

CAPÍTULO 5.7

RESULTADOS CLÍNICOS BASADOS EN LA EVIDENCIA CIENTÍFICA: FACOEMULSIFICACIÓN CONVENCIONAL VERSUS FLACS. COSTE-EFECTIVIDAD DEL LÁSER DE FEMTOSEGUNDO EN LA CIRUGÍA DE CATARATA

*Francisco J. Castro Alonso, Cristina Almenara Michelena, Alicia Gavín Sancho,
Vicente Polo Llorens, Beatriz Latre Rebled*

INTRODUCCIÓN

La tecnología láser de femtosegundo en la cirugía de cataratas (FLACS) se introdujo hace más de una década (1), con la intención de hacer que los resultados refractivos de la cirugía de cataratas fueran más predecibles (2), pero a día de hoy, sigue provocando mucho interés y cierta controversia en cuanto a sus ventajas y necesidades percibidas, ya que, si bien ofrece automatización y alta precisión para varias etapas de la cirugía de cataratas, se asocia con un elevado coste (3). Hoy en día, las diferencias entre la facoemulsificación convencional (FC) y FLACS son bien conocidas, y las ventajas y desventajas relativas de ambas han sido objeto de numerosos ensayos clínicos, revisiones y meta-análisis (4-21).

Las respuestas con respecto a la eficacia y seguridad de FLACS requieren estudios que tengan suficiente volumen de pacientes y por tanto una buena potencia estadística como para detectar pequeñas diferencias en los parámetros analizados, y por ello, es apropiado realizar meta-análisis de la literatura para intentar llegar a conclusiones definitivas (14).

En la tabla 1 se exponen los resultados de los meta-análisis publicados en los últimos años comparando FLACS versus FC.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE FLACS VERSUS FC

Análisis de la eficacia

Eficacia intraoperatoria

Energía y tiempo efectivo de facoemulsificación

La energía de facoemulsificación es un factor determinante en la producción de radicales libres y

estrés oxidativo celular por daño del endotelio (14). Una alta potencia y duración del uso de ultrasonidos (US) se asocia con una mayor pérdida de células endoteliales (PCE), mayor reacción inflamatoria en la cámara anterior y se ha implicado también en la patogenia del edema macular cistoide (EMC) (22).

La energía disipada acumulada (EDA) en la incisión principal es proporcional a la cantidad de US y al daño térmico, y para disminuirla es necesario reducir el tiempo efectivo de facoemulsificación (TEF) y la cantidad de energía utilizada. La cirugía mediante FLACS permite pretratar el núcleo realizando patrones de fragmentación en el mismo, con el objetivo de disminuir la energía de facoemulsificación utilizada y acortar el TEF.

Se ha descrito que **la energía de facoemulsificación en las cirugías FLACS es mucho menor que en la FC (5,8)**, siendo esta disminución de entre un 39% y un 83,6% en función del estudio (14), y teniendo además en cuenta que entre un 30% y un 80% de los pacientes no requirieron ningún tipo de energía de facoemulsificación para eliminar la catarata (23) tras el pretratamiento mediante fragmentación con láser de femtosegundo (LFS). También se ha visto una **disminución significativa de la EDA con FLACS (8)**.

Asimismo, hay una concordancia entre autores en la **disminución significativa del TEF en FLACS respecto a FC**, llegando a cuantificarse en más de 3 segundos (10). Sin embargo, **no se ha encontrado una diferencia significativa en el tiempo quirúrgico total entre ambos procedimientos (10)**.

Circularidad de la capsulotomía

La realización de una capsulotomía anterior centrada y circular (CCC) es un factor determinante para la realización segura de la cirugía y el implante de la

Tabla 1. Resumen de los resultados publicados en diversos meta-análisis que comparan FLACS con la facoemulsificación manual convencional

Meta-análisis (año)	Tamaño muestral	Agudeza visual final	Refracción residual	HOA	Parámetros quirúrgicos	Complicaciones	Coste-efectividad
Chen et al. (2015) (5)	989 ojos (512 FLACS vs 477 FC)	AVsc similar (NS) AVcc 1 sem y 6 m mejor con FLACS*	—	—	TEF más corto en FLACS* Circularidad de capsulotomía similar (NS)	RCC mejor con FLACS* ECC 1 día postop mejor con FLACS* EM y HTO similar (NS)	—
Chen et al. (2016) (8)	4903 ojos (2861 FLACS vs 2072 FC)	AVsc mejor con FLACS* al final del seguimiento AVcc 1 sem mejor con FLACS* AVcc 1 m o post similar (NS)	MAE mejor con FLACS *	—	TEF más corto en FLACS* Circularidad de capsulotomía mejor con FLACS *	ECC mejor con FLACS en todas las revisiones* Menor pérdida de células endoteliales con FLACS en todas las revisiones postop*	—
Popovic et al. (2016) (10)	14567 ojos (7127 FLACS vs 7440 FC)	AVsc similar (NS) AVcc similar (NS)	MAE similar (NS)	Centrado LIO mejor con FLACS*	TEF más corto en FLACS * Tiempo quirúrgico total similar (NS) Diámetro de capsulotomía más predecible con FLACS *	ECC mejor con FLACS* Mayor reducción en el RCC en FC* N° de RCP menor con FC* N.º total de complicaciones similar (NS)	—
Ye et al. (2017) (11)	—	AVsc similar (NS) AVcc similar (NS)	MAE mejor con FLACS*	—	—	Menor pérdida de células endoteliales con FLACS (NS) EM y HTO similar (NS)	—
Wang et al. (2019) (21)	7156 participantes (3554 FLACS vs 3602 FC)	—	—	—	—	N° de RCA mayor con FLACS* N° de RCP similar (NS) Incidencia de edema corneal, EM y HTO mayor con FLACS*	—
Kolb et al. (2020) (15)	12769 FLACS vs 12274 FC	AVsc y AVcc 1 sem (NS) AVsc y AVcc entre 1 y 3 m mejor con FLACS* AVsc ≥ 6 m mejor con FLACS*	EE similar 1 sem (NS) EE ≥ 6 m mejor con FLACS*	—	TEF y TTF más cortos en FLACS* Diámetro y circularidad de capsulotomía más reproducible con FLACS*	N° de RCA mayor con FLACS* RCP mayor con FLACS (NS) ECC mejor con FLACS*	—
Schweitzer et al. (2020) (13)	1389 ojos (704 FLACS vs 685 FC)	AVcc similar (NS)	EE y astigmatismo similares (NS)	—	TEF más corto en FLACS*	N° de RCA y RCP similar (NS)	FLACS es más caro y menos efectivo que FC
Chen et al. (2021) (17)	3781 ojos (1899 FLACS vs 1882 FC)	AVsc similar a 1 sem, 1 m y 3-6 m (NS) AVcc 1 sem mejor con FLACS* Menor pérdida de células endoteliales con FLACS*	—	—	TEF más corto en FLACS*	N° de RCP mayor con FC* ECC 1 día y 1 sem postop mejor con FLACS * Menor pérdida de células endoteliales con FLACS* EM y HTO similar (NS)	—

FLACS = Cirugía de catarata asistida por el láser de femtosegundo; FC = Facioemulsificación convencional; NS = diferencia estadísticamente no significativa; AVsc = Agudeza visual sin corrección; AVcc = Agudeza visual con corrección; MAE = Error absoluto medio; EE = Equivalente esférico; HOA = Aberraciones de alto orden; LIO = Lente intraocular; TEF = Tiempo efectivo de facoemulsificación; TTF = Tiempo total de facoemulsificación; ECC = Espesor corneal central; RCC = Recuento de células endoteliales; RCP = Rotura de cápsula posterior; RCA = Rotura capsular anterior; EM = Edema macular; HTO = Hipertensión ocular.

lente intraocular (LIO). La circularidad de la capsulotomía nos indica la regularidad de la misma, y en su descripción un valor de 1 indica un círculo perfecto.

