y morfología interferirán con el sistema de seguimiento pupilar del láser excímer en el 60% de los casos (14,20).

Manejo terapéutico

Es posible que las burbujas de gas en CA no afecten a la práctica y al resultado de la cirugía LASIK, pero, en ocasiones, **pueden interferir con el sistema de seguimiento del láser excímer**. Puede resultar útil atenuar la luz durante el registro del sistema de seguimiento, para facilitar su activación.

En los casos en que las burbujas no permitan la identificación y rastreo del láser, podemos optar por dos alternativas (21):

– **Retrasar el levantamiento del colgajo hasta que se disipen las burbujas.** La cirugía se puede completar horas más tarde, en casi todos los casos, sin más complicaciones, al permitir que las burbujas se reabsorban. Esto conlleva un retraso en la realización de la cirugía, que puede oscilar entre minutos y varias horas, pero es el procedimiento recomendado por la mayoría de los autores (13).

– **Proceder al levantamiento del flap y a la realización del tratamiento ablativo mediante un centrado manual** durante todo el proceso. Esto requiere cierta colaboración del paciente y habilidad del cirujano para mantener un correcto centrado.

Pronóstico visual

Los diferentes estudios avalan la ausencia de complicaciones postoperatorias, presentando los pacientes una ablación centrada y alcanzando la agudeza visual objetivo en todos los casos (13,14).

BIBLIOGRAFÍA

- Kanclerz P, Khoramnia R. Flap thickness and the risk of complications in mechanical microkeratome and femtosecond laser in situ keratomileusis: a literature review and statistical analysis. *Diagnostics* 2021; 11: 1588.
- Courtin R, Saad A, Guilbert E, et al. Opaque bubble layer risk factors in femtosecond laser-assisted LASIK. *J Refract Surg* 2015; 31: 608-612.
- Farjo AA, Sugar A, Schallhorn SC, et al. Femtosecond lasers for Lasik flap creation: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2013; 120: e5-e20.
- Niparugs M, Supalaset S, Tangmonkongvoragul C, et al. Incidence and predisposing factors of anterior chamber gas bubbles during femtosecond laser flap creation. *Int J Ophthalmol* 2020; 13: 1334-1337.
- Srinivasan S, Herzig S. Sub-epithelial gas breakthrough during femtosecond laser flap creation for LASIK. *Br J Ophthalmol* 2007; 91: 1373.
- Alió JL, Wróbel D, Abbouda A. Vertical gas breakthrough during femtosecond laser flap. En: *Difficult and complicated cases in refractive surgery*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2015; 117-119.
- Ribeiro GC, Krueger RR. Management of bilateral gas-bubble breakthrough during femtosecond LASIK in the presence of anterior basement membrane dystrophy. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 1736-1739.
- Chang JS, Lau S. Intraoperative flap re-cut after vertical gas breakthrough during femtosecond laser keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 173-177.
- Muller LT, Candal EM, Epstein RJ, et al. Transepithelial phototherapeutic keratectomy/photorefractive keratectomy with adjunctive mitomycin-C for complicated LASIK flaps. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 291-296.
- Wei CH, Mei LX, Ge Y, et al. Managements of vertical gas breakthrough in femtosecond laser assisted LASIK. *Int J Ophthalmol* 2020; 13: 1503-1504.
- Lane HA, Swale JA, Majmudar PA. Prophylactic use of mitomycin-C in the management of a buttonholed LASIK flap. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 390-392.
- Lifshitz T, Levy J, Klemperer I, et al. Anterior chamber gas bubbles after corneal flap creation with a femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 2227-2229.
- Rush SW, Cofoid P, Rush RB. Incidence and outcomes of anterior chamber gas bubble during femtosecond flap creation for laser-assisted in situ keratomileusis. *J Ophthalmol* 2015; 2015: 542127.
- Robert MC, Khreim N, Todani A, Melki SA. Anterior chamber gas bubble emergence pattern during femtosecond LASIK-flap creation. *Br J Ophthalmol* 2015; 99: 1201-1205.
- Tomita M, Watabe M, Waring GO IV, et al. Corneal endothelial cell density after myopic intra-LASIK and the effect of AC gas bubbles on the corneal endothelium. *Eur J Ophthalmol* 2011; 21: 363-367.
- Utine CA, Altunsoy M, Basar D. Visante® anterior segment OCT in a patient with gas bubbles in the anterior chamber after femtosecond laser corneal flap formation. *Int Ophthalmol* 2010; 30: 81-84.
- Soong HK, de Melo Franco R. Anterior chamber gas bubbles during femtosecond laser flap creation in LASIK: video evidence of entry via trabecular meshwork. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 2184-2185.
- Shah DN, Melki S. Complications of femtosecond-assisted laser in situ keratomileusis flaps. *Semin Ophthalmol* 2014; 29: 363-375.
- Faktorovich EG. *Femtodynamics: A guide to laser settings and procedure techniques to optimize outcome with femtosecond lasers*. Thorofare: Slack Inc., 2009.
- Kuo AN, Kim T. Persistent anterior chamber gas bubbles during IntraLASIK. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 1134-1135.
- Srinivasan S, Herzig S. Management of anterior chamber gas bubbles during IntraLASIK. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2010; 41: 482-484.

