

## 4.2.2. Técnica quirúrgica SMILE y principios físicos

### 4.2.2.1. Preparación del paciente y del láser

*Dan Reinstein, Timothy Archer, Andrés López-Jiménez, Jorge L. Alió*

#### PREPARACIÓN DEL VISUMAX®

Como cualquier procedimiento de cirugía refractiva con láser, los tratamientos SMILE (*Small Incision Lenticule Extraction*) con el láser de femtosegundo (LFS) VisuMax® (Carl Zeiss, Meditec AG) deben realizarse en un quirófano específico, con requisitos de esterilidad. El aspecto más importante de este quirófano es el control de las condiciones ambientales:

- Temperatura ambiental: entre 18°C y 25°C.
- Humedad relativa: entre 30% y 70%.
- Altitud máxima de la ubicación: 2.000 m.

Para controlar estas variables, se requiere aire acondicionado, mientras que también utilizamos un extractor de polvo y un deshumidificador. Al inicio de una jornada quirúrgica, estos elementos deben ser comprobados:

- Ventanas: selladas con doble acristalamiento.

Debemos disponer de un entorno hermético.

- Deshumidificador: el agua debe ser vaciada y los filtros comprobados.

- Extractor de polvo: aunque no es indispensable puede ser útil para ayudar a generar un entorno limpio.

- Cubierta del dispositivo: evita que penetre polvo en el VisuMax®.

El funcionamiento del VisuMax® se controla mediante una llave que debe guardarse en un lugar seguro cuando no se utilice el láser, y cada uso de la llave debe quedar documentado en un libro de registros. Para activar el VisuMax®, inserte la llave en su ranura y gírela a la posición 1. El láser pasará automáticamente por un proceso de calentamiento (unos 5 minutos), durante el cual se mostrará un mensaje indicando que «el sistema láser está arrancando». Una vez se haya cargado, introduzca la contraseña (ajustada por defecto a «0000»). Si apareciera un mensaje de error, apague el sistema y reinicielo de nuevo.

Una vez encendido e iniciado, se activará el sistema de soporte del paciente. La camilla es un elemento fundamental, ya que incluye un mecanismo de control de fuerza continua que ajusta la altura del reposacabezas. Esto permite al cono de contacto mantener una fuerza constante sobre la córnea y compensar instantáneamente cualquier movimiento hacia delante o atrás de la cabeza del paciente durante la activación del láser. Este sistema se compone del cono de tratamiento montado en un brazo contrapesado y sensores dentro del reposacabezas. Es, por tanto, importante evitar apoyarse en el reposacabezas durante el tratamiento, ya que esto será interpretado por el dispositivo como que el paciente empuja su cabeza hacia atrás. La camilla del paciente es un dispositivo electrónico complejo y debe confirmarse que funciona correctamente al inicio de la jornada quirúrgica.

#### COMPLEMENTOS ÚTILES PARA EL VISUMAX®

##### Grabación de vídeo y audio

A la hora de pensar en un sistema de grabación de vídeos, debemos tener claro su finalidad. Pueden utilizarse para docencia, conferencias, revisión de las maniobras quirúrgicas, usos promocionales... pero los principales son los fines documentales y legales.

VisuMax® graba automáticamente en vídeo la visión del microscopio durante la cirugía. Dispone un sistema audiovisual personalizado compuesto por cámaras externas adicionales, una caja de conmutación multicanal y un grabador de DVD. El reproductor de DVD almacena cada operación en su disco duro interno. Al final de cada jornada, el asistente nombrará cada capítulo según el nombre del pacien-

te correspondiente y lo transferirá a un DVD para archivarlo. La cámara interna de VisuMax® se conecta a una caja aislante de vídeo de calidad médica a través de un cable de vídeo estándar, conectada a una caja de conmutación AV multicanal. La cámara interna del láser excímer MEL® 90 se enlaza a través de un puerto intermedio multimedia de alta definición (HDMI), por lo que se utiliza un cable HDMI.

Tanto el VisuMax® como el MEL® 90 no registran el sonido de la intervención (extremadamente importante para formación, así como para fines médico-legales pues refleja la comunicación entre el cirujano y el paciente).

### Limpieza y preparación de la mesa quirúrgica

– Debemos limpiar todas las superficies del quirófano con toallitas detergentes, incluyendo los carros de cirugía, el VisuMax®, la camilla y la lámpara del quirófano. Se prestará especial atención a las zonas que se tocan con más frecuencia, como teclados, los botones y el joystick. Además, realizamos de forma rutinaria una limpieza profunda de todo el quirófano una vez a la semana. También realizamos un muestreo microbiano de todas las superficies cada 6 meses, para identificar aquellas que necesitan una limpieza adicional. Por ejemplo, descubrimos que los reposabrazos de la silla del cirujano tenían un alto recuento de bacterias. Ahora se les presta una atención más estricta durante la limpieza diaria.

– Colocar el número adecuado de guantes estériles sin abrir encima de la mesa quirúrgica.

– Utilice láminas de plástico estériles para cubrir el mando de la camilla (los mandos del microscopio del VisuMax® vienen con cubiertas de plástico azul que pueden esterilizarse).

– Encienda el televisor y el reproductor de DVD, e introduzca un DVD.

– Compruebe que hay suficiente papel en la cartilla para las impresiones del tratamiento durante el día.

– Verifique que hay suficientes existencias disponibles en el quirófano incluido el instrumental, lances, paquetes de tratamiento y colirios.

– Una hoja (nosotros reutilizamos el envase de una tira de fluoresceína, marcada con el nombre del paciente y el ojo operado) lista para colocar y grabar la forma y la integridad de los lenticulos extraídos.



**Figura 1. Mesa quirúrgica ya preparada para un procedimiento SMILE.** Ningún instrumento será reutilizado posteriormente.

– El instrumental quirúrgico, que se colocará en la mesa quirúrgica, consta de:

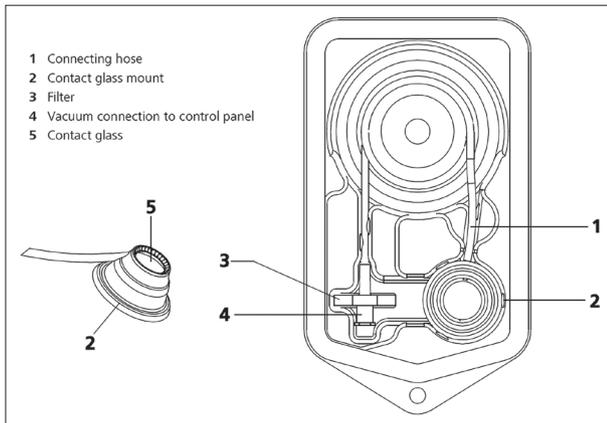
- 1 espéculo mecánico de hoja sólida.
- 1 pinza de dientes finos.
- 2 separadores de lenticulos de Reinstein.
- Asegúrese de que exista instrumental de reemplazo disponible por si fuera necesario durante el tratamiento.