La mayoría de los estudios han encontrado que **la capsulorrexis realizada mediante LFS es significativamente más circular** que aquella realizada de manera manual (8,15), y todos concuerdan en que **la reproducibilidad y predicción de la morfología es mayor** en las realizadas con láser. No se han encontrado diferencias significativas entre el diámetro de la CCC realizada con láser y la manual, aunque sí se ha visto que las realizadas mediante LFS tienen un diámetro significativamente más similar al predeterminado, lo que permitiría proporcionar una posición efectiva de la lente (ELP, acrónimo del inglés *Effective Lens Position*) más predecible (10).

Se ha visto que **aquellas LIOs implantadas tras una CCC realizada mediante LFS están más centradas en el eje horizontal** respecto a las que se implantan durante la FC (24). Teóricamente, esta mayor circularidad debería traducirse en una menor inclinación («*tilt*») de la LIO y en un menor cambio («*shift*») miópico inducido por un leve cambio en la ELP. Sin embargo, Okada et al. (25) no encontraron diferencias significativas entre la circularidad o el centrado de la capsulotomía con el equivalente esférico (EE) ni con el cilindro residual, tanto al mes como al año tras la cirugía.

Eficacia postoperatoria

Agudeza visual y refracción

Sería esperable que tras una capsulorrexis más circular y centrada y una mejor predictibilidad de la ELP, los resultados refractivos fueran superiores en FLACS que en la FC. En cambio, si revisamos la literatura, encontramos resultados algo contradictorios.

Popovic y colaboradores (10) publicaron un extenso meta-análisis en el que incluyeron 14.567 ojos de 15 ensayos clínicos controlados y randomizados y 22 estudios observacionales de cohortes. Los autores no encontraron diferencias significativas entre FLACS y FC en términos de agudeza visual sin corrección (AVsc), agudeza visual corregida (AVcc) y resultados refractivos (error absoluto medio).

Resultados algo diferentes fueron publicados por Chen y colaboradores (5), quienes en su meta-análisis evaluando 9 ensayos clínicos controlados y ran-

domizados e incluyendo 989 ojos (512 ojos intervenidos de FLACS versus 477 ojos intervenidos de FC), no encontraron diferencias significativas en cuanto a la AVsc, mientras que la AVcc era significativamente mejor con FLACS a la semana y a los 6 meses postoperatorios (no se encontraron diferencias significativas al mes y a los 3 meses).

En el meta-análisis de Ye y colaboradores (11), no se encontraron diferencias significativas en la AVsc postoperatoria pero sí en la AVcc final a favor de FLACS. Asimismo, el error absoluto medio era significativamente menor en el grupo FLACS que en el grupo FC.

Finalmente, en el meta-análisis de Kolb et al. (15), evaluando un total de 12.769 ojos intervenidos de FLACS versus 12.274 ojos intervenidos de FC, encontraron que la AVsc, la AVcc y el EE residual eran significativamente mejores en el grupo FLACS en los 3 primeros meses postoperatorios, y la AVsc seguía siendo mejor en el grupo FLACS en la revisión de los 6 meses.

Aunque en general vemos que las diferencias entre ambas técnicas puedan ser estadísticamente significativas, no parecen ser clínicamente relevantes.

Corrección del astigmatismo

Hay diversas formas de corregir el astigmatismo en una cirugía de catarata: implante de LIOs tóricas, incisiones relajantes limbares (IRL), queratotomías arcuatas asistidas con LFS e incisiones enfrentadas en córnea clara.

Se ha comparado la realización de queratotomías arcuatas mediante LFS frente a las IRL con FC para astigmatismos moderados menores de 2,5-3 dioptrías (D), encontrando que la corrección astigmática inducida es menor que la corrección objetivo en ambos casos, sin observarse diferencias entre grupos (26).

Sin embargo, el índice de corrección de las queratotomías arcuatas mediante láser es significativamente mayor que el de las IRL, además de ser significativamente más exacto en relación al objetivo. No hay diferencias en el error medio del ángulo, lo que indica que el alineamiento con láser no es mejor que el realizado manualmente (26).

En cuanto al uso de una LIO tórica con FC versus LIO monofocal asociada a queratotomías arcuatas asistidas por el LFS, no se observan diferencias signifi-

cativas en el resultado refractivo final en pacientes con astigmatismos preoperatorios de entre 1 y 3 D (14).

Asimismo, Mastropasqua et al. (27) observaron una menor magnitud en el astigmatismo inducido quirúrgicamente (SIA) en los pacientes intervenidos de FLACS, probablemente como consecuencia de la morfología precisa de la incisión corneal principal y del menor daño mecánico y térmico inducidos sobre esta incisión por FLACS en comparación con la FC. En cambio, Chen et al. (8) no encontraron diferencias significativas en el SIA entre ambos procedimientos.

Calidad visual en LIOs multifocales

Uno de los principales inconvenientes de las LIOs multifocales es la inducción de aberraciones de alto orden (HOA, acrónimo del inglés *Higher Order Aberrations*), principalmente el coma, por lo que resulta especialmente útil conocer el grado de HOA que inducen *per se* FLACS y la FC. Se sabe que las HOA están favorecidas por el descentramiento y el *tilt* de la LIO. Así, Miháltz et al. (28) detectaron unos valores más bajos de *tilt* vertical y de coma en el grupo FLACS, así como un menor grado de inducción de aberraciones internas (28,29), y de hecho los pacientes operados con FLACS estaban más satisfechos con el resultado visual que aquellos intervenidos con FC, dato importante a tener en cuenta dado que ambos grupos llevaban implantada el mismo modelo de LIO multifocal (29).

Análisis de la seguridad

Para evaluar la seguridad de un procedimiento quirúrgico, uno de los parámetros a analizar es la incidencia de complicaciones intra o postoperatorias que puedan inducir una pérdida de líneas de AVcc con respecto a la AVcc preoperatoria.

En primer lugar, hay que destacar que existen una serie de complicaciones intraoperatorias menores específicas de FLACS, como son las incisiones corneales imperforadas, y las marcas, puentes capsulares y/o capsulotomías láser incompletas, que no pueden ocurrir durante la FC.

En segundo lugar, hay que comentar que con la tan baja frecuencia de complicaciones que acontecen actualmente en manos expertas durante la cirugía de cataratas, los estudios prospectivos requeri-

rían muchos miles de casos operados para detectar diferencias estadísticamente significativas entre FC y FLACS (14).

Complicaciones intraoperatorias

Miosis aguda intraoperatoria

Un inconveniente y desventaja importante de FLACS frente a la FC es la aparición de una miosis intraoperatoria aguda (30,31) en ojos sin factores de riesgo (es decir, pacientes que no toman fármacos $\alpha 1$ -antagonistas para el tratamiento de la hiperplasia prostática benigna o la hipertensión arterial).

En una investigación de Nagy et al. (32), la tasa de miosis intraoperatoria aguda alcanzó el 32% de los casos. Este fenómeno suele producirse en la fase de aplanamiento y con la formación de burbujas en la cámara anterior (33), pero también se favorece cuando las ondas de choque del láser impactan en el margen pupilar circundante, e incluso se ha relacionado con una isquemia del esfínter del iris (16).

La miosis intraoperatoria en FLACS se asocia con la liberación aguda de prostaglandinas y otros mediadores inflamatorios como la interleuquina (Il)-1B y la Il-6 en la cámara anterior, incluso antes de que se introduzca el primer instrumento quirúrgico en el ojo (34,35). Además, la magnitud de la miosis se correlaciona con la concentración de Il-6 intracameral (36).

Un estudio evaluó la incidencia de miosis clínicamente significativa en FLACS empleando tres plataformas LFS, y encontraron que LenSx[®] producía la mayor cantidad de miosis seguido de Catalys[®] y en tercer lugar Victus[®] (37).

Complicaciones de la cápsula anterior

Al comienzo del desarrollo de esta tecnología se publicaron tasas más altas de desgarro de la cápsula anterior con FLACS debido al patrón de borde en «sello de correos» (38). Posteriormente, el meta-análisis de Kolb et al. (15) encontró una mayor incidencia de esta complicación con FLACS, aunque esto no supuso un empeoramiento del resultado visual, además se ha visto que la tasa de complicaciones capsulares podría estar relacionada con la configuración del láser de una unidad en particular y no debería generalizarse a todas las plataformas LFS (39). Los últimos

estudios publicados no encuentran diferencias estadísticamente significativas entre ambas técnicas con respecto a esta complicación (12,17,18).

