

CAPÍTULO
3.1

MODELOS DE LÁSER DE FEMTOSEGUNDO PARA PROCEDIMIENTOS EXCLUSIVAMENTE CORNEALES

3.1.1. Láser de femtosegundo Intralase®

Alberto Parafita Fernández, Manuel Ángel Parafita Mato

El desarrollo de la cirugía Femto-LASIK va ligado a la evolución de los equipos de láser de femtosegundo (LFS) de la casa AMO (Abbott Medical Optics), pioneros en la aplicación del LFS en procedimientos corneales y que hoy perteneciente a Johnson & Johnson Vision. El primer LFS aprobado por la FDA (acrónimo del inglés *Food and Drug Administration*) para cirugía Femto-LASIK fue el Intralase® de 6 kilohertzios (kHz) (1,2) (Abbott Medical Optics Inc, Santa Ana, California). Aquel primer equipo empleaba impactos de láser de alta energía, creando burbujas o cavitaciones en el estroma corneal de gran tamaño (mayor que los actuales), ya que la frecuencia de repetición a la que podía emitirlos no hacía factible crear *spots* pequeños, pues sería a costa de ralentizar el procedimiento. Esto tenía el inconveniente de causar mayor inflamación en el tejido y, en consecuencia, la queratitis lamelar difusa (DLK, acrónimo del inglés *Diffuse Lamellar Keratitis*) era por aquel entonces un fenómeno más frecuente que con el microqueratomo mecánico (MQT) (3).

El Intralase® ha ido evolucionando desde los primeros modelos que empleaban alta energía y baja frecuencia de pulsos (modelos Intralase® 6 kHz, 15 kHz y 30 kHz) hacia los modelos más actuales y más empleados que trabajan con baja energía y alta frecuencia de pulsos (modelos Intralase® 60 kHz y el iFS 150 kHz) (4). Estos cambios son los responsables de que hoy en día la inflamación generada en la interfase y el riesgo de DLK tras crear un flap con LFS sean comparables al MQT (5). Además, al optimizar el tamaño de los *spots*,

la impronta creada sobre el estroma corneal es más regular, con una superficie menos rugosa (6), lo que también podría minimizar la incidencia del denominado «*rainbow glare*» (7).

El capítulo versará sobre las posibilidades del último modelo de Intralase®, el Intralase® iFS 150 kHz.

DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA INTRALASE®

Como cualquier dispositivo que emita radiación láser, sea excímer, argón, YAG... el LFS Intralase® iFS 150 kHz consta de una consola donde se encuentran los circuitos eléctricos, la fuente del láser, sistemas de refrigeración, ordenador... a los que solo accederán los técnicos en caso de revisión o reparación. Como puede observarse en la figura 1, sobre esa consola y unida a ella por un brazo que le permite subir y bajar, se encuentra el «*beam delivery device*» (BDD), de donde sale el haz del láser para ser aplicado en la córnea del paciente. El desplazamiento del BDD se acciona desde el *joystick* de movimiento que controla el cirujano.

Para poder enfocar el láser en la córnea se precisa de un cono de aplanación, desechable y suministrado en kits individuales. El «*loading deck*» es la parte del dispositivo preparada para recibir el mencionado cono de aplanación o *Patient Interface* (PI) y se encuentra bajo el BDD. A través de unos sensores, se detecta el correcto acoplamiento del PI y el bloqueo de éste a través de un pasador que

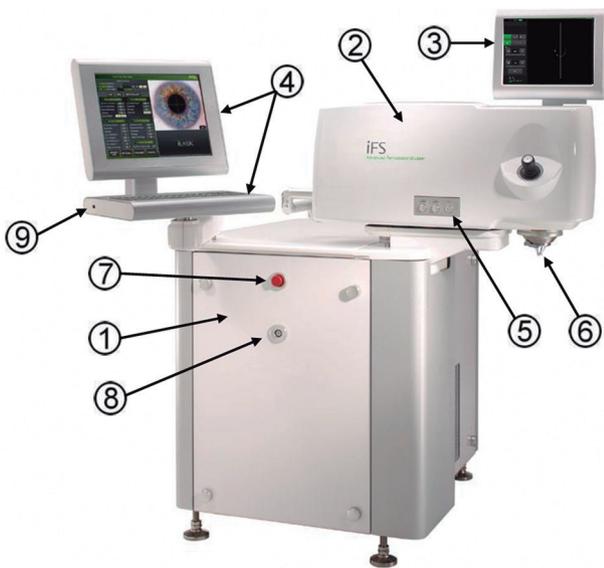


Figura 1. Plataforma láser de femtosegundo Intralase iFS® 150 kHz. 1: Consola; 2: Beam Delivery Device (BDD); 3: Videomicroscopio; 4: Monitor y teclado; 5: Panel de control; 6: Loading deck; 7: Apagado de emergencia; 8: Encendido; 9: Puerto USB (8).



Figura 2. Loading deck del LFS Intralase® con el cono de aplanación ya insertado.

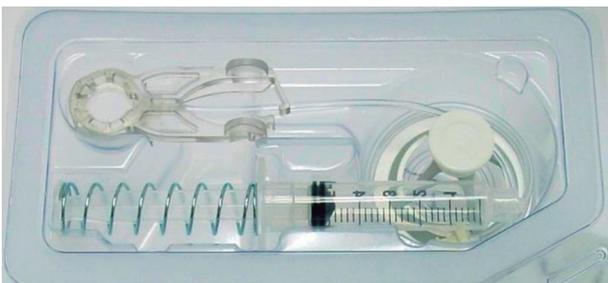


Figura 3. Cono de aplanación en kit desechable del LFS Intralase®.

