

ENLACES DEL ARTÍCULO:

[Extracto](#) | [PDF \(436 K\)](#) | [Referencias \(71\)](#) | [Permisos](#) | [Ver imágenes miniatura \(thumbnails\)](#) | [Solicitar Permiso](#)

Opinión Actual en *Ophthalmology*: Volume 22(1) January 2011p 43–52

Cirugía de Catarata Asistida por Láser de Femtosegundo

[Cirugía de catarata e implante de lente: Editado por by Natalie Afshari]

He, Lingmin^a; Sheehy, Katrina^b; Culbertson, William^c

^aDepartamento de Oftalmología, Stanford University, Stanford, USA

^bOptiMedica Corporation, Santa Clara, California, USA

^cBascom Palmer Eye Institute, University of Miami, Miami, Florida, USA

Correspondencia a William Culbertson, MD, Bascom Palmer Eye Institute, University of Miami, 900 NW, 17th Street, Miami, FL 33136, USA Tel: +1 305 333 7439; e-mail: wculbertson@med.miami.edu

Extracto [VOLVER ARRIBA](#)

Propósito de la revisión. En el 2010, la Administración de Alimentos y Drogas (FDA) de los Estados Unidos autorizó los sistemas de láser de femtosegundo para cirugía de catarata. Disponible en el 2011, esta tecnología tiene el potencial de impactar significativamente la cirugía de catarata.

Hallazgos recientes: Los láser de femtosegundo ofrecen a los cirujanos la capacidad de hacer cortes muy precisos en un área blanco sin dañar los tejidos circundantes. Esta tecnología ya ha cambiado dramáticamente la cirugía refractiva y está lista para hacer lo mismo para la cirugía de catarata. Tres compañías, OptiMedica, LenSx (adquirida por Alcon en septiembre del 2010), y LensAR, en diferentes etapas de autorización por la FDA, están desarrollando sistemas de láser de femtosegundo para cirugía de catarata. Estos sistemas crearán las incisiones corneales iniciales, la capsulotomía y también fragmentarán el lente.

Resumen: Este artículo esboza las ventajas de la cirugía de catarata con láser de femtosegundo y proporciona una comparación inicial de los sistemas de LensAR, LenSx/Alcon y OptiMedica así como los primeros resultados clínicos.

Esquema del Artículo

- [Extracto](#)
- [Introducción](#)
- [Láser de femtosegundo](#)
- [La necesidad de precisión y seguridad en la cirugía de cataratas...](#)
 - [Capsulotomía](#)
 - [Fragmentación del lente](#)
 - [Incisiones relajantes](#)
 - [Incisiones en córnea clara](#)
- [Procedimiento con láser en cirugía de catarata](#)
 - [Planificación](#)
 - [Acometida](#)
 - [Visualización y personalización](#)
 - [Tratamiento](#)
- [Resultados clínicos](#)
 - [Capsulotomía](#)
 - [Fragmentación del lente](#)
- [Futuras aplicaciones](#)
- [Reconocimientos](#)
- [Referencias y lectura recomendada](#)
- [Artículos de interés particular, publicados en el período...](#)
 - [de especial interés](#)
 - [de destacado interés](#)
- [Referencias adicionales relacionadas con este tópico...](#)
- [Artículos Citados](#)

Figuras/Tablas

- [Figura 1](#)
- [Figura 2](#)
- [Figura 3](#)
- [Figura 4](#)
- [Figura 5](#)
- [Figura 6](#)
- [Figura 7](#)
- [Figura 8](#)

Introducción [VOLVER ARRIBA](#)

Los láser han sido utilizados en cirugía de catarata desde los años 70. En 1975, Krasnov [1] reportó el uso de facopunción con un láser de rubí con formación de pulso gigante (“Q-switched”) (694 nm) para crear microperforaciones en la cápsula anterior, permitiendo la liberación y absorción gradual del material de la lente con el tiempo. Después de este trabajo inicial, los investigadores dirigieron su mirada a los láser con longitud de onda ultravioleta (193–351 nm) para ayudar a la remoción de la catarata antes de cambiar al espectro infrarrojo en los años 80 [2]. El primer uso del láser de granate de aluminio de itrio dopado con neodimio (Nd:YAG) se reportó para capsulotomía posterior en pacientes pseudofáquicos, con iridotomía periférica y lisis de las membranas papilares [3,4]. Aproximadamente en esta época, Aron-Rosa y Aron [5] usaron un láser Nd:YAG láser para realizar capsulotomías anteriores antes de cirugía convencional. Siendo pioneros en este campo, Aron-Rosa y Aron encontraron una marcada disminución en la incidencia de opacificación capsular posterior en pacientes tratados con capsulotomía láser (3.27 vs. 50%), un hallazgo intrigante y alentador. Sin embargo, la capsulotomía láser anterior nunca ganó una popularidad ampliamente generalizada debido a problemas de inflamación, alzas en la presión intraocular (PIO), y deficiente midriasis post láser [2].

Más recientemente, se han aplicado los láser a la facoemulsificación y fotolisis. El trabajo inicial de Peyman y Katoh [6] enfocó la luz directamente sobre el núcleo, causando descomposición del material de la lente. Subsiguientemente, se utilizó el láser Erbium:YAG para este propósito, con variables niveles de intensidad de energía y duración de pulsos para disminuir el uso de energía de los sistemas y la resultante pérdida de células endoteliales [2]. En los subsiguiente sistemas Nd:YAG, tales como el sistema de fotolisis Dodick o las unidades de Paradigm Medical Industries, la energía láser es transferida a un blanco de titanio, que es parte de una empuñadura combinada de láser y aspiración [7]. Esto permite que se forme un plasma en el externo del objetivo a energías inferiores. El plasma causa la descomposición óptica y las subsiguientes ondas de choque facilitan la descomposición acústica del material [8]. Las pruebas clínicas con estos sistemas han disminuido el uso total de energía, el tiempo operacional medio y las complicaciones quirúrgicas y al mismo tiempo han mejorado las complicaciones quirúrgicas [9]. No obstante, su adopción no está difundida ya que se prefiere la facoemulsificación.

Láser de femtosegundo [VOLVER ARRIBA](#)

Los láser de femtosegundo usan un tiempo de pulso más breve de 10^{-15} s en comparación con los 10^{-9} s empleados por los láser de fotocoagulación (argón), fotoablación (excímero), y foto disrupción (Nd:YAG). Ya que la potencia es una función de la energía por unidad de tiempo, los tiempos de pulso más cortos reducen aún más la salida de energía para un efecto dado [10]. Este atributo de los láser de

femtosegundo es especialmente importante en la cirugía de catarata, donde la preservación de las estructuras oculares como la córnea, el iris, las zónulas y la bolsa capsular es crítica para buenos resultados de la visión. El láser corta el tejido esencialmente mediante vaporización. El cerrado foco de la energía láser crea un plasma y luego una burbuja de cavitación que se expande y colapsa separando el tejido [\[10\]](#). Ya que la longitud de onda casi infrarrojo del láser no es absorbida por el tejido ópticamente transparente, se puede enfocar con precisión a diferentes profundidades dentro de la cámara anterior.

Los láser de femtosegundo estuvieron disponibles por primera vez para cirugía refractiva en el 2011, cuando fueron introducidos con el propósito de crear un colgajo (flap) en la queratomileusis *in situ* con láser (LASIK) [\[11,12\]](#). Los colgajos creados por los láser de femtosegundo eran más reproducibles, uniformes y más próximos a su grosor y centrado deseado, y habían mejorado los perfiles de seguridad en comparación con aquellos hechos con queratomo manual. Desde entonces, el uso de láser de femtosegundo ha sido expandido a otras cirugías corneales y más recientemente se ha aplicado a la cirugía de catarata [\[13\]](#).