Complicaciones de la cápsula posterior

Diversos estudios han valorado la incidencia de complicaciones en la cápsula posterior durante la cirugía de catarata. FLACS presenta una corta curva de aprendizaje, por lo que se ha considerado que el principal riesgo de tener un desgarro en la cápsula anterior o una rotura de la cápsula posterior (RCP) ocurre dentro de las 14-16 primeras operaciones de un cirujano (12).

Una revisión retrospectiva (40) de 7.155 pacientes (3.371 FLACS versus 3.784 FC) encontró una disminución estadísticamente significativa en la tasa de complicaciones intraoperatorias con FLACS en todos los cirujanos, independientemente de su nivel de experiencia quirúrgica, asociada a un menor riesgo de vitrectomía. La tasa de vitreorragia y el riesgo de vitrectomía disminuyeron de un 1,4% con FC a un 0,8% con FLACS. Otros estudios apoyan estos resultados (13,14,17,18), ya que describen una menor tasa de RCP en FLACS respecto a FC (del 0,0% para FLACS y del 0,5% para FC) (18).

Por contra, el grupo de Popovic, en su metaanálisis, mostró una mayor tasa de RCP en FLACS frente a FC (10), y en cambio, dos grandes estudios (41,42) y varios meta-análisis (13,21) no encontraron diferencias estadísticamente significativas en la tasa de RCP y el uso de vitrectomía no planificada entre FLACS y FC, a pesar de considerar que los desgarros capsulares pueden causar la necesidad de esta.

Aunque no parece haber grandes diferencias entre ambas técnicas, merece la pena quedarse con la reflexión que hacen Kolb et al. en su meta-análisis: «Las RCP parecen ser menores con FLACS, lo cual es de importancia clínica incluso si se perdió la significación estadística» (15).

Complicaciones postoperatorias

Edema macular cistoide

Desde los primeros estudios (43), se ha informado que no hay diferencias estadísticamente significativas en la incidencia de EMC entre FLACS y FC

(44), incluyendo tanto los análisis de seguridad de diferentes meta-análisis (15,17,20), como estudios que evalúan cambios específicos en el grosor macular del subcampo central en FLACS (45). Tan solo el meta-análisis de Wang et al. (21) detecta un riesgo significativamente mayor de EMC tras FLACS.

Presión intraocular

No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en la incidencia de aumento de la presión intraocular dentro de las primeras 24 horas después de la intervención (5,6,11,15,17). Sólo el meta-análisis de Wang et al. (21) detecta una incidencia significativamente mayor de hipertensión ocular postoperatoria tras FLACS.

Opacificación de la cápsula posterior (OCP)

La capsulotomía con LFS induce una mayor apoptosis de las células epiteliales del cristalino situadas a lo largo del borde de corte de la capsulotomía en comparación con la CCC manual (46), y teóricamente, este efecto apoptótico podría influir en la formación de una OCP (47). Sin embargo, en las investigaciones clínicas, las tasas de OCP en FLACS no fueron más bajas que en FC (20,30), e incluso un estudio más amplio de Manning et al. (41) que incluía 2.814 ojos operados con FLACS versus 4.987 operados con FC, confirmó que la tasa de OCP precoz fue mayor en FLACS (0,9% versus 0,0%; $P < 0,001$). Por el contrario, Tran et al. (48) analizaron la incidencia de capsulotomía YAG en 969 ojos intervenidos de FLACS versus 565 ojos intervenidos de FC y encontraron que la necesidad de capsulotomía YAG era significativamente más baja en el grupo FLACS (11,6% versus 15,2%).

Propiedades corneales

El edema corneal postoperatorio temprano, así como un aumento precoz del grosor corneal son un resultado directo de la lesión de las células endoteliales (49), lo que puede ralentizar la recuperación visual tras la cirugía. **En la cirugía mediante FLACS se ha encontrado un menor aumento del grosor corneal y una pérdida del contaje endotelial (PCE) más**



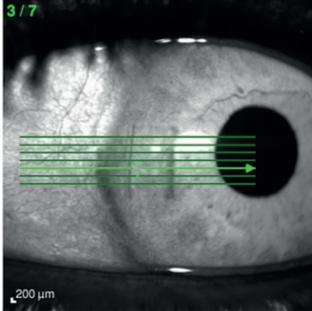
Figura 1. En la imagen de la izquierda, programación de la paracentesis y de la incisión principal (localización y tamaño). En la imagen de la derecha, morfología triplanar de la incisión principal. Plataforma láser de femtosegundo VICTUS® (Bausch & Lomb).

baja en el postoperatorio temprano (1 día y 1 semana) (17). Sin embargo, al mes de la cirugía los resultados en términos de grosor corneal, recuento endotelial y PCE no han mostrado diferencias significativas entre ambos grupos (12,13,17), salvo Abell et al. que informaron de una PCE un 36% menor en FLACS respecto a FC (38).

Considerando los resultados a largo plazo, la reducción del recuento endotelial en el grupo de FLACS se ha encontrado significativamente menor tanto al año (20), como a los 18 meses postoperatorios (50).

En situaciones especiales las ventajas de FLACS sobre FC son consistentes, aportando **mayor seguridad en cámaras anteriores poco profundas (<2 mm)** (51) y **una menor pérdida de células endoteliales en pacientes con disfunción endotelial preoperatoria** (52). En el caso de las cataratas nucleares duras que precisan más energía de facoemulsificación, la disminución del TEF asociado al uso de FLACS se traduce en mejoras a corto y medio plazo en el grosor corneal (15) y en una reducción de la PCE (15,53).

IR 20° ART [HR]



OCT 15° (8.3 mm) ART (9) Q: 40 [HR]

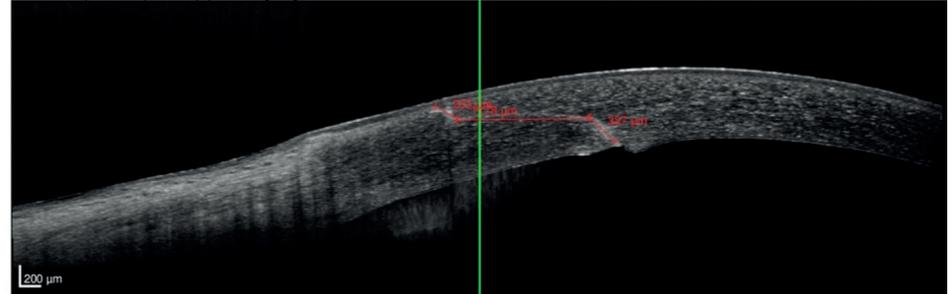


Figura 3. Imagen tomada mediante OCT-SA de la incisión en 3 planos realizada mediante láser de femtosegundo. Las longitudes del primer, segundo y tercer planos son 233, 1.178 y 327 micras, respectivamente (Imagen cortesía de Ferreira TB - Ribeiro FJ).

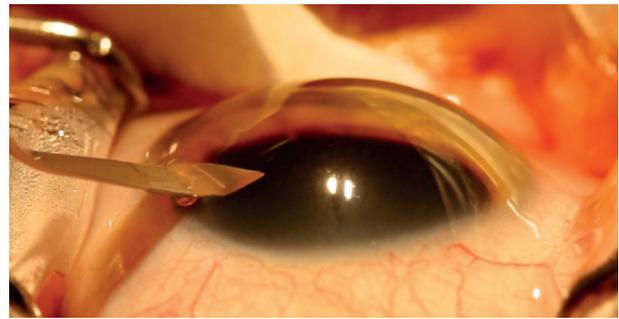


Figura 2. Realización de la incisión principal con un cuchillete angulado de 2,2 mm durante la cirugía de catarata convencional (Imagen FJ Castro, MD, PhD).

