Cirugía de cristalino: límites actuales, variables invisibles y horizontes reales

PEREZ SILGUERO D

La cirugía de cristalino constituye, en la actualidad, el procedimiento quirúrgico más realizado a nivel mundial, con estimaciones que superan los 25 millones de intervenciones anuales, cifra en continuo incremento como consecuencia del envejecimiento poblacional y del aumento de la esperanza de vida[1]. No obstante, y de forma paradójica, la catarata continúa siendo la principal causa de ceguera reversible a nivel global, con una carga especialmente relevante en regiones con acceso limitado a cirugía[2]. Esta coexistencia entre sofisticación tecnológica y desigualdad asistencial define el contexto en el que evoluciona hoy la cirugía del cristalino.

Desde una perspectiva técnica, la facoemulsificación se ha consolidado como estándar en países desarrollados, donde representa más del 95% de los procedimientos. Se trata de una cirugía altamente segura, con tasas de complicaciones intraoperatorias mayores en torno al 1–2% en grandes series (4).

Aún así, la cirugía extracapsular manual mantiene su papel en determinados entornos[3]. En este sentido, un estudio realizado en India en 2022 muestra que la facoemulsificación representa aproximadamente el 67% de las intervenciones, la cirugía manual de pequeña incisión (MSICS) alrededor del 36%, mientras que la cirugía asistida por láser de femtosegundo (FLACS) se mantiene en cifras muy bajas, en torno al 1% (5); factores económicos, logísticos y de accesibilidad siguen condicionando de manera decisiva la elección técnica a nivel global.

Sin embargo, el cambio más relevante en las últimas décadas no ha sido únicamente técnico, sino también conceptual. La cirugía de catarata ha dejado de ser un procedimiento meramente rehabilitador para convertirse en una plataforma refractiva integral, en la que el objetivo ya no es solo eliminar la opacidad del cristalino, sino optimizar la calidad visual global del paciente. En este contexto, una proporción creciente de intervenciones —estimada en torno al 30% en áreas desarrolladas— introduce objetivos refractivos (6).

Pero la consecución de dicho objetivo tiene aún a día de hoy muchas limitaciones. A pesar de los avances en biometría (precisión y repetibilidad) y en el cálculo de la lente intraocular (fórmulas de última generación, IA), la meta refractiva continúa siendo imperfecta. Uno de los desafíos actuales no reside únicamente en corregir aberraciones de bajo orden, como el desenfoque o el astigmatismo, sino en abordar las aberraciones de alto orden, particularmente el coma (Z_3^{-1} / Z_3^{1} en Zernicke), que condicionan de forma significativa la calidad visual percibida. Las LIO contemporáneas han optimizado la aberración esférica (Z_4^{0}) (cuya eficacia daría para escribir otro artículo, debido a las controversias que genera, por su efecto sobre el centrado, y a su eficacia real dependiente absolutamente de la dinámica pupilar, y los lúmenes del entorno), pero su capacidad para compensar aberraciones complejas sigue siendo nula (excepto las escasas plataformas basadas en modelos tipo pinhole), especialmente en sistemas ópticos no ideales (7). Y limito aquí la discusión al cuarto orden, pese a que la cascada de aberraciones se prolonga hacia órdenes superiores de forma prácticamente indefinida. Desde un punto de vista teórico, sería deseable compensar al menos hasta el sexto or-

Correspondencia: dpsilguero@gmail.com

den del polinomio, considerado clínicamente relevante en términos de calidad visual; no obstante, esta aspiración permanece,a día de hoy fuera de nuestro alcance.

Este problema se ve agravado por la dependencia del centrado y del tilt de la lente intraocular, particularmente en diseños multifocales, en los que pequeños descentramientos pueden traducirse en una degradación con repercusión clínica de la calidad visual (8). A ello se suman las limitaciones biométricas en ojos extremos o anatómicamente atípicos (ojos cortos con cámaras amplias, por ejemplo), donde la predicción de la posición efectiva de la lente (ELP) continúa siendo uno de los principales puntos débiles (9).