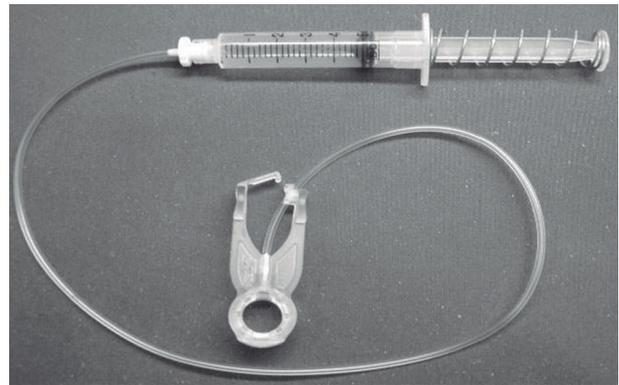


Figura 4. Sistema de succión del LFS Intralase® para la fijación del globo ocular y el cono de aplanación.

evita que el cono pueda desplazarse (fig. 2). El PI se presenta empaquetado en kits de un solo uso (fig. 3), compuestos por un cono de aluminio con un vidrio plano de 1,6 mm de espesor (interfaz del paciente), un anillo de succión limbar de plástico rodeado por un anillo de silicona para aplicar sobre la conjuntiva y una jeringa con resorte adaptado a su émbolo (fig. 4). Del anillo de succión sale un tubo flexible que se une a la jeringa, de forma que se aprieta el émbolo antes de aplicar el anillo y una vez colocado el anillo ejerciendo una leve presión sobre la conjuntiva perilímbica y centrándolo en la pupila, se suelta el émbolo para crear el vacío en todo el sistema. Es cierto que este sistema de succión manual no destaca por su sofisticación, pero es muy fiable y sencillo de usar. Una vez insertado el cono en el *loading deck*, si el sistema reconoce que está correctamente colocado, permite continuar con el procedimiento. De no ser así, hay que retirar el cono y recolocarlos de forma apropiada.

Una vez fijado el anillo de succión en el globo ocular del paciente ayudado por un blefarostato (fig. 5), y encajado el cono de aplanación en el BDD se procede a aproximar y acoplar ambas piezas (*docking*) (fig. 6). En caso de reborde orbitario o nariz prominentes, una vez fijado el anillo de succión, se puede rotar algo la cabeza del paciente hacia el lado contrario al ojo que se va a tratar para facilitar el *docking*. Accionando el *joystick*, se desciende el cono suavemente hasta encajarlo en el anillo. Al contactar con la córnea se iluminará una luz verde en la pantalla y se verá un menisco de lágrima en el borde de la zona de contacto del cono con la córnea. El menisco lagrimal debe quedar correctamente centrado, y seguidamente se hace descender el cono. Para facilitar el *docking*, el anillo de succión debe estar



Figura 5. Fijación del anillo de succión.



Figura 6. Docking entre el cono de aplanación y el anillo de succión.

desbloqueado, pero una vez completado correctamente el aplanamiento de la córnea, cerraremos las lengüetas que sobresalen del anillo de succión y de esta manera éste sujetará firmemente el cono para proseguir el procedimiento. En estos momentos, la presión intraocular inducida es elevada (9,10), lo que puede dar lugar a que el paciente pierda la percepción luminosa transitoriamente (*black-out*), circunstancia que debe ser advertida previamente para tranquilidad del paciente.

En el modelo Intralase® iFS 150 kHz contamos con un vídeo-microscopio mediante pantalla LCD donde observamos el proceso del aplanamiento corneal con el cono. En el anterior modelo de 60 kHz se contaba con un visor binocular convencional. En

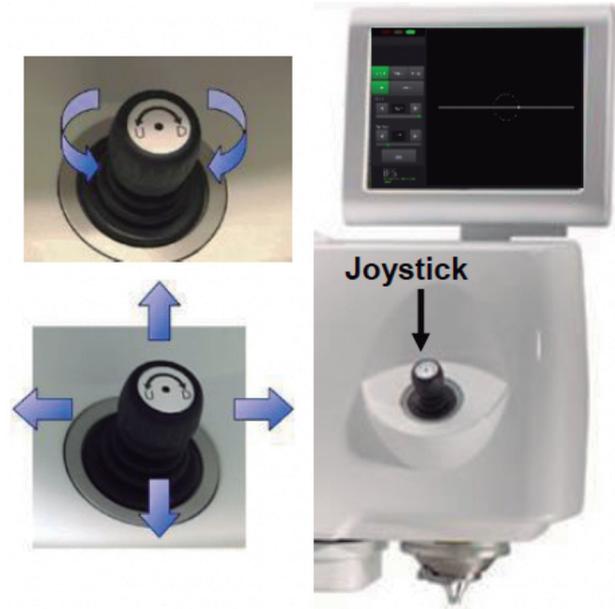


Figura 7. Joystick y pantalla del vídeo-microscopio.

la pantalla, además de controlar el proceso de aplanamiento, hay luces que informan del estado del *docking* y de la presión entre el cono y la córnea. Se ilumina en verde cuando comienza el contacto con la córnea, en amarillo cuando la presión de contacto/aplanación se encuentra en un rango aceptable, y en rojo cuando alcanza el máximo de presión de contacto admitida y por tanto el tope de descenso del cono. Si esta alerta aparece, debe elevarse el cono para reducir la presión inducida hasta un rango seguro.

Esta pantalla se encuentra sobre el joystick que permite subir y bajar el BDD, girándolo en sentido horario o antihorario, y desplazándolo en sentido vertical u horizontal, permite controlar el movimiento del cono de aplanación en los ejes X-Y-Z (fig. 7). A la izquierda del joystick dispone de 2 botones a modo de rotores, que permiten variar la iluminación en el campo quirúrgico («*surgical illumination*») a través de la corona de LEDs del BDD; la iluminación del cono («*Cone illumination*») a través de los LEDs montados en el interior del objetivo, para observar el cono de aplanación y la córnea (debe estar activado para ver el patrón del láser durante la cirugía); y un botón adicional (*Home*) que devuelve el BDD a una posición segura predefinida al final del procedimiento (fig. 8). El botón *Home* no puede accionarse cuando la luz verde de aplanación está activada, el pedal presionado o durante la emisión del láser. Además, hay que asegurar que el cono y el anillo de



Figura 8. Regulación de la iluminación y botón Home.

succión están separados en el momento de accionar el botón Home.