– Al igual que en el caso del LASIK, hay muchas empresas que proporcionan paquetes ya preparados que contienen el resto del instrumental necesario para un procedimiento SMILE (fig. 1):

- 1 pocillo quirúrgico de 60 ml, que será llenado con solución salina equilibrada (BSS).
- 1 jeringa de 5 ml, que se llenará con unos 3 ml de BSS.
- 1 cánula de cámara anterior, que se unirá a la jeringa.
- 8 gasas sin fibras de 7,5 x 7,5 cm.
- 1 paño de apertura de 25 x 40 cm, anteroposterior 9 x 11,5 cm.
- 1 funda de mesa de 100 x 150 cm.
- 1 bandeja de polipropileno 14 x 24 x 2,5 cm.
- 1 gorro estéril para el paciente.

### Preparación del cristal de contacto

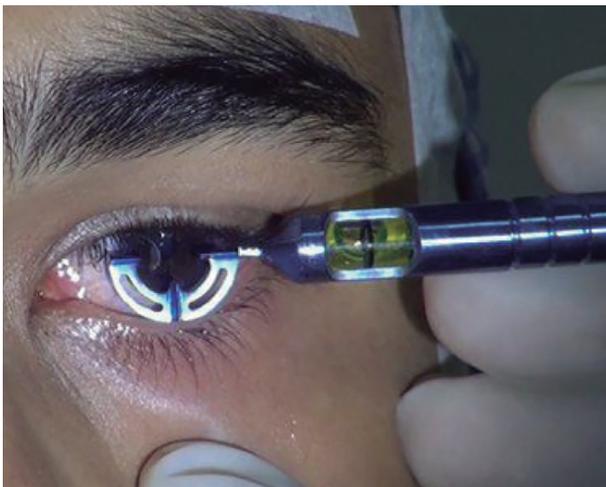
El cristal de contacto es similar a una lente gonioscópica, ya que posee una superficie curva diseñada para acoplarse a la córnea con una fuerza de compresión mínima. Además, la succión se realiza directamente en la zona paralimbar, y no sobre la conjuntiva bulbar y la esclerótica como en los sistemas de succión clásicos. Esto hace que la presión



**Figura 2.** Paquete de tratamiento de VisuMax® suministrado por Carl Zeiss Meditec. Este paquete está sellado mediante vacío para garantizar su esterilidad.

intraocular (PIO) no supere los 85 mmHg (1,2), el menor aumento de la PIO de todos los sistemas actuales de LFS, lo suficientemente bajo como para que el paciente pueda percibir la luz de fijación durante el procedimiento.

El paquete de tratamiento está compuesto por el cono de contacto, la manguera de conexión, el filtro y la conexión de vacío (fig. 2). Debe abrirse inmediatamente antes de iniciar el procedimiento para evitar que las partículas de polvo se depositen sobre la superficie del cristal de contacto mientras se espera su uso. El embalaje del cristal de contacto está diseñado para que pueda abrirse de forma estéril. Sujetando el envase con una mano, utilice la otra para retirar la tapa superior y dejar que el cristal de contacto caiga sobre la mesa quirúrgica. El asistente



**Figura 3.** Marcador de tres puntos del Dr. Sri Ganesh. Permite controlar tanto la ciclorsión como el centrado del tratamiento SMILE.

deberá volver a comprobar que el tamaño escrito en el envase del paquete coincide con el la hoja de planificación del tratamiento.

### Marcado de la córnea

El VisuMax® no incluye actualmente la posibilidad de ajustar la ciclorsión. Es decir, existe la posibilidad de que se produzca un desplazamiento del eje del cilindro entre la posición sentada (refracción manifiesta) y supina (tratamiento con láser). Sin embargo, el error potencial debido a la ciclorsión es extremadamente pequeño para la mayoría de los pacientes. Según los estudios publicados (3-8), la ciclorsión media (no direccional) es de  $3,3^\circ \pm 2,4^\circ$ . El error potencial también depende de la magnitud del cilindro que se quiera tratar.

Afortunadamente, aunque el *software* SMILE no ajusta automáticamente la ciclorsión, el cirujano puede hacerlo manualmente. Esto se consigue marcando la córnea con el paciente sentado, alineando las marcas con la retícula de la pantalla de planificación (izquierda) y girando manualmente el cristal de contacto tras la succión. Utilizamos un rotulador quirúrgico de punta fina, para aplicar 2 marcas a lo largo del meridiano horizontal dentro de un diámetro de 8 mm. Es importante que las marcas no se apliquen demasiado lejos en la periferia, ya que de lo contrario no serán visibles en el momento de aplicar el cristal de contacto. Debe usarse un colorante transmisor de infrarrojos para que las marcas no impidan el corte con el LFS.

Un avance más reciente es añadir una tercera marca inferior, además de las dos horizontales como sugieren el Dr. David Kang y el Dr. Sri Ganesh. La tercera puede realizarse en la córnea inferior girando el haz de la lámpara de hendidura de forma vertical, mientras se sigue bisecando el reflejo de luz corneal con visión coaxial (CSCLR). La adición de la marca inferior permite controlar el centrado, además de la ciclorsión (fig. 3).

### PREPARACIÓN DEL PACIENTE

La preparación del paciente para SMILE es similar a la del procedimiento LASIK. El paciente debe recibir una redcilla para el pelo y cubrezapatos. A continuación, una enfermera limpiará la zona pe-

riocular alrededor de los ojos del paciente e instilará una gota de anestésico local en cada ojo. Para ello se debe utilizar un anestésico sin conservantes, como la proximetacaína, que despegga menos el epitelio que la tetracaína o la bupivacaína. El cirujano también instilará una gota adicional de anestesia justo al inicio del tratamiento, para maximizar la comodidad del paciente, ya que algunos sienten un pinchazo cuando el LFS comienza a cortar.

La excepción son los pacientes con distrofia de la membrana basal, en los que preferimos que el cirujano aplique el anestésico únicamente justo antes del tratamiento para minimizar el riesgo de liberación de células epiteliales. La distrofia de la membrana basal no es una contraindicación de SMILE debido a la mínima fuerza que se ejerce sobre la superficie de la córnea gracias a la curvatura del cristal de contacto. Sin embargo, otros sistemas de LFS y los microqueratomos mecánicos provocan una aplanación total de la córnea.

Como precaución adicional, instilamos 1 gota de antibiótico, Exocin® (ofloxacina) y Tobradex® (tobramicina/dexametasona), aproximadamente unos 3 a 5 minutos antes de entrar en el quirófano.

### Control de los nervios del paciente

Un miembro de nuestro equipo de enfermería lleva al paciente al quirófano y lo acomoda en la camilla en posición neutra. Se coloca un segundo gorro estéril sobre la cabeza del paciente original para crear un campo que el cirujano pueda tocar.