A este respecto, conviene recordar que el saco capsular, sobre el que se apoya el sistema óptico implantado, modula -a peor- los resultados, pues no constituye una estructura geométricamente ideal ni medible en toda su amplitud. Fenómenos como la fibrosis capsular, la contracción asimétrica y la variabilidad en la interacción lente–cápsula condicionan el centrado y la posición efectiva de la lente intraocular, introduciendo una fuente adicional de incertidumbre en los resultados refractivos. En última instancia, la cirugía de catarata se apoya sobre una estructura biológica no medible actualmente, en ocasiones anatómicamente irregular, cuyo comportamiento es dinámico, no uniforme y difícilmente predecible (26).

En este contexto, resulta cada vez más evidente que el éxito de la cirugía no puede definirse exclusivamente en términos de agudeza visual o equivalente esférico, con una población más dinámica y referido a intervenciones que se realizan cada vez a edades más tempranas. De ahí el aumento en el número de papers con respecto al denominado síndrome de disfunción del cristalino, esa etapa de la fisiología cirstaliniana previa a la aparición de opacidad. El término engloba el espectro continuo de cambios relacionados con el envejecimiento del cristalino. Los cambios fundamentales incluyen la insolubilización progresiva de las fibras del núcleo del cristalino durante las primeras cinco décadas de vida, la formación de agregados de alto peso molecular, y la disminución de la deformabilidad del núcleo del cristalino que caracteriza la presbicia. Con el envejecimiento adicional, hay una caída en la transmisión de luz, y un aumento de la dispersión y de la absorción espectral, con la consecuente disminución de sensibilidad al contraste y disfotopsias, tal y como describieron por primera vez Waring GO IV, et al. en 2016 en la editorial «Dysfunctional Lens Syndrome: A New Paradigm for Refractive Surgery.» del *Journal of Refractive Surgery* de 2016.

La literatura reciente subraya la creciente importancia de los patient-reported outcome measures (PROMs) como herramienta fundamental para evaluar la calidad visual percibida (10), incluyendo fenómenos como halos, glare, sensibilidad al contraste o satisfacción global del paciente. Este cambio de paradigma refleja que la cirugía de cristalino actúa no solo sobre un sistema óptico, sino sobre un sistema visual complejo, en el que intervienen factores perceptivos y por tanto corticales complejos.

En relación con ello, persisten importantes incógnitas sobre variables que influyen en la respuesta individual. Parámetros como el ángulo kappa o el ángulo alpha siguen ocupando un lugar incierto en la práctica clínica. La evidencia disponible no demuestra una relación lineal y universal ente estos parámetros y los resultados tras implante de lentes multifocales, aunque sugiere una posible influencia en la calidad visual subjetiva (11). En la práctica, pacientes con biometrías similares pueden presentar resultados funcionales muy distintos, lo que pone de manifiesto nuestra limitada capacidad para predecir la neuroadaptación y la tolerancia a fenómenos ópticos o entópticos como las miodesopsias (12).

A esta complejidad se añade un factor frecuentemente infravalorado: la superficie ocular. Las guías recientes de la European Society of Cataract and Refractive Surgeons insisten en la necesidad de identificar y tratar previamente la enfermedad de superficie ocular, ya que puede alterar la queratometría y la biometría, incrementando el riesgo de error refractivo[13]. No abordar este problema antes de la intervención condiciona su empeoramiento en el postoperatorio, ya que la superficie ocular se ve adicionalmente alterada por múltiples factores inherentes al acto quirúrgico, como el uso de antisépticos en el fondo de saco conjuntival, la exposición a la luz del microscopio, la acción del blefarostato, la duración del procedimiento o la administración posterior de tratamientos tópicos con conservantes.

Desde el punto de vista tecnológico, la adopción ha sido desigual. La introducción del láser de femtosegundo (FLACS) generó inicialmente grandes expectativas, pero su implantación ha sido limitada —generalmente inferior al 15%— debido a la ausencia de beneficios clínicos consistentes frente a la facoemulsificación convencional en casos no complejos y a su mayor coste (14).