Del lado opuesto al vídeo-microscopio se encuentra un monitor LCD y un teclado alfanumérico, en una plataforma móvil, que permite acceder a todas las informaciones técnicas, histórico de procedimientos y pacientes, programar las distintas etapas y parámetros del procedimiento y realizar pequeñas correcciones en el centrado del tratamiento una vez realizado el aplanamiento, ya que en él se visualiza la misma imagen que en el vídeo-microscopio.

PROCEDIMIENTOS CORNEALES REALIZABLES CON EL INTRALASE®

Una vez acoplados correctamente cono y anillo, se puede aplicar en córnea el tratamiento programado pisando el pedal. Intralase®, al emplear una interfaz de paciente plana, sólo permite la realización de procedimientos corneales. Entre las opciones que nos ofrece Intralase® se encuentran: tallado de flaps para LASIK, patrón de *side-cut* de LASIK aislado, túneles para la implantación de anillos intraestroma-

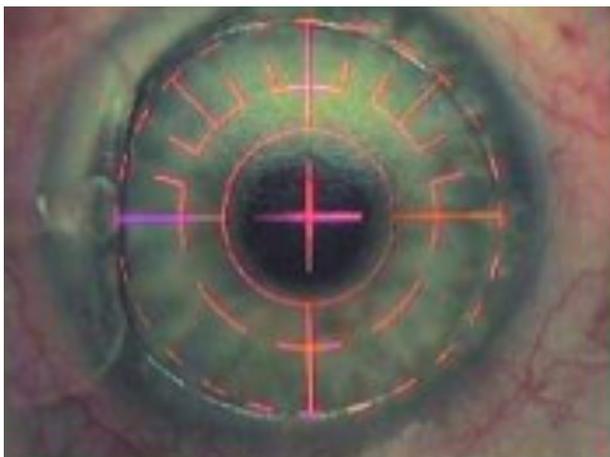


Figura 9. Flap de LASIK creado específicamente con morfología elíptica con el Intralase® iFS 150 kHz para la corrección de un alto astigmatismo.

les, incisiones corneales para cirugía de catarata e incisiones para queratoplastia lamelar o penetrante.

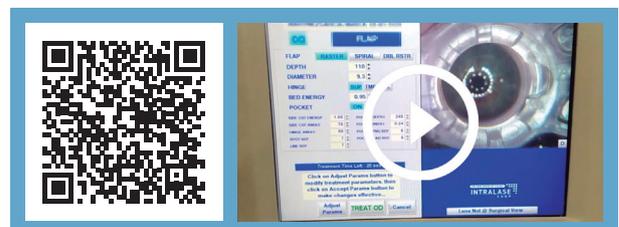
Los principios generales comunes para cualquier tipo de tratamiento corneal con Intralase® son los siguientes:

- Energías mayores y menor separación entre *spots* permitirán disecar el tejido con mayor facilidad (si bien puede modificarse según preferencias del usuario).
- En cortes más profundos o en presencia de opacidades, la energía debe aumentarse para evitar la pérdida de transmisión de energía y los *spots* deberán aproximarse.
- Para asegurar la continuidad de los planos de resección, debe existir una superposición de los mismos de al menos, 30 μm en vertical y en horizontal.

Tallado de flaps para LASIK

Los lenticulos o flaps corneales se tallan en 2 pasos: un plano horizontal a la profundidad deseada y otro corte como un cilindro parcial que será el *side-cut* (una resección vertical en torno al perímetro del plano horizontal tallado previamente), desde la profundidad deseada hasta la superficie corneal (vídeo 1). Una sección del *side-cut* queda sin tratar, creando así la bisagra o charnela del flap. La intersección de estos 2 planos crea una resección corneal con forma de lenticulo circular, pero que puede ser incluso más ancho en el meridiano horizontal (morfología elíptica u *oversize*) si se desea, para favorecer o facilitar la corrección de astigmatismos significativos con el láser excimer (fig. 9).

El LFS puede aplicarse para realizar la resección del plano horizontal siguiendo 2 posibles patrones, *raster* o *double-raster*. En el patrón *raster* (fig. 10), la resección comienza en la bisagra, avanzando en líneas paralelas entre sí, rellenando un patrón circular o elíptico, que darán lugar al plano de la interfase del flap de LASIK. En el patrón *double-raster*, se hacen 2 pasadas horizontales sucesivamente, previo a



Vídeo 1. Tallado de un flap de LASIK con el láser de femtosegundo Intralase® de 60 kHz.

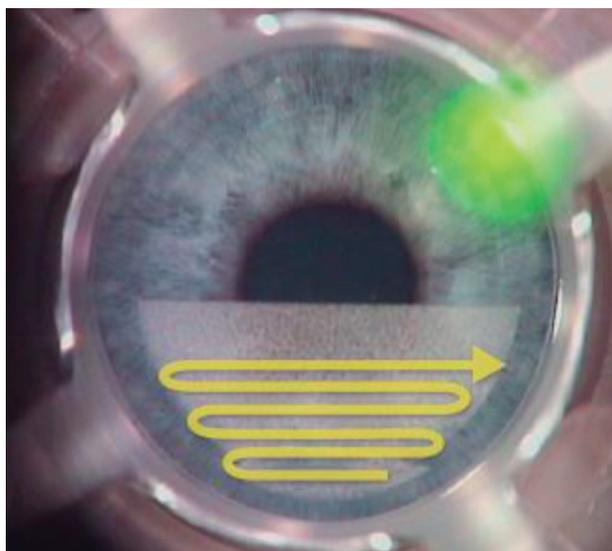


Figura 10. Patrón *Raster* para la creación de la interfase del flap de LASIK con el LFS IntraLase®.

la creación del *side-cut*. Los parámetros del segundo pase del LFS se pueden programar para que sean similares a los del primero. En la tabla 1 se especifican los parámetros estándar recomendados por la casa comercial para el tallado de un flap de LASIK.

