

CAPÍTULO

5.3

CAPSULORREXIS CON LÁSER DE FEMTOSEGUNDO

*Belén Alfonso Bartolozzi, José F. Alfonso Sánchez,
Luis Fernández-Vega Cueto-Felgueroso, Luis Fernández-Vega Sanz*

INTRODUCCIÓN

La capsulorrexis, o capsulotomía anterior circular continua, fue un concepto introducido por Gimbel y Neuhann a principios de la década de los años 80 del pasado siglo XX (1). En su momento, constituyó un cambio revolucionario en la cirugía de la catarata, que ha permitido mejorar la eficacia, seguridad y predictibilidad de la técnica, y como consecuencia de ello avanzar en el concepto de cirugía refractiva del cristalino (2).

En la actualidad, la cirugía de catarata se puede abordar mediante la técnica convencional de facoemulsificación aislada, o mediante facoemulsificación asistida por Láser de Femtosegundo (*Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery*, FLACS). El Láser de Femtosegundo (LFS) ha demostrado en estos últimos 10 años que proporciona una serie de ventajas en comparación con la cirugía de cataratas convencional (2,3); aunque no está exento de críticas.

En el año 2009, Zoltan Nagy publicó los primeros resultados del uso del LFS en la cirugía de cataratas (4). Su objetivo fue evaluar la capacidad del LFS como herramienta para realizar con éxito una capsulotomía anterior y la foto-fragmentación del núcleo. Los autores demostraron una mayor precisión en la morfología de la capsulorrexis y una menor energía de ultrasonidos durante la facoemulsificación, aunque reconocían la necesidad de realizar estudios adicionales para poder evaluar a fondo las posibles ventajas y limitaciones clínicas de esta nueva tecnología. Desde ese momento, se han llevado a cabo un gran número de investigaciones y ensayos clínicos para demostrar su eficacia y seguridad, así como su viabilidad, tanto desde un punto de vista organizativo como económico.

Basados en nuestra experiencia, es indiscutible la precisión que otorga el LFS en la realización de

una capsulorrexis centrada y circular, asegurando el posicionamiento de la lente en el saco capsular, especialmente con aquellas plataformas de láser que permiten el centrado de la capsulotomía en el vértice del cristalino. Además, la foto-fragmentación del núcleo permite reducir el tiempo y la energía de ultrasonidos requerida para su completa extracción (5). En este capítulo analizaremos las ventajas e inconvenientes de realizar la capsulorrexis mediante LFS.

PLATAFORMAS DE LÁSER DE FEMTOSEGUNDO PARA FLACS

Existen cinco plataformas de LFS que permiten la realización de FLACS. Como se describió en capítulos previos, tres de ellas, LenSx® (Alcon), Victus® (Bausch+Lomb) y LDV-Z8® (Ziemer) permiten trabajar tanto en córnea como en cristalino; y las otras dos, Catalys® (Johnson & Johnson) y LensAR® (Topcon) trabajan exclusivamente sobre el cristalino.

Todas estas plataformas permiten seleccionar el diámetro de la capsulotomía, pero sólo algunas, por el momento, permiten centrarla en el saco capsular como sucede con Victus® y Catalys®. Las características más representativas de cada una de ellas se recogen en la tabla 1.

LA CAPSULOTOMÍA CON LÁSER DE FEMTOSEGUNDO

Como ya se ha comentado, FLACS es capaz de realizar una **capsulotomía anterior continua, circular y centrada en el vértice del cristalino y**, además **reproducibile**, algo que por sí sólo, mejoraría la seguridad en grandes series de cirugía, además de ser

Tabla 1. Plataformas LFS que permiten la realización de FLACS. Características más representativas de cada una de ellas

Nombre	Compañía	Láser	Tomografía	Interfase	Indicaciones
LenSx	Alcon	femtoseg 1030 nm	OCT en vivo dominio espectral	cono curvo	córnea y cristalino
Catalys	Johnson & Johnson	femtoseg 1030 nm	OCT diferida dominio espectral	líquida	sólo cristalino
Victus	Bausch + Lomb	femtoseg 1047 nm	OCT en vivo dominio espectral	cono curvo	córnea y cristalino
LDV-Z8	Ziemer	femtoseg 1047 nm	OCT diferida dominio espectral	cono curvo - córnea líquida - cristalino	córnea y cristalino
LensAR	Topcon	picoseg	Scheimpflug 3D imagen diferida	líquida	sólo cristalino

nm= nanómetros; OCT = Tomografía de coherencia óptica.

un hecho diferencial e indiscutible con respecto a la cirugía manual (6-10).

El LFS se puede enfocar con precisión sobre la cápsula anterior del cristalino, ya que las longitudes de onda infrarrojas emitidas (1.053 nanómetros) no son absorbidas por los tejidos circundantes (11). Debido a su pulso ultracorto (10^{-15} segundos) crea múltiples burbujas de micro-cavitación, con un daño tisular colateral mínimo, cortando el tejido con una precisión de micras (12). **En la capsulorrexis, el enfoque del láser se programa dentro de unos márgenes (o rangos) por debajo y por encima de la cápsula anterior, para que cuando actúe, se asegure un corte en los 360°** (13). Es decir, el corte de la cápsula se produce en dirección cristalino subcapsular-cámara anterior.

A lo largo de los años, diferentes autores han evaluado el borde de la capsulotomía mediante microscopía electrónica de barrido, comparando el LFS y la técnica manual. Está descrito que **el borde capsular es más rugoso y discontinuo** cuando se realiza con FLACS (independientemente de la plataforma láser empleada) (14), observándose diferentes valles y micro-ondulaciones que reflejan la ruptura repetitiva creada por el láser pulsátil en el borde de la cápsula (corte en «sello de correos») (fig. 1). Algunos expertos consideran este hecho como predisponente para el desarrollo de desgarros de la cápsula anterior durante la cirugía (15), aunque existen controversias al respecto en la bibliografía, como veremos más adelante (16, 17). De todas formas, es cierto que se están investigando varias medidas para mejorar la suavidad del borde de la capsulotomía, especialmente en relación con la separación de los puntos de impacto (18).

Cuando se analiza microscópicamente el borde de la capsulorrexis, es importante considerar si el cor-

te de la cápsula se ha realizado antes o después de la foto-fragmentación del núcleo del cristalino, o si sólo se ha realizado la capsulotomía. Mayer et al. (19) han publicado recientemente que, cuando se realiza la foto-fragmentación del núcleo antes de la capsulotomía, los bordes de la capsulorrexis presentan un peor resultado que cuando se invierte la secuencia. La hipótesis desarrollada por los autores fue que la formación de las burbujas de gas puede producir diferentes fuerzas durante la fragmentación, causando una distribución desigual de la tensión en la cápsula, lo que podría producir un mayor grado de irregularidad. Además, los cambios en la opacidad del tejido y la formación de burbujas de gas en un sistema cerrado también pueden obstaculizar el funcionamiento del láser en la cápsula y causar más alteraciones. Estas diferencias en cuanto a la rugosidad del borde e irregularidades se pudieron determinar mediante el análisis microscópico. Como limitación de este estudio hay que destacar el escaso tamaño de muestra y el empleo de perfiles de energía láser estándar según las recomendaciones del fabricante.