Por el contrario, la cirugía bilateral inmediata secuencial (ISBCS) ha ganado progresiva aceptación. Conviene recordar, sin embargo, que su implantación no ha estado exenta de controversia. En nuestro entorno, fue impulsada hace más de dos décadas por los Dres. David y Miguel A. Pérez Silguero, el Dr. Henríquez de la Fé, y el Dr. Goás Iglesias de Ussel, quienes, convencidos de sus ventajas, comenzaron a aplicarla de forma sistemática en un ambiente oftalmológico ciertamente adverso. Realmente era remar en contra de lo aceptado. Esa labor favoreció su incorporación a los protocolos clínicos de la Sociedad Canaria de Oftalmología en 2005 (27), su proyección internacional en la ESCRS de Barcelona de 2009 (los dres citados participaron en la elaboración de los protocolos internacionales, un decálogo imprescindible para quien la practica) y la publicación de uno de los trabajos más amplios sobre cirugía bilateral de cataratas en *Journal of Cataract and Refractive Surgery* (28) (intevino también el Dr Humberto Carreras). Además, el autor de esta revisión (DPS) figura entre los editores de la única monografía (libro) dedicada íntegramente a esta técnica (29). Hoy, la ISBCS forma parte de la práctica habitual en algunos centros de Canarias, y conocer este recorrido resulta especialmente valioso para las nuevas generaciones de oftalmólogos.

En el ámbito de las lentes intraoculares, la clasificación funcional propuesta por la European Society of Cataract and Refractive Surgeons ha permitido una mejor definición de las expectativas visuales reales (16). No obstante, persisten limitaciones importantes, tanto en términos de calidad óptica como de predictibilidad individual. Entre los problemas clásicos aún no resueltos, la opacidad de cápsula posterior (OCP) continúa siendo la complicación tardía más frecuente, con tasas que pueden alcanzar el 20-40 % a largo plazo (17). La capsulotomía Nd:YAG, aunque eficaz, representa una solución diferida no exenta de complicaciones. Las líneas de investigación actuales apuntan hacia la modulación biológica del saco capsular mediante recubrimientos, liberación farmacológica o dispositivos específicos (18). Otro aspecto que adquiere creciente relevancia es la durabilidad biomecánica y biológica del complejo LIO–saco capsular. Fenómenos como la luxación tardía in-the-bag, aunque poco frecuentes, son clínicamente relevantes, especialmente en determinados grupos de riesgo (19). Entre las complicaciones tardías destaca el síndrome del saco capsular muerto, que evidencia la pérdida progresiva de la integridad funcional del saco capsular y su impacto potencial en la estabilidad a largo plazo.

Un escenario particularmente complejo es el de los pacientes con patologías oculares potencialmente progresivas pero con afectación mínima en el momento de la cirugía (drusas, diabetes controladas, glaucomas iniciales). La evidencia disponible recomienda prudencia, especialmente con lentes multifocales, debido a su impacto sobre la sensibilidad al contraste y la posible peor tolerancia en caso de progresión de enfermedad. Autores como Maloof AG, en editorial publicada en Research Square, con el título *Should multifocal lenses be avoided in patients with concurrent pathology affecting the retina? A systematic review.* en marzo de 2026 establecen que no son una contraindicación absoluta y debe personalizarse cada caso. En este contexto, las lentes EDOF representan una alternativa intermedia, aunque no exenta de limitaciones (20).

Más allá de los aspectos clínicos y tecnológicos, emerge un nuevo eje de reflexión: la sostenibilidad. Editoriales recientes subrayan que el futuro de la cirugía de catarata dependerá también de su capacidad para adaptarse a modelos más eficientes y sostenibles (21). En este entorno la cirugía bilateral aporta evidentes ventajas.

En paralelo, el futuro de esta cirugía se apoya en líneas de investigación específicas: biomecánica de la acomodación, biología celular del cristalino, estrés oxidativo y estrategias de restauración acomodativa (22-24), junto con el desarrollo de inteligencia artificial y cirugía robótica asistida (25).

En conclusión, la cirugía de catarata se encuentra en una fase de transición compleja. Después de muchos años con pequeños cambios, relativos a la fluídica de los facoe-

mulsificadores, y algunos discretos avances en lentes intraoculares, estamos asistiendo a un cambio relevante en todos los órdenes: fluídicas con control de PIO intraquirúrgico, fórmulas de cálculo y diseño de lentes por IA, robótica (en diagnóstico y cirugía)… Realmente apasionante: Ya se avanza en cirugía «cold», sin ultrasonidos, con láseres que fragmentan en microvolúmenes aspirables, sin daño térmico ni turbulencias: El sistema IRISS permitirá la cirugía robótica, con un cirujano suervisando varios quirófanos simultáneamente, usando IA predictiva intraoperatoria; lentes con componentes fluidos o electrónicos, con ajuste dinámico del foco en tiempo real. Increíble.

