

Control biomecánico de la capsulorrexia: errores frecuentes y maniobras de rescate en cirugía de catarata

Biomechanical control of capsulorhexis: common errors and rescue maneuvers in cataract surgery

A. Ragosta

Servicio de Oftalmología. Admiravisió – Clínica Sagrada Família. Barcelona.

Correspondencia:

Andrea Ragosta

E-mail: dott.andrea.ragosta@gmail.com

Resumen

La capsulorrexia circular continua constituye uno de los pasos más determinantes de la cirugía de catarata, condicionando la estabilidad capsular, el implante de la lente intraocular y el resultado visual. Pequeñas desviaciones en el vector de tracción, en el manejo del colgajo o en la estabilidad de la cámara anterior pueden inducir roturas radiales. El presente artículo, de carácter educativo y técnico, sintetiza los principios biomecánicos del paso capsular, clasifica los errores intraoperatorios más habituales, describe maniobras de rescate eficaces y discute las adaptaciones requeridas en escenarios complejos, con implicaciones directas para la formación del cirujano de catarata.

Palabras clave: Capsulorrexia. Cirugía de catarata. Maniobras de rescate. Biomecánica capsular. Formación quirúrgica.

Resum

La capsulorrexia circular contínua constitueix un dels passos més determinants de la cirurgia de cataracta, atès que condiona l'estabilitat capsular, l'implant de la lent intraocular i el resultat visual. Petites desviacions en el vector de tracció, en el maneig del penjoll o en l'estabilitat de la cambra anterior poden induir trencaments radials. El present article, de caràcter educatiu i tècnic, sintetitza els principis biomecànics del pas capsular, classifica els errors intraoperatoris més habituals, descriu maniobres de rescat eficaces i comenta les adaptacions requerides en escenaris complexos, amb implicacions directes per a la formació del cirurgià de cataracta.

Paraules clau: Capsulorrexia. Cirurgia de cataracta. Maniobres de rescat. Biomecànica capsular. Formació quirúrgica.

Abstract

Continuous curvilinear capsulorhexis is among the most decisive steps in cataract surgery, determining capsular stability, intraocular lens placement and visual outcome. Small deviations in traction vector, flap handling or anterior chamber stability may trigger radial extension. This educational and technical article summarizes the biomechanical principles of the capsular step, classifies the most common intraoperative errors, describes effective rescue maneuvers, and discusses adaptations required in complex scenarios, with direct implications for cataract surgical training.

Keywords: Capsulorhexis. Cataract surgery. Rescue maneuvers. Capsular biomechanics. Surgical training.

Introducción

La capsulorrexia circular continua representa la arquitectura sobre la que se sostiene la cirugía moderna de la catarata¹. Una apertura capsular centrada, regular y resistente favorece una facoemulsificación segura, una manipulación controlada del saco capsular y un implante estable de la lente intraocular. Por el contrario, una rexis irregular o una extensión radial no controlada comprometen la integridad capsular y pueden condicionar complicaciones intraoperatorias y postoperatorias significativas.

Pese a la estandarización de la técnica, la capsulorrexia sigue siendo un paso exigente, en el que pequeñas variaciones en el vector de tracción, en la presión del colgajo o en la estabilidad de la cámara anterior pueden desviar progresivamente el corte. Reconocer estos patrones y disponer de maniobras de rescate adecuadas forma parte del bagaje técnico esperable del cirujano de catarata.

El propósito de este artículo es ofrecer una revisión técnica y educativa, de carácter eminentemente quirúrgico, orientada al control biomecánico de la capsulorrexia, a la identificación de los errores más frecuentes y a la sistematización de las maniobras correctoras. No se presenta como un análisis cuantitativo, sino como una guía técnica inspirada en la experiencia clínica y en el material presentado en el 56º Congreso de la *Societat Catalana d'Oftalmologia* (SCOFT 2025).

Principios biomecánicos de la capsulorrexia

La cápsula anterior se comporta como una membrana elástica anclada en la zónula, sometida a tensiones radiales y circunferenciales. Cualquier corte lineal introduce una concentración de tensión en su extremo, que tiende a propagarse siguiendo la dirección del vector de tracción aplicado². El control de la rexis es, por tanto, el control de ese vector.

La alineación inicial de la pinza con el colgajo resulta crítica: el instrumento debe aprehender el colgajo en un punto próximo al frente de desgarro, con suficiente tejido para mantener una presión estable y preservar el control rotacional (Figura 1).