Además de lo anterior, están descritos otros factores que pueden influir en las irregularidades observadas en el borde de la capsulotomía, como son la energía del pulso del láser, el enfoque del láser, la distancia entre los impactos y el cono de fijación (o interfase láser-paciente). Abell et al. (20) sugirieron que los movimientos oculares de fijación podrían afectar la interacción láser-tejido, dando como resultado más irregularidades en la capsulotomía; mientras que Mastropasqua et al. (21) demostraron que esas irregularidades eran mayores cuando se aumentaba la energía del láser.

Otros autores observaron también bordes más rugosos cuando se empleaba un cono de fijación rígi-

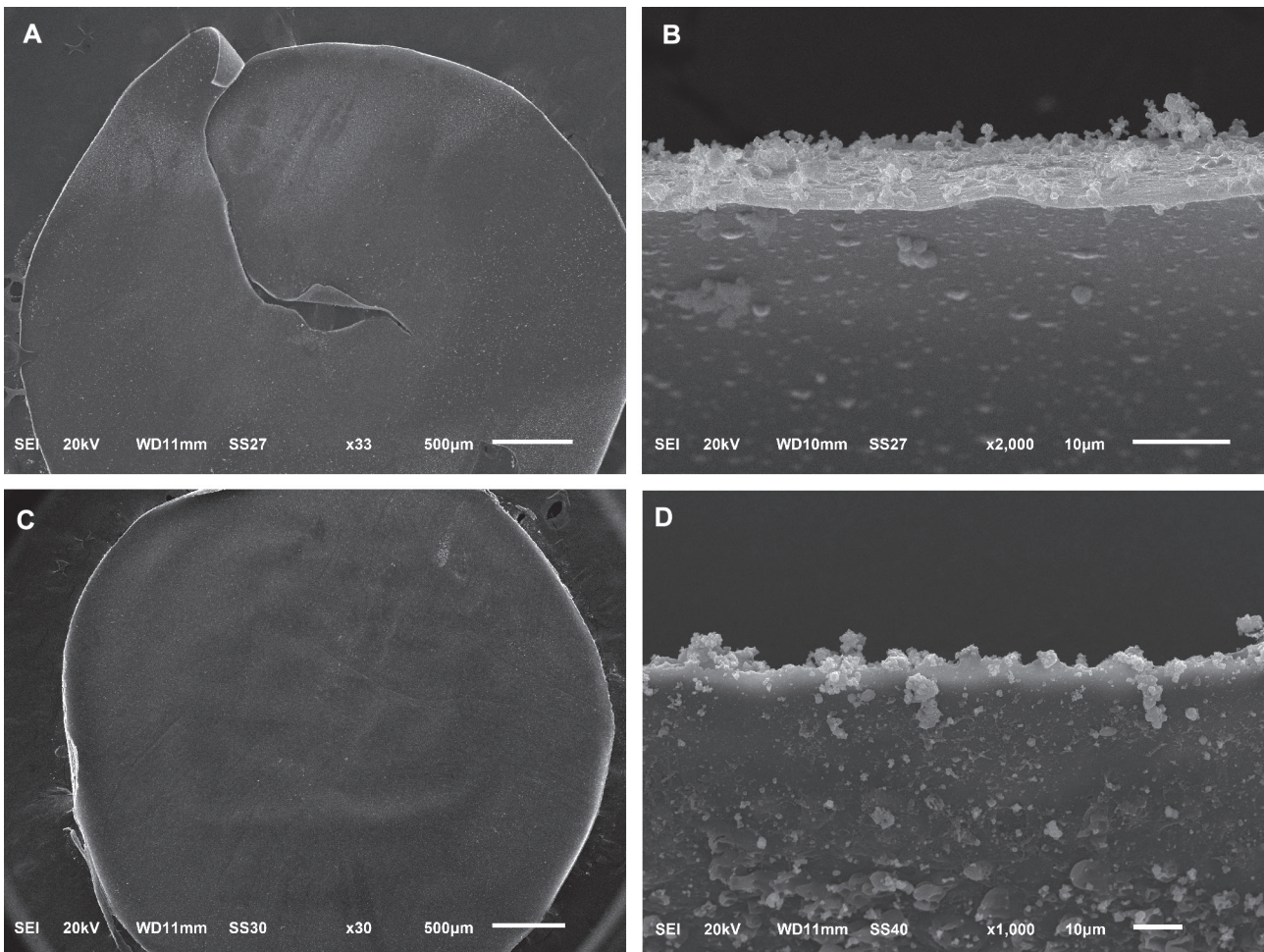


Figura 1. Imágenes de microscopía electrónica: diferencias entre una capsulorrexis manual (A)(B), y otra asistida mediante láser de femtosegundo (C)(D). Imágenes obtenidas en la Fundación de Investigación Oftalmológica (FIO) del Instituto Universitario Fernández-Vega (IUFV).

do, debido a que se producen un mayor número de pliegues corneales y, como consecuencia, más puentes capsulares (zonas de cápsula sin cortar) (22). De hecho, algunos autores (23,24) han demostrado que se pueden obtener bordes de corte más suaves si se reduce la energía del punto y se coloca una lente de contacto blanda entre la córnea y la interfase rígida. De todas formas, las micro-discontinuidades son típicas de una energía de pulso baja.

También se ha descrito que, con el empleo de una interfase líquida, se evita la formación de pliegues corneales. Esto podría hacer pensar, que con las plataformas de LFS que utilizan este tipo de interfase, se consigue un borde de capsulorrexis más homogéneo y no tan rugoso pero, en esta línea, Tognetto et al. (25) observaron que, con la misma configuración de energía, un LFS con interfase de cono rígido asociado a lente de contacto blanda, consigue unos bordes de corte de la cápsula anterior

significativamente más suaves que los obtenidos con una interfase líquida, y muy similares a los obtenidos con la capsulorrexis manual (como se había descrito años anteriores) (26).

En resumen, se deberían realizar más estudios con diferentes configuraciones de láser con el fin de encontrar para cada plataforma disponible de LFS, cuáles son los parámetros ideales que puedan lograr una mejor regularidad de la línea de corte de la capsulotomía (25).

VENTAJAS DE LA CAPSULOTOMÍA CON LFS

Una capsulorrexis bien realizada es indispensable para el correcto posicionamiento de la lente en el saco capsular. La óptica de la lente debe quedar cubierta en sus 360° por la cápsula anterior (fig. 2), única manera que tenemos de asegurar que la cáp-

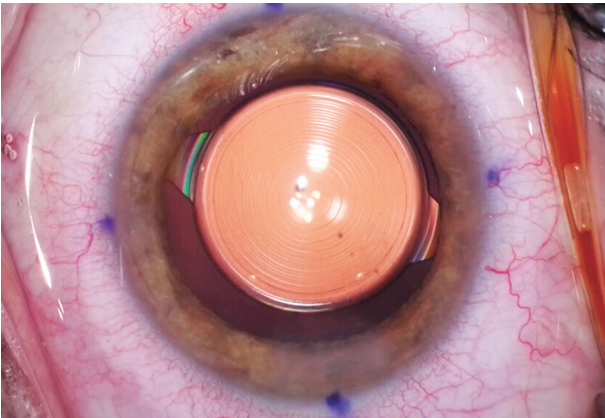


Figura 2. FLACS con centrado de la capsulorrexis en el ápex del cristalino. La lente intraocular está centrada en el saco capsular.

sula anterior y posterior no se pongan en contacto. Así, evitaremos la fibrosis precoz de la cápsula posterior, los desplazamientos de la lente dentro del saco capsular y las subluxaciones de la lente fuera del mismo, con todos los inconvenientes que estas complicaciones conllevan (2).