La necesidad de precisión y seguridad en la cirugía de catarata [VOLVER ARRIBA](#)

La cirugía de catarata fue el principal diagnóstico en las consultas en centros ambulatorios de cirugía de los Estados Unidos en el año 2006, representando aproximadamente 3 millones de procedimientos [14]. Esta cifra continuará aumentando a medida que la población envejece. El Grupo de Investigación de Prevalencia de Enfermedades Oculares en el 2004 estimó que 20,5 millones de norteamericanos en el 2000 y 30,1 millones en el 2002 tenían o tendrán catarata [15]. Hasta hace poco, el principal objetivo final de la cirugía de catarata había sido la visión funcional de 20/40 o más con una precisión de ± 1 dioptría. En el 2006, un estudio benchmark* en el Reino Unido fijó un estándar para la exactitud de los resultados refractivos en ojos normales después de cirugía de catarata para llegar a $\pm 0,50$ dioptrías en el 55% de los casos y $\pm 1,00$ dioptrías en el 85% de los casos [16]. Sin embargo, con la biometría y métodos quirúrgicos actuales, un estudio reportó que solo el 45% de los pacientes están dentro de 0,5 dioptrías de su refracción postoperatoria de meta, y el 6% tienen más de 2 dioptrías de error refractivo residual [17]. Con la llegada de los lentes multifocales y las lentes intraoculares adaptables en pacientes que se someten a cirugía más temprano con menos tolerancia al deterioro visual, los cirujanos de catarata enfrentan expectativas crecientemente mayores de parte de los pacientes sobre el resultado refractivo. Hoy en día, la meta de la cirugía de catarata es alcanzar la emetropía cercana. Al igual que en el caso de LASIK, la tecnología de láser de femtosegundo puede ofrecer ganancias en reproducibilidad, centrado y seguridad en la cirugía de catarata, produciendo la precisión y exactitud para la mejoría más allá de los actuales resultados clínicos. A la fecha, los sistemas están diseñados para ejecutar cuatro grupos de incisiones: capsulotomía, fragmentación del lente, incisiones astigmáticas relajantes e incisiones en córnea clara (CCI, por sus siglas en inglés) incluyendo la incisión de la catarata y paracentesis, cada una de las cuales será discutida detalladamente.

Capsulotomía [VOLVER ARRIBA](#)

El uso del láser de femtosegundo tiene el potencial de revolucionar la cirugía de catarata con la creación de una capsulotomía, o capsulorrexis con incisión con láser (Fig. 1). Los estudios han demostrado que el tamaño de la capsulorrexis es importante para optimizar el posicionamiento y el desempeño de las lentes intraoculares (LIOs). Se ha vinculado una capsulorrexis pequeña (<5.5 mm) con fibrosis de la cápsula anterior y desviación hiperópica con una LIO esférica de una sola pieza [18]. Sin embargo, cuando la capsulorrexis es demasiado grande y hay insuficiente superposición de la LIO por la cápsula, puede haber incrementadas proporciones de inclinación, descentración, y opacificación de la cápsula posterior, que a

* Proceso sistemático y continuo de evaluación

veces hasta requieren el cambio de la lente [19–21]. Para una LIO adaptable de doble óptica diseñado para producir movimiento de la óptica anterior por fuerzas ciliares, la LIO requiere una capsulorrexis completamente superpuesta para prevenir el colapso de la óptica anterior fuera de la bolsa capsular [22,23]. Otra LIO adaptable requiere capsulotomías mayores para el movimiento abisagrado [24–27]. La creación de capsulotomías precisas y predecible debería reducir la ocurrencia de las complicaciones mencionadas anteriormente (Fig. 2). La fibrosis simétrica, uniforme y la sanación o cicatrización también pueden ser importantes para adaptar las LIOs que dependen de fuerzas contráctiles simétricas para producir el movimiento axial.

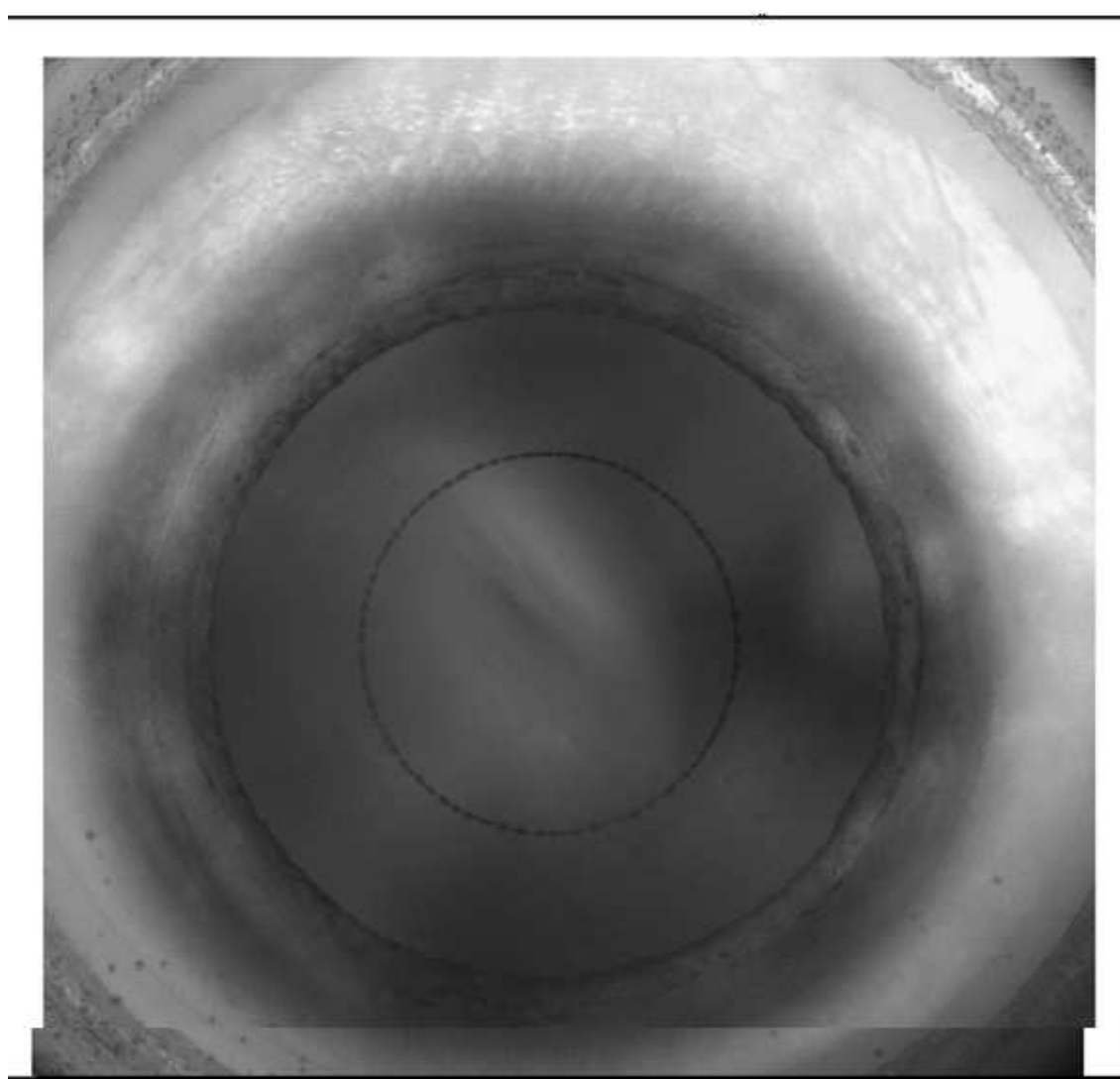


Figura 1. Capsulotomía con láser

Vista post-operatoria con lámpara de hendidura de una capsulotomía con láser con superposición uniforme de la óptica de la lente intraocular