ANÁLISIS DE LAS ETAPAS QUIRÚRGICAS

Incisiones en córnea clara

El LFS en el contexto de la cirugía de catarata puede realizar tanto incisiones en córnea clara de espesor parcial, como la incisión principal y la paracentesis en FLACS, mediante unos parámetros preestablecidos. Además, la profundidad, la longitud y la arquitectura de estas incisiones (uniplanar en el caso de las incisiones accesorias, biplanar o triplanar en el caso de la incisión principal) pueden modificarse según las preferencias del cirujano (fig. 1). Con la técnica manual (fig. 2) es complicada la realización de una incisión triplanar consistente, y su creación se ha relacionado con alteraciones endoteliales y el desprendimiento de la membrana de Descemet (14,16). Así, Ferreira et al. compararon la arquitectura de las incisiones corneales usando una tomografía de coherencia óptica del segmento anterior (OCT-SA), y encontraron que en el grupo de incisión manual, la arquitectura triplanar se logró tan solo en el 28% de los casos, en contraste con el 100% de los casos en el grupo LFS ($P < 0,001$) (54) (fig. 3).

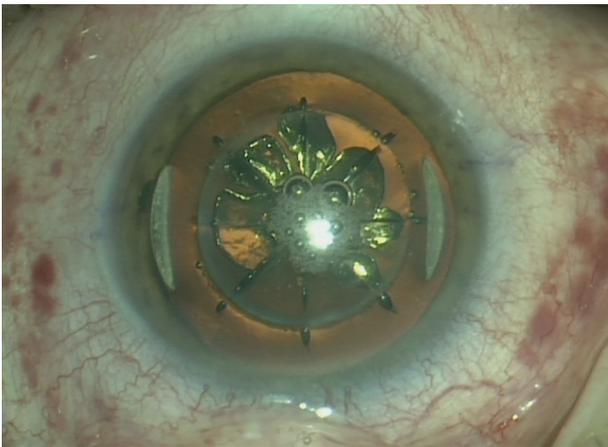


Figura 4. Catarata intervenida mediante láser de femtosegundo (FLACS). Capsulotomía, fragmentación del núcleo de la catarata y realización de incisiones arcuatas. Obsérvense las burbujas que se generan en la etapa de fragmentación del núcleo.

Basándonos en análisis morfológicos e inmunohistoquímicos, los bordes de las incisiones láser tienen un «patrón en sierra» (a diferencia del perfil suave de las incisiones manuales), y aunque no se han detectado diferencias significativas en el número de células inflamatorias estromales en las primeras 12-48 horas postoperatorias (14), sí se ha objetivado un mayor número de células apoptóticas en el interior de la incisión corneal creada con el LFS (30,55) y un incremento de la expresión de la IL-18 (56), lo que sugiere que la respuesta cicatricial postoperatoria es mayor con el LFS frente a la técnica manual. Asimismo, estudios de OCT-SA describen una mayor retracción de la herida al mes y a los tres meses de la cirugía y el motivo podría ser la presencia de una mayor remodelación tisular en las incisiones realizadas con LFS (14,57). Con la técnica láser, **la incidencia de fuga de la herida es menor** (así como el riesgo de endoftalmitis), **el edema también es menor** y las incisiones tienen **mayor reproducibilidad y mayor estabilidad** (14,16,30,58,59). Además, existe una menor cantidad de HOAs inducidas tras la cirugía (14,58) y una mayor predictibilidad del SIA durante la intervención (16,58). No obstante, la apertura de las incisiones creadas con el LFS no es fácil a veces, y esa mayor manipulación intraoperatoria para lograr la apertura de las mismas (60), bien con una espátula, bien con un cuchillete, puede inducir un cierto engrosamiento corneal y daños endoteliales focales (30). De hecho, a pesar de las ventajas que ofrece el LFS para la creación de las incisiones corneales (mayor reproducibilidad,

mayor estanqueidad), la relativa mayor dificultad que se observa intraoperatoriamente en ocasiones para abrirlas explicaría por qué en una encuesta realizada entre usuarios habituales de FLACS, sólo 2 de los 30 cirujanos hacían de manera rutinaria las incisiones corneales con el LFS (61).

Por otra parte, se debe mencionar la posibilidad de realizar **queratotomías arcuatas** mediante el LFS (fig. 4) para la corrección de astigmatismos corneales de bajo y medio grado. En estos casos el láser aporta una gran ventaja, la **mayor predictibilidad por su alta reproducibilidad** (tanto en la arquitectura de las incisiones como en la localización exacta en el eje corneal deseado) (30).

Capsulotomía anterior

En función del modelo de LFS, la capsulotomía se realiza antes o después de la fase de fragmentación de la catarata. El diámetro puede reprogramarse, pero se recomienda una distancia de seguridad de 1,0 mm entre el borde de la pupila y el límite de la capsulotomía para conseguir una capsulotomía completa, visualizar correctamente la cápsula anterior, evitar un trauma inadvertido del iris y reducir el riesgo de miosis secundaria (16) (fig. 5).

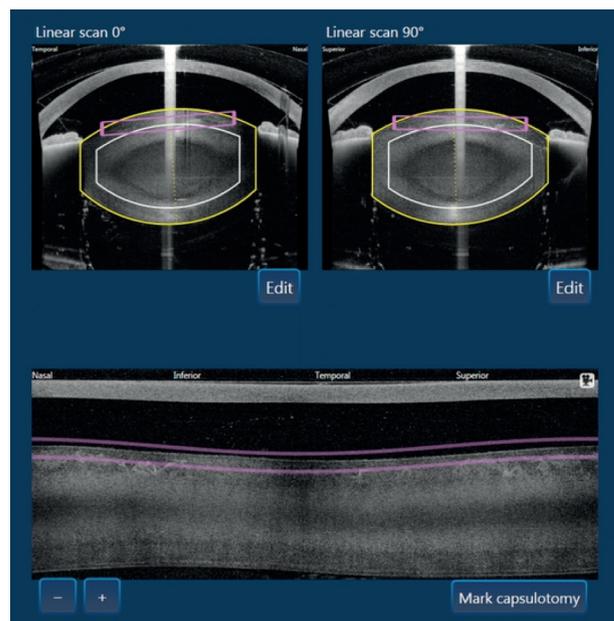


Figura 5. Fase de reconocimiento de los límites del cristalino (línea amarilla), márgenes de seguridad para la facofragmentación (línea blanca) y programación de la capsulotomía (línea rosa).

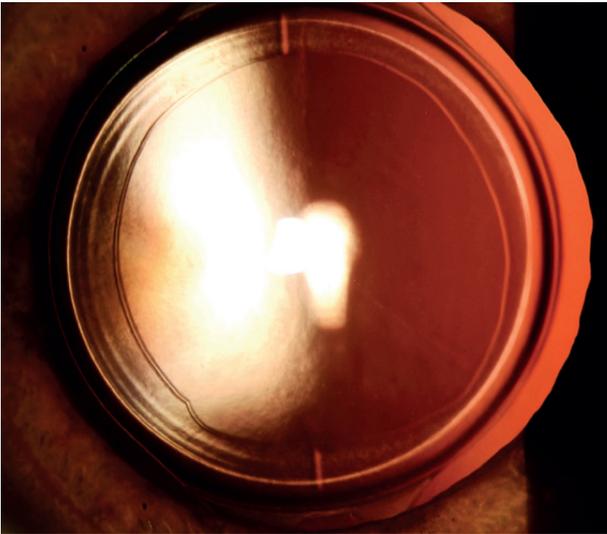


Figura 6. Lente intraocular tórica centrada y correctamente cubierta por la capsulotomía, realizada en este caso mediante la técnica convencional (Imagen FJ Castro, MD, PhD).