La tracción debe mantener un componente centrípeto, dirigido hacia el centro de la capsulorrexia prevista, combinado con un componente tangencial suave que guíe la curvatura; los vectores

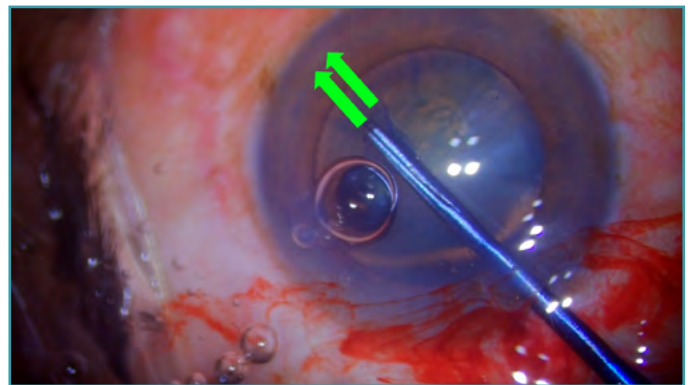


Figura 1. Alineación inicial entre pinza y colgajo. Presión del borde capsular en posición adecuada para transmitir el vector de tracción con control rotacional.

periféricos desplazan la fuerza hacia la zónula y favorecen la extensión radial. El ritmo debe ser lento y continuo, con tensión sostenida: los incrementos bruscos propagan el desgarro y las liberaciones repentinas comprometen la predictibilidad de la trayectoria. El pivote del instrumento, apoyado en la incisión principal, debe minimizar la deformación corneal y mantener la apertura de la pinza paralela y a profundidad constante respecto a la cápsula anterior, de modo que la tracción actúe exclusivamente sobre el colgajo.

La estabilidad de la cámara, sostenida por un viscoelástico adecuado, y la visibilidad del colgajo —con buen reflejo rojo o tinción capsular cuando procede— completan las condiciones del control biomecánico.

Errores técnicos frecuentes

Resulta útil agrupar los errores intraoperatorios en patrones recurrentes, cuyo reconocimiento precoz condiciona el pronóstico del paso capsular³.

- Presión inicial inadecuada: aprehensión del colgajo demasiado lejos del frente de desgarro o sobre un colgajo excesivamente pequeño o inestable, con pérdida de control rotacional y tendencia a tracciones incoordinadas.
- Tracción periférica y desviación precoz: desplazamiento del vector hacia la zónula, con elongación radial y riesgo de extensión hacia el ecuador capsular.
- Pérdida del borde del colgajo: deslizamiento de la cápsula bajo la pinza, habitualmente cuando el colgajo está plegado o cubierto de viscoelástico.

- Colgajo pequeño o incompetente: inicio insuficiente que impide una prensión segura y obliga a tracciones repetitivas, con trayecto irregular.
- Visibilidad deficiente por miosis: colgajo oculto bajo un iris poco dilatado, con interrupción del seguimiento visual del corte.
- Discordancia instrumento-tejido: elección de pinza o cistótomo no adaptada a las condiciones del caso, con pérdida de precisión en el gesto.

Este agrupamiento funciona como una clasificación docente, útil para que el cirujano en formación identifique con rapidez el tipo de error y proyecte la respuesta adecuada.

Maniobras de rescate intraoperatorio

El rescate de una rexis en dificultad se apoya en una premisa sencilla: toda tracción desfavorable debe ser interrumpida antes de ser corregida⁴. La primera maniobra es detener el gesto en

curso y reevaluar el vector, evitando compensar mediante fuerzas progresivamente más enérgicas.

Una vez interrumpida la tracción, la liberación y reaprehensión del colgajo en un punto más próximo al frente de desgarro restituye el control rotacional y permite redirigir el corte hacia una trayectoria centrípeta. Cuando la desviación ya ha comenzado, la redirección activa del vector hacia el centro de la capsulorrexis prevista suele ser suficiente para recuperar la geometría circular (Figura 2).

Si el borde se ha perdido o el colgajo resulta inviable, la creación de un nuevo colgajo —mediante una pequeña incisión capsular con cistótomo o pinza en un punto favorable— permite reiniciar el paso (Figura 3). Cuando el colgajo se fractura durante su progresión y el frente de avance queda interrumpido, las microtijeras capsulares permiten realizar un corte preciso en una zona de cápsula íntegra, generando un nuevo frente desde el cual reanudar la rexis de forma controlada (Figura 4).