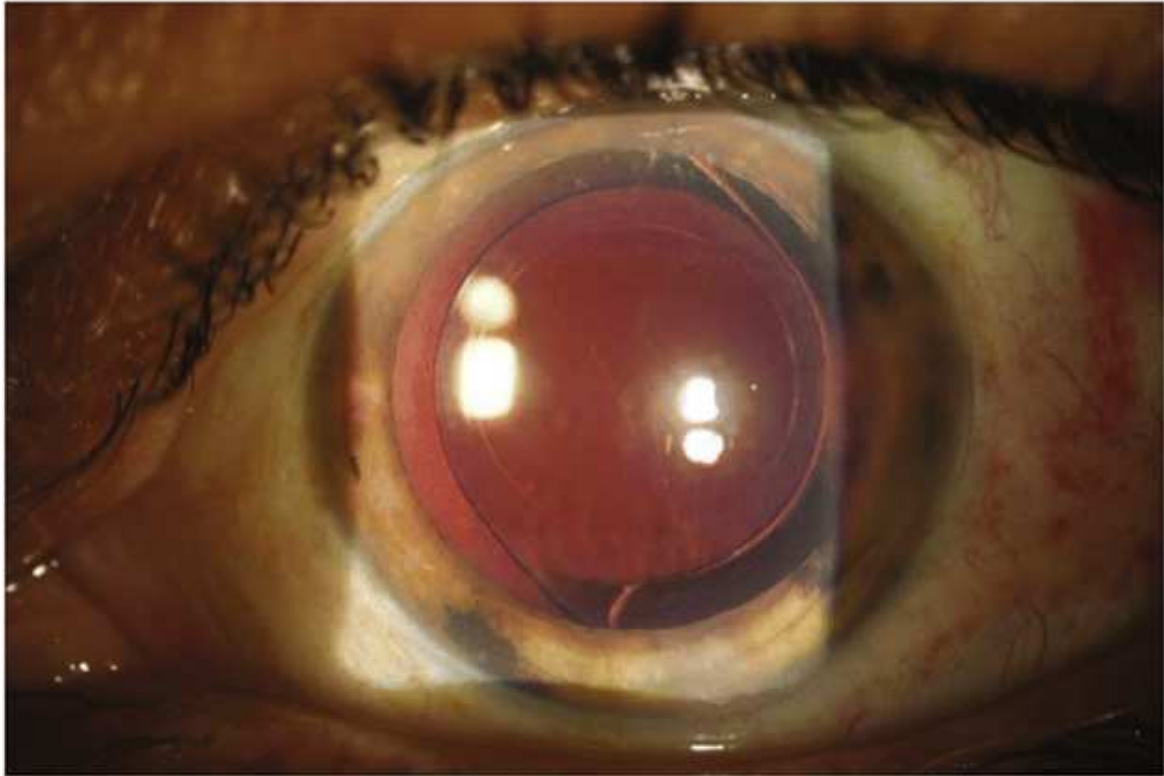


Figura 2. Lente intraocular con capsulotomía con láser Vista desde el sistema de video Catalys casi infrarrojo de capsulotomía con láser precisamente moldeada, formada y posicionada.

La construcción de la capsulotomía es extremadamente importante para estimar la posición efectiva de la lente (ELP, por sus siglas en inglés). La ELP es un valor derivado de datos empíricos de la constante A y el factor cirujano, factores que explican la variabilidad en la técnica quirúrgica. Un estudio determinó que el tamaño de la capsulorhexis tiene una relación directa con la ELP [28]. Se ha determinado que la predicción inexacta de la ELP es la mayor fuente de errores en el cálculo de la LIO potencial [29]. Una diferencia de sólo 1 mm en la posición de la lente puede llevar a un cambio de aproximadamente 1,25-dioptías en el error refractivo [18,30,31]. Para las LIOs tóricas y multifocales, la ventana de error es aún menor. La inclinación, descentración o rotación con estas LIOs puede causar desviaciones significativas del resultado refractivo deseado, además de aberraciones visuales como halo y coma que son difíciles de tolerar [21,32,33]. Se piensa que la colocación de la capsulotomía ayuda a centrar la LIO. Con la tecnología actual, existen pocas herramientas para guiar el centrado de la capsulorhexis aparte de puntos de referencia anatómicos como pupila dilatada o borde límbico, haciendo de los pacientes con dilatación

irregular un reto. La colocación predecible y controlada de la LIO puede lograrse más a menudo con la incisión de la capsulotomía es dimensionada con precisión y centrada utilizando un sistema de láser de femtosegundo ([Fig. 3](#)).

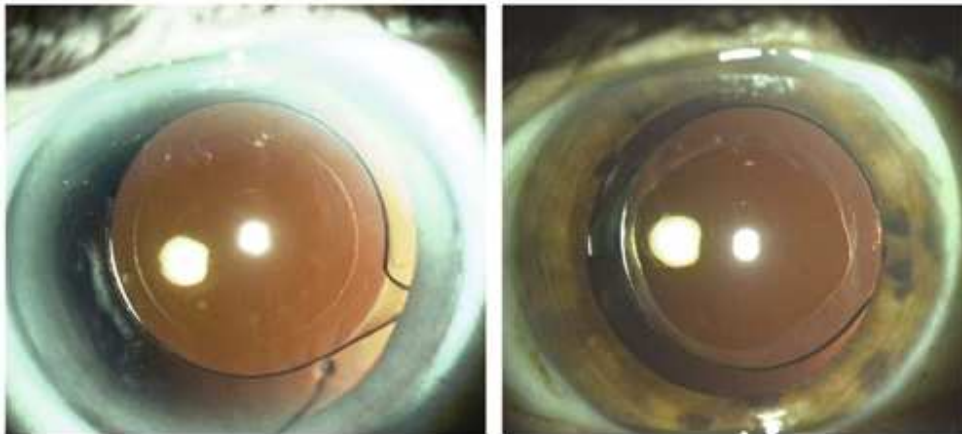


Figura 3. A un mes postoperación. Láser vs. Manual. (a) Vista con lámpara de hendidura a un mes post-operación de capsulotomía y lente intraocular con láser. (b) Vista con lámpara de hendidura a un mes postoperación manual de una capsulorrexis y lente intraocular.

Fragmentación del lente [VOLVER ARRIBA](#)

Los láser de femtosegundo pueden emplearse para segmentar el núcleo, permitiendo que el cirujano obvie los difíciles pasos de esculpir y picar en trozos que con más frecuencia conducen a complicaciones [\[34–36\]](#). Además, los patrones de los cortes pueden ser colocados sobre el núcleo para ablandar las cataratas más duras ([Fig. 4](#)). Estos tratamientos podrían reducir la cantidad de energía de ultrasonido de la sonda de facoemulsificación, disminuyendo así el riesgo de complicaciones capsulares y lesiones al endotelio corneal [\[37–39\]](#). Puede haber adicionales beneficios de seguridad en la reducción del número de instrumentos utilizados, movimientos intraoculares y manipulaciones de la lente. Finalmente, los

tratamientos pueden ser optimizados para la facodinámica de irrigación/aspiración para reducir el flujo, el “trampolín” y el prolapso del iris.