Una característica específica del iFS 150 kHz es que permite diseñar un *side-cut* con forma de bisel invertido, con hasta 150° de angulación (fig. 11),

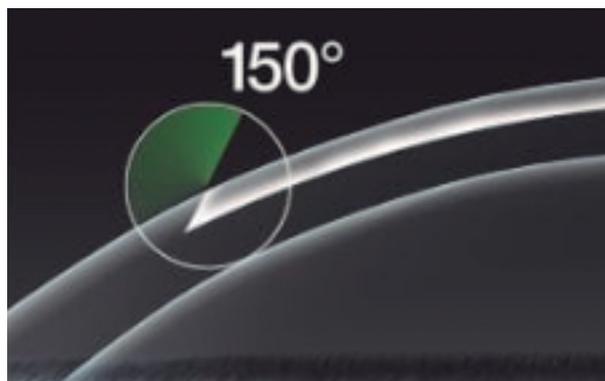


Figura 11. *Side-cut* del flap de LASIK con forma de bisel invertido, con hasta 150° de angulación, creado específicamente con el LFS IntraLase® iFS 150 kHz (8).

que podría favorecer una mayor estabilidad del flap en el postoperatorio (11), una menor afectación biomecánica corneal (8) y un menor grado de signos y síntomas de ojo seco postoperatorio en comparación con el *side-cut* de 30° (12).

Las burbujas de plasma creadas por el láser en el estroma corneal se acompañan de gas liberado por la fotodisrupción del tejido que puede dificultar el enfoque de otros *spots* próximos. Ese gas, que normalmente se quedaría en la entrecara entre flap y estroma residual mientras se crea el plano de clivaje, puede migrar hacia zonas de menor resistencia y di-

Tabla 1. Parámetros estándar recomendados para el tallado de un flap de LASIK con el LFS IntraLase®

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	POR DEFECTO	RANGO
Método	Método empleado para tallar el plano horizontal del flap	<i>Raster</i>	<i>Raster / double-raster</i>
Posición bisagra	Localización respecto al ojo	Superior	Superior/temporal/nasal
Profundidad (espesor del flap)	Distancia de la superficie corneal al plano de resección	120 μm	90 – 400 μm
Diámetro del flap	Diámetro mayor desde la cara anterior (si <i>side-cut</i> < 90° de angulación) o posterior (si <i>side-cut</i> > 90°)	9 mm	5 – 9,5 mm
Energía en el lecho estromal	Pulso de energía para tallar el plano horizontal del flap	0,70 μJ	0,30 – 2,50 μJ
Separación entre <i>spots</i>	Separación entre puntos adyacentes de la misma línea del <i>raster</i>	7 μm	2 – 7 μm
Separación entre líneas	Separación entre líneas adyacentes del <i>raster</i>	7 μm	2 – 9 μm
Energía del <i>side-cut</i>	Pulsos de energía para tallar el <i>side-cut</i>	0,7 μJ	0,3 – 2,5 μJ
Ángulo del <i>side-cut</i>	Ángulo que forma el corte cilíndrico del borde del flap con la superficie corneal (90° = perpendicular a la superficie anterior)	70°	30° – 150°
Ángulo de la bisagra	Ángulo de la bisagra (porción sin cortar del <i>side-cut</i>) con relación al centro del flap	45°	45° – 90°
<i>Oversize</i>	El incremento en el eje mayor del flap con respecto al menor	0%	0 – 12%

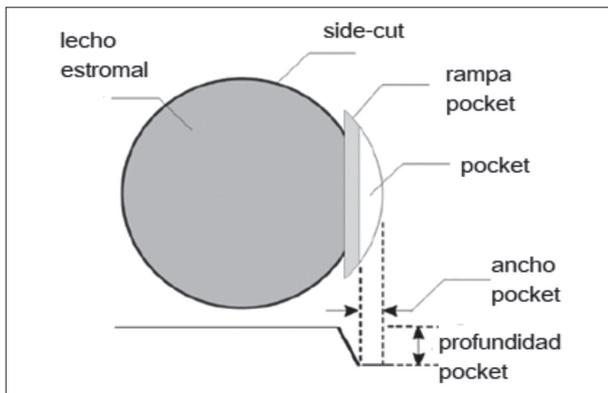


Figura 12. Creación del «pocket» del flap de LASIK con el LFS IntraLase®. (Adaptado de la referencia bibliográfica 8).

secar el estroma supra o subyacente (13). Para evitar este tipo de fenómenos, iFS realiza primero un bolsillo («Pocket») para dar salida a ese gas de forma controlada. Se crea una pequeña resección, centrada en la bisagra, pero fuera del diámetro del *side-cut* y a mayor profundidad que el corte horizontal, comunicado con él mediante una «rampa» (fig. 12). El objetivo es poder dar salida a posibles burbujas que se encuentran en la interfase a alta presión de forma controlada hacia un bolsillo estromal profundo.

Patrón de *side-cut* aislado

El *software* del IntraLase® permite trazar directamente el *side-cut* sin necesidad de haber tallado un plano horizontal previo. Los parámetros de diámetro, ángulo, profundidad y energía del *side-cut* se pueden

programar siguiendo las recomendaciones del fabricante (tabla 1), parámetros que serían los mismos a los de tallado del flap de LASIK pero sin realizar el corte horizontal paralelo a la superficie corneal.

La creación aislada de un *side-cut* tiene utilidad a la hora de realizar un retratamiento LASIK, donde en lugar de disecar y levantar completamente el flap antiguo, se puede crear un nuevo acceso a la interfase original, diseñando un nuevo *side-cut* pero de menor diámetro que el flap original, que nos permitirá acceder a la interfase original (14) disminuyendo el riesgo de endocrecimiento epitelial que claramente está asociado a los retratamientos LASIK por la manipulación del borde del flap original (15).