Es normal que todos los pacientes estén nerviosos al someterse a la cirugía, y a menudo preguntan si pueden tomar un sedante. Sin embargo, al igual que con el LASIK, SMILE se realiza mejor con pacientes despiertos y en alerta para que puedan responder a las instrucciones. También se ha señalado que el reflejo oculo-cardíaco se puede producir con mayor frecuencia en pacientes sedados, lo que puede interferir con la succión. Por lo tanto, prescribimos un sedante antes de la cirugía solo en casos de pacientes con un trastorno de ansiedad diagnosticado (ataques de pánico, claustrofobia...). En estos casos, solemos utilizar comprimidos de lorazepam de 1 mg con una dosis determinada previamente durante la entrevista con el paciente.

En ausencia de sedantes, es fundamental que el cirujano sepa controlar y encauzar la ansiedad del

paciente. La importancia de la interacción entre ambos no debe subestimarse. Nos referiremos a este enfoque como **anestesia verbal**. Su uso es especialmente relevante en SMILE ya que minimiza el riesgo de pérdida de succión. Todo lo que diga el cirujano debe estar dirigido a tranquilizar al paciente y asegurar su cooperación durante el procedimiento. Los principios generales de la anestesia verbal son los siguientes:

- Controlar al paciente.
- Hablar con una voz tranquila en todo momento.
- Hablar con el paciente continuamente, no permanecer más de unos segundos sin decir algo, aunque solo sea para decir «perfecto», «genial» o algo similar.
- Describir lo que el paciente va a sentir o experimentar, y no lo que el cirujano está haciendo en realidad; esto evita que el paciente se asuste.
- Evitar las preguntas y las discusiones; se les dirá a su debido momento todo lo que necesiten saber.
- Recuérdeles que presten atención al objetivo de fijación en todo momento.
- Utilizar la autoridad si es necesario.

### Posición de la cabeza y del cuerpo del paciente

La colocación del paciente en la camilla es fundamental. Lo primero que hay que comprobar es que la cabeza está en la posición óptima en el reposacabezas. La cabeza debe descansar dentro de la ranura del reposacabezas, lo más abajo posible (lejos del cirujano), para que el cuello descansa a lo largo del borde inferior del reposacabezas; si estuviera situada demasiado arriba, el cono de tratamiento puede no llegar al ojo. Los bordes orbitarios deben estar en el mismo plano horizontal (fig. 4). Aunque en la mayoría de los casos es posible, no siempre se consigue que los pacientes se encuentren cómodos en el reposacabezas. En estos casos, colocaremos toallas bajo el cuello o la cabeza para conseguir una posición más cómoda y mejor alineada horizontalmente. La posición final de tratamiento debe poder alcanzarse y mantenerse sin esfuerzo por parte del paciente.

En los pacientes con una cresta de la ceja muy prominente, la cabeza puede requerir un posicionamiento cuidadoso para garantizar una suficiente



**Figura 4.** La cabeza del paciente debe ser posicionada de manera que los bordes superior e inferior de la órbita estén en el mismo plano (imagen del centro). La posición del paciente debe ser relajada, sin requerir esfuerzo poder mantenerla durante todo el procedimiento.

exposición del ojo al cristal de contacto. Esto puede lograrse inclinando la cabeza más hacia atrás o, a veces, el cirujano deberá tirar manualmente de la ceja durante la aplicación de la succión.

También se debe instruir a los pacientes para que mantengan los ojos cerrados para evitar que se reseque la superficie de la córnea.

Dependiendo de la anatomía de la nariz, a menudo es necesario girar la cabeza alejándola del ojo que recibe el tratamiento en ese momento, para poder crear un buen acceso al cono de tratamiento.

La cabeza debe estar en línea recta a lo largo del eje de la camilla, al igual que el cuerpo, las piernas y los pies, con las piernas rectas y sin cruzar. La alineación del cuerpo es obviamente importante para el tratamiento preciso del astigmatismo.

### Lista de comprobación

Según las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (9) se debe realizar una lista de comprobación antes de iniciar una intervención quirúrgica. Ésta debe ser ejecutada verbalmente por al menos dos personas y anotada en el informe médico: nombre del paciente, fecha de nacimiento, alergias, disponibilidad de la medicación, explicación del tratamiento postoperatorio, los formularios de consentimiento firmados y metidos en el expediente del paciente, comprobación de que los láseres son funcionales.

En el caso de SMILE, al igual que en el de cualquier cirugía refractiva, se comprobará que los detalles del tratamiento introducidos en el láser son

correctos. Una vez más, la verificación debe ser realizada verbalmente por al menos dos personas, a saber, la persona que ha programado el láser y el cirujano que realiza el tratamiento. Para facilitar el proceso, debe prepararse una hoja quirúrgica, que se colocará en un sitio visible tanto para el cirujano, el técnico asistente y enfermería.

A través de la pantalla de tratamiento (derecha), se puede seleccionar el paciente en la base de datos de pacientes planificados. Esta pantalla es el *paso 1 de 11*, titulado *tratamiento: seleccionar paciente*. El nombre completo y la fecha de nacimiento deben ser confirmados en voz alta por el cirujano, el técnico y el enfermero asistente, consultando el registro médico y el listado quirúrgico.

La siguiente pantalla nos permite la *identificación del ojo a tratar (paso 2 de 11)*. Como los parámetros de tratamiento para ambos ojos deben ser revisados, es más eficiente verificar el ojo que se desea tratar primero en segundo lugar. Nuestro protocolo habitual consiste en realizar primero el ojo no dominante. La razón es que, si hubiera una complicación en el primer ojo, el ojo dominante del paciente no se vería afectado.

Haga clic en siguiente para seguir a *revisión de datos de tratamiento (paso 3 de 11)* (fig. 5). Los parámetros del tratamiento deben ser revisados de nuevo con la lectura del cirujano en voz alta y con la confirmación del técnico. Si se utiliza un nomograma personal, la doble comprobación debe ser lo primero para asegurar la correcta transferencia de datos entre la historia clínica y la impresión del nomograma, y luego entre la impresión del nomograma y el VisuMax®. En caso de cualquier discrepancia,

el error debe marcarse inmediatamente, resolverse y reiniciar las comprobaciones dobles. Si fuera necesario modificar algún parámetro del tratamiento, solo podrá en la pantalla de planificación (izquierda). Deben verificarse los siguientes parámetros:

- Refracción manifiesta preoperatoria.
- Refracción postoperatoria objetivo: en nuestro protocolo, buscamos una hipermetropía leve en pacientes jóvenes y micromonovisión en los pacientes presbitas.