Centrado de la capsulotomía

Los buenos resultados en la cirugía de catarata dependen, en gran medida, de realizar correctamente la capsulotomía anterior (6). Se trata de uno de los pasos más importantes para asegurar la estabilidad de la lente intraocular en el postoperatorio (27). La técnica manual (empleando una pinza o un cistitomo) puede conseguir que la capsulotomía sea circular y continua, pero el LFS posibilita su centrado en el vértice del cristalino favoreciendo que la óptica

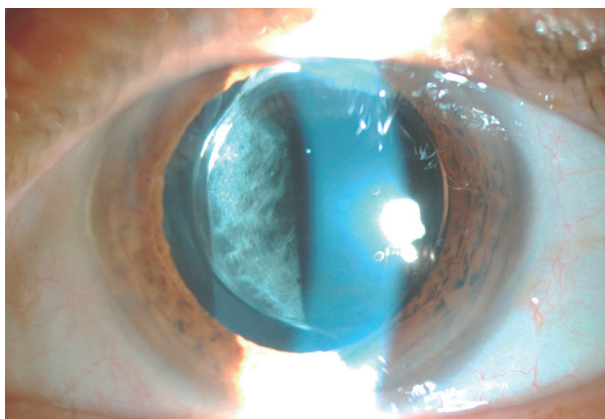


Figura 3. Opacidad capsular por fibrosis debido al contacto de la cápsula anterior con la cápsula posterior.

quede siempre cubierta en los 360°. Por este motivo pensamos que esta tecnología está especialmente indicada en la lensectomía con fines refractivos, permitiendo obviar los problemas inherentes de la técnica manual (28).

Actualmente, tan solo dos plataformas disponibles comercialmente, permiten el centrado de la capsulorrexis en el cristalino, Victus® y Catalys®. Este centrado es especialmente importante en casos extremos, como son los altos miopes o los altos hipermetropes. La capsulotomía debe estar centrada en el saco capsular porque la óptica de la lente siempre tiende a centrarse en él. Las hápticas ejercen una presión simétrica sobre la zona ecuatorial del saco y, por lo tanto, la óptica de la lente se coloca en el centro. El hecho de que el borde de la óptica quede cubierto en 360° por la capsulotomía, pudiera mejorar la estabilidad de la lente y sus prestaciones visuales. A pesar de estas ventajas potenciales, todavía existen controversias en la literatura acerca de su beneficio clínico real (13).

Como decíamos al principio, el correcto centrado de la capsulorrexis evitaría la adhesión de la cápsula anterior con la posterior, y por este motivo, la opacidad precoz de cápsula posterior tipo fibrosis. Esta opacidad es secundaria a la metaplasia fibrosa de las células A de la cápsula anterior, característica de los tres primeros meses después de la cirugía (fig. 3). Además de la opacidad, la transformación fibroblástica y mio-fibroblástica de las células A, puede originar pliegues y tracciones en ambas cápsulas, que den lugar a desplazamientos laterales o axiales de la óptica de la lente, dentro o fuera del saco capsular (29).

Diámetro de la capsulotomía

Además, el LFS nos permite realizar **diámetros de capsulorrexis personalizados**, según las necesidades del paciente o del cirujano (19). Sin embargo, el diámetro de la capsulotomía también está influenciada por el tipo de LFS que se utilice. Efectivamente, en una tecnología que no permita el centrado en el vértice del cristalino, el diámetro a programar debería ser de 4,8 mm; única manera de asegurarnos de que la óptica de la lente quede cubierta en 360°. Con este diámetro, por mucho que se pueda descentrar el corte si tomamos como referencia la pupila o el limbo corneal, la óptica de la lente siempre quedará cubierta. Por el contrario, con una tecnología

que permita el centrado en el vértice del cristalino, el diámetro puede llegar a ser hasta de 5,0 mm. Es decir, con esta tecnología se consigue con más seguridad el recubrimiento periférico de la óptica y se puede ampliar el diámetro (31). En nuestra práctica diaria, en caso de plataformas con hápticas en C o doble C, seleccionamos un diámetro de 4,8 mm, y para plataformas con hápticas en aleta (diseño plato), preferimos 5,0 mm. En casos de midriasis media o en casos de lensectomía previa a un trasplante endotelial, se puede bajar el diámetro hasta 4,6 mm.

Circularidad de la capsulotomía

Está descrito que la capsulorrexis obtenida con LFS presenta un **índice de circularidad más alto** que la técnica manual, siendo similar a un círculo perfecto (fig. 4) (4,10,32). En este sentido, la tecnología láser nos permite automatizar la capsulorrexis, logrando resultados repetibles, predecibles y mejores que la técnica manual (10,33,34).

INCONVENIENTES DE LA CAPSULOTOMÍA CON LFS

Resistencia de la capsulotomía

Una de las principales dudas que existen sobre las capsulotomías realizadas mediante LFS es su resistencia (35). Está descrito que la mayoría de los desgarros capsulares que se producen en FLACS ocurren en el momento de la hidrodissección y durante la facoemulsificación (20), lo que sugiere una menor capacidad de distensión de la capsulotomía, aunque no existe evidencia científica suficiente que apoye esta hipótesis (14). Estos desgarros radiales de la cápsula anterior se pueden extender hacia la cápsula posterior, con los problemas que esto conlleva.

Pero también se pueden producir desgarros radiales antes de la hidrodissección: al principio de la cirugía, si al realizar la incisión principal se produce una despresurización brusca de la cámara anterior; o durante la retirada de la cápsula, si se han quedado zonas de cápsula sin cortar (puentes).

La fuerza capsular, en general, es un factor que puede verse influenciado por una serie de variables, incluido el método de capsulotomía utilizado y el tamaño de esta (36). Daya et al. (15) realizaron en el

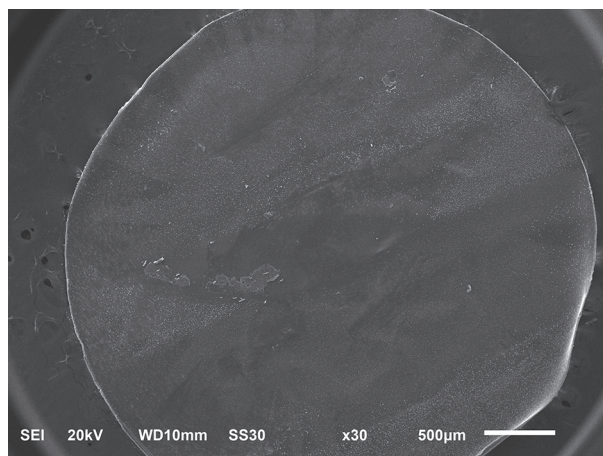


Figura 4. Imagen microscópica de una capsulorrexis realizada mediante láser de femtosegundo.

2020 un estudio comparativo de tres técnicas diferentes de capsulotomía (capsulotomía láser selectiva, manual y FLACS) para evaluar específicamente la fuerza y la capacidad de distensión de la cápsula. Observaron que la fuerza del borde de la capsulotomía era significativamente mayor con técnicas manuales que mediante FLACS.