Otra situación donde esta opción es especialmente útil es cuando se observa una pérdida de succión durante la cirugía LASIK, justo cuando se ha completado el plano de corte horizontal. Si bien otras plataformas LFS obligan a repetir todo el procedimiento, con la opción del *side-cut* aislado que ofrece IntraLase® se puede completar el tallado del flap de LASIK sin incidencias reponiendo el anillo de succión y el cono de aplanación y haciendo específicamente este paso quirúrgico.

Implante de anillos/segmentos intraestromales

El IntraLase® iFS 150 kHz permite la creación de túneles intraestromales anulares con una incisión de entrada para el tratamiento del queratocono mediante anillos o segmentos intraestromales. El corte anular

Tabla 2. Parámetros recomendados para el tallado de túneles corneales para la implantación de anillos/segmentos intraestromales

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	POR DEFECTO	RANGO
Profundidad	Profundidad a la que se talla el anillo	300 μm	100 – 500 μm
Diámetro interno	Diámetro del círculo interno	6,8 mm	4,0 – 8,8 mm
Diámetro externo	Diámetro del círculo externo	7,6 mm	4,1 – 9,5 mm
Longitud del corte de entrada	Longitud del corte vertical que comunica el epitelio corneal con el túnel	1,4 mm	1 – 1,5 mm
Grosor del corte de entrada	Espesor del corte vertical que comunica el epitelio corneal con el túnel	1 μm	1 μm
Eje de incisión	Para el ojo derecho: 0° = nasal (180° en ojo izquierdo) 90° = superior 180° = temporal (0° en ojo izquierdo) 270° = inferior	90°	0° – 359°
Energía del anillo	Pulsos de energía para tallar el anillo	1,30 μJ	0,30 – 2,50 μJ
Energía de la incisión de entrada	Pulsos de energía para tallar el corte vertical que comunica el epitelio corneal con el túnel	1,30 μJ	0,30 – 2,50 μJ

se crea paralelo a la superficie corneal anterior, a la profundidad deseada, con un radio interno y un radio externo determinados, quedando un túnel del ancho necesario para alojar el anillo. La incisión de entrada consiste en un corte en un plano radial que inicia a la profundidad del canal y comunica con la superficie corneal para permitir disecar el plano e implantar el anillo. Aunque hay unos parámetros recomendados por defecto (tabla 2), la profundidad a la que se cree el túnel dependerá del modelo de anillo, espesor corneal en la zona del túnel y el nomograma empleado.

Incisiones para cirugía de catarata/ Incisiones arcuatas

Los sistemas LFS que emplean una interfaz plana para la aplanación corneal, no pueden enfocar los

impactos del láser sobre el cristalino, de manera que la aplicación en cirugía de catarata del IntraLase® se limita a las incisiones en córnea clara (una incisión principal y una paracentesis), así como el manejo del astigmatismo con incisiones corneales arcuatas. En el tallado de las incisiones corneales, de configuración triplanar, IntraLase® permite determinar el grosor y la longitud del túnel, mientras que para las incisiones arcuatas se puede seleccionar que sean penetrantes, si penetran la superficie corneal, o no penetrantes si están confinadas en el interior del estroma corneal.

En las tablas 3 y 4 se describen los parámetros recomendados por el fabricante para la creación de la incisión principal y la paracentesis, respectivamente, en la cirugía de cataratas.

Con la función de «incisiones arcuatas» IntraLase® permite crear incisiones penetrantes o confi-

Tabla 3. Parámetros recomendados para la creación de la incisión principal con IntraLase® en cirugía de catarata

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	POR DEFECTO	RANGO
Blanco-Blanco	Diámetro corneal horizontal	11,00 mm	8,00 – 11,00 mm
Espesor corneal	Espesor en el sitio de incisión	300 µm	300 – 1200 µm
Posición	Localización de la incisión (en temporal por defecto)	OD = 180° OI = 0°	0° – 359°
Compensación limbar	mm que el radio externo de la incisión se reducirá desde el diámetro blanco-blanco	0 mm	-1,00 – 3,5 mm
Anchura anterior	Ancho de la incisión en la superficie corneal anterior (cara epitelial)	2,2 mm	1,00 – 4,00 mm
Anchura posterior	Ancho de la incisión en la superficie corneal posterior (cara endotelial)	2,2 mm	1,00 – 4,00 mm
Longitud	Trayecto estromal visto desde la superficie epitelial	2,00 mm	0,50 – 4,00 mm
Profundidad de paso	Profundidad del plano horizontal que conecta los trayectos anterior y posterior. Al menos a 90 µm de la superficie anterior y posterior	300 µm	90 – 1090 µm
Ángulo anterior	Ángulo de incisión en la córnea del plano anterior, relativo a la superficie corneal	30°	30° – 150°
Ángulo posterior	Ángulo de incisión en la córnea del plano posterior, relativo a la superficie corneal	30°	30° – 90°
Compensación de espesor	Profundidad adicional a la que la incisión llegará pasado el grosor corneal establecido (para asegurar que es penetrante)	100 µm	20 – 200 µm
Energía	Energía de cada pulso	1,40 µJ	0,30 – 2,50 µJ
Profundidad en cristal	Fin de la incisión (en el cono de aplanación, para asegurar que es penetrante)	50 µm	-200 – 100 µm
Separación de spots	Distancia entre cada pulso de láser en una misma línea	3 µm	1 – 4 µm
Separación de capas	Distancia entre líneas en los planos de incisión anterior y posterior	3 µm	1 – 6 µm
Separación de líneas	Distancia entre líneas adyacentes en el plano de paso	3 µm	1 – 6 µm

Dichos parámetros pueden ser modificados y personalizados a criterio del cirujano. OD = ojo derecho; OI = ojo izquierdo.