- Corrección refractiva intencionada: se calcula como la refracción manifiesta menos la refracción objetivo. La página de revisión de los datos del tratamiento sólo muestra este valor, etiquetado como Corrección (SCA), por lo que es importante que se haya calculado de antemano y se haya introducido en el registro médico del paciente para que esté disponible para una doble comprobación. Si no se utiliza un nomograma personal, el intento de corrección refractiva puede comprobarse directamente con los valores mostrados en el VisuMax®.

- Entrada de datos del láser.
- Parámetros del cap: diámetro, grosor y ángulo de corte lateral.

- Parámetros del lenticulo: debe confirmarse la zona óptica (etiquetada como diámetro del lenticulo) y el ángulo de corte lateral. La página de revisión de los datos del tratamiento no muestra actualmente el grosor mínimo ni la zona de transición. Ajustamos el grosor mínimo del lenticulo solo en raras ocasiones (por defecto situado en 10 µm). Del mismo modo, la zona de transición rara vez es distinta de 0,1 mm para los tratamientos SMILE en miopes.

- Parámetros de la(s) incisión(es) pequeña(s): posición y anchura.

- Tejido estromal residual (RST): el programa no permitirá que se guarde un tratamiento a menos que el RST cumpla el valor mínimo que figure en el menú de configuración.

- Ajustes de energía y espaciamiento entre spots: los botones para seleccionar el modo estándar o el modo rápido están disponibles en la parte inferior de esta pantalla. Normalmente, uno de ellos se ha configurado para SMILE y el otro para LASIK. Si el modo experto está activado, habrá un botón adicional para acceder a la tabla de ajustes de energía y espaciado de puntos.

Después de haber comprobado dos veces el segundo ojo a tratar (y el primero revisado), haga clic en *cancelar* para volver hacia atrás a la pantalla de



**Figura 5.** Visión de la pantalla del VisuMax® durante la doble comprobación de los parámetros de tratamiento. (RST: grosor estromal residual; SCA: eje esfero-cilíndrico).

*tratamiento: identificación del ojo a tratar, y seleccione el otro.* La doble comprobación descrita se repite con el primer ojo. Al hacerlo así, en este orden, el cirujano podrá hacer clic inmediatamente para comenzar a tratar el primer ojo una vez que se hayan completado las comprobaciones dobles.

## Instilación de la anestesia y oclusión del ojo contralateral

Después de las dobles comprobaciones, el cirujano introducirá una sola gota de anestesia tópica en cada ojo. A continuación, se limpian los ojos con una gasa. Por último, el cirujano aplicará una de las tiras preparadas de cinta adhesiva para mantener cerrado el segundo ojo mientras se trata el primero.

## Aplicación y calibración del cristal de contacto

Lo siguiente es conectar el cristal de contacto al VisuMax®. Al hacer clic en *siguiente* en el software se pasa al *paso 4 de 11*, la pantalla *tratamiento: instalar paquete de tratamiento*. En ella se indica el tamaño del cristal de contacto (S, M o L) junto con instrucciones de cómo conectarlo al cono de tratamiento. El asistente entregará el cristal de contacto al cirujano, momento en el que se comprueba dos veces su tamaño. Es muy importante comprobarlo, ya que el software actual no lo verifica automáticamente. El tamaño del cristal de contacto puede

identificarse intraoperatoriamente, ya que toda la circunferencia de los puertos de aspiración será visible en la pantalla de planificación (izquierda) para un cristal de contacto S, mientras que en el caso de un cristal de contacto M, estos quedarán en gran medida fuera del campo.

Se unirá entonces el extremo del filtro al puerto de succión, que se encuentra debajo de la pantalla de tratamiento (derecha). El conector se inserta en el puerto, y un suave pero firme giro en el sentido de las agujas del reloj asegura la fijación y garantiza un cierre hermético. Si durante el tratamiento la succión de la córnea es insuficiente, como puede ocurrir ocasionalmente, apretar nuevamente este conector suele resolver el problema. Tenga cuidado de no apretar demasiado el filtro, ya que puede romperse en el puerto o aflojarse.

A continuación, se puede conectar el cristal de contacto estéril en el cono de apertura del láser, asegurándose de pasar el tubo por encima del gancho para mantenerlo fuera del campo quirúrgico. En primer lugar, asegúrese de que el cristal de contacto esté orientado de forma que el tubo de goma salga hacia temporal del ojo que se está tratando para evitar que entre en contacto con la nariz, la mejilla o la ceja. Posteriormente, coloque el cristal de contacto sobre el cono de tratamiento y éste se adherirá automáticamente al cono al entrar en contacto con él gracias a los puertos de succión internos. Una vez conectado el cristal de contacto al cono de apertura del láser, al levantar suavemente el cristal de contacto y el cono de tratamiento se inicia automáticamente una prueba completa del sistema y la calibración del cristal de contacto. Se mostrará un mensaje de error, «por favor, levante el objeto de tratamiento», si el sistema no ha detectado este movimiento hacia arriba. La pantalla de tratamiento (derecha) cambiará automáticamente al *paso 5 de 11, tratamiento: prueba del sistema*, y mostrará una barra de estado para supervisar el progreso e indicar el final de la prueba.

La prueba suele durar unos 30 segundos, aunque la primera calibración después de encender el ordenador lleva más tiempo. Si la prueba del sistema no finaliza con éxito, normalmente funcionará con el mismo cristal de contacto después de reiniciar el proceso. Si esto no funciona, se puede probar con un segundo cristal de contacto. También es posible que haya un problema con el mecanismo de la bomba de vacío, en cuyo caso el equipo de servicio de Carl Zeiss Meditec deberá ser consultado.

Tras la finalización con éxito de la prueba del sistema, el *software* cambiará automáticamente al *paso 6 de 11*, titulado *tratamiento: mover a la posición de tratamiento*. Puede hacer clic en *inicio* en la pantalla de tratamiento (derecha) para activar el movimiento automático de la camilla del paciente a la posición de tratamiento. Alternativamente, se puede utilizar el *joystick* para mover la camilla manualmente a dicha posición.

A medida que el paciente entra en la zona de tratamiento, la iluminación de la parte inferior del VisuMax® cambiará; se apagará la luz azul ambiental y se encenderá la iluminación del cono de tratamiento (círculo de luz blanca). El cirujano puede usar el botón situado a la izquierda del microscopio, denominado *tratamiento*, para controlar la intensidad de la iluminación del cono de tratamiento. Nuestra preferencia es aumentarla a su nivel máximo, aunque se puede reducir su intensidad si el paciente no lo tolera bien.

Durante este movimiento, el microscopio cambiará automáticamente a la vista del cono de tratamiento. El cirujano debe inspeccionar la superficie del cristal de contacto a través del microscopio quirúrgico para confirmar que está libre de residuos, como fibras de lino, gotas de agua, marcas de dedos o partículas de óxido. Si la superficie presenta algún tipo de rasguño, los residuos se eliminarán con una esponja quirúrgica o, si es necesario, puede sustituirse el cristal de contacto.