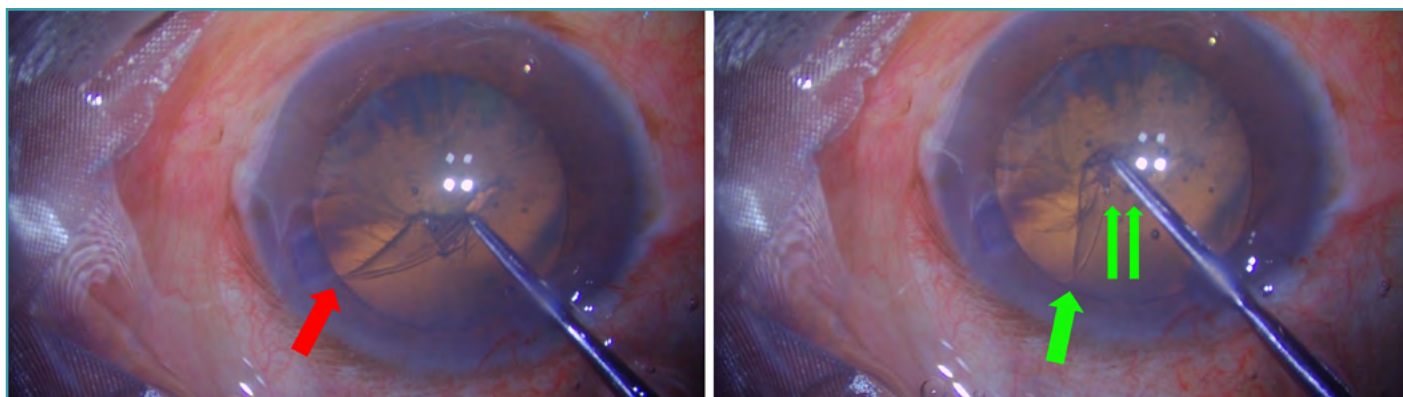


Figura 2. Tracción periférica con desviación precoz y redirección centrípeta para restaurar la geometría circular del corte.

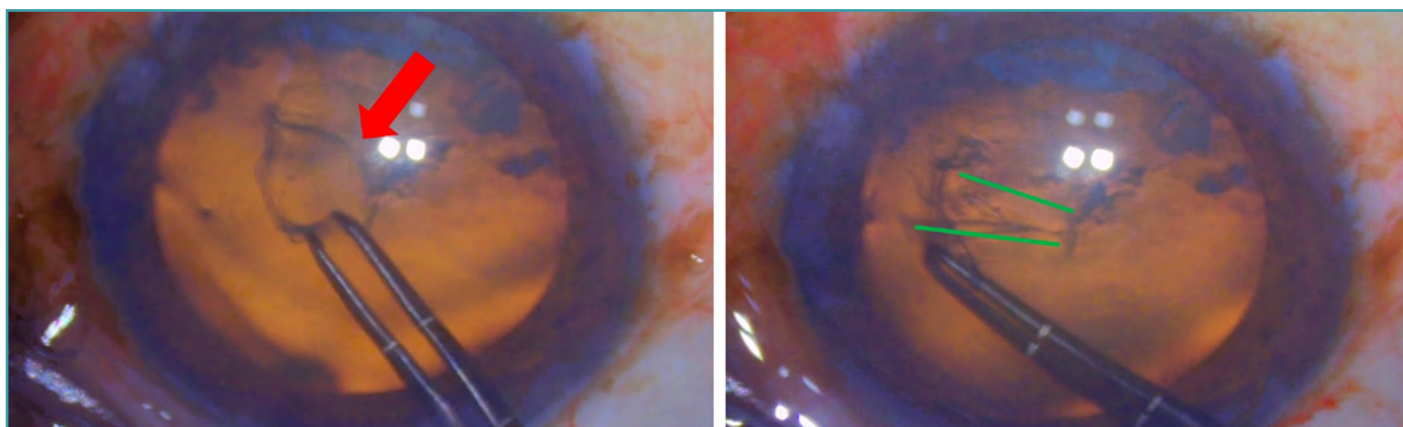


Figura 3. Colgajo incompetente y creación de un nuevo colgajo en un punto favorable para reiniciar el paso.