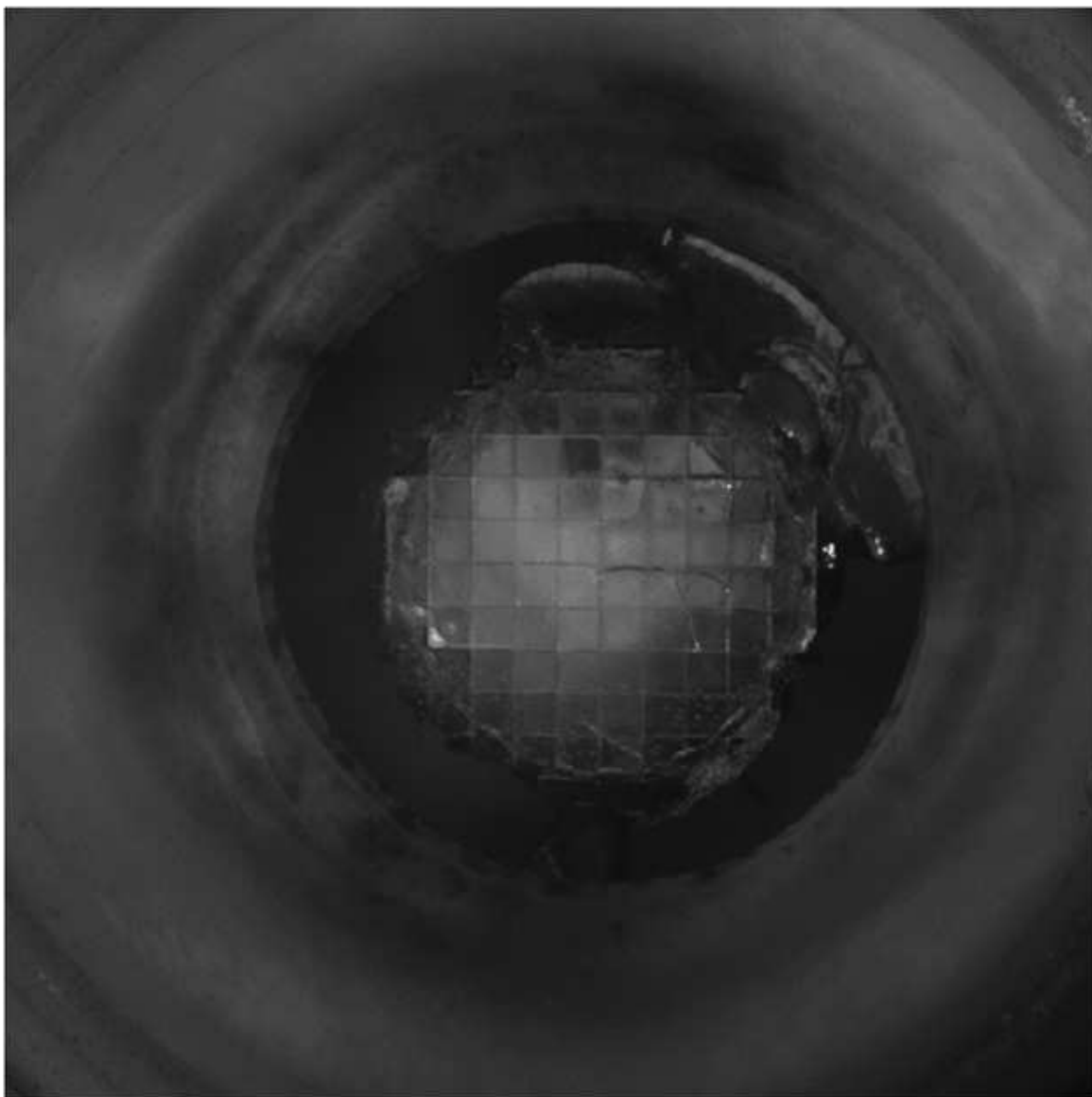


Figura 4. Fragmentación de lente con láser. Vista desde el sistema de video Catalys casi infrarrojo de una fragmentación de lente con espacio de 500 μm en el patrón.

Incisiones relajantes [VOLVER ARRIBA](#)

Los sistemas láser para catarata pueden realizar incisiones relajantes corneales o lúmbicas (LRI, por sus siglas en inglés) pueden corregir hasta 3,5 dioptrías de astigmatismo, aplanando el meridiano más pronunciado de la córnea, eliminando una fuente de error refractivo [40]. No obstante, solamente un pequeño porcentaje de casos tratables está recibiendo LRIs, debido a que la incisión manual es técnicamente exigente. Una mala alineación del eje de sólo 5° resulta en una reducción del 17% del efecto [40]. Se presume que las inconsistencias en los resultados de las LRIs manuales están relacionadas con imprecisión en la profundidad, eje, longitud del arco y zona óptica. Es concebible que la mejorada precisión ofrecida por el láser de femtosegundo pudiera mejorar la confiabilidad de los resultados de las LRIs por láser en comparación con las LRIs manuales.

Incisiones en córnea clara [VOLVER ARRIBA](#)

La CCI auto-sellante es el método de acceso preferido a la cámara anterior, utilizada por el 72% de los cirujanos de catarata de los Estados Unidos por los superiores resultados visuales y más rápida recuperación que ofrece [41,42]. El único obstáculo para que esta cifra no sea mayor es la incrementada incidencia de endoftalmitis con las CCIs [43]. Las CCIs a menudo presentan una apertura en el aspecto interno de la herida corneal, así como desprendimiento de la membrana de Descemet y grosor aumentado en el sitio de la incisión [44]. Las heridas hechas con láser pueden presentar menos características de daño y curación más rápida, sea en virtud de las propiedades de la herida o por las reducciones en las tensiones mecánicas durante la operación [45,46].

Procedimiento de la cirugía de catarata con láser [VOLVER ARRIBA](#)

Existen cuatro pasos primarios para la cirugía de catarata con láser: planificación, acometida, visualización y personalización, y tratamiento. Los dos sub-sistemas que son de importancia crítica para la precisión y seguridad de la cirugía de catarata asistida con láser son la interfaz de acoplamiento en el paso de acometida y el sistema de guía de imágenes para visualizar las superficies oculares y personalizar el tratamiento. En la siguiente sección se discuten los diferentes enfoques del procedimiento asumidos por LenSx, LensAR y OptiMedica.

Planificación [VOLVER ARRIBA](#)

Previo a la cirugía de catarata, se pueden medir las variaciones individuales de dilatación de la pupila, grosor del lente, grosor corneal y otras características anatómicas. Después de la planificación inicial, pueden hacerse ajustes en tiempo real utilizando las interfases de arrastrar y soltar con superposiciones de la incisión en imágenes de video y de corte transversal.

Para la capsulotomía, los parámetros de planificación incluyen el tamaño, forma y centro deseado para la incisión. El impulsor primario en la planificación de la capsulotomía es la lente intraocular. Para la fragmentación del lente, los parámetros incluyen profundidad y diámetro del corte, y el patrón. Estos pueden ser adaptados a la densidad del lente y acoplados a la técnica quirúrgica preferida del cirujano, reduciendo el tiempo y energía de la facoemulsificación. Para las incisiones relajantes, se utilizan los nomogramas tradicionales para la planificación. Sin embargo, a medida que se cuantifica el efecto de la penumodisección de las burbujas de cavitación y se exploran las incisiones relajantes intraestromales y de sub-Bowman, es necesario establecer nuevos nomogramas. Para las CCIs, los parámetros de planificación incluyen ubicación, profundidad y la arquitectura de las incisiones.

Acometida [VOLVER ARRIBA](#)

Antes de incidir el láser, el ojo del paciente debe estar estabilizado en relación con el sistema óptico del láser. En la cirugía refractiva, esto se logra con una placa plana o curva que hala el ojo hacia el interior de un anillo de succión, distorsionando el globo ocular. Los estudios en ojos porcinos y en vivo en ojos de conejos comparando la PIO en tiempo real durante LASIK con láser de femtosegundo y microquerátomo mecánico han mostrado que la interfaz Intralase (Abbott Medical Optics, Santa Ana, California, USA) puede causar un alza de la PIO de alrededor de 89 mmHg y la interfaz VisuMax (Carl Zeiss Meditec, Dublin, California, USA) puede causar un alza de 82 mmHg [47,48]. Aunque esta alza de la PIO es bien tolerada por los pacientes de cirugía refractiva, la población de edad avanzada con catarata tiene mucha comorbidez ocular y puede presentar un mayor riesgo de daño retinal por isquemia transitoria durante el proceso de acometida. Una interfaz ideal succionaría un vacío hermético sobre un diseño anular para retener y estabilizar sin distorsionar el ojo y causar aumento de la PIO. Además, tendría un amplio campo de visión para permitir una plataforma inclinada, fuera de centro, aliviando el requerimiento de que el cirujano centre el anillo de succión con más precisión. Esto permite al cirujano ver el limbo para realizar los ajustes corneales y completar todas las incisiones sin tener que hacer otra acometida. Finalmente, la interfaz tendría un líquido entre el sistema láser y el ojo, previniendo los pliegues corneales que ocurren con la succión y permitiendo un enfoque más ajustado del láser y minimizando así la energía, reduciendo el tamaño de la burbuja de cavitación y optimizando los resultados del tratamiento.

Todos los tres sistemas han parecido ser efectivos para estabilizar el ojo y minimizar el alza de la PIO; sin embargo, el método y dispositivo para “atracar” parece ser un área de diferenciación para cada plataforma. La interfaz de óptica líquida de OptiMedica solo causa un alza de 8–12 mmHg en la PIO durante la acometida y sigue manteniendo una buena retención. El diseño del anillo no hala el tejido hacia el anillo y, por lo tanto, minimiza las petequias, las hemorragias subconjuntivales y el trauma corneal (Fig. 5). LenSx

ha reportado una lente curva y un sistema de succión. LensAR ha reportado un dispositivo de fijación a baño de agua, sin contacto y sin aplanación [49].



Figura 5. Cirugía de catarata con láser. Vista quirúrgica después de cirugía de catarata con el sistema láser de precisión Catalys. Mínima cantidad de Petequias y hemorragias subconjuntivales son visibles después del uso con la interfaz de óptica líquida.