Clínicamente, se considera que **la tasa de desgarros de la cápsula anterior es mayor en FLACS** (1,84%) que en la técnica manual (0,22%) (37). En un estudio reciente realizado por Abell et al. (20), la tasa de desgarros de la cápsula anterior fue significativamente mayor en FLACS (1,87%) que en la cirugía manual estándar de facoemulsificación (0,12%). La integridad de la capsulotomía anterior con láser parece que está comprometida por las micro-perforaciones y los pulsos aberrantes adicionales propios de esta tecnología. Sin embargo, estas tasas son menores para algunos autores, con valores solamente del 0,1% (38,39).

Diferentes autores han descrito que la fuerza del borde capsular disminuye con el aumento de los niveles de energía láser (21,40). Incluso con ajustes de energía optimizados, se considera que FLACS presenta menor resistencia al estrés tensional y, por lo tanto, mayor propensión a desgarros radiales anteriores en comparación con la capsulorrexis manual (41). Estos datos están demostrados también a nivel experimental en ojos de cadáver humano (15).

Prevención y manejo de las complicaciones

Para evitar tracciones en el borde de la capsulorrexis y prevenir desgarros, debemos estar atentos a

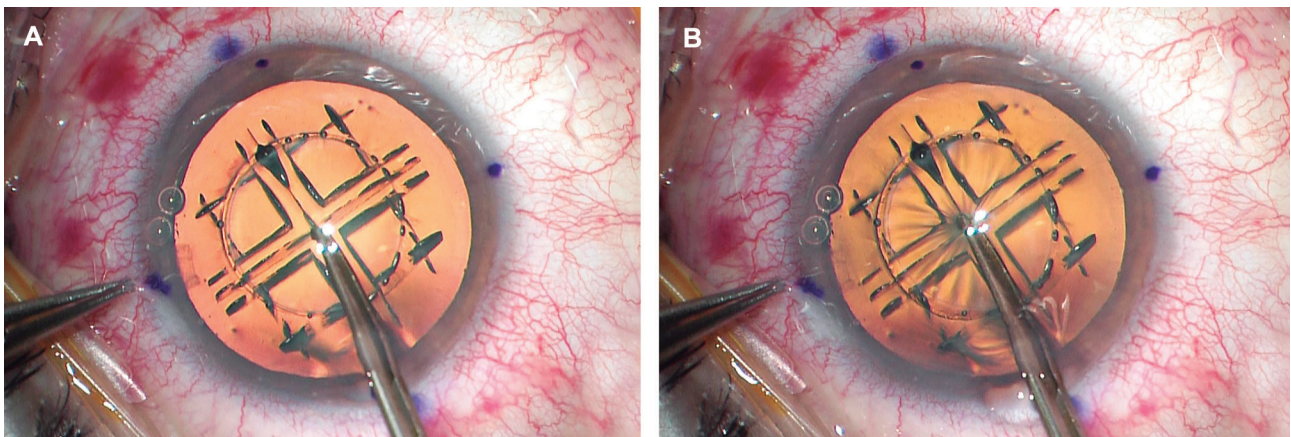


Figura 5. Imagen quirúrgica de los pliegues radiales secundarios a la presencia de puentes en la capsulotomía anterior antes (A) y después de aplicar presión con la pinza (B) sobre la capsulorrexis asistida mediante LFS.

algunos detalles durante la cirugía. En primer lugar, es muy importante determinar si existen, o no, puentes capsulares. Los puentes se pueden diagnosticar con facilidad si son amplios, pero no, si son mínimos o puntuales. **La presencia de burbujas de gas en la trayectoria de la capsulotomía es un signo de la presencia de una discontinuidad.** Ante la duda, algunos autores aconsejan, incluso, realizar una tinción de la cápsula anterior para identificarlos (42).

La presencia de una capsulotomía incompleta se debe a varios factores: por pliegues en la membrana de Descemet secundarios a la interfase láser-paciente utilizada, por opacidades corneales o capsulares anteriores, por movimientos involuntarios del paciente, o por un incorrecto posicionamiento de la capsulorrexis en la tomografía de coherencia óptica durante la programación del corte.

Ante la presencia de un puente en la capsulorrexis, una reducción brusca de la presión en la cámara anterior puede provocar un desgarro radial, por lo que es muy importante mantener las presiones ade-

cuadas mientras hacemos la incisión principal. Para diagnosticar y manejar los puentes, Arbisser et al. (43) aconsejan iniciar la cirugía rellenando la cámara anterior con viscoelástico introducido a través de una paracentesis pequeña. Además, aconsejan inyectarlo justo en el centro de la capsulotomía, presionando ligeramente hacia abajo. Con este movimiento, se puede ver si existen puentes o no, ya que se separan los bordes del corte. Si existe un puente, lo habitual es que se libere sin causar un desgarro radial.

Para el diagnóstico de los puentes, también se puede utilizar una pinza de capsulorrexis. Después de realizar la incisión principal de una forma lenta y controlada, se rellena la cámara anterior con viscoelástico, y seguidamente, se presiona con la pinza de capsulorrexis el ápex del cristalino, justo en el centro de la capsulotomía. Esta presión también pone en evidencia la presencia de puentes (fig. 5). Si el puente está localizado en un solo punto, habitualmente se rompe con esta maniobra. Si, por el contrario, el puente es mayor, por ejemplo, de un sector horario, es necesario completar la capsulorrexis con la pinza. En este caso, es muy importante el empleo de viscoelástico cohesivo, aplicando con la pinza una tracción horizontal siguiendo la dirección del corte. También pueden observarse varios puentes distribuidos a lo largo de los 360°; en estos casos, el empleo de un gancho de Sinsky puede ayudar a unirlos y a manejarlos con más seguridad (fig. 6).

Cuando hemos retirado la cápsula anterior y vamos a proceder a la facoemulsificación del cristalino, como prevención para evitar en lo posible movimientos bruscos en el borde de la capsulotomía, algunos autores aconsejan el uso de piezas de mano

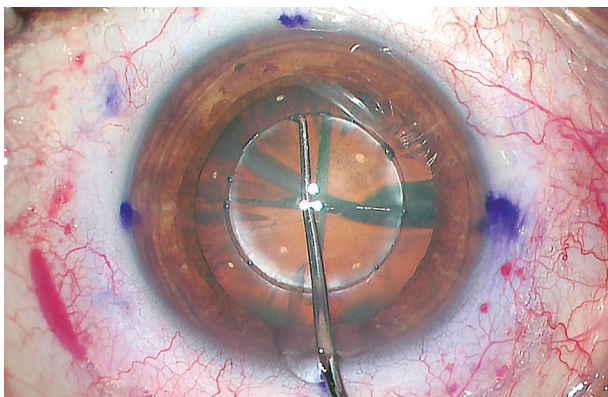


Figura 6. Sinsky para el manejo de los puentes en la capsulorrexis realizada con LFS.

biaxiales y/o configuraciones de facoemulsificación más bajas (44). Basados en nuestra experiencia, la aparición de roturas radiales, tanto en la hidrodisección como durante la extracción del núcleo, es completamente excepcional; de hecho, consideramos que el borde de la capsulotomía es suficientemente firme y robusto como para poder soportar también el empleo de ganchos capsulares cuando existe una subluxación del cristalino (fig. 7). Recientemente, la aparición en el mercado de piezas de mano coaxiales con su extremo metálico rodeado de un material plástico (denominadas puntas híbridas, de la compañía Alcon), supone un gran avance en términos de seguridad, al amortiguar los efectos nocivos de un toque inadvertido de la capsulotomía.