Según la literatura, la capsulotomía realizada con LFS frente a la técnica manual es superior en cuanto a la **reproducibilidad, regularidad en la forma y a la precisión en la localización**, y secundariamente en la técnica láser también es **superior el centrado de la LIO**, hecho especialmente importante en LIOs tóricas y LIOs multifocales en las que la ELP es determinante para conseguir el éxito en los resultados (14,16,30,33,58). En cambio, se ha descrito una menor resistencia de los bordes de la capsulotomía láser (resistencia que disminuye para-

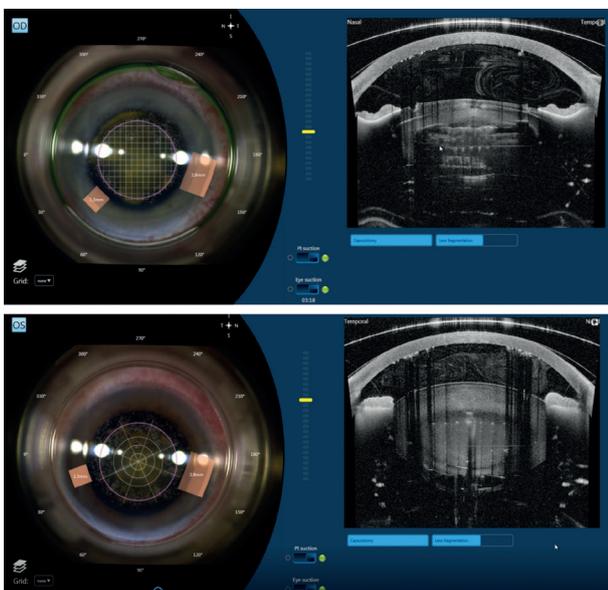


Figura 7. Patrón de fragmentación del núcleo de la catarata: en rejilla (imagen de arriba) y en tela de araña (imagen de abajo).

lamente al aumento del nivel de energía) (14,30), irregularidades microscópicas radiales del borde y *spots* de láser localizados fuera de la trayectoria de la capsulotomía con el consiguiente riesgo de desgarro capsular anterior (30). Se ha postulado que mínimos movimientos del paciente podrían ser los causantes de estos incidentes (30) y para minimizar el riesgo de desgarro serían útiles la irrigación bimanual, parámetros de facoemulsificación poco agresivos (para reducir el estrés capsular), así como la tinción capsular para confirmar la continuidad de la capsulotomía (30). Existe controversia sobre el diámetro capsular óptimo pero un diámetro entre 5,10 mm y 5,25 mm permitiría una extracción segura de la catarata y una superposición 360° de la cápsula anterior sobre la LIO, con la consiguiente reducción de la migración epitelial y de la OCP (14,16) (fig. 6).

Fragmentación del núcleo de la catarata

Esta etapa ha sido diseñada para realizar un pre-tratamiento de la catarata, y consiste en la segmentación o debilitamiento del núcleo con el objeto de reducir la cantidad y tiempo de US, el estrés oxidativo, la liberación de radicales libres y el daño endotelial, así como disminuir el riesgo de complicaciones capsulares (14). Antes de comenzar, el sistema reconoce el límite anterior y posterior del cristalino, y establece unos márgenes de seguridad que oscilan entre 0,2 y 1,5 mm (16) (fig. 5). Existen distintos patrones de fragmentación que el cirujano puede elegir antes de comenzar la cirugía (fig. 7) y la duración de esta etapa es dependiente de la densidad del cristalino.

Una ventaja de FLACS frente a la técnica convencional es la **reducción de la cantidad de US emitidos durante la facoemulsificación** (14,16) pero no existe evidencia consistente sobre el impacto que esto tiene a nivel del endotelio corneal (14,16). Como inconvenientes se han descrito el síndrome del bloqueo capsular y la rotura de la cápsula posterior (por hiperpresión capsular secundaria al acúmulo de fluido y gas) pero afortunadamente son complicaciones extremadamente infrecuentes (16).

En la tabla 2 se desglosan las ventajas e inconvenientes de cada etapa quirúrgica de FLACS en comparación con la FC.

Tabla 2. Ventajas e inconvenientes del empleo del láser de femtosegundo durante la cirugía de catarata frente a la técnica manual convencional

ETAPA QUIRÚRGICA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Incisiones en córnea clara	Mayor reproducibilidad Menor incidencia de fuga de la herida Mayor predictibilidad del astigmatismo inducido	Dificultad de apertura
Capsulotomía anterior	Mayor regularidad en la forma Mayor precisión en el tamaño y centrado (mayor centrado de la LIO) Correcta superposición capsular anterior sobre la LIO (menor riesgo de opacificación capsular posterior)	Exigencia de dilatación preoperatoria Riesgo de miosis Irregularidades microscópicas del borde de la capsulotomía
Fragmentación del núcleo	Reducción de la cantidad y tiempo de ultrasonidos	Hiperpresión capsular

APLICACIONES ESPECIALES DE FLACS VERSUS FC

Se han realizado estudios que comparan la eficacia y seguridad entre FLACS y FC en casos «especiales», como son pacientes con subluxación del cristalino, distrofia endotelial de Fuchs y cataratas nucleares duras (53,62).

- **La técnica de FLACS puede ser útil para crear una capsulotomía en casos de cataratas complejas**, como aquellas cataratas traumáticas en las que existe una inestabilidad zonular o una subluxación del cristalino (situaciones en las que la capsulorrexis manual puede resultar difícil debido a la falta de contra-tracción del cristalino) (14), pseudoexfoliación, cataratas intumescientes o en el síndrome de Marfan (14,63).

- También se puede usar **en casos de recuentos preoperatorios bajos de células endoteliales** (como la distrofia de Fuchs y otras degeneraciones endoteliales corneales), con el fin de intentar minimizar al máximo la pérdida de células endoteliales durante la cirugía (14). Se ha comprobado además que el LFS también se puede realizar sin incidencias en el ojo con cataratas en presencia de una LIO fáquica.

- **Cámara anterior estrecha:** Los ojos con cámaras anteriores (ACD) poco profundas tienen un mayor riesgo de edema e inflamación corneal postoperatorios tras la cirugía mediante FC. En estos casos complicados, FLACS podría ser útil para reducir la exposición de los tejidos del segmento anterior a los US (64,65). En ojos con ACD estrecha, FLACS mostró mejores resultados en el recuento de células endoteliales e inflamación corneal postoperatoria en comparación con la FC (51), y mantuvo córneas más claras, menor incremento del grosor corneal y menor grado de inflamación a nivel de la cámara anterior,

en el postoperatorio temprano (66). Los resultados de estos y otros estudios confirman que, **en ACD estrechas, la técnica de FLACS comparada con la FC, reduce el impacto traumático de los US en los tejidos oculares y, por tanto, la pérdida de células endoteliales** (67).

ANÁLISIS COSTE-EFECTIVIDAD EN LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE INTERVENCIONES SANITARIAS. COSTE-EFECTIVIDAD DEL LÁSER DE FEMTOSEGUNDO EN LA CIRUGÍA DE CATARATA

El análisis coste-efectividad (ACE) es, en la actualidad, la forma más común de llevar a cabo las evaluaciones económicas de las intervenciones sanitarias. En estos análisis se determina de forma numérica cuál es la relación entre los costes de una intervención concreta y las consecuencias de ésta, expresadas en términos de beneficios.

Este valor relativo de la intervención se expresa habitualmente como el cociente que se obtiene al dividir el coste neto de la intervención por su beneficio neto o efectividad, y se conoce como «coste-efectividad medio» (CEM). En líneas generales, las intervenciones con CEM bajos son coste-efectivas (eficientes), ya que tienen un menor coste por cada unidad de beneficio neto o efectividad que producen.

En los últimos años han sido numerosos los estudios (8-21) desarrollados para comparar y analizar los beneficios e inconvenientes de FLACS en el contexto actual de la cirugía de la catarata, así como realizar un ACE de ésta con respecto a la FC.

Los diferentes modelos de análisis económicos (13,14,16,18,30,68-70) han evidenciado que FLACS supone un incremento en el coste (euros) por

paciente con respecto a la cirugía convencional, y esto ha llevado a concluir que **FLACS no es coste-eficiente**. En el estudio de Day et al. (18), el coste medio por paciente mediante FLACS fue 1 67,62 dólares mayor que con FC, y Roberts et al. (14) usando modelos financieros, demostraron que la cirugía FLACS cuesta 144,60 libras más que la FC. Asimismo, Schweitzer et al. (13) hicieron un ACE de FLACS versus FC en el Sistema Sanitario Francés y concluyeron que FLACS era más caro (unos 305,3 euros de media más caro por proceso) y menos efectivo que la FC. Además, calcularon que, aunque se redujesen de forma notable los costes directos derivados de FLACS, esta técnica seguiría siendo menos coste-efectiva que la FC.