Visualización y personalización [VOLVER ARRIBA](#)

El sistema de guía de imagen es una parte crítica de la cirugía de catarata con láser ya que determina la ubicación y dimensión de las estructuras oculares (córnea, iris, y cápsulas anterior y posterior) y guía al cirujano en personalizar la ubicación de las incisiones con el láser y las zonas de fragmentación del lente. Los sistemas empleados deben poder detectar los límites del iris de manera que se puede dirigir el láser con seguridad aún dentro de un iris asimétricamente dilatado. También deben generar referencias para el tamaño y centrado de la capsulotomía, mejorando los actuales indicadores visuales y los estimados del cirujano. Es crítico que la superficie posterior del lente sea detectada a fin de mantener una zona de seguridad y prevenir cortes en la cápsula posterior. Se debe determinar el grosor corneal de manera de

poder personalizar apropiadamente la arquitectura de las incisiones relajantes y quirúrgicas en cada paciente.

Ahora las imágenes del segmento anterior con tomografía de coherencia óptica de dominio de Fourier (FD-OCT, por sus siglas en inglés) permiten mediciones de alta resolución en tiempo real para la posición de la lente, grosor corneal límites del iris y ángulo iridocorneal [50–52]. Aunque la visualización del cuerpo ciliar es limitada por la pigmentación del iris, esta tecnología ofrece varias ventajas incluyendo aplicación sin contacto, precisión en la precisión de opacidad corneal, facilidad de uso e imágenes de perfil de alta resolución [50]. LenSx y OptiMedica usan FD-OCT para visualizar las estructuras oculares en tres dimensiones con alta resolución. LensAR utiliza un transmisor confocal tridimensional de escaneo por luz estructurada muy similar la tecnología de Scheimpflug [49]. Los sistemas de imágenes Scheimpflug son capaces de determinar los mapas de elevación de potencia corneal neta, la profundidad de la cámara anterior y el frente de onda corneal [53,54]. En adición, la densidad del lente puede ser evaluada y cuantificada, permitiendo la selección automática de los ajustes de fragmentación del lente [55]. Las exhibiciones preliminares del software de cada compañía indican que utilizan tamaños variables de zonas de seguridad junto con la intervención del medico para asegurar que la energía del láser no afecta adversamente el iris, o la cápsula anterior o posterior (Fig. 6).



Figura 6. Facoemulsificación después de cirugía de catarata con láser. Vista quirúrgica de un cuadrante de la lente. El contorno demuestra la profundidad de la fragmentación de la lente con mantenimiento de las zonas de seguridad tanto de la cápsula anterior como posterior.

Tratamiento [VOLVER ARRIBA](#)

El paso final de la cirugía de catarata con láser es el tratamiento. El patrón de sitio o punto del láser para una incisión individual se aplica de posterior a anterior. Esto mantiene un foco preciso, evitando la dispersión del rayo láser y reduciendo también la cantidad de energía que llega a la retina (Palanker D, Blumenkranz MS, Anderson D, *et al.*, *ScienceTranslationalMedicine* 17 November 2010 Vol 2 Issue 58). No se ha investigado a fondo el período óptimo de tiempo óptimo entre el tratamiento con láser y la subsiguiente remoción del lente, aunque existe la hipótesis de que el tratamiento causa liberación de prostaglandina y miosis, limitando el tiempo entre estos pasos.

Las tres compañías difieren en cuanto al orden de ataque la incisión. El sistema de OptiMedica realiza la capsulotomía primero, [contenido digital suplementario 1, <http://links.lww.com/COOP/A1> (el láser de femtosegundo creó una capsulotomía anterior de 5.0 mm con el láser Optimedica Catalys)] y luego el patrón de fragmentación del lente [contenido digital suplementario 2, <http://links.lww.com/COOP/A2> (segmentación y ablandamiento de una catarata nuclear grado 4 nuclear con el láser de femtosegundo de Optimedica Catalys)]. Con una identificación exacta de la superficie, se puede minimizar la profundidad de la capsulotomía para reducir la generación de burbujas y eliminar la interferencia con incisiones subsiguientes. Esta secuencia reduce el riesgo de desgarrar la bolsa capsular o de crear deshiscencia zonular porque se permite que el lente se relaje cuando se fragmenta. Con el sistema LenSx, el lente se fragmenta, se obtiene una nueva imagen de la cápsula para expansión y luego se efectúa la capsulotomía [\[56\]](#).

Resultados clínicos [VOLVER ARRIBA](#)

En 2009, Magi *et al.* [\[57••\]](#) publicaron por primera vez los resultados de su trabajo con el sistema de láser de femtosegundo LenSx para cirugía de catarata. Compararon las capsulotomías creadas por láser con las capsulorrexis manuales en ojos porcinos sobre la base de reproducibilidad y máxima resistencia al estiramiento. Demostraron que las capsulotomías eran mucho más reproducibles, uniformes y con ubicación precisa [\[57••\]](#). Con microscopía electrónica de barrido o escaneo, los bordes resultaron comparablemente lisos y la resistencia del borde creado con el láser podía tolerar una mayor fuerza de estiramiento antes de la ruptura [\[57••\]](#). También utilizaron ojos porcinos para demostrar que la fragmentación del lente en cuadrantes llevó a una reducción del 43% en la potencia de facoemulsión y una reducción del 51% del tiempo [\[57••\]](#). Finalmente, trataron a nueve pacientes con diversas combinaciones terapéuticas con láser (tres capsulotomías con láser únicamente, tres fragmentaciones de lente solamente, y tres sometidos a ambos procedimientos) y demostraron que los ojos sólo tenían un leve edema corneal y

trazas de células y enrojecimiento el primer día postoperatorio que se resolvieron completamente en una semana [57••]. Aunque solamente tenían un número limitado de pacientes, demostraron que el sistema de láser de femtosegundo para cirugía de catarata parecía ser bien tolerada para su uso.

Aunque todos los tres sistemas han demostrado un nivel de precisión en capsulotomías superiores a la técnica manual, la exactitud y grado de precisión de los tres sistemas no es uniforme. A continuación un resumen de los primeros datos clínicos desde 2010 sobre el tamaño, forma y posición de la capsulotomía y la facilidad de fragmentación del lente. Los datos sobre incisión corneal todavía son limitados [58].

Capsulotomía [VOLVER ARRIBA](#)

OptiMedica reportó diámetros de capsulotomía dentro de $27 \mu\text{m}$ (SD, $25 \mu\text{m}$) del diámetro deseado (Fig. 7) [59]. Esto se compara con $183 \mu\text{m}$ (SD, $246 \mu\text{m}$) para LensAR [60]. Aunque LenSx no proporcionó datos numéricos sobre el tamaño medio de su capsulotomía, la compañía reportó que todas las capsulotomías están dentro de $250 \mu\text{m}$ del diámetro deseado [61]. Todas las compañías encontraron que la capsulotomía con láser era más precisa que la capsulorrexis manual: OptiMedica reportó resultados manuales en $339 \mu\text{m}$ (SD, $248 \mu\text{m}$) [59] y LensAR reportó casi $500 \mu\text{m}$ para capsulorrexis manual [60]. OptiMedica también ha reportado datos iniciales sobre la relación entre la capsulotomía creada y la apertura en la bolsa capsular después de implantar la lente, indicando un nivel de elasticidad de la bolsa capsular después del implante de la LIO; la fibrosis y la fimosis se curaron a un mes después de la operación [62].