Estas consideraciones se deben tener en cuenta fundamentalmente durante la curva de aprendizaje de la FLACS, y los cirujanos deberán adaptar su técnica en consecuencia. De todas formas, el empleo del LFS aporta muchas más ventajas que inconvenientes, realidad que anima a seguir utilizándolo. Además, las técnicas manuales tampoco están exentas de riesgos: capsulorrexis pequeñas o muy grandes, descentramientos, y fugas de la capsulotomía hacia la zónula son problemas relativamente habituales y que tienen connotaciones negativas importantes durante la cirugía y en el postoperatorio.

CAPSULOTOMÍA CON LFS EN CASOS ESPECIALES

Cámara anterior estrecha

Actualmente existe evidencia científica suficiente para afirmar que la cirugía FLACS es más eficaz que la técnica convencional a la hora de preservar estructuras adyacentes al cristalino (45-47), por lo que estaría justificado su uso en pacientes donde exista un compromiso de espacio en la cámara anterior. A esta conclusión llegaron también Pahlitzsch et al. (48), al considerar a estos pacientes como buenos candidatos para el empleo de FLACS.

Varios autores han descrito dificultades en la realización de la capsulorrexis manual en pacientes hipermetropes con cámaras anteriores estrechas, observando además, un mayor daño endotelial (49,50).

En el año 2019, Vasavada et al. (51) compararon el rendimiento intraoperatorio y los resultados postoperatorios entre FLACS y la facoemulsificación

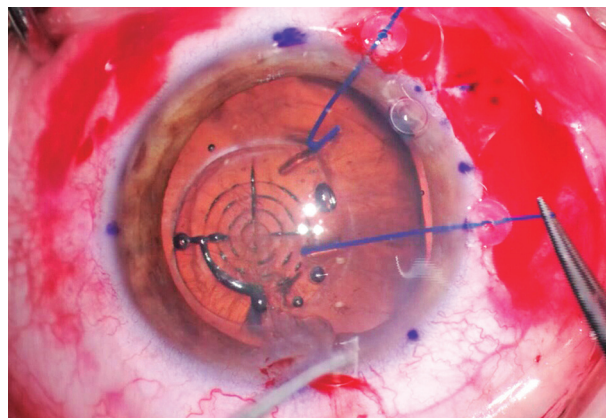


Figura 7. Ganchos en la capsulorrexis realizada mediante LFS para estabilizar el saco capsular.

convencional en pacientes con cámaras anteriores poco profundas. Observaron que la energía acumulada fue menor en el grupo de FLACS ($P < 0,05$) y también la agudeza visual no corregida a la semana. Concluyen que, **en los ojos con cámaras anteriores estrechas, FLACS mantiene las córneas más claras, con menor inflamación y mejor agudeza visual en el postoperatorio temprano.**

Según nuestra experiencia, el empleo del LFS en cámaras anteriores estrechas, especialmente en aquellas que se encuentran entre 1,0 y 2,0 mm, facilita, sin lugar a duda, la realización de la capsulorrexis (fig. 8).

Subluxación del cristalino

El LFS aporta una ventaja clara sobre la capsulorrexis manual: **permite realizar una capsulotomía circular sin crear tracciones sobre la zónula** (ya que no depende de la integridad o estabilidad zonular

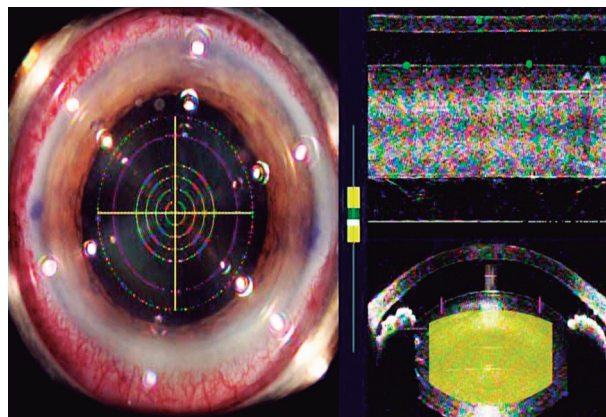


Figura 8. FLACS en cámara anterior estrecha.

para completarla con éxito) (52). Incluso es eficaz cuando nos encontramos ante subluxaciones graves, como describieron Crema et al. (53) al intervenir dos pacientes con síndrome de Marfan mediante FLACS.

En nuestra experiencia, hemos podido confirmar que esta alternativa consigue un mejor centrado de la lente y facilita una posible sutura del complejo saco-anillo-lente a la esclera. Además, el LFS puede fragmentar también el núcleo del cristalino, reduciendo así su manipulación, la necesidad de ultrasonidos y las tracciones sobre una zónula comprometida (52).

Las plataformas LFS capaces de centrar la capsulorrexis en el ápex del cristalino permiten obtener mejores resultados en los cristalinos subluxados. Se puede ajustar el tamaño y la profundidad de la foto-fragmentación del núcleo gracias a sus avanzados sistemas de guiado basados en tomografía de coherencia óptica. En el trabajo mencionado anteriormente de Chee et al. (52), en el 91,5% de los casos se mantuvo íntegro el saco capsular, quedando la lente estable y centrada. Sin embargo, se produjeron 6 casos de desgarramiento de la cápsula anterior, 3 de ellos con extensión hacia la cápsula posterior. Actualmente existen diferentes publicaciones que defienden el uso de la técnica FLACS en casos de cataratas subluxadas (54-56).

Catarata avanzada

Dentro de este grupo incluimos las cataratas blancas, blancas intumescientes, hiper maduras y/o morganianas. Si el beneficio de FLACS en las cataratas estándar es discutible, en estos casos es muy evidente.

En una catarata blanca hiper madura, la presión dentro del saco capsular puede estar aumentada debido a una licuefacción de la corteza. Además, el núcleo duro y brunesciente, tiende a posicionarse en la parte posterior, siendo a veces difícil de ver mediante lámpara de hendidura. El paso más difícil de la cirugía en estos casos es obtener una capsulorrexis centrada, circular y continua, principalmente por la falta de reflejo de fondo de la iluminación coaxial del microscopio (57). Habitualmente es necesario emplear tinciones capsulares, como el azul tripán, con el objetivo de facilitar la visualización de la cápsula y reducir, de paso, su elasticidad. En estas cataratas, cuando perforamos la cápsula ante-

rior con una capsulorrexis manual, se puede provocar una apertura incontrolable que va de un lado a otro del cristalino; a esta complicación se la conoce coloquialmente como «el signo de la bandera argentina». La tasa publicada de capsulorrexis manuales fallidas en estas cataratas blancas varía de un 3,8% a un 28,3% según los diferentes autores (58,59).

Hawlina et al. (60) observaron que en el 86,6% de las cápsulas de las cataratas blancas intumescientes aparecían extrusiones de filamentos de la membrana basal en la cara epitelial, mientras que en las cápsulas de cataratas nucleares solo representaban el 34,3% ($P = 0,012$). También observaron cómo se distribuían unos filamentos de forma variable dentro de la membrana basal, pudiendo encontrarse en todo su grosor en cataratas blancas, y casi exclusivamente debajo del epitelio en las nucleares. Como afirman los propios autores, desde el punto de vista quirúrgico, estos hallazgos pueden representar puntos débiles que favorezcan el desgarramiento de la cápsula anterior en el sitio donde estos cambios son más pronunciados, especialmente si la presión interna en el cristalino es alta. Todo lo anterior podría justificar una mayor tasa de roturas capsulares durante la cirugía. Teniendo en cuenta estas observaciones, el empleo del LFS para crear una capsulorrexis correcta podría ser una herramienta muy eficaz.