Tabla 4. Parámetros recomendados para la creación de la paracentesis de ayuda en cirugía de catarata con Intralase®

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	POR DEFECTO	RANGO
Espesor corneal	Espesor en el sitio de incisión	300 μm	300 – 1200 μm
Posición	Localización de la incisión (en temporal por defecto)	90°	0° – 359°
Compensación limbar	mm que el radio externo de la incisión se reducirá desde el diámetro blanco-blanco	0 mm	-1,00 – 3,5 mm
Anchura anterior	Ancho de la incisión en la superficie corneal anterior (cara epitelial)	1,00 mm	0,80 – 2,00 mm
Anchura posterior	Ancho de la incisión en la superficie corneal posterior (cara endotelial)	1,00 mm	0,80 – 2,00 mm
Profundidad de paso	Profundidad del plano horizontal que conecta los trayectos anterior y posterior. Al menos a 90 μm de la superficie anterior y posterior	300 μm	90 – 1090 μm
Ángulo anterior	Ángulo de incisión en la córnea del plano anterior, relativo a la superficie corneal	30°	30° – 150°
Compensación de espesor	Profundidad adicional a la que la incisión llegará pasado el grosor corneal establecido (para asegurar que es penetrante)	100 μm	20 – 200 μm
Energía	Energía de cada pulso	1,40 μJ	0,30 – 2,50 μJ
Profundidad en cristal	Fin de la incisión (en el cono de aplanación, para asegurar que es penetrante)	50 μm	-200 – 100 μm
Separación de spots	Distancia entre cada pulso de láser en una misma línea	3 μm	1 – 4 μm
Separación de capas	Distancia entre líneas	3 μm	1 – 6 μm

La paracentesis es una incisión secundaria, de un solo plano, que podremos activar o no, y es personalizable a criterio del cirujano.

nadas en el interior del estroma corneal. Cuando la función está activada, se puede seleccionar la realización de 1 o 2 incisiones arcuatas. Una limitación es que no puede realizarse en un solo paso acompañando a las incisiones principal y paracentesis, si no que han de realizarse como

un nuevo procedimiento. Una vez conocido el espesor corneal en el sitio de incisión, se puede programar la posición, profundidad y arco de las incisiones de acuerdo con el nomograma deseado, o modificando los parámetros a criterio del cirujano (tabla 5).

Tabla 5. Parámetros recomendados para la creación de las incisiones arcuatas con Intralase®

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	POR DEFECTO	RANGO
Número de arcos	Número de incisiones	1	1 o 2
Espesor corneal	Espesor en el sitio de incisión	300 μm	300 – 1200 μm
Profundidad anterior	Profundidad de inicio de la incisión en córnea (valores negativos penetrarán en el cristal del cono, haciendo la incisión penetrante)	100 μm	-100 – 200 μm
Profundidad posterior	Profundidad a la que llega la incisión	475 μm	100 – 1200 μm
Diámetro anterior	Distancia entre ambos arcos, lo que define la zona óptica	9,00 mm	5,00 – 9,50 mm
Posición del arco	Posición angular del centro del arco en grados	ARC1 = 0°	0° – 359°
Ángulo del arco	Anchura angular de la incisión	45°	5° – 180°
Ángulo del side-cut	Ángulo con respecto a la superficie anterior	90°	30° – 150°
Energía	Pulso de energía para crear la incisión	1,40 μJ	0,30 – 2,50 μJ
Separación de spots	Distancia entre cada pulso de una misma línea	3 μm	1 – 6 μm
Separación de capas	Distancia entre líneas de spots	3 μm	1 – 6 μm

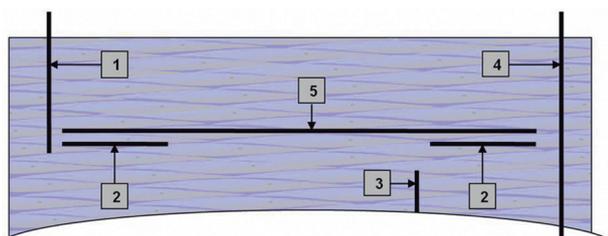


Figura 13. Diagrama de posibles resecciones corneales con el Intralase® para la realización de queratoplastias: 1) *Side-cut* anterior; 2) Corte lamelar anular (*Ring lamellar cut*); 3) *Side-cut* posterior; 4) *Side-cut* de espesor completo (*Full thickness anterior side-cut*); 5) Corte lamelar completo, paralelo a la superficie corneal anterior (*Full lamellar cut*).

Queratoplastias

El Intralase® iFS 150 kHz permite la realización de incisiones tanto para queratoplastias lamelares como penetrantes (IEK, del inglés, *Intralase Enabled Keratoplasty*) programando, según se necesite: un *side-cut* anterior, un *side-cut* posterior o un *side-cut* de espesor completo, así como el tallado del plano paralelo al epitelio corneal a la profundidad deseada, que hará intersección con el *side-cut* anterior en

queratoplastias lamelares anteriores (ALK, DALK) o con el *side-cut* posterior en las queratoplastias lamelares posteriores (DMEK, DSAEK) (fig. 13).

Una de las principales ventajas de la queratoplastia asistida por el LFS consiste en la posibilidad de tallar el mismo patrón en córnea donante y receptora, de forma que la aposición de bordes sea óptima, contribuyendo a un mejor control teórico del astigmatismo y a una menor manipulación del tejido. Para realizar queratoplastias penetrantes o lamelares anteriores, se puede optar por un corte recto que vaya de epitelio a endotelio (*full thickness anterior side-cut*) o si se quiere tener un borde escalonado (*Top Hat*) habrá que programar un corte lamelar anular (*ring lamellar cut*), un *side-cut* posterior y un *side-cut* anterior (la diferencia entre estos dos será lo que sobresalga el tejido donante en forma de ala del sombrero). En los trasplantes de endotelio, se creará un plano lamelar completo muy profundo (*full lamellar cut*) y un *side-cut* posterior que avanzará desde endotelio hacia estroma para crear una intersección con el plano profundo previo. En las tablas 6 a 9 se especifican los parámetros re-