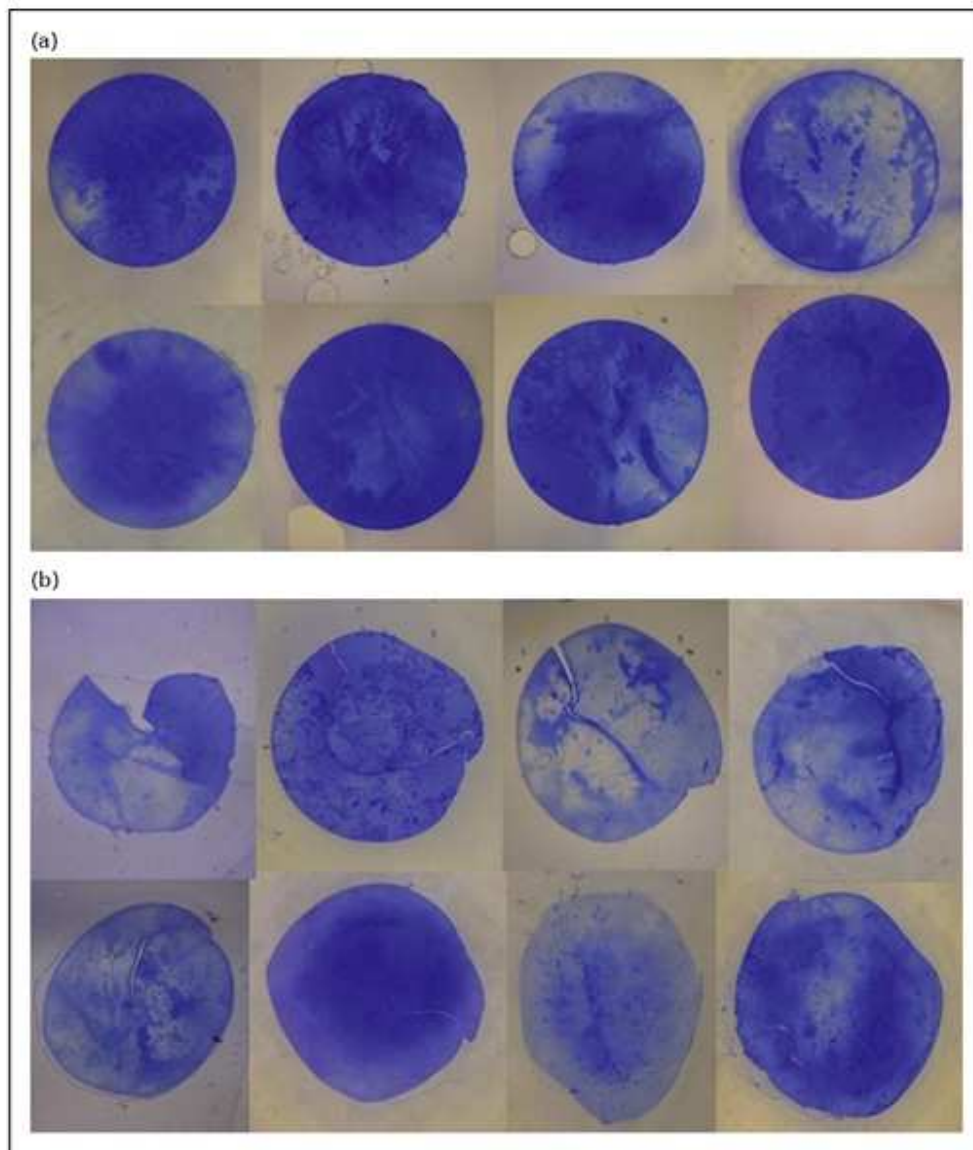


Figura 7. Discos de la cápsula. Láser vs manual. Muestras de disco de tejido capsular removido por incisión que demuestran la repetibilidad del tamaño y forma con (a) el sistema láser en comparación con (b) las muestras manuales.

En cuanto a la forma de la capsulotomía, cada compañía utilizó diferentes técnicas de medición, de manera que una comparación no es fácil de evaluar. OptiMedica midió la circularidad como una función del diámetro y el área de la capsulotomía, siendo 1 perfectamente circular. Las capsulotomías con láser OptiMedica midió 0,942 (SD, 0.040) [59]. LensAR utilizó la técnica de análisis residual que demostró un aumento de seis veces en la circularidad de láser a manual ($3 \pm 5 \mu\text{m}$ para láser vs. $20 \pm 13 \mu\text{m}$ para manual) [60]. Las capsulotomías con láser LenSx resultaron significativamente más redondas ($P = 0.028$) que las capsulorrexis curvilíneas continuas manuales [60].

Para el posicionamiento en capsulotomía, OptiMedica reportó un centrado dentro de $86\ \mu\text{m}$ (SD, $51\ \mu\text{m}$) de la colocación deseada [59], mientras que el centrado de LenSx LIO fue significativamente mejor ($P = 0.027$) en el grupo de láser en comparación con el manual (Fig. 8) [61]. Hasta la fecha, LensAR no ha hecho reportes sobre el centrado.

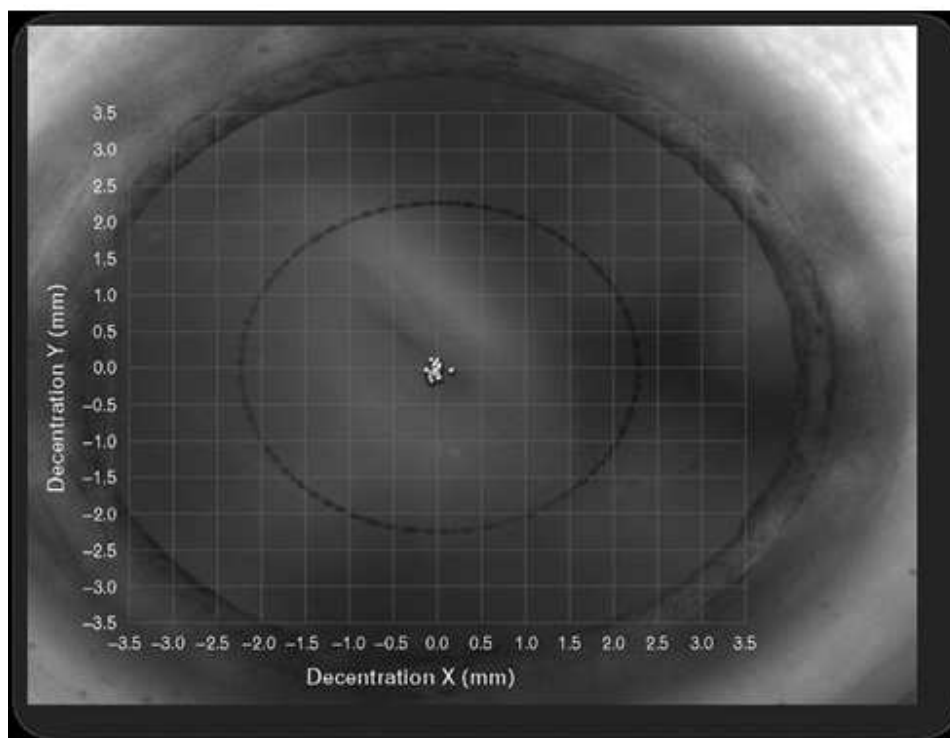


Figura 8. Centrado de la capsulotomía. Gráfico superpuesto del centro de la capsulotomía en relación con el centro de la pupila dilatada demuestra la exactitud y precisión del sistema de precisión láser Catalys.

Fragmentación del lente [VOLVER ARRIBA](#)

Todavía hay estudios en progreso para optimizar los patrones terapéuticos disponibles para cada sistema comercial [56,63]. Para evaluar la eficacia de la fragmentación del lente, todas las tres compañías dirigieron su mirada a la producción de energía de ultrasonido en facoemulsificación en lentes tratados o no con láser y demostraron una marcada reducción en la energía de ultrasonido para cataratas de todos los grados de opacidad del lente de los sistemas de clasificación. El porcentaje de reducción varió según la compañía y el grado de la catarata, pero fue de al menos 33% [63,64].

Aplicaciones futuras [VOLVER ARRIBA](#)

Las imágenes de biomicroscopía por ultrasonido de la acomodación normal de ojos jóvenes demuestran que la acción predominante del lente humano intacto está al nivel de la cápsula anterior [62]. La cirugía de catarata con láser, con su mejorada precisión y exactitud, puede permitir una mejor preservación de las propiedades biomecánicas de la cápsula del lente, posibilitando la creación de LIOs más adaptables. Algunos grupos también han investigado si el láser de femtosegundo restaura la acomodación de un lente envejecido y endurecido, separando las fibrillas de colágeno o aumentando la flexibilidad del lente con incisiones que actúan como planos de deslizamiento [65••,66–68]. Hasta ahora, se han seguido estos estudios en ojos porcinos y de cadáveres, y falta ver si este será un tratamiento factible para las cataratas *in vivo*.