La contabilidad analítica: Criterios de decisión para seleccionar las mejores opciones de análisis coste-efectividad (ACE)

Se define gestión clínica como la utilización adecuada de los recursos para la mejor atención de los pacientes. Surge el concepto de *eficiencia* definida como la relación entre los recursos utilizados y las actividades realizadas/resultados obtenidos (los beneficios obtenidos, en términos de salud), siendo la **contabilidad analítica**, de gestión o de costes, la disciplina que dará respuesta a este apartado.

Centrándonos en modelos de contabilidad analítica tenemos que plantearnos las siguientes preguntas.

- ¿En base a qué existen distintos sistemas de representación de costes, de qué queremos conocer los costes? ¿Cuál es el «portador» de los costes?
- ¿Conocemos la estructura de costes totales de nuestros Servicios, y de nuestros Procesos?
- ¿Cuál es el coste de una cirugía en nuestro entorno, o cuál es el estándar de coste de una cirugía?, o dicho de otra manera, ¿cuánto queremos «pagar» por una cirugía?

En primer lugar, cuando analizamos los estudios la primera reflexión es que analizan los costes de una cirugía de catarata, y por lo tanto un proceso, simplemente evaluando el incremento de costes y describiendo los resultados clínicos sin realizar una evaluación cuantitativa de los beneficios. La mayoría de ellos realizan una simple descripción de las ventajas, por lo que las conclusiones en relación con el ACE pueden incorporar sesgos.

En segundo lugar, sólo se analiza el *coste por proceso*, «la cirugía», cuando lo más relevante es cono-

cer el *coste por paciente* ya que éste incluye todos los costes derivados de las subsiguientes actuaciones, diagnósticas y terapéuticas, vinculadas a las complicaciones o demandas asistenciales surgidas (13).

Y en tercer lugar se analizan, en la mayor parte de los casos, grupos muestrales acotados y que no representan la totalidad de pacientes quirúrgicos intervenidos en una Unidad Clínica.

En nuestro entorno, hace unos años, se implantó y desarrolló una **Unidad de Alta Resolución de Cirugía de Catarata** (ARCCA) para dar respuesta a la demanda asistencial de la cirugía de la catarata diseñada en un modelo de gestión por procesos, y evaluada mediante un análisis de contabilidad analítica.

El punto de partida fue establecer el presupuesto clínico, es decir fijar el estándar de referencia del coste por proceso sobre el cuál poder realizar una comparación de la rentabilidad de la Unidad. Esto es complicado porque existe muy poca información acerca de «lo que cuesta» una catarata en el Sistema Público.

Recomendamos apoyarse o bien en el coste publicado por la Subdirección General de Información Sanitaria e Innovación (71), que es de 930 euros/proceso (fig. 8, A), o bien en el precio de licitación que todas las Comunidades Autónomas publican para la concertación externa con centros privados, que en nuestro entorno es de 729 euros/proceso (fig. 8, B).

A partir de este punto se realizó un análisis de costes directos en base a la casuística siguiendo un sistema descendente «*top-down*» empleando una evaluación económica de descripción de costes y resultados de la enfermedad.

Para ello se estableció el número de sesiones quirúrgicas/año y el número de procedimientos/sesión. Se realizó una imputación de costes en relación con el personal (sanitario/no sanitario) y a los bienes corrientes (medicamentos, fungibles...) y de capital/inversión (equipamientos...) de la Unidad en la totalidad de las fases del proceso quirúrgico (preoperatorio, bloque quirúrgico y cirugía, y postoperatorio). El resultado económico estableció un coste medio por proceso de 646 euros/proceso –FC– (fig. 8, 1).

Este resultado nos arroja una deseconomía positiva (relación entre los recursos previstos y los utilizados en presupuesto) de 284 euros a favor, con respecto al coste establecido por el Ministerio y de 83 euros a favor, con respecto al coste establecido

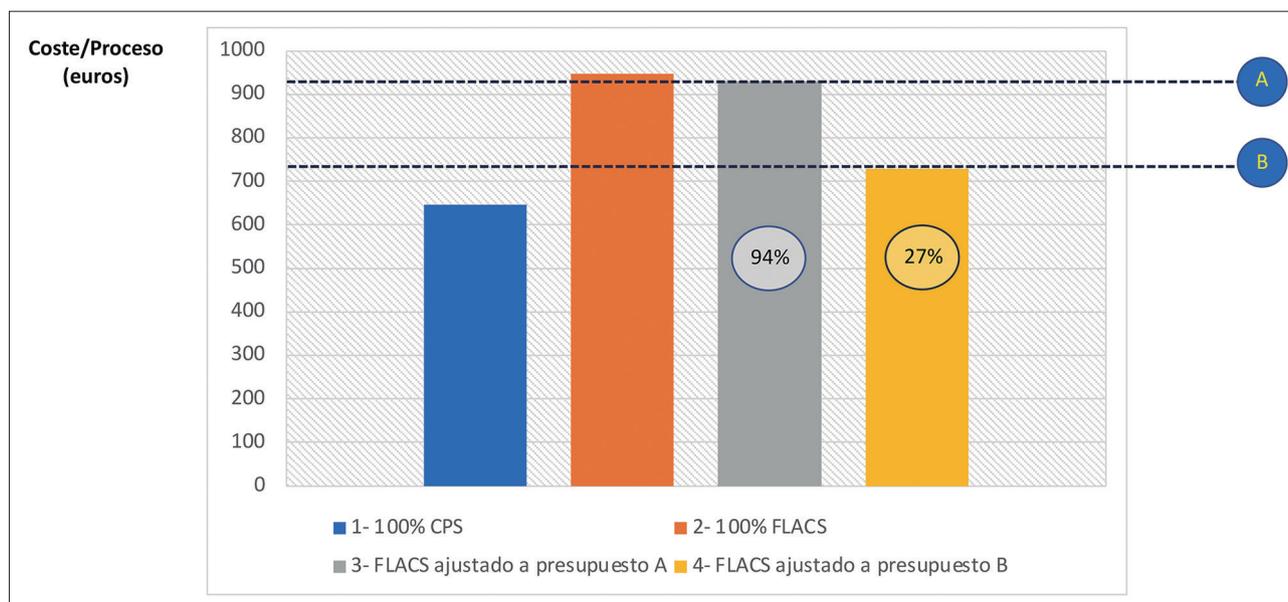


Figura 8. Gráfico que representa el coste por proceso de ambas modalidades, y el coste ajustado de FLACS respecto a los estándar de referencia A y B (ver texto). CPS: cirugía mediante facoemulsificación convencional. FLACS: cirugía de catarata asistida por láser de femtosegundo.

por el proceso de concertación externa. Teniendo en cuenta que la actividad total del ARCCA es de 5.464 procesos/año, existe un superávit presupuestario de 1.551.776 euros con respecto al coste de referencia del Ministerio (930 euros/proceso) o de 453.512 euros, con respecto al coste de referencia de concertación externa (729 euros/proceso).

A partir de este punto se valoró el ACE de la incorporación de FLACS (plataforma Victus®, Bausch & Lomb, Rochester, NY, USA) en base al criterio del presupuesto clínico. De esta forma realizando el 100% de casos con FLACS, el incremento de coste derivado de fungible empleado (300 euros aproximadamente) determinaría un coste/proceso de 946 euros (fig. 8, 2), ligeramente superior al coste de referencia A. Si quisiéramos realizar un ajuste presupuestario exacto, éste determinaría que podríamos realizar hasta un 94% de los procesos mediante FLACS (fig. 8, 3).

Por otro lado, si realizáramos un ajuste presupuestario al coste de referencia B (729 euros/proceso), éste determinaría que podríamos realizar hasta un 27% de los procesos mediante FLACS (fig. 8, 4).