Tabla 6. Parámetros recomendados para la realización de un corte lamelar anular para hacer una queratoplastia penetrante con configuración «Top Hat»

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	POR DEFECTO	RANGO
Profundidad en córnea	Distancia de superficie anterior al plano de resección	400 μm	90 – 1200 μm
Profundidad posterior	Profundidad a la que llega la incisión	475 μm	100 – 1200 μm
Diámetro externo	Diámetro externo del anillo	9,10 mm	3,00 – 9,50 mm
Diámetro interno	Diámetro interno del anillo	6,90 mm	3,00 – 9,50 mm
Energía	Pulso de energía para crear la incisión	1 μJ	0,30 – 2,50 μJ
Inicio de la espiral	Área donde se inicia el patrón de corte	Exterior	Exterior / Interior
Separación tangencial de <i>spots</i>	Distancia entre cada pulso de un mismo círculo/ línea	4 μm	2 – 4 μm
Separación radial de <i>spots</i>	Distancia entre cada círculo de <i>spots</i> concéntricos	4 μm	2 – 4 μm

Tabla 7. Parámetros recomendados para la realización de un corte lamelar completo (*Full lamellar cut*) para hacer un trasplante endotelial

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	POR DEFECTO	RANGO
Profundidad lamelar	Distancia de superficie anterior al plano de resección	380 μm	90 – 1200 μm
Diámetro	Diámetro del círculo que se talla	9 mm	7 – 9,5 mm
Energía	Pulso de energía para crear el plano de resección	1,5 μJ	0,30 – 2,50 μJ
Separación tangencial de <i>spots</i>	Distancia entre cada pulso de un mismo círculo/línea	5 μm	2 – 6 μm
Separación radial de <i>spots</i>	Distancia entre cada círculo de <i>spots</i> concéntricos	6 μm	2 – 9 μm

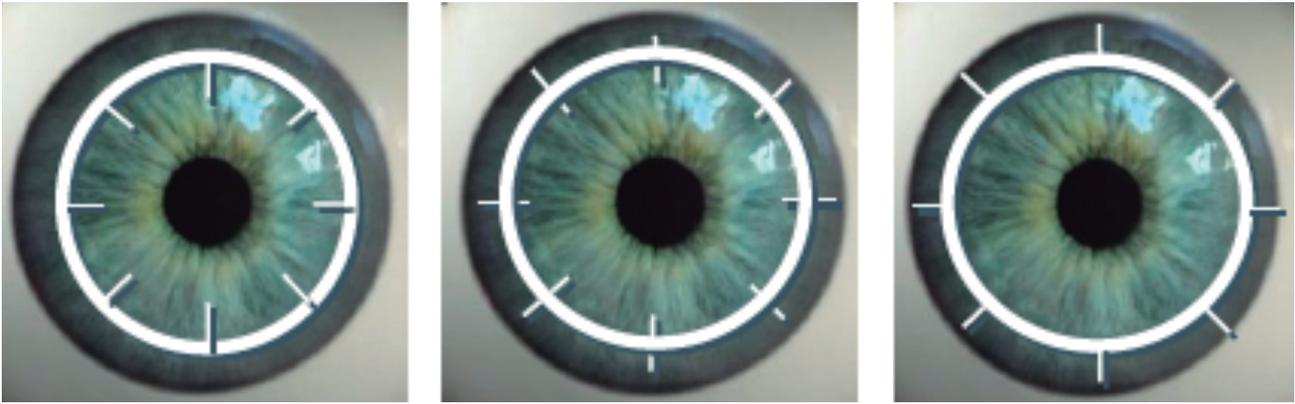


Figura 14. Incisiones de alineación con el Intralase® para facilitar la orientación y distribución de las suturas en las queratoplastias lamelares anterior y penetrantes.

comendados para la creación de un corte lamelar anular (*ring lamellar cut*), un corte lamelar completo (*full lamellar cut*), el *side-cut* anterior y el *side-cut* posterior, respectivamente.

En los trasplantes penetrantes y lamelares anteriores, el Intralase® iFS 150 kHz permite crear incisiones de alineación (fig. 14). Se trata de unas marcas semejantes a las que se harían con un trépano impregnado en azul alcian para facilitar la orientación y distribución de las suturas en la córnea donante, en la córnea receptora o en ambas.

Parámetros *side-cut* anterior: En tanto que la aplicación que estamos comentando es el trasplante corneal, de espesor completo o parcial, el *side-cut* anterior será de 360° (si bien permite customizarlo para otras aplicaciones –arcuatas–) y de espesor

completo si se pretende hacer una queratoplastia penetrante o del deseado en una cirugía lamelar.

En el *side-cut* posterior, si se tiene en cuenta que se emplea para obtener un lentículo de DMEK o DSAEK, la diferencia entre la profundidad posterior y anterior del *side-cut* posterior nos dará una aproximación del grosor del lentículo, condicionado también por la profundidad a la que se haya hecho el «*full lamellar cut*» paralelo a la superficie y, siendo el cono plano, por extensión, paralelo al endotelio corneal.

Además, en córneas con opacidades densas puede ser necesario emplear energías mayores para lograr crear planos de disección adecuados; por ello la recomendación del fabricante de emplear un poco menos de la energía máxima disponible en el tallado de los *side-cuts*.