Otras nuevas aplicaciones se están desarrollando para el láser de femtosegundo, expandiendo la población de pacientes para los cuales son posibles cirugías de catarata y cambio de lente. Lee *et al.* [69] describen una técnica mediante la cual crean un colgajo (flap) para retirar las opacidades, permitiendo una mejor visualización de una catarata y mayor facilidad de movimiento al maniobrar casos difíciles. A medida que se torna más preciso el control sobre la capsulotomía, también pueden lograrse usos adicionales para las lentes intraoculares. Nishimoto *et al.* [70] describen el uso de una LIO intencionalmente descentrada para tratar el estrabismo vertical. El futuro de estos procedimientos estará estrechamente vinculado a nuestra capacidad para predecir confiablemente la ubicación final de la lente, y también para tratar una gran variedad de anormalidades corneales y de la lente.

También hay muchos grupos que intentan utilizar el láser de femtosegundo para revertir algunos de los daños acumulados que contribuyen a las cataratas y la presbiopía. Recientemente, Kessel *et al.* [71•] han demostrado que el amarillamiento del color del lente puede reducirse por fotólisis con láser de femtosegundo. El futuro de la cirugía de catarata puede estar en los tratamientos que permiten extraer la lente dentro de una cápsula totalmente intacta y reemplazarla con un polímero inyectable. Es posible que se puedan restaurar las propiedades ópticas del lente cristalino natural con modificaciones con láser. En todas las aplicaciones, el nuevo sistema de láser de femtosegundo introduce el futuro de la cirugía de catarata y nos lleva un paso más cerca de la cirugía ideal que corrige catarata, astigmatismo y presbiopía.

Reconocimientos [VOLVER ARRIBA](#)

W.C. es el presidente del Consejo Consultivo de de OptiMedica, Corp.

L.H. ha sido un consultor pagado de OptiMedica, Corp.

Referencias y lectura recomendada [VOLVER ARRIBA](#)

Los artículos de interés especial, publicados en el período anual de revisión han sido resaltados como: [VOLVER ARRIBA](#)

• de especial interés [VOLVER ARRIBA](#)

•• de notable interés [VOLVER ARRIBA](#)

Se pueden encontrar referencias adicionales relacionadas con este tópico en la sección de “Current World Literature” de esta edición (p. 72). [VOLVER ARRIBA](#)

<http://pt.wkhealth.com/pt/re/merck/fulltext.00055735-201101000-00011.htm;jsessionid=NQTNnZn2sNyrDdNlwTWpnPG11V7wxrzpL2XX2cpn4fkVfNKQQy42%21610857590%21181195629%218091%21-1?&fullimage=true> - top

1 Krasnov MM. Laser-phakopuncture in the treatment of soft cataracts. Br J Ophthalmol 1975; 59:96–98.
[\[Enlace Medline\]](#) [\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

2 Dodick JM, Pahlavi IA. Lasers in small-incision cataract surgery. In: Fankhauser F, Kwasniewska S, editors. Lasers in ophthalmology: basic diagnostic and surgical aspects. Amsterdam, the Netherlands: Kugler Publications; 2003. pp. 395–402.
[\[Enlace en Contexto\]](#)

3 Fankhauser F, Roussel P, Steffen J, *et al.* Clinical studies on the efficiency of high power laser radiation upon some structures of the anterior segment of the eye. First experiences of the treatment of some pathological conditions of the anterior segment of the human eye by means of a Q-switched laser system. Int Ophthalmol 1981; 3:129–139.
[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

4 Aron-Rosa D, Aron JJ, Griesemann M, Thyzel R. Use of the neodymium-YAG laser to open the posterior capsule after lens implant surgery: a preliminary report. J Am Intraocul Implant Soc 1980; 6:352–354.
[\[Enlace Medline\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

5 Aron-Rosa DS, Aron JJ. Effect of preoperative YAG laser anterior capsulotomy on the incidence of posterior capsule opacification: ten year follow-up. J Cataract Refract Surg 1992; 18:559–561.
[\[Enlace Medline\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

6 Peyman GA, Katoh N. Effects of an erbium: YAG laser on ocular structures. Int Ophthalmol 1987; 10:245–253.
[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

7 Dodick JM. Laser phacolysis of the human cataractous lens. Dev Ophthalmol 1991; 22:58–64.
[\[Enlace en Contexto\]](#)

8 Seibel BS. Phacodynamics: mastering the tools and techniques of phacoemulsification surgery. 4th ed. Thorofare, New Jersey: SLACK Incorporated; 2005.
[\[Enlace en Contexto\]](#)

9 Kanellopoulos AJ. Laser cataract surgery: a prospective clinical evaluation of 1000 consecutive laser cataract procedures using the Dodick photolysis Nd:YAG system. Ophthalmology 2001; 108:649–654, discussion 654–655.
[\[Enlace en Contexto\]](#)

- 10 Sugar A. Ultrafast (femtosecond) laser refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2002; 13:246–249.
[\[Enlace en Contexto\]](#)
- 11 Nordan LT, Slade SG, Baker RN, *et al.* Femtosecond laser flap creation for laser in situ keratomileusis: six-month follow-up of initial U.S. clinical series. *J Refract Surg* 2003; 19:8–14.
[\[Enlace en Contexto\]](#)
- 12 Salomao MQ, Wilson SE. Femtosecond laser in laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36:1024–1032.
[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)
- 13 Farid M, Steinert RF. Femtosecond laser-assisted corneal surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2010; 21:288–292.
[\[Enlace Texto Completo\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)
- 14 Cullen KA, Hall MJ, Golosinskiy A. Ambulatory surgery in the United States, 2006. *Natl Health Stat Report* 2009;(11):1–25.
[\[Enlace en Contexto\]](#)
- 15 Congdon N, Vingerling JR, Klein BE, *et al.* Prevalence of cataract and pseudophakia/aphakia among adults in the United States. *Arch Ophthalmol* 2004; 122:487–494.
[\[Enlace en Contexto\]](#)
- 16 Gale RP, Saldana M, Johnston RL, *et al.* Benchmark standards for refractive outcomes after NHS cataract surgery. *Eye (Lond)* 2009; 23:149–152.
[\[Enlace en Contexto\]](#)
- 17 Murphy C, Tuft SJ, Minassian DC. Refractive error and visual outcome after cataract extraction. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28:62–66.
[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)
- 18 Sanders DR, Higginbotham RW, Opatowsky IE, Confino J. Hyperopic shift in refraction associated with implantation of the single-piece Collamer intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32:2110–2112.
[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)
- 19 Wallace RB 3rd. Capsulotomy diameter mark. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:1866–1868.
[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)
- 20 Ravalico G, Tognetto D, Palomba M, *et al.* Capsulorhexis size and posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg* 1996; 22:98–103.
[\[Enlace en Contexto\]](#)
- 21 Walkow T, Anders N, Pham DT, Wollensak J. Causes of severe decentration and subluxation of intraocular lenses. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1998; 236:9–12.
[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)
- 22 McLeod SD, Vargas LG, Portney V, Ting A. Synchrony dual-optic accommodating intraocular lens. Part 1: Optical and biomechanical principles and design considerations. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33:37–46.
[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)
- 23 Ossma IL, Galvis A, Vargas LG, *et al.* Synchrony dual-optic accommodating intraocular lens. Part 2: Pilot clinical evaluation. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33:47–52.
[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)
- 24 Vargas LG, Auffarth GU, Becker KA, *et al.* Performance of the 1CU accommodating intraocular lens in relation to capsulorhexis size. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31:363–368.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

25 Sacu S, Findl O, Menapace R, Buehl W. Influence of optic edge design, optic material, and haptic design on capsular bend configuration. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31:1888–1894.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

26 Park TK, Chung SK, Baek NH. Changes in the area of the anterior capsule opening after intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28:1613–1617.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

27 Gonvers M, Sickenberg M, van Melle G. Change in capsulorhexis size after implantation of three types of intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 1997; 23:231–238.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

28 Cekic O, Batman C. The relationship between capsulorhexis size and anterior chamber depth relation. *Ophthalmic Surg Lasers* 1999; 30:185–190.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

29 Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34:368–376.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

30 Lakshminarayanan V, Enoch JM, Raasch T, *et al.* Refractive changes induced by intraocular lens tilt and longitudinal displacement. *Arch Ophthalmol* 1986; 104:90–92.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

31 Erickson P. Effects of intraocular lens position errors on postoperative refractive error. *J Cataract Refract Surg* 1990; 16:305–311.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