Este enfoque de contabilidad de gestión pone en evidencia que **es posible incorporar FLACS en la práctica clínica habitual**, ajustando en cada centro la actividad a su presupuesto clínico, y optimizando, en caso de que no pueda realizarse en la totalidad de los casos, **su utilización en aquellos pacientes**

cuyo perfil clínico sea una evidencia clara y determinante de una mejora en la praxis médica.

Villavilla et al. (72) realizaron un estudio prospectivo en el que compararon FLACS y FC en el contexto de la Sanidad Pública, con un alto volumen de procedimientos (21 cirugías/día). Según sus resultados, FLACS es una herramienta coste-eficiente teniendo en cuenta los requerimientos específicos y restricciones de un hospital público saturado. Incluso defienden la no inferioridad de FLACS en cuanto a la duración total del procedimiento (tiempo entre entrada y salida del paciente en el área quirúrgica), siempre y cuando se siga un modelo de flujo de pacientes detallado para minimizar los tiempos de circulación entre la aplicación del láser y el quirófano en el que se completará la cirugía.

CONCLUSIONES

- Tanto la facoemulsificación convencional como la asistida por el láser de femtosegundo son **procedimientos seguros y efectivos**, y las complicaciones intra y postoperatorias son poco frecuentes.

- Debido a que la experiencia quirúrgica no puede ajustarse rigurosamente en los meta-análisis, son deseables estudios grandes que informen de los resultados obtenidos por cirujanos muy experimentados.

– La diferencia entre ambas técnicas **no es significativa** en cuanto a agudeza visual, grosor corneal, recuento endotelial y pérdida de células endoteliales durante el seguimiento a largo plazo. Además, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas en la incidencia de edema macular, la complicación capsular, excluyendo los desgarros capsulares posteriores, y el cambio de presión intraocular entre ambos procedimientos.

– Existen **ventajas notables de FLACS** en comparación con la cirugía manual de cataratas, como son una mayor precisión quirúrgica y un menor daño de las estructuras oculares adyacentes. Se podrían esperar resultados aún mejores de la cirugía con láser con más experiencia clínica y con el empleo de sistemas láser aún más desarrollados.

– En su forma tecnológica actual, FLACS es una herramienta quirúrgica útil en escenarios específicos de **cataratas complejas**, pero la precisión que aporta a la cirugía de cataratas convencional, en la actualidad, no ha reflejado su traducción en mejores resultados clínicos.

– La existencia de un **diseño optimizado en el flujo de pacientes** en el área quirúrgica es uno de los principales factores determinantes en la eficiencia de la tecnología láser de femtosegundo durante la cirugía de catarata en el entorno sanitario.

BIBLIOGRAFÍA

- Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, et al. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J Refract Surg* 2009; 25: 1053-1060.
- Dick HB. Bladeless custom femtosecond laser-assisted refractive cataract surgery? Let's give our latest breakthrough surgical technique a name that fits. *J Refract Surg* 2015; 31: 346.
- Roberts TV, Lawless M, Chan CC, et al. Femtosecond laser cataract surgery: technology and clinical practice. *Clin Exp Ophthalmol* 2012; 41: 180-186.
- Abouzeid H, Ferrini W. Femtosecond laser assisted cataract surgery: a review. *Acta Ophthalmol* 2014; 92: 597-603.
- 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.
- Day AC, Donachie PHJ, Sparrow JM, et al. The Royal College of Ophthalmologists' National Ophthalmology Database study of cataract surgery: report 1, visual outcomes and complications. *Eye* 2015; 29: 552-560.
- Ewe SY, Abell RG, Oakley CL, et al. A Comparative Cohort Study of Visual Outcomes in Femtosecond Laser-Assisted versus Phacoemulsification Cataract Surgery. *Ophthalmology* 2016; 123: 178-182.
- 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.
- Day AC, Gore DM, Bunce C, Evans JR. Laser-assisted cataract surgery versus standard ultrasound phacoemulsification cataract surgery. *Cochrane Database Syst Rev* 2016; 7: CD010735.
- Popovic M, Campos-Möller X, Schlenker MB, et al. Efficacy and safety of femtosecond laser-assisted cataract surgery compared with manual cataract surgery: a meta-analysis of 14567 eyes. *Ophthalmology* 2016; 123: 2113-2126.
- Ye Z, Li Z, He S. A meta-analysis comparing postoperative complications and outcomes of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification for cataract. *J Ophthalmol* 2017; 2017: 3849152.
- Roberts HW, Wagh VK, Sullivan DL, et al. A randomized controlled trial comparing femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45: 11-20.
- Schweitzer C, Brezin A, Cochener B, et al. Femtosecond laser-assisted versus phacoemulsification cataract surgery (FEMCAT): a multicentre participant-masked randomised superiority and cost-effectiveness trial. *Lancet* 2020; 395 (10219): 212-224.
- Roberts HW, Day AC, O'Brart DP. Femtosecond laser-assisted cataract surgery: A review. *Eur J Ophthalmol* 2020; 30: 417-429.
- Kolb CM, Shajari M, Mathys L, et al. Comparison of femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional cataract surgery: a meta-analysis and systematic review. *J Cataract Refract Surg* 2020; 46: 1075-1085.
- Agarwal K, Hatch K. Femtosecond Laser Assisted Cataract Surgery: A Review. *Semin Ophthalmol* 2021; 36: 618-627.
- Chen L, Hu C, Lin X, et al. Clinical outcomes and complications between FLACS and conventional phacoemulsification cataract surgery: a PRISMA-compliant Meta-analysis of 25 randomized controlled trials. *Int J Ophthalmol* 2021; 14: 1081-1091.
- Day AC, Burr JM, Bennett K, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery compared with phacoemulsification: the FACT non-inferiority RCT. *Health Technol Assess* 2021; 25: 1-68.
- Levitz LM, Dick HB, Scott W, et al. The Latest Evidence with Regards to Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery and Its Use Post 2020. *Clin Ophthalmol* 2021; 15: 1357-1363.
- Liu YC, Setiawan M, Chin JY, et al. Randomized Controlled Trial Comparing 1-Year Outcomes of Low-Energy Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery versus Conventional Phacoemulsification. *Front Med (Lausanne)* 2021; 8: 811093.
- Wang J, Su F, Wang Y, et al. Intra and post-operative complications observed with femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery: a systematic review and meta-analysis. *BMC Ophthalmol* 2019; 19: 177.
- Dick HB, Schultz T. A Review of Laser-Assisted Versus Traditional Phacoemulsification Cataract Surgery. *Ophthalmol Ther* 2017; 6: 7-18.
- Abell RG, Kerr NM, Vote BJ. Toward zero effective phacoemulsification time using femtosecond laser pretreatment. *Ophthalmology* 2013; 120: 942-948.