Actualmente sabemos que el empleo del LFS en estas situaciones es seguro y técnicamente factible (28,61,62). Pero no todo son ventajas. La alta presión intra-sacular que puede existir en estas cataratas blancas provoca la salida de material cristalino mientras se realiza el corte, impidiendo completar la capsulotomía en su totalidad. Al liberarse la presión por la zona donde se inicia el corte, se produce un desplazamiento lateral brusco de la cápsula hacia el otro lado, originándose un corte incompleto, de mayor o menor extensión. Por esta razón, está descrito que, en este tipo de cataratas, hasta el 28% de las capsulotomías realizadas con LFS son incompletas (28). Para disminuir este inconveniente, la velocidad, el espaciado de puntos y el orden de entrada de los pulsos dentro del patrón láser son críticos. Algunos autores recomiendan aumentar la profundidad del corte de 0,6 mm a 1,0 mm, o configurar el láser con una tasa de repetición más alta, optimizando el patrón entrelazado. El objetivo es cortar los 360° antes de que se produzca el desplazamiento de la cápsula (57). Por otro lado, en nuestra opinión, el núcleo hiperdenso que habitualmente encontramos

en la parte posterior de estas cataratas blancas dificulta la localización de la cápsula posterior. Por eso, **se recomienda no utilizar el láser para la fragmentación del núcleo, y limitar su uso a realizar la capsulotomía anterior** (centrada siempre en el vértice del cristalino) (fig. 9).

Síndrome de contracción capsular

El síndrome de contracción capsular se produce como consecuencia de la respuesta cicatricial de las células A de la cápsula anterior frente a la herida que supone la capsulorrexis (metaplasia miofibroblástica de las células A). La opacidad y fimosis de la cápsula anterior que se produce (junto a un posible desplazamiento de la lente), da lugar habitualmente a una disminución en la agudeza visual.

En la literatura están descritos diferentes procedimientos para abordar el síndrome de contracción capsular. El láser de Nd:YAG con impactos radiales sobre el anillo de fibrosis es el tratamiento más utilizado, aunque no siempre se consigue liberar la fuerza traccional a la que está sometido el ecuador del saco capsular. En ciertos casos, el nivel de energía necesario para realizar los cortes radiales puede llegar a producir inflamación intraocular. También se puede eliminar la contracción capsular en el quirófano con la ayuda de una tijera de vitrectomía, o emplear tecnologías diferentes como la descrita por Fugo et al. (63), capaz de realizar un corte en la fibrosis capsular empleando altas temperaturas.

Una técnica alternativa sería el LFS, que permite realizar un corte circular sobre la cápsula contraída, con el diámetro deseado. Diferentes autores han dado a conocer sus buenos resultados en estos casos (64,65), empleando niveles de energía de 4 mJ o superiores (hasta 6 mJ), aunque refieren que no siempre se consigue una capsulotomía completa y libre en 360°.

En nuestra experiencia, es siempre necesario completar de forma manual la capsulotomía iniciada con el láser. En cuanto se corta una zona, la tensión mantenida en la zona opuesta desplaza de forma brusca el anillo de fibrosis e impide que se mantenga la línea de corte. Para resolver esta limitación, se realizan una o dos paracentesis con un cuchillete de 20G, orientadas hacia las zonas donde no se haya completado el corte de la cápsula. Seguidamente, introducimos una tijera de vitrectomía para cortar los

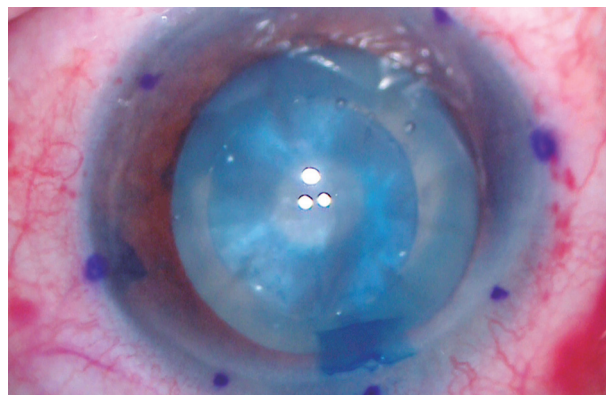


Figura 9. FLACS en catarata avanzada.

puentes de la cápsula, y finalmente, una pinza también de vitrectomía para extraer el anillo fibrótico liberado.

Para conseguir que el láser corte la fibrosis capsular en todo su espesor, **se recomienda realizar el procedimiento con un rango de 600 μm** (300 μm por debajo de la cápsula y 300 μm por encima de ella). Dado que el espacio entre la superficie posterior de la cápsula y la superficie anterior de la lente es de aproximadamente de 180 a 240 μm , el láser habitualmente deja una marca en la cara anterior de la lente intraocular en los 360° del corte (sin trascendencia clínica). En nuestra opinión, **el diámetro del corte que se programe no debe superar los 4,4 mm**, para evitar una ampliación brusca y exagerada de la fimosis capsular, que provoque una luxación de la lente (fig. 10).

Aun considerando todo lo anterior, pensamos que el LFS está especialmente indicado en los síndromes de contracción capsular extremos, con cierre parcial o total de la capsulorrexis, y sobre todo si se tiene previsto asociar un intercambio de lente por cualquier motivo.

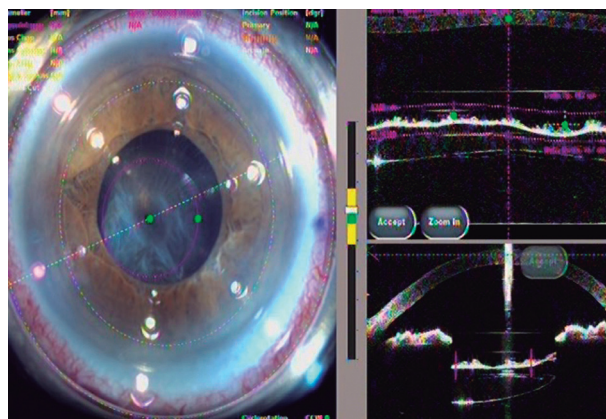


Figura 10. FLACS en síndrome de contracción capsular.

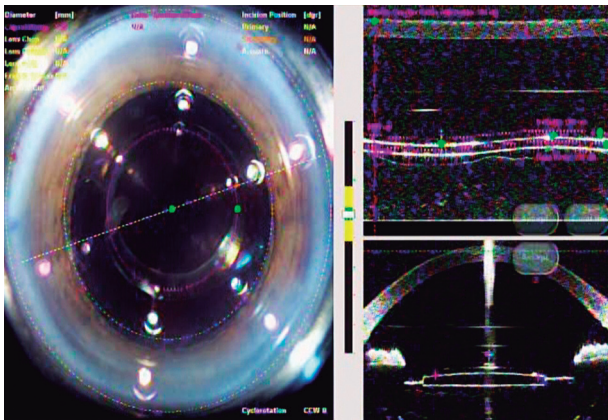


Figura 11. FLACS en intercambio de lente.