32 Baumeister M, Buhren J, Kohnen T. Tilt and decentration of spherical and aspheric intraocular lenses: effect on higher-order aberrations. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35:1006–1012.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

33 Buckhurst PJ, Wolffsohn JS, Naroo SA, Davies LN. Rotational and centration stability of an aspheric intraocular lens with a simulated toric design. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36:1523–1528.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

34 Artzen D, Lundstrom M, Behndig A, *et al.* Capsule complication during cataract surgery: case-control study of preoperative and intraoperative risk factors – Swedish Capsule Rupture Study Group report 2. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35:1688–1693.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

35 Gauba V, Tsangaris P, Tossounis C, *et al.* Human reliability analysis of cataract surgery. *Arch Ophthalmol* 2008; 126:173–177.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

36 Bellini LP, Brum GS, Grossi RS, Borowsky C. Cataract surgery complication rates. *Ophthalmology* 2008; 115:1432, author reply 1432–1433.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

37 Johansson B, Lundstrom M, Montan P, *et al.* Capsule complication during cataract surgery: long-term outcomes – Swedish Capsule Rupture Study Group report 3. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35:1694–1698.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

38 Richard J, Hoffart L, Chavane F, *et al.* Corneal endothelial cell loss after cataract extraction by using ultrasound phacoemulsification versus a fluid-based system. *Cornea* 2008; 27:17–21.

[\[Enlace Texto Completo\]](#) [\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

39 Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Risk factors for corneal endothelial injury during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1996; 22:1079–1084.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

40 Nichamin LD. Astigmatism control. *Ophthalmol Clin North Am* 2006; 19:485–493.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

41 Leaming DV. Practice styles and preferences of ASCRS members: 2002 survey. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:1412–1420.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

42 Fine IH. Clear corneal incisions. *Int Ophthalmol Clin* 1994; 34:59–72.

[\[Enlace Texto Completo\]](#) [\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

43 Taban M, Behrens A, Newcomb RL, *et al.* Acute endophthalmitis following cataract surgery: a systematic review of the literature. *Arch Ophthalmol* 2005; 123:613–620.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

44 Xia Y, Liu X, Luo L, *et al.* Early changes in clear cornea incision after phacoemulsification: an anterior segment optical coherence tomography study. *Acta Ophthalmol* 2009; 87:764–768.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

45• Masket S, Sarayba M, Ignacio T, Fram N. Femtosecond laser-assisted cataract incisions: architectural stability and reproducibility. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36:1048–1049.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

46 Stonecipher K, Ignacio TS, Stonecipher M. Advances in refractive surgery: microkeratome and femtosecond laser flap creation in relation to safety, efficacy, predictability, and biomechanical stability. *Curr Opin Ophthalmol* 2006; 17:368–372.

[\[Enlace Texto Completo\]](#) [\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

47 Hernández-Verdejo JL, Teus MA, Román JM, Bolívar G. 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.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

48 Chaurasia SS, Luengo Gimeno F, Tan K, *et al.* In vivo real-time intraocular pressure variations during LASIK flap creation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51:4641–4645.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

49 Slade SG, Culbertson WW, Krueger RR. Femtosecond lasers for refractive cataract surgery. *Cataract Refract Surg Today*; August 2010. pp. 67–73.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

50 Doors M, Berendschot TT, de Brabander J, *et al.* Value of optical coherence tomography for anterior segment surgery. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36:1213–1229.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

51 Wylegala E, Teper S, Nowinska AK, *et al.* Anterior segment imaging: Fourier-domain optical coherence tomography versus time-domain optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35:1410–1414.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

52 Kim HY, Budenz DL, Lee PS, *et al.* Comparison of central corneal thickness using anterior segment optical coherence tomography vs ultrasound pachymetry. *Am J Ophthalmol* 2008; 145:228–232.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

53 Konstantopoulos A, Hossain P, Anderson DF. Recent advances in ophthalmic anterior segment imaging: a new era for ophthalmic diagnosis? *Br J Ophthalmol* 2007; 91:551–557.

[\[Enlace Texto Completo\]](#) [\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

54 Swartz T, Marten L, Wang M. Measuring the cornea: the latest developments in corneal topography. *Curr Opin Ophthalmol* 2007; 18:325–333.

[\[Enlace Texto Completo\]](#) [\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

55 Nixon D. Preoperative cataract grading by Scheimpflug imaging and effect on operative fluidics and phacoemulsification energy. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36:242–246.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

56 Slade S. Refractive cataract surgery with a femtosecond laser: US clinical experience in a premium IOL practice [abstract]. In: Program and Abstracts of XXVIII Congress of ESCRS; 4–8 September 2010; Paris.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

57•• Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, Sarayba M. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J Refract Surg* 2009; 25:1053–1060.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

58 Nichamin LS, Teuma EV. The use of femtosecond lasers to create corneal incisions [abstract]. In: Program and Abstracts of American Society of Cataract and Refractive Surgeons Symposium on Cataract, IOL and Refractive Surgery; 9–14 April 2010; Boston, Massachusetts.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

59 Batlle J. Prospective study of size and shape accuracy of OptiMedica Femtosecond Laser Capsulotomy vs. manual capsulorhexis [abstract]. In: Program and Abstracts of XXVIII Congress of the ESCRS; 4–8 September 2010; Paris, France.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

60 Nichamin LD, Naranjo Tackman R, VillarKuri J, Fishkind W. Laser capsulotomy with the LensAR laser system [abstract]. In: Program and Abstracts of XXVIII Congress of the ESCRS; 4–8 September 2010; Paris, France.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

61 Nagy Z. Comparative analysis of femtolaser-assisted and manual capsulorhexis during phacoemulsification [abstract]. In: Program and Abstracts of XXVIII Congress of the ESCRS; 4–8 September 2010; Paris, France.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

62 Vukich J. The role of precise anterior capsulotomies in premium lens performance objectives [abstract]. In: Program and Abstracts of XXVIII Congress of the ESCRS; 4–8 September 2010; Paris, France.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

63 Fishkind W, Uy H, Tackman RN, Kuri JV. Alternative fragmentation patterns in femtosecond laser cataract surgery [abstract]. In: Program and Abstracts of American Society of Cataract and Refractive Surgeons Symposium on Cataract, IOL and Refractive Surgery; 9–14 April 2010; Boston, Massachusetts.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

64 Koch DD, Batlle J, Feliz R, *et al.* The use of OCT-guided femtosecond laser to facilitate cataract nuclear disassembly and aspiration [abstract]. In: Program and Abstracts of XXVIII Congress of the ESCRS; 4–8 September 2010; Paris, France.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

65•• Krueger RR, Kuszak J, Lubatschowski H, *et al.* First safety study of femtosecond laser photodisruption in animal lenses: tissue morphology and cataractogenesis. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31:2386–2394.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

66 Stachs O, Schumacher S, Hovakimyan M, *et al.* Visualization of femtosecond laser pulse-induced microincisions inside crystalline lens tissue. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35:1979–1983.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

67 Ripken T, Oberheide U, Fromm M, *et al.* Fs-laser induced elasticity changes to improve presbyopic lens accommodation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008; 246:897–906.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

68 Krueger RR, Sun XK, Stroh J, Myers R. Experimental increase in accommodative potential after neodymium: yttrium-aluminum-garnet laser photodisruption of paired cadaver lenses. *Ophthalmology* 2001; 108:2122–2129.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

69 Lee D, Kim JH, Oh SH, *et al.* Femtosecond laser lamellar keratoplasty to aid visualization for cataract surgery. *J Refract Surg* 2009; 25:902–904.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

70 Nishimoto H, Shimizu K, Ishikawa H, Uozato H. New approach for treating vertical strabismus: decentered intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33:993–998.

[\[Referencia Cruzada\]](#) [\[Enlace en Contexto\]](#)

71• Kessel L, Eskildsen L, van der Poel M, Larsen M. Noninvasive bleaching of the human lens by femtosecond laser photolysis. *PLoS One* 2010; 5:e9711. Initial study investigating the usage of femtosecond lasers to rejuvenate the lens.

[\[Enlace en Contexto\]](#)

Palabras clave:

capsulotomía; femtosegundo; fragmentación; cirugía de catarata con láser; tomografía de coherencia óptica; cirugía refractiva de catarata