Pero a pesar de su elevado grado de desarrollo, persisten limitaciones relevantes en la calidad óptica, la predictibilidad biométrica, la respuesta neurovisual y la estabilidad a largo plazo. El futuro no dependerá únicamente de nuevas tecnologías quirúrgicas, sino de nuestra capacidad para integrar avances en óptica, biología, ingeniería y percepción visual. Más allá de eliminar una opacidad, el reto será restaurar un sistema visual funcional, adaptable, duradero y verdaderamente personalizado.

BIBLIOGRAFÍA

1. World Health Organization. *World report on vision.* Geneva: WHO; 2019.
2. Bourne RRA, Steinmetz JD, Flaxman S, et al. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years. *Lancet Glob Health.* 2021;9:e144-60.
3. Lundström M, Barry P, Henry Y, Rosen P, Stenevi U. Cataract surgery practice patterns in Europe. *J Cataract Refract Surg.* 2017;43:1130-6.
4. Day AC, Donachie PHJ, Sparrow JM, Johnston RL. The Royal College of Ophthalmologists' National Ophthalmology Database study of cataract surgery. *BMJ Open.* 2015;5:e006786.
5. Gogate P, et al. Practice patterns of cataract surgeons in India. *Indian J Ophthalmol.* 2022;70.
6. Market Scope. *IOL market report.* St. Louis: Market Scope; 2023.
7. Artal P. Optical quality of the eye and intraocular lenses. *J Refract Surg.* 2015;31.
8. Holladay JT, et al. Decentration of intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.*
9. Kane JX, et al. Intraocular lens power calculation formulas. *Ophthalmology.*
10. Patient-reported outcomes in cataract surgery. *CRST Eur.* 2025.
11. Kohnen T, et al. Angle kappa and visual outcomes. *Acta Ophthalmol.* 2025.
12. Pelak VS, et al. Neuroadaptation in intraocular lenses. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2025.
13. European Society of Cataract and Refractive Surgeons. *Clinical guidelines.* 2025.
14. Kolb CM, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery outcomes. *Ophthalmology.* 2020;127.
15. Arshinoff SA, et al. Immediate sequential bilateral cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2017;43:1133-43.
16. European Society of Cataract and Refractive Surgeons. Functional classification of intraocular lenses.
17. Zhao X, et al. Posterior capsule opacification. 2025.
18. Hilterhaus C, et al. Prevention of capsular fibrosis. 2025.
19. Davis D, et al. Late in-the-bag intraocular lens dislocation. *Ophthalmology.* 2009;116:664-70.
20. Asia-Pacific Association of Cataract and Refractive Surgeons. Consensus on intraocular lenses. 2025.
21. O'Brart DPS. Sustainability in cataract surgery. *Eye.* 2025.
22. Bassnett S, Shi Y, Vrensen GFJM. Biological glass: structural determinants of eye lens transparency. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2011;366:1250-64.
23. Gu Y, et al. Lens epithelial stem cells and regeneration. *Stem Cell Res Ther.* 2025.
24. Lim JC, et al. Oxidative stress in lens aging. 2024.
25. Edwards TL, Xue K, Meenink HCM, et al. First-in-human study of robotic-assisted retinal surgery. *Nat Biomed Eng.* 2018;2:649-56.
26. Werner L. Capsular bag opacification and fibrosis. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34.
27. Pérez Silguero D, Amigó A, Pérez Silguero MA, Goás Iglesias de Ussel J, Henríquez de la Fe F. Protocolo de la cirugía de la catarata. *Soc Canar Oftalmol.* 2005;(16).
28. Serrano-Aguilar P, Ramallo-Fariña Y, Cabrera-Hernández JM, Pérez-Silguero D, Pérez-Silguero MA, Henríquez-de la Fe F, Goás-Iglesias de Ussel J. Immediately sequential versus delayed sequential bilateral cataract surgery: safety and effectiveness. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38(10):1734-42.
29. Arshinoff SA, Claoué C, Johansson B, Pérez Silguero D, Qi SR, Chen MY, Hébert M, eds. *Immediately Sequential Bilateral Cataract Surgery (ISBCS): Global History and Methodology.* 2022.