Intercambio de lentes intraoculares

El LFS se puede utilizar también en la cirugía del intercambio de lentes, independientemente de que se encuentren en el saco capsular o en el sulcus ciliar. La posibilidad de realizar el intercambio de una lente, que se encuentra correctamente posicionada en el saco capsular con mayor o menor seguridad, depende del tamaño y de la forma de la capsulotomía anterior, del material de la lente implantada, del estado del saco capsular (grado de fibrosis, fusión de las cápsulas, restos corticales y/o celulares, presencia o no de un anillo tensor de la cápsula...), y de si existe o no, una rotura de la cápsula posterior, accidental o tras capsulotomía con láser de Nd:YAG.

El uso del LFS en estos casos permite **homogeneizar y ampliar la capsulotomía a 5,0 mm** (en caso de que sean menores), **o de centrarla si está desplazada**. Así, se favorecen las maniobras dentro del saco capsular, se liberan las tracciones que puedan existir entre las cápsulas y se facilita el explante de la lente (fig. 11).

Si por el contrario, queremos recolocar una lente de tres piezas que está en el sulcus ciliar, pero con suficiente soporte capsular y buen estado zonular, se puede emplear el LFS para crear una capsulotomía circular en los restos fusionados de ambas cápsulas. Esto nos permitirá luxar (abotonar) la óptica de la lente a través de la nueva capsulotomía creada, manteniendo las hápticas en el sulcus ciliar. La lente queda fija por detrás del diafragma capsular, sin que roce la óptica con el iris. Si la lente no es de tres piezas, sino monobloque, se debe intercambiar.

CONCLUSIONES

Después de más de 10 años de experiencia con el LFS aplicado a la cirugía de catarata, se puede concluir que el perfil de seguridad de la técnica FLACS es comparable al de la cirugía de catarata convencional (2,66).

La seguridad que aporta la capsulorrexis centrada en el saco capsular, cubriendo el borde de la óptica de la lente en los 360°, reduce la posibilidad de desplazamientos de la lente y favorece la estabilidad refractiva, sobre todo si se asocia con una correcta limpieza de las cápsulas y una selección adecuada de la plataforma de la lente (saco capsular *premium*) (29).

Las limitaciones descritas para el LFS no son motivo suficiente para desaconsejar su uso; es fácil, para el cirujano, adaptarse a esta consolidada tecnología. El empleo de la técnica FLACS nos permite avanzar en el desarrollo de la cirugía sustitutiva del cristalino y generar nuevas perspectivas personalizadas de tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gimbel HV, Neuhann T. Development, advantages, and methods of the continuous circular capsulorhexis technique. *J Cataract Refract Surg* 1990; 16: 31-37.
2. Fernández-Vega Sanz L, Alfonso JF. Cirugía refractiva del cristalino. 96° Ponencia Oficial de la Sociedad Española de Oftalmología (SEO), 2020.
3. Mastropasqua L. Femtosecond Laser-Assisted cataract surgery. *Ophthalmology Textbook*. SOI. January 2010.
4. 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.
5. Zhou HW, Xie LX. Effects of cataract surgery on endothelium in transplanted corneal grafts: comparison of extracapsular cataract extraction and phacoemulsification for complicated cataract after penetrating keratoplasty. *Chin Med J* 2016; 129: 2096-2101.
6. Mastropasqua L, Toto L, Mattei PA, et al. Optical coherence tomography and 3-dimensional confocal structured imaging system-guided femtosecond laser capsulotomy versus manual continuous curvilinear capsulorhexis. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 2035-2043.
7. Nagy ZZ, Kranitz K, Takacs AI, et al. Comparison of intraocular lens decentration parameters after femtosecond and manual capsulotomies. *J Refract Surg* 2011; 27: 564-569.
8. Kranitz K, Takacs A, Mihaltz K, et al. Femtosecond laser capsulotomy and manual continuous curvilinear capsulorhexis parameters and their effects on intraocular lens centration. *J Refract Surg* 2011; 27: 558-563.
9. Kranitz K, Mihaltz K, Sandor GL, et al. Intraocular lens tilt and decentration measured by Scheimpflug camera fo-