La reinyección de viscoelástico cohesivo restablece la profundidad de la cámara y ayuda a aplanar la cápsula anterior, favoreciendo un comportamiento más predecible del borde capsular (Figura 5). En situaciones de miosis, cuando el colgajo queda parcialmente oculto bajo el borde pupilar y la visualización directa es limitada, una

pinza de vástago largo puede permitir recuperarlo y completar, en casos seleccionados y por un cirujano experimentado, el trazado en la zona retroiridiana manteniendo un control seguro del borde capsular; se trata de una maniobra de alta exigencia técnica, reservada a cirujanos experimentados (Figura 6). Finalmente,

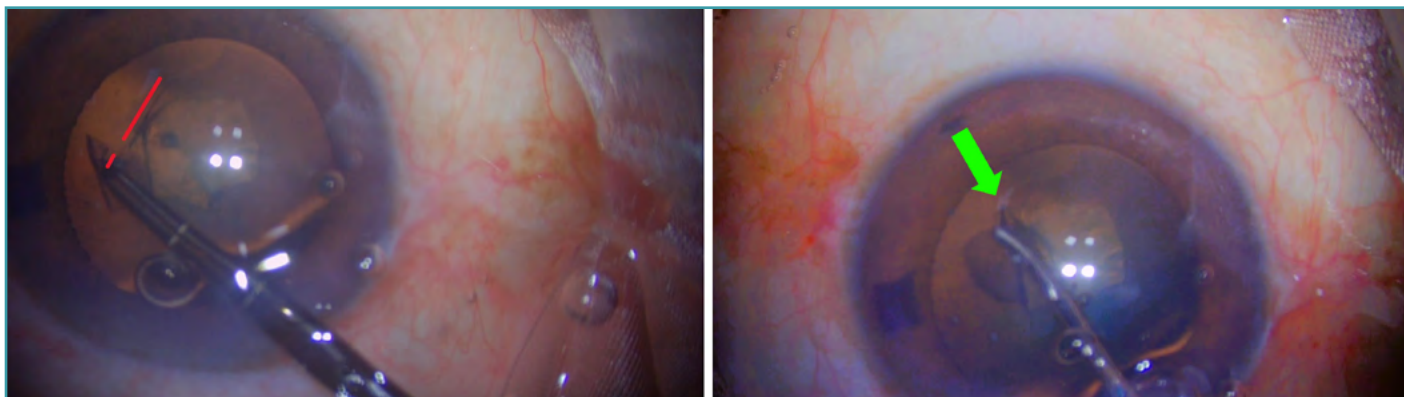


Figura 4. Fractura del colgajo durante su progresión: uso de microtijeras capsulares para realizar un corte controlado en una zona de cápsula íntegra y generar un nuevo frente desde el cual reanudar la capsulorrexis.

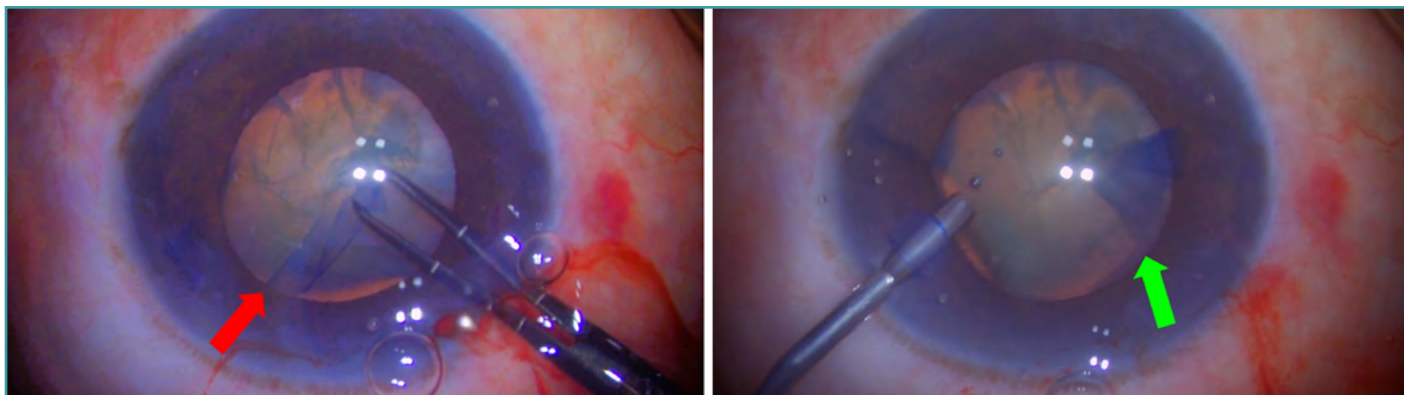


Figura 5. Colgajo oculto bajo pupila estrecha y recuperación mediante reinyección de viscoelástico cohesivo.