Una vez que la camilla del paciente esté en la posición correcta, la pantalla de tratamiento (derecha) se actualizará al *paso 7 de 11*, etiquetada como *tratamiento: succión ocular*. El paciente podrá ser elevado hasta el cristal de contacto para aplicar la succión e iniciar el tratamiento. En este momento, VisuMax® comenzará a grabar automáticamente.

## Colocación del espéculo

Esta es una parte crucial, pero que a menudo se pasa por alto. La inserción del espéculo es el primer punto de contacto del paciente con un instrumento quirúrgico y, por lo tanto, tiene gran importancia en el manejo psicológico del paciente. En primer lugar, el espéculo debe introducirse suave y lentamente. Antes de insertar el espéculo, lo movemos por encima del ojo para que las hojas del espéculo bloqueen la visión del paciente de la luz verde de fijación, indicándole que, a pesar de dejar de ver la luz ver-

de en algún momento, debe seguir mirando en esa dirección todo el tiempo.

Lo mejor es utilizar una técnica bimanual en la que el espéculo se sostiene en la mano del mismo lado que el ojo que se está tratando para facilitar el acceso temporal. Los dos primeros dedos de la otra mano se colocan entonces en el cuerpo del espéculo para mantenerlo estable mientras se abrirá gradualmente el espéculo. Debe abrirse lo suficiente para asegurar una exposición adecuada e igual de la conjuntiva por encima, por debajo, nasal y temporal.

Con el espéculo ya en su sitio, se puede realizar un ajuste más fino de la posición de la cabeza si es necesario. La córnea debe aparecer en el centro de la fisura palpebral, con el paciente en un estado relajado (es decir, sin sujeción por los músculos del cuello). Tenga en cuenta cualquier característica anatómica del paciente (nariz, ceja...) que pueda hacer que el cono entre en contacto con cualquier zona que no sea el limbo corneal. Para evitar cualquier contacto involuntario con la nariz, incline la cabeza para girar el ojo lateralmente. Asegúrese de que el limbo esté bien alejado de las hojas del espéculo, del canto lateral o del menisco lagrimal conjuntival. Cualquier exceso de líquido conjuntival puede absorberse del campo con microesponjas.

Se puede utilizar cualquier espéculo, sin embargo, recomendamos encarecidamente el uso de uno de hojas sólidas, ya que éstas evitan que las pesta-

ñas y el *meibum* puedan penetrar de los márgenes del párpado al campo conjuntival.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Vetter JM, Holzer MP, Teping C, et al. Intraocular pressure during corneal flap preparation: comparison among four femtosecond lasers in porcine eyes. *J Refract Surg* 2011; 27: 427-433.
2. Vetter JM, Faust M, Gericke A, et al. Intraocular pressure measurements during flap preparation using 2 femtosecond lasers and 1 microkeratome in human donor eyes. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 2011-2018.
3. Prakash G, Agarwal A, Kumar DA, et al. Surface ablation with iris recognition and dynamic rotational eye tracking-based tissue saving treatment with the Technolas 217z excimer laser. *J Refract Surg* 2011; 27: 223-231.
4. Neuhann IM, Lege BAM, Bauer M, et al. Static and dynamic rotational eye tracking during LASIK treatment of myopic astigmatism with the Zyoptix laser platform and Advanced Control Eye Tracker. *J Refract Surg* 2010; 26: 17-27.
5. Kim H, Joo CK. Ocular cyclotorsion according to body position and flap creation before laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 557-561.
6. Chang J. Cyclotorsion during laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 1720-1726.
7. Wu F, Yang Y, Dougherty PJ. Contralateral comparison of wavefront-guided LASIK surgery with iris recognition versus without iris recognition using the MEL80 Excimer laser system. *Clin Exp Optom* 2009; 92: 320-327.
8. Chernyak DA. Cyclotorsional eye motion occurring between wavefront measurement and refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 633-638.
9. WHO surgical safety checklist and implementation manual (2017).

### 4.2.2.2. Preliminares de la cirugía: centrado y cicl torsión

*Dan Reinstein, Timothy Archer, Andrés López-Jiménez, Jorge L. Alió*

#### PREPARACIÓN DE LA CÓRNEA

Con el espéculo colocado, el cirujano puede empezar a mover la camilla del paciente hacia el cono de tratamiento utilizando el *joystick*. Al mismo tiempo, el cirujano debe humedecer la córnea y prepararla para el acoplamiento al cono de contacto siguiendo estos pasos:

- Vuelva a instilar una gota de anestésico tópico.
- Coloque una microesponja en un recipiente con solución salina balanceada (BSS).

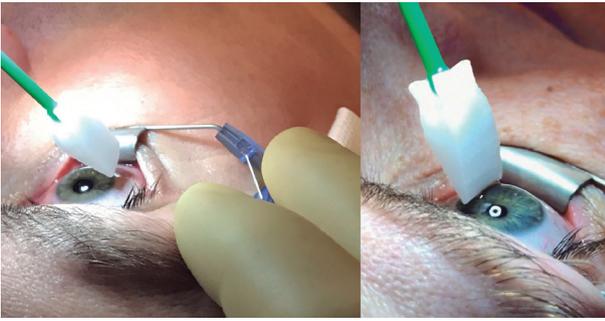
– Comprima la esponja contra el fondo del pocillo lleno de BSS, hasta que esté completamente empapada.

– Separe la cabeza del microscopio para permitir la visualización directa de la esponja al entrar en contacto con el ojo.

– Empuje hacia abajo el espéculo con la mano del lado temporal para hacer sitio a la esponja.

– Toque el limbo corneal temporal con la punta de la esponja.

– Levante la esponja creando una capa de BSS sostenida por tensión superficial.



**Figura 1.** Limpieza de la córnea con delicadeza con una hemosteta impregnada en BSS. De esta forma se crea una capa homogénea de fluido en la superficie. El objetivo es arrastrar la tensión superficial del fluido a lo largo de la córnea sin entrar en contacto con ella.

- Dibuje la lámina de BSS generada por la tensión superficial a través de la córnea, tratando de evitar rayar la superficie epitelial (fig. 1).
- Devuelva la microesponja al asistente para que ambas manos queden libres para el procedimiento de acoplamiento.

Es importante conseguir una monocapa de BSS sin burbujas. Mantenido por la tensión superficial, debe ser lo suficientemente estable como para no romperse antes del acoplamiento con el cono de contacto y la activación de la succión. El objetivo de esta limpieza es homogeneizar el grosor de la película lagrimal y eliminar cualquier resto de secreciones meibomianas. El VisuMax® está programado para asumir una película lagrimal de 10  $\mu\text{m}$ , aunque estos valores pueden ser modificados por un técnico de Carl Zeiss Meditec si fuese necesario.