- llowing manual or femtosecond laser-created continuous circular capsulotomy. *J Refract Surg* 2012; 28: 259-263.
10. Friedman NJ, Palanker DV, Schuele G et al. Femtosecond laser capsulotomy. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 1189-1198.
 11. Sun H, Fritz A, Dröge G, et al. Femtosecond-Laser-Assisted Cataract Surgery (FLACS). En: *High Resolution Imaging in Microscopy and Ophthalmology: New Frontiers in Biomedical Optics* [Internet]. Cham (CH): Springer; 2019. Chapter 14. 2019 Aug 14. Free Books & Documents.
 12. Roberts HW, Day AC, O'Brart DP. Femtosecond laser-assisted cataract surgery: A review. *Eur J Ophthalmol* 2020; 30: 417-429.
 13. Schumacher S, Fromm M, Oberheide U, et al. In vivo application and imaging of intralenticular femtosecond laser pulses for the restoration of accommodation. *J Refract Surg* 2008; 24: 991-995.
 14. Serrao S, Lombardo G, Desiderio G, et al. Analysis of femtosecond laser assisted capsulotomy cutting edges and manual capsulorhexis using environmental scanning electron microscopy. *J Ophthalmol* 2014; 2014: 520713.
 15. Daya S, Chee SP, Ti SE, et al. Comparison of anterior capsulotomy techniques: continuous curvilinear capsulorhexis, femtosecond laser-assisted capsulotomy and selective laser capsulotomy. *Br J Ophthalmol* 2020; 104: 437-442.
 16. Williams GP, George BL, Wong YR, et al. The effects of a low-energy, high frequency liquid optic interface femtosecond laser system on lens capsulotomy. *Sci Rep* 2016; 6: 24352.
 17. Thompson VM, Berdahl JP, Solano JM, et al. Comparison of manual, femtosecond laser, and precision pulse capsulotomy edge tear strength in paired human cadaver eyes. *Ophthalmology* 2016; 123: 265-274.
 18. Schultz T, Joachim SC, Noristani R, et al. Greater vertical spot spacing to improve femtosecond laser capsulotomy quality. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43: 353-357.
 19. Mayer WJ, Ohlmann A, Schuh A, et al. Electron microscopy analysis of femtosecond laser-assisted capsulotomy before and after lens fragmentation. *Sci Rep* 2021; 11: 24427.
 20. Abell RG, Davies PE, Phelan D, et al. Anterior capsulotomy integrity after femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Ophthalmology* 2014; 121: 17-24.
 21. Mastropasqua L, Toto L, Calienno R, et al. Scanning electron microscopy evaluation of capsulorhexis in femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 1581-1586.
 22. Ostovic M, Klaproth OK, Hengerer FH, et al. Light microscopy and scanning electron microscopy analysis of rigid curved interface femtosecond laser assisted and manual anterior capsulotomy. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 1587-1592.
 23. Mayer WJ, Klaproth OK, Ostovic M et al. Cell death and ultrastructural morphology of femtosecond laser-assisted anterior capsulotomy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014; 55: 893-898.
 24. Kohnen T, Klaproth OK, Ostovic M, et al. Morphological changes in the edge structures following femtosecond laser capsulotomy with varied patient interfaces and different energy settings. *Graefé's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2014; 252: 293-298.
 25. Tognetto D, Giacinto CD, Perrotta AA, et al. Scanning Electron Microscopy Analysis of the Anterior Capsulotomy Edge: A Comparative Study between Femtosecond Laser-Assisted Capsulotomy and Manual Capsulorhexis. *J Ophthalmol* 2018: 8620150.
 26. Bala C, Xia Y, Meades K. Electron microscopy of laser capsulotomy edge: interplatform comparison. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 1382-1389.
 27. Sharma B, Abell RG, Arora T, et al. Techniques of anterior capsulotomy in cataract surgery. *Indian J Ophthalmol* 2019; 67: 450-460.
 28. Martin AI, Hodge C, Lawless M, et al. Femtosecond laser cataract surgery: challenging cases. *Curr Opin Ophthalmol* 2014; 25: 71-80.
 29. Alfonso-Bartolozzi B, Alfonso JF, Fernández-Vega Cueto L, Fernández-Vega Sanz L. Fundamentos quirúrgicos para conseguir el saco capsular premium. 96° Ponencia Oficial de la SEO, 2020: Sección 6. Capítulo 6.3: 295-304.
 30. Findl O, Buehl W, Bauer P, Sycha T. Interventions for preventing posterior capsule opacification. *Cochrane Database Syst Rev* 2010; 17: CD003738.
 31. Schultz T, Tsiampalis N, Dick B. Laser-assisted capsulotomy centration: a prospective trial comparing pupil versus OCT-based scanned capsule centration. *J Refract Surg* 2017; 33: 74-78.
 32. Qian DW, Guo HK, Jin SL, et al. Femtosecond laser capsulotomy versus manual capsulotomy: a meta-analysis. *Int J Ophthalmol* 2016; 9: 453-458.
 33. Packer M, Teuma EV, Glasser A, Bott S. Defining the ideal femtosecond laser capsulotomy. *Br J Ophthalmol* 2015; 99: 1137-1142.
 34. Takagi M, Kojima T, Ichikawa K, et al. Comparison of maximum stretch forces between femtosecond laser-assisted capsulotomy and continuous curvilinear capsulorhexis. *J Ophthalmol* 2017: 3489373.
 35. Kohnen T. Femtosecond laser capsulotomy [Editorial]. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 1947-1948.
 36. Daya SM, Chee S-P, Ti S-E, et al. Parameters affecting anterior capsulotomy tear strength and distension. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45: 355-360.
 37. Abell RG, Darian-Smith E, Kan JB, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery versus standard phacoemulsification cataract surgery: outcomes and safety in more than 4000 cases at a single center. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 47-52.
 38. Day AC, Gartry DS, Maurino V, et al. Efficacy of anterior capsulotomy creation in femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 2031-2034.
 39. Nagy ZZ, Takacs AI, Filkorn T, et al. Complications of femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 20-28.
 40. Sandor GL, Kiss Z, Bocskai ZI, et al. Evaluation of the mechanical properties of the anterior lens capsule following femtosecond laser capsulotomy at different pulse energy settings. *J Refract Surg* 2015; 31: 153-157.
 41. Reyes Lua M, Oertle P, Camenzind L, et al. Superior Rim Stability of the Lens Capsule Following Manual Over Femtosecond Laser Capsulotomy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; 57: 2839-2849.
 42. Kanclerz P, Alio JL. The benefits and drawbacks of femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Eur J Ophthalmol* 2021; 31: 1021-1030.
 43. Arbisser LB, Schultz T, Dick HB. Central dimple-down maneuver for consistent continuous femtosecond laser capsulotomy. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 1796-1797.
 44. Yeoh, R. Femtosecond laser-assisted capsulorhexis: anterior capsule tags and tears. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 906-907.

45. Chen X, Xiao W, Ye S, et al. Efficacy and safety of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification for cataract: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Sci Rep* 2015; 5: 13123.
46. Chen X, Chen K, He J, Yao K. Comparing the curative effects between femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification surgery: a meta-analysis. *PLoS One* 2016; 11: e0152088.
47. Agarwal A, Jacob S. Current and effective advantages of femto phacoemulsification. *Curr Opin Ophthalmol* 2017; 28: 49-57.
48. Pahlitzsch M, Torun N, Pahlitzsch NL, et al. Correlation between anterior chamber characteristics and laser flare photometry immediately after femtosecond laser treatment before phacoemulsification. *Eye (Lond)* 2016; 30: 1110-1117.
49. Stănilă D, Florea AM, Stănilă A, Panga AA. Endothelial cells loss to the hyperopic patients during phacoemulsification. *Rom J Ophthalmol* 2017; 61: 256-260.
50. Cho YK, Chang HS, Kim MS. Risk factors for endothelial cell loss after phacoemulsification: comparison in different anterior chamber depth groups. *Korean J Ophthalmol* 2010; 24: 10-15.
51. Vasavada VA, Vasavada S, Vasavada AR, et al. Comparative evaluation of femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification in eyes with a shallow anterior chamber. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45: 547-552.
52. Chee SP, Wong MH, Jap A. Management of severely subluxated cataracts using femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2017; 173: 7-15.
53. Crema AS, Walsh A, Yamane IS, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in patients with Marfan syndrome and subluxated lens. *J Refract Surg* 2015; 31: 338-341.
54. Pachtaev NP, Kulikov IV, Pikusova SN. Femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification cataract surgery in patients with lens subluxation. *Vestn Oftalmol* 2018; 134: 65-72.
55. Ju R, Chen Y, Yang W, et al. Application of femtosecond laser technology in the management of subluxated lens. *Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao* 2019; 39: 843-849.
56. Titiyal JS, Kaur M, Rathi A, Falera R. Femtosecond laser-assisted successful management of subluxated cataractous lens with vitreous in anterior chamber. *Indian J Ophthalmol* 2019; 67: 155-157.
57. Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Joachim SC, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in intumescent white cataracts. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 44-50.
58. Kara-Junior N, de Santhiago MR, Kawakami A, et al. Mini-rhexis for white intumescent cataracts. *Clinics* 2009; 64: 309-312.
59. Jacob S, Agarwal A, Agarwal A, et al. Trypan blue as an adjunct for safe phacoemulsification in eyes with white cataract. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28: 1819-1825.
60. Hawlina M, Stunf S, Hvala A. Ultrastructure of anterior lens capsule of intumescent white cataract. *Acta Ophthalmol* 2011; 89: 367-370.
61. Taravella MJ, Meghpara B, Frank G, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in complex cases. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 813-816.
62. Peng TT, Wang Y, Bao XY. Preliminary report on the application of femtosecond laser-assisted anterior capsulotomy in intumescent white cataract surgery. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi* 2017; 53: 281-287.
63. Fugo RJ. Fugo blade to enlarge phimotic capsulorhexis. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32: 1900.
64. Schweitzer C, Tellouck L, Gaboriau T, Leger F. Anterior capsule contraction treated by femtosecond laser capsulotomy. *J Refract Surg* 2015; 31: 202-204.
65. Ibarz M, Rodríguez-Prats JL, Tañá P. Femtosecond laser-assisted capsulotomy for treatment of bilateral anterior capsule contraction. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43: 289-292.
66. Roberts TV, Lawless M, Bali SJ, et al. Surgical outcomes and safety of femtosecond laser cataract surgery: a prospective study of 1500 consecutive cases. *Ophthalmology* 2013; 120: 227-233.