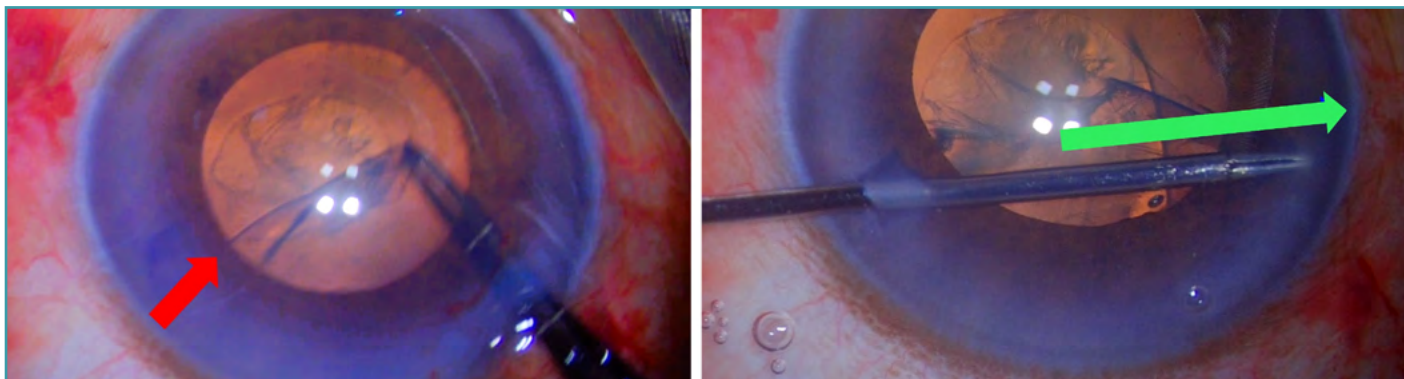


Figura 6. Colgajo perdido bajo el borde pupilar en situación de miosis: rescate con pinza de vástago largo y finalización de la capsulorrexis en la zona retroiridiana con visualización directa limitada. Maniobra de alta exigencia técnica, reservada a cirujanos experimentados y únicamente cuando puede mantenerse un control seguro del borde capsular.

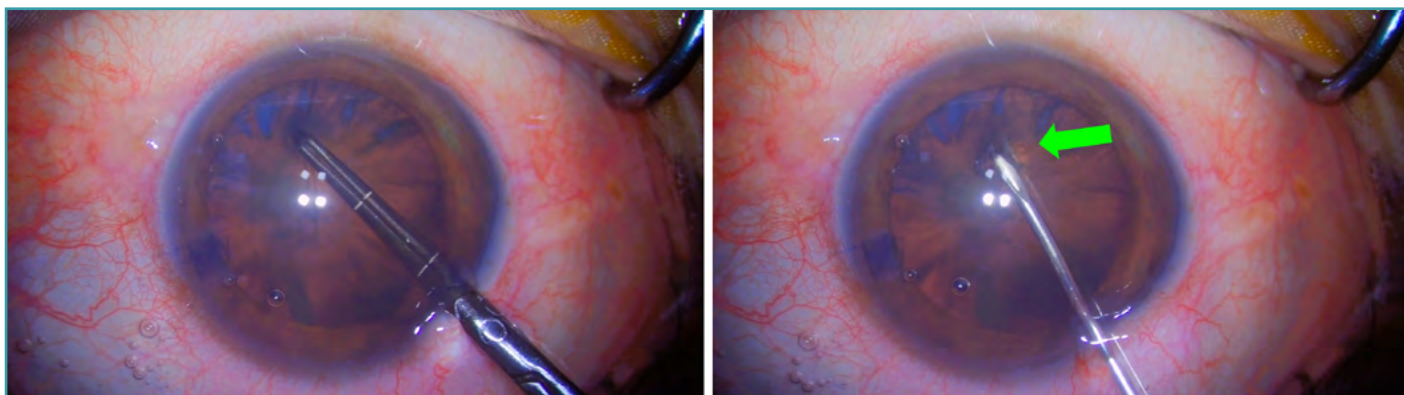


Figura 7. Cambio de pinza a cistótomo como maniobra de adaptación instrumental durante el paso capsular.

el paso de pinza a cistótomo, o viceversa, debe considerarse un recurso legítimo del cirujano experimentado: el objetivo no es completar el paso con un único instrumento, sino completarlo con seguridad (Figura 7).