Es importante preparar el BSS sin apretar ni agitar su envase original para evitar la formación de burbujas. No utilice otro líquido que no sea BSS para humedecer la superficie corneal, ya que puede afectar negativamente a la transmisión de energía del láser de femtosegundo (LFS). Por ejemplo, si se usa agua, ésta puede afectar a la claridad del epitelio. Los viscoelásticos, la metilcelulosa o las lágrimas artificiales no se desplazan fácilmente por el cono de contacto y pueden originar un menisco más grueso de lo previsto.

## CENTRADO EN SMILE

En la cirugía refractiva corneal con láser, los tratamientos descentrados pueden causar un aumento significativo de las aberraciones de alto orden (1,2), asociado con disminución de la calidad visual y sen-

sibilidad al contraste, diplopia (3) y alteraciones de la visión nocturna (4).

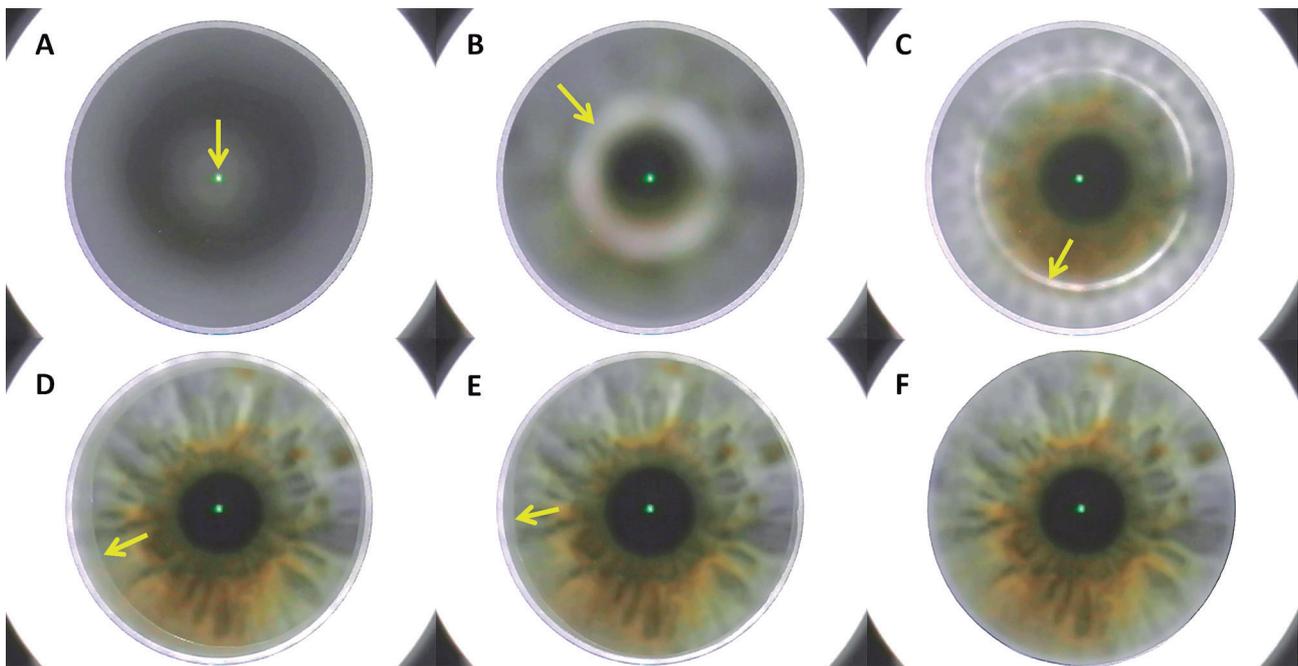
Todavía existe cierto desacuerdo sobre cuál es la mejor manera de centrar una ablación corneal. No obstante, cada vez hay más evidencia de que el vértex corneal proporciona una mayor seguridad y eficacia que el centro pupilar (5-8). La ausencia de un sistema de seguimiento ocular (*eye tracker*) (9) que ayude a prevenir los descentramientos es uno de los puntos débiles del SMILE.

En el procedimiento LASIK, la mayoría de los láseres (pero no todos) permiten al cirujano ajustar la alineación con el *eye tracker* en el centro de la pupila de entrada, en el vértex corneal o en cualquier punto intermedio. Aunque los avances en los sistemas de seguimiento ocular (10) han reducido significativamente los descentramientos, no los han conseguido eliminar por completo (11-13).

En SMILE, la alineación del lentículo refractivo se consigue mediante la fijación coaxial del paciente en una luz antes de aplicar la succión. El centrado se realizará en el vértex corneal mediante fijación coaxial. Durante el corte del LFS el ojo está inmovilizado, aunque si la succión se aplicara de forma incorrecta, la zona de tratamiento podría descentrarse. El uso de zonas ópticas más grandes permite cierta indulgencia en las consecuencias visuales de un descentramiento. Una serie de factores separados pueden combinarse provocando una degradación óptica visualmente significativa, así que siempre optimizaremos el centrado lo mejor posible.

## PROCESO DE ACOPLAMIENTO

El proceso de acoplamiento es una parte extremadamente importante del procedimiento, ya que es donde se define el centro del tratamiento. El objetivo es posicionarlo lo más cerca posible del eje visual. Para ello, se debe disponer de directrices preparadas previamente del reflejo de Hirschberg y de la imagen de reflexión del anillo de Mires a partir de la topografía. Fijamos una impresión de las mismas sobre el microscopio del VisuMax® para que el cirujano pueda consultarla. Las imágenes del topógrafo se giran 180° para replicar la misma orientación que se ve a través del microscopio quirúrgico. Antes de iniciar el acoplamiento, es útil consultar estas imágenes para visualizar la ubicación del eje visual del paciente.



**Figura 2.** Imágenes del proceso de acoplamiento y de los detalles en los que se tiene que fijar el cirujano. (A) Con el paciente en posición bajo el cono de tratamiento, el reflejo de fijación verde debe ser visible en la córnea. (B) Conforme se eleva la camilla, aparecerá el reflejo de la circunferencia del cristal de contacto. Lo usaremos para ajustar el centrado. (C) Con la unión con el cristal de contacto, aparece el menisco lagrimal y la luz verde de fijación se volverá nítida para el paciente. (D) Conforme se sigue subiendo lentamente la camilla, el cirujano realizará pequeños ajustes para conseguir un centrado perfecto. (E) La camilla debe ser elevada hasta que se consiga un encorvamiento del 80-90% de la superficie corneal en el cristal de contacto. (F) En ese momento se pueden activar los puertos de succión.