Tabla 8. Parámetros recomendados para la realización de un *side-cut* anterior

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	POR DEFECTO	RANGO
Profundidad posterior	Profundidad donde se inicia el corte (mayor que el espesor corneal si queratoplastia penetrante)	430 μm	90 – 1200 μm
Diámetro	Diámetro medido desde la superficie corneal	7 mm	3,00 – 9,50 mm
Energía	Pulso de energía para crear el <i>side-cut</i> anterior	0,2 μJ menos que la máxima posible (facilitará la disección)	0,30 – 2,50 μJ
Posición del corte 1	Punto central del primer <i>side-cut</i>	0°	0° – 359°
Ángulo del corte 1	Longitud en grados del primer <i>side-cut</i>	360°	0° – 360°
Posición del corte 2	Punto central del segundo <i>side-cut</i>	180°	0° – 359°
Ángulo del corte 2	Longitud en grados del segundo <i>side-cut</i>	0° (no hay)	0° – 180°
Ángulo del <i>side-cut</i>	Ángulo entre el corte y la superficie corneal	90°	30 – 150°
Separación spots	Separación entre cada pulso	3 μm	1 – 4 μm
Separación capas	Separación entre cada capa de pulsos en profundidad	3 μm	1 – 6 μm
Profundidad en cono	Profundidad a la que se finaliza el <i>side-cut</i>	50 μm	-200 – 100 μm

El *side-cut* anterior será de 360°, si bien se puede customizar para otras aplicaciones, como las incisiones arcuatas. El *side-cut* anterior puede ser de espesor completo si se pretende hacer una queratoplastia penetrante, o de espesor parcial en la queratoplastia lamelar anterior.

Tabla 9. Parámetros recomendados para la realización de un *side-cut* posterior

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	POR DEFECTO	RANGO
Profundidad anterior	Fin del <i>side-cut</i> posterior	370 μm	90 – 1200 μm
Profundidad posterior	Profundidad donde se inicia el corte	500 μm	90 – 1200 μm
Diámetro	Diámetro medido en la profundidad anterior	9 mm	3,00 – 9,50 mm
Energía	Pulso de energía para crear el <i>side-cut</i> posterior	0,2 μJ menos que la máxima posible (facilitará la disección)	0,30 – 2,50 μJ
Ángulo del <i>side-cut</i>	Ángulo entre el corte y la superficie corneal anterior	90°	30° – 150°
Separación <i>spots</i>	Separación entre cada pulso	3 μm	1 – 4 μm
Separación capas	Separación entre cada capa de pulsos en profundidad	2 μm	1 – 6 μm

CONCLUSIONES

En resumen, iFS 150 kHz es la última evolución de la familia Intralase®, el *gold standard* de los sistemas de LFS, al ser la plataforma LFS más estudiada y mejor conocida para su aplicación en córnea. Intralase® permite aplicaciones refractivas (Femto-LASIK, incisiones arcuatas) pero también terapéuticas (queratoplastia asistida por LFS, túneles para anillos estromales), lo que hace de iFS un equipo completo para el cirujano de córnea, catarata y refractiva.

Como puntos fuertes del Intralase® 150 kHz destacarían:

- Al trabajar con una alta tasa de repetición de pulsos y baja energía, permite la creación de flaps de LASIK en tan solo 12 segundos.
- Permite la creación de un flap de LASIK con un *side-cut* biselado invertido que podría favorecer una mayor estabilidad del flap.
- Permite la creación de flaps de LASIK con morfología elíptica, especialmente indicados en la corrección del astigmatismo moderado-alto.
- Dispone del patrón *side-cut* aislado, especialmente útil para los retratamientos LASIK o para completar el tallado del flap de LASIK en caso de pérdida de succión.
- Permite la creación de múltiples configuraciones para la realización de queratoplastias (*mushroom*, *zig-zag*, árbol de Navidad, *top hat*).

BIBLIOGRAFÍA

1. Sugar A. Ultrafast (femtosecond) laser refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2002; 13: 246-249.
2. Farjo AA, Sugar A, Schallhorn SC, et al. Femtosecond lasers for LASIK flap creation: a report by the American

Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2013; 120: e5-e20.

3. Gil-Cazorla R, Teus MA, de Benito-Llopis L, et al. Incidence of diffuse lamellar keratitis after laser in situ keratomileusis associated with the Intralase 15 kHz femtosecond laser and Moria M2 microkeratome. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 28-31.
4. Huhtala A, Pietilä J, Mäkinen P, Uusitalo H. Femtosecond lasers for laser in situ keratomileusis: a systematic review and meta-analysis. *Clin Ophthalmol* 2016; 10: 393-404.
5. Santhiago MR, Kara-Junior N, Waring GO 4th. Microkeratome versus femtosecond flaps: accuracy and complications. *Curr Opin Ophthalmol* 2014; 25: 270-274.
6. Gros-Otero J, Ketabi S, Cañones-Zafra R, et al. Analysis of corneal stromal roughness after iFS 150 kHz and LenSx femtosecond LASIK flap creation in porcine eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019; 257: 2665-2670.
7. Krueger RR, Thornton IL, Xu M, et al. Rainbow glare as an optical side effect of IntraLASIK. *Ophthalmology* 2008; 115: 1187-1195.
8. iFS Advanced Femtosecond Laser System Operator's Manual.
9. Hernandez-Verdejo JL, Teus MA, Román JM, Bolivar G. Porcine model to compare real-time intraocular pressure during LASIK with a mechanical microkeratome and femtosecond laser. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48: 68-72.
10. Bolivar G, Garcia-Gonzalez M, Laucirika G, et al. Intraocular pressure rises during laser in situ keratomileusis: Comparison of 3 femtosecond laser platforms. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45: 1172-1176.
11. Yu CQ, Manche EE. A comparison of LASIK flap thickness and morphology between the Intralase 60- and 150-kHz femtosecond lasers. *J Refract Surg* 2014; 30: 827-830.
12. Donnellfeld E. Preservation of corneal innervation with femtosecond laser inverted sidecuts flaps. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51: E-Abstract 2855.
13. dos Santos AM, Torricelli AA, Marino GK, et al. Femtosecond Laser-Assisted LASIK Flap Complications. *J Refract Surg* 2016; 32: 52-59.
14. Güell JL, Elies D, Gris O, et al. Femtosecond laser-assisted enhancements after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 1928-1931.
15. Henry CR, Canto AP, Galor A, et al. Epithelial ingrowth after LASIK: clinical characteristics, risk factors, and visual outcomes in patients requiring flap lift. *J Refract Surg* 2012; 28: 488-492.