Adaptación en situaciones complejas

Determinados escenarios exigen adaptar tanto la técnica como la expectativa sobre la rexis. La catarata blanca constituye, probablemente, el caso más representativo: la ausencia de reflejo rojo y la elevada presión intralenticular favorecen la extensión radial espontánea del corte⁵. La tinción capsular con azul de tripán mejora el contraste del colgajo y resulta especialmente útil. En cataratas intumescentes, cuando está indicada, la descompresión controlada del contenido lenticular, junto con un adecuado mantenimiento de la cámara anterior mediante viscoelástico cohesivo, contribuye a contrarrestar la presión intralenticular (Figura 8).

En la miosis intraoperatoria o en pupilas poco dilatables, el recurso a dispositivos de retracción iridiana —ganchos de iris o anillos pupilares expansores— expone adecuadamente la cápsula anterior y restaura el control visual del paso. En ojos con pobre reflejo rojo, la tinción capsular y una iluminación adaptada mejoran el contraste. Si además existe miosis o una pupila poco dilatada, los ganchos de iris o los anillos pupilares pueden mejorar la exposición capsular. Estas adaptaciones no son excepciones técnicas, sino extensiones lógicas del control biomecánico en condiciones adversas.

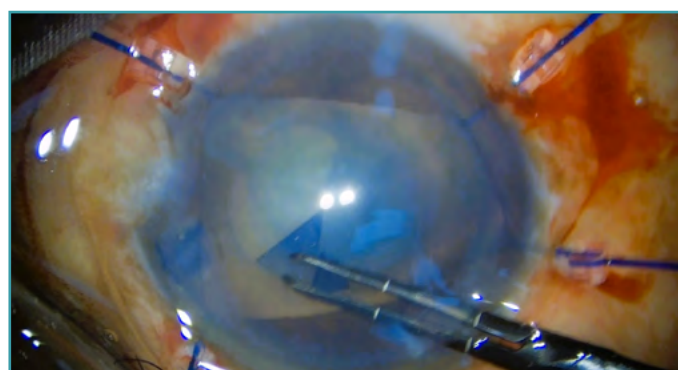


Figura 8. Catarata blanca: tinción con azul de tripán y exposición con ganchos de iris para optimizar el control visual y mecánico.

Ergonomía e instrumental

El diseño del instrumento condiciona la ergonomía y la precisión del gesto⁷. Las pinzas tipo Utrata representan un diseño convencional y proporcionan una prensión directa del colgajo, aunque su maniobrabilidad puede verse limitada a través de incisiones pequeñas. Los diseños microincisionales tipo Ikeda, con vástago fino, permiten reducir la distorsión de la herida durante la manipulación intraocular. Las pinzas tipo Inamura incorporan un mecanismo de acción cruzada (cross-action) que mantiene un perfil estrecho a nivel de la incisión y facilita el movimiento de las puntas dentro de la cámara anterior (Tabla 1).

Más allá del modelo, lo determinante es la coherencia entre incisión, instrumento y técnica: una incisión bien calibrada preserva la cámara, minimiza las fugas de viscoelástico y permite movimientos precisos sin deformar la córnea. La estabilidad y el control fino del vector de tracción son consecuencias directas de esta coherencia ergonómica.

Tabla 1. Comparación de pinzas de capsulorrexix: geometría del mango, características técnicas y escenario clínico preferente.

Instrumento	Diseño	Características técnicas	Escenario clínico preferente
Utrata	Diseño convencional	Presión directa del colgajo; maniobrabilidad condicionada por el tamaño de la incisión.	Incisión estándar / cirugía convencional.
Ikeda	Diseño microincisional de vástago fino	Permite manipulación a través de incisiones pequeñas, minimizando la distorsión de la herida.	Microincisión / acceso de pequeño calibre.
Inamura	Diseño de acción cruzada (cross-action)	Mantiene un perfil estrecho a nivel de la incisión y facilita la apertura y el cierre de las puntas dentro de la cámara anterior, reduciendo la deformación de la herida.	Cirugía por microincisión.