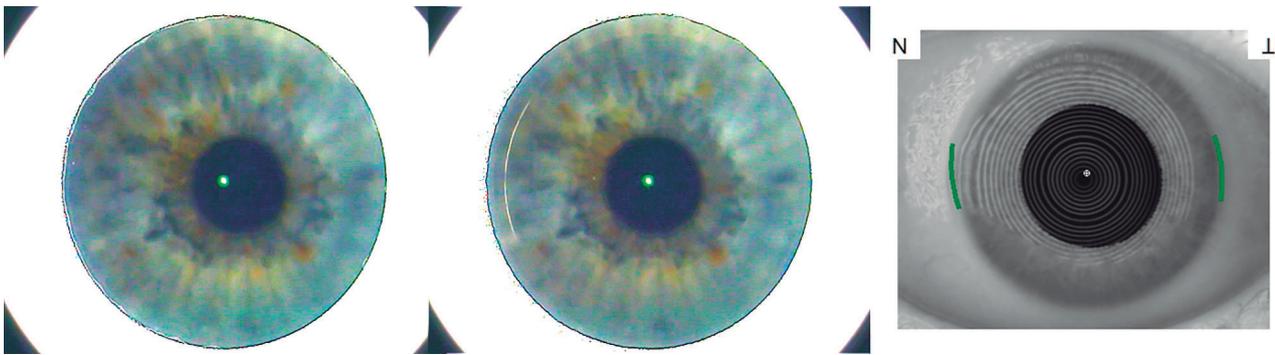
El proceso de acoplamiento se realiza con el cirujano observando a través del microscopio de tratamiento. La luz verde parpadeante de fijación será visible en el centro de la vista, así como el borde circular blanco iluminado del cristal de contacto (fig. 2). Este se refleja en la superficie corneal y empezará a enfocarse a medida que elevemos el lecho del paciente. Una vez que sea posible identificarlo, el cirujano utilizará el *joystick* para efectuar pequeños ajustes y colocarlo de forma que sea concéntrico a la luz de fijación. Por definición, este reflejo circular blanco estará centrado en el eje visual siempre y cuando el paciente esté fijando en la luz verde.

Durante la aproximación al cono de tratamiento, el cirujano también debe tener en cuenta la posibilidad de que la nariz o las cejas del paciente lo toquen, bloqueando el proceso. Un contacto significativo forzará el cono hacia arriba, momento en el que la cama impedirá cualquier movimiento que no sea hacia abajo hasta liberarlo. Una vez liberado, deberemos ajustar la cabeza, ya sea inclinándola para apartar la nariz o retrayendo la ceja con nuestras manos. Esta situación puede controlarse a través del microscopio, no siendo necesario que el

cirujano inspeccione el cono de tratamiento desde fuera. El contacto puede identificarse por el cambio de posición lateral del ojo dentro de la vista del microscopio, lo que nos permite detectarlo antes de alcanzar el límite establecido por el dispositivo. Una vez alcanzado este límite, el sistema mostrará una advertencia e impedirá que la cama del paciente se eleve más.

En el momento del contacto, aparece un menisco de contacto fluido, y la luz verde de fijación será percibida más nítidamente por el paciente, ya que la vergencia del haz se ajusta según la corrección esferocilíndrica individual introducida en el sistema. A partir de este momento, el cirujano debe comparar su visión a través del microscopio con la posición esperada del eje visual según la imagen de los anillos de Hirschberg y la topografía.

A continuación, el cirujano debe indicar al paciente que mire directamente a la luz verde intermitente. En otras palabras, el paciente autoalinea el eje visual, y por tanto, el vértice corneal, con el vértice del cristal de contacto, que está centrado con el sistema láser y con el centro del futuro lentículo. El otro indicador de un buen centrado es que el me-



**Figura 3.** En este paciente, la luz de fijación verde se apreciaba demasiado nasal (izquierda), comparándola con la posición esperada del vértex corneal en la topografía (derecha). Se liberó la succión y se realizó un nuevo acoplamiento, consiguiendo un centrado adecuado en el segundo intento (centro).

nisco fluido entre el cono de contacto y la córnea sea simétrico respecto a la luz verde intermitente. Existe una retícula formada por círculos concéntricos incorporados en el ocular que puede utilizarse para ayudar en el proceso de centrado.

Si el cirujano está satisfecho con el centrado, puede continuar elevando la córnea en el vidrio de contacto, sin necesidad de correcciones de posición del joystick (X, Y). El cirujano debe ejecutar una confirmación final pidiendo de nuevo al paciente que mire la luz verde parpadeante, y consultar la topografía y la imagen del Hirschberg. La aspiración debe activarse cuando se alcance entre el 80% y el 90% del encorvamiento de la córnea en el cono de contacto. La succión de vacío se activa pulsando el botón situado sobre el joystick o el botón ON/OFF a la izquierda del microscopio. Esto atraerá la córnea hacia el cristal de contacto, inmovilizándola en la posición óptima para comenzar el corte del LFS.

Si en el primer punto de contacto con el cono de contacto, la luz verde no está en la posición esperada respecto al borde de la pupila, o bien el paciente no la está mirando o bien el globo ocular no está situado coaxialmente con el sistema. Por lo tanto, el siguiente paso es confirmar que el paciente está realmente fijando en la luz verde parpadeante. Si reajusta la fijación, la luz debería moverse hacia la ubicación esperada según la topografía.

Por otro lado, si el paciente dice que está mirando la luz, pero ésta es excéntrica desde nuestra perspectiva, entonces el ojo no estará coaxial al sistema. Esto puede corregirse empujando suavemente el joystick en la dirección del desplazamiento, alineando el globo ocular y desplazando la luz hacia la posición esperada. Por ejemplo, para un paciente sin ángulo kappa, si la luz verde es inferior al centro

pupilar en el contacto inicial, empujaremos el joystick hacia las 6 horas.

Esto puede ser más común en pacientes con un ángulo kappa grande. Si existe un error de paralaje entre la aproximación vertical del paciente y el eje visual, el paciente girará el ojo hacia la luz, lo que puede exagerar el ángulo kappa. En casos como este, es necesario instruir al paciente para que mire a la luz, o bien bajar la camilla para empezar el proceso de acoplamiento desde cero. La figura 3 muestra el ángulo kappa exagerado durante el primer intento de acoplamiento en este paciente, junto con el recentrado perfecto logrado la segunda vez, con referencia a la imagen del ojo en la topografía.

La fuerza de vacío de succión se indica mediante una escala de diodos luminosos (LED) azules. Está situada a la izquierda del microscopio, y consta de 5 segmentos etiquetados de BAJO a ALTO. Se logra una succión adecuada con al menos 4 segmentos encendidos, escuchándose una señal acústica diciendo «SUCTION ON». VisuMax® incluye una opción en el menú de configuración que permite desactivar estos mensajes. Durante los 2 o 3 segundos en los que el aparato está comprobando que la succión es estable, el cirujano debe realizar algunas comprobaciones finales:

- Verificar de nuevo que se ha logrado la alineación deseada del ojo del paciente dentro del cristal de contacto tras la succión; el ojo puede a veces girar en respuesta a la succión, lo que puede cambiar el centrado. Esto puede ocurrir, por ejemplo, si la córnea solo está parcialmente centrada en el cristal de contacto o si la fijación del paciente no es concéntrica con el eje del haz de luz.