24. Zhong Y, Zhu Y, Wang W, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification: comparison of internal aberrations and visual quality. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2022; 260: 901-911.
25. Okada M, Hersh D, Paul E, van der Straaten D. Effect of centration and circularity of manual capsulorrhexis on cataract surgery refractive outcomes. *Ophthalmology* 2014; 121: 763-770.
26. Roberts HW, Wagh VK, Sullivan DL, et al. Refractive outcomes after limbal relaxing incisions or femtosecond laser arcuate keratotomy to manage corneal astigmatism at the time of cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2018; 44: 955-963.
27. Mastropasqua L, Toto L, Mastropasqua A, et al. Femtosecond laser versus manual clear corneal incision in cataract surgery. *J Refract Surg* 2014; 30: 27-33.
28. Miháltz K, Knorz MC, Alió JL, et al. Internal aberrations and optical quality after femtosecond laser anterior capsulotomy in cataract surgery. *J Refract Surg* 2011; 27: 711-716.
29. Lee JA, Song WK, Kim JY, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification: Refractive and aberrometric outcomes with a diffractive multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45: 21-27.
30. Kanclerz P, Alió JL. The benefits and drawbacks of femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Eur J Ophthalmol* 2021; 31: 1021-1030.
31. Jun JH, Hwang KY, Chang SD, Joo CK. Pupil-size alterations induced by photodisruption during femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 278-285.
32. Nagy ZZ, Takacs AI, Filkorn T, et al. Complications of femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 20-28.
33. Aristeidou A, Taniguchi E V, Tsatsos M, et al. The evolution of corneal and refractive surgery with the femtosecond laser. *Eye Vis* 2015; 2: 1-14.
34. Walter K, Delwadia N, Coben J. Continuous intracameral phenylephrine-ketorolac irrigation for miosis prevention in femtosecond laser-assisted cataract surgery: Reduction in surgical time and iris manipulation. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45: 465-469.
35. Popiela MZ, Young-Zvandasara T, Nidamanuri P, et al. Factors influencing pupil behaviour during femtosecond laser assisted cataract surgery. *Contact Lens Anterior Eye* 2019; 42: 295-298.
36. Anisimova NS, Arbisser LB, Petrovski G, et al. Effect of NSAIDs on pupil diameter and expression of aqueous humor cytokines in FLACS versus conventional phacoemulsification. *J Refract Surg* 2018; 34: 646-652.
37. Diakonis VF, Yesilirmak N, Sayed-Ahmed IO, et al. Effects of femtosecond laser-assisted cataract pretreatment on pupil diameter: a comparison between three laser platforms. *J Refract Surg* 2016; 32: 84-88.
38. Abell RG, Davies PEJ, Phelan D, et al. Anterior capsulotomy integrity after femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Ophthalmology* 2014; 121: 17-24.
39. Kolb C, Shajari M, Kohnen T. Reply: Comparison of femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional cataract surgery: a meta-analysis and systematic review. *J Cataract Refract Surg* 2021; 47: 278-279.
40. Scott WJ, Tauber S, Gessler JA, et al. Comparison of vitreous loss rates between manual phacoemulsification and femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 1003-1008.
41. Manning S, Barry P, Henry Y, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery versus standard phacoemulsification cataract surgery: study from the European Registry of Quality Outcomes for Cataract and Refractive Surgery. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 1779-1790.
42. Song C, Baharozian CJ, Hatch KM, et al. Rate of unplanned vitrectomies in femtosecond laser-assisted cataract surgery compared to conventional phacoemulsification. *J Refract Surg* 2018; 34: 610-614.
43. Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Al Juburi M, et al. Femtosecond laser-induced macular changes and anterior segment inflammation in cataract surgery. *J Refract Surg* 2014; 30: 222-226.
44. Levitz L, Reich J, Roberts TV, Lawless M. Incidence of cystoid macular edema: femtosecond laser-assisted cataract surgery versus manual cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 683-686.
45. Van Nuffel S, Claeys MF, Claeys MH. Cystoid macular edema following cataract surgery with low-energy femtosecond laser versus conventional phacoemulsification. *Clin Ophthalmol* 2020; 14: 2873-2878.
46. 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.
47. Pisciotta A, De Maria M, Verdina T, et al. Anterior Capsule of the Lens: Comparison of Morphological Properties and Apoptosis Induction following FLACS and Standard Phacoemulsification Surgery. *Biomed Res Int* 2018; 2018: 7242837.
48. Tran DB, Vargas V, Potvin R. Neodymium:YAG capsulotomy rates associated with femtosecond laser-assisted versus manual cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 1470-1476.
49. Conrad-Hengerer I, Al Juburi M, Schultz T, et al. Corneal endothelial cell loss and corneal thickness in conventional compared with femtosecond laser-assisted cataract surgery: three-month follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 1307-1313.
50. Verdina T, Peppoloni C, Barbieri L, et al. Long-Term Evaluation of Capsulotomy Shape and Posterior Capsule Opacification after Low-Energy Bimanual Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery. *J Ophthalmol* 2020; 2020: 6431314.
51. Mencucci R, De Vitto C, Cennamo M, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in eyes with shallow anterior chamber depth: comparison with conventional phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2020; 46: 1604-1610.
52. Yong WWD, Chai HCC, Shen L, et al. Comparing Outcomes of Phacoemulsification With Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery in Patients With Fuchs Endothelial Dystrophy. *Am J Ophthalmol* 2018; 196: 173-180.
53. Chen X, Yu Y, Song X, et al. Clinical outcomes of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery for hard nuclear cataracts. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43: 486-491.
54. Ferreira TB, Ribeiro FJ, Pinheiro J, et al. Comparison of Surgically Induced Astigmatism and Morphologic Features Resulting From Femtosecond Laser and Manual Clear Corneal Incisions for Cataract Surgery. *J Refract Surg* 2018; 34: 322-329.
55. Mayer WJ, Klaproth OK, Hengerer FH, et al. In vitro immunohistochemical and morphological observations of penetrating corneal incisions created by a femtosecond

- laser used for assisted intraocular lens surgery. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 632-638.
56. Toto L, Curcio C, Mastropasqua A, et al. Immunohistochemical study of corneal inflammation after femtosecond laser clear corneal incisions or manual surgery. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 1649-1659.
 57. Wang X, Zhang Z, Li X, et al. Evaluation of femtosecond laser versus manual clear corneal incisions in cataract surgery using spectral-domain optical coherence tomography. *J Refract Surg* 2018; 34: 17-22.
 58. Sun H, Fritz A, Dröge G, et al. Femtosecond-Laser-Assisted Cataract Surgery (FLACS) 2019 Aug 14. In: Bille JF, editor. *High Resolution Imaging in Microscopy and Ophthalmology: New Frontiers in Biomedical Optics* [Internet]. Cham (CH): Springer; 2019. Chapter 14.
 59. Nagy ZZ, Mastropasqua L KM. The use of femtosecond lasers in cataract surgery: review of the published results with the LenSx system. *J Refract Surg* 2014; 30: 730-740.
 60. 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.
 61. Song C, Baharozian CJ, Hatch KM, et al. Assessment of surgeon experience with femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Clin Ophthalmol* 2018; 12: 1373-1377.
 62. Pachtav 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.
 63. Feldman BH. Femtosecond laser will not be a standard method for cataract extraction ten years from now. *Surv Ophthalmol* 2015; 60: 360-365.
 64. Hwang HB, Lyu B, Yim HB, Lee NY. Endothelial Cell Loss after Phacoemulsification according to Different Anterior Chamber Depths. *J Ophthalmol* 2015; 2015: 210716.
 65. Agarwal A, Jacob S. Current and effective advantages of femto phacoemulsification. *Curr Opin Ophthalmol* 2017; 28: 49-57.
 66. 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 Refract Surg* 2019; 45: 547-552.
 67. Hatch KM, Talamo JH. Laser-assisted cataract surgery: benefits and barriers. *Curr Opin Ophthalmol* 2014; 25: 54-61.
 68. Abell RG, Vote BJ. Cost-effectiveness of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus phacoemulsification cataract surgery. *Ophthalmology* 2014; 121: 10-16.
 69. Roberts HW, Ni MZ, O'Brart DPS. Financial modelling of femtosecond laser-assisted cataract surgery within the National Health Service using a 'hub and spoke' model for the delivery of high-volume cataract surgery. *BMJ Open* 2017; 7: e013616.
 70. Roberts HW, Wagh VK, Mullens IJM, et al. Evaluation of a hub-and-spoke model for the delivery of femtosecond laser-assisted cataract surgery within the context of a large randomised controlled trial. *Br J Ophthalmol* 2018; 102: 1556-1563.
 71. Subdirección General de Información Sanitaria e Innovación. Atención Ambulatoria Especializada: pesos y costes procedimientos ambulatorios en el SNS [Publicación en Internet]. Madrid. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad; 2013. Disponible en: <http://www.mssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/inforRecopilaciones/anaDesarrolloGDR.htm>.
 72. Villavilla-Castillo J, Pérez-Casaseca C, Espejo-de-Los-Riscos E, et al. Study of the efficiency and workflow of femtosecond laser-assisted cataract surgery in a Spanish public hospital. *J Fr Ophthalmol* 2021; 44:1190-1201.