Implicaciones para el entrenamiento quirúrgico

El aprendizaje de la capsulorrexix trasciende la repetición técnica⁸. La curva de aprendizaje avanza en la medida en que el cirujano deja de reaccionar al error consumado y comienza a anticipar los patrones de riesgo. Esta transición de un control reactivo a un control proactivo constituye el elemento más transformador del aprendizaje temprano en cirugía de catarata.

El reconocimiento precoz del error —un vector desplazado, un colgajo fuera de plano, una cámara que se colapsa— permite intervenir cuando la rexis aún es recuperable. Detener el gesto a tiempo es una habilidad técnica en sí misma y debe entrenarse de forma explícita.

La revisión sistemática de vídeos quirúrgicos, propios y de cirujanos experimentados, constituye una herramienta formativa de alto rendimiento, complementaria a la simulación en cápsulas artificiales o en modelos experimentales⁹. La comprensión biomecánica del paso capsular aporta, finalmente, seguridad: un cirujano que entiende por qué la cápsula cede en una dirección determinada interpreta con mayor serenidad los momentos de dificultad y responde con maniobras racionales.

Conclusiones prácticas

El control de la capsulorrexix depende de cuatro condiciones simples y repetibles: una alineación inicial correcta entre instrumento y colgajo, una tracción predominantemente centrípeta, una cámara anterior estable y una respuesta temprana frente al error incipiente. Sobre estas bases se construye la mayor parte de las rexis seguras.

Disponer de un repertorio estructurado de maniobras de rescate —reaprensión del colgajo, redirección centrípeta, creación de un

nuevo colgajo, microtijeras capsulares, refuerzo con viscoelástico y adaptación a la miosis o a la catarata blanca— permite convertir situaciones comprometidas en pasos completados con seguridad. La formación del cirujano de catarata se beneficia especialmente de un enfoque biomecánico, que transforma la rexis en un gesto comprendido y no solo ejecutado.

Agradecimientos

El autor agradece a la *Societat Catalana d'Oftalmologia* el espacio científico ofrecido durante el 56è Congr s de la *Societat Catalana d'Oftalmologia* (SCOFT 2025), así como a los colegas y tutores cuyas observaciones quirúrgicas han contribuido a perfilar las reflexiones técnicas recogidas en este artículo.

Financiación

El autor declara no haber recibido financiación para la realización del presente trabajo.

Conflictos de interés

El autor declara no tener conflictos de interés.

Bibliografía

1. Gimbel HV, Neuhann T. Development, advantages, and methods of the continuous circular capsulorhexis technique. *J Cataract Refract Surg.* 1990;16(1):31-7. doi: 10.1016/S0886-3350(13)80870-X.
2. Arshinoff S. Mechanics of capsulorhexis. *J Cataract Refract Surg.* 1992;18(6):623-8. doi:10.1016/S0886-3350(13)80456-7.
3. Marques FF, Marques DM, Osher RH, Osher JM. Fate of anterior capsule tears during cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(10):1638-42. doi: 10.1016/j.jcrs.2006.05.013.
4. Little BC, Smith JH, Packer M. Little capsulorhexis tear-out rescue. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(9):1420-2. doi: 10.1016/j.jcrs.2006.03.038.

5. Chakrabarti A, Singh S. Phacoemulsification in eyes with white cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2000;26(7):1041-7. doi: 10.1016/S0886-3350(00)00525-3.
6. Pandey SK, Werner L, Escobar-Gomez M, Roig-Melo EA, Apple DJ. Dye-enhanced cataract surgery. Part 1: Anterior capsule staining for capsulorhexis in advanced/white cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2000;26(7):1052-9. doi: 10.1016/S0886-3350(00)00296-0.
7. Ratnarajan G, Calladine D, Watson SL. Cross-action capsulorhexis forceps for coaxial microincision cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(8):1559-60. doi: 10.1016/j.jcrs.2011.05.018.
8. Saleh GM, Gauba V, Mitra A, Litwin AS, Chung AK, Benjamin L. Objective structured assessment of cataract surgical skill. *Arch Ophthalmol*. 2007;125(3):363-6. doi: 10.1001/archophth.125.3.363.
9. Lee R, Raison N, Lau WY, Aydin A, Dasgupta P, Ahmed K, et al. A systematic review of simulation-based training tools for technical and non-technical skills in ophthalmology. *Eye (Lond)*. 2020;34(10):1737-59. doi: 10.1038/s41433-020-0832-1.