- Compruebe que la posición de la pupila es estable y sostenida, es decir, que el paciente no está torciendo el ojo.

– Asegúrese de que no hay pliegues corneales concéntricos en la zona central de la córnea. Continuar con el tratamiento en estos casos puede dar lugar a un lentículo irregular.

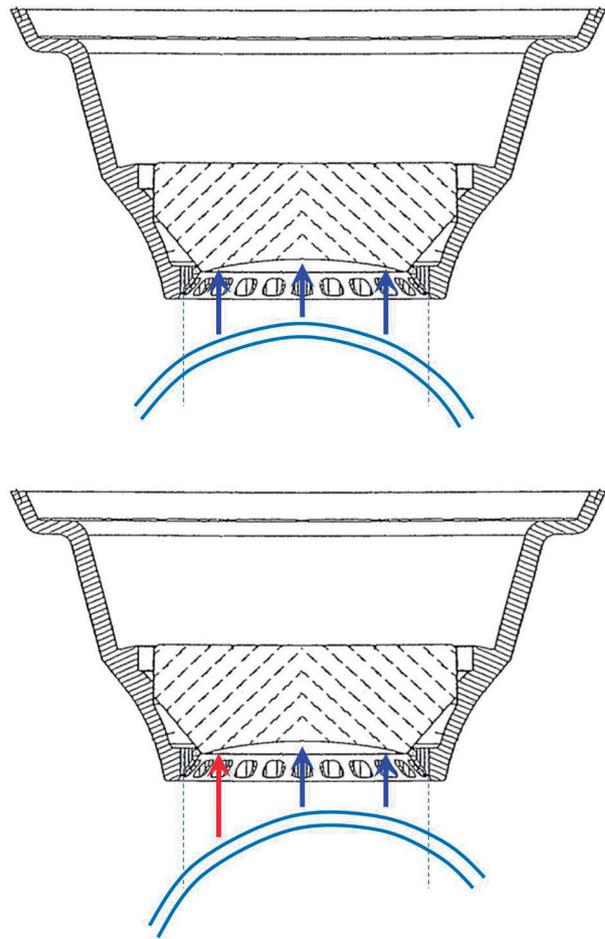
– Revise que no ha entrado líquido en el sistema de vacío, ya que esto puede ser un signo de una fuga a nivel de la conjuntiva y puede dar lugar a la reducción y pérdida de succión.

Esta es la parte más crítica del procedimiento. Aunque una pérdida de succión rara vez impide realizar un tratamiento completo, es mejor si se puede evitar. Por ello, el tiempo total de la cirugía debe mantenerse al mínimo, lo que significa que el cirujano debe estar familiarizado con todos estos pasos y comprobaciones (incluyendo el control manual de la ciclorsión en los casos de cilindro alto).

En los pacientes con un ángulo kappa grande el cono de contacto estará descentrado respecto al eje visual, lo que puede hacer que los puertos de succión se acoplen a la conjuntiva más allá del limbo en un sector (casi siempre nasalmente). Sin embargo, el tratamiento puede completarse con éxito en la inmensa mayoría de los casos.

Si tras la succión no estamos satisfechos con el centrado, basta con apagarla, separar la córnea y reiniciar el proceso. No es una carrera, así que no debemos tener prisa. En algunos casos, pueden ser necesarios de 2 a 3 intentos antes de conseguir el centrado perfecto. Sin embargo, a veces seguirá encajando en la misma posición, ya que se guía por el ajuste particular de la córnea en el cristal de contacto, así como por las marcas por presión de los puertos de succión en el limbo durante el primer intento. Esto puede requerir una pausa de hasta una hora para permitir que la superficie vuelva a su estado original para volver a intentarlo.

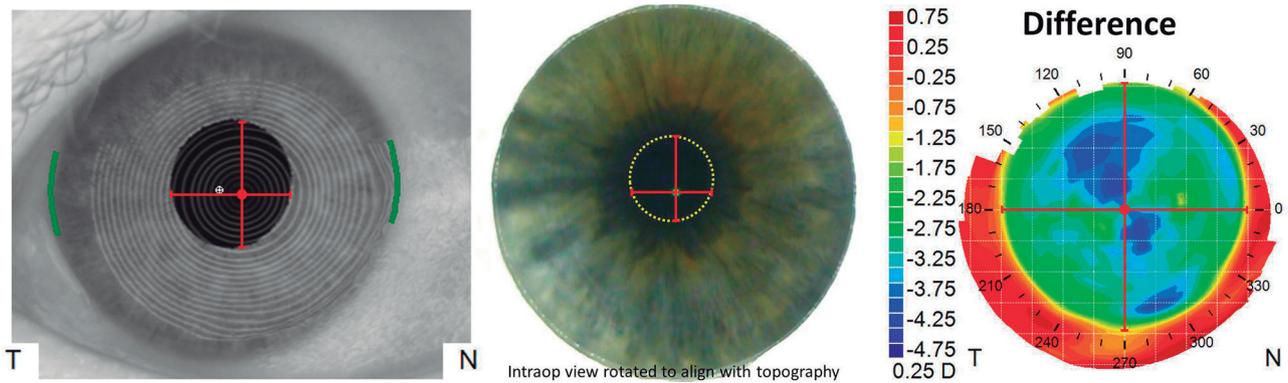
Otra razón para un centrado insatisfactorio son los pequeños movimientos de rotación cuando se activa la succión. Esto se debe a un desajuste de precisión entre la superficie esférica del cono de contacto y la superficie esférica de la córnea, rotando ligeramente cuando se consigue el ajuste final. En un ojo con un ángulo kappa, el vértex corneal del ojo en fijación coaxial no coincidirá con el ápex. Por lo tanto, esta asimetría en la superficie tórica-asférica de la córnea que se presenta al vidrio de contacto puede hacer que el ojo rote (fig. 4). En la figura 5 se muestran un ejemplo de un ángulo kappa grande.



**Figura 4.** Superior: una córnea esférica es simétrica al cristal de contacto esférico, siendo equidistante cualquier punto corneal al mismo. Inferior: un ojo con un ángulo kappa, en el que un lado de la córnea estará más cerca del cristal de contacto que el otro, por lo que la córnea puede rotar cuando se aplique la succión, adoptando una orientación desviada.

Un descentramiento pequeño será probablemente asintomático, especialmente con una zona óptica grande. Sin embargo, un gran descentramiento puede provocar síntomas visuales y pérdida de sensibilidad al contraste. Aunque estos problemas pueden corregirse mediante un retratamiento guiado por topografía si el tejido residual lo permite. Si se tienen dudas sobre el centrado, se debe abortar el SMILE. Un procedimiento LASIK con un flap fuera del eje es perfectamente seguro, por lo que es una alternativa adecuada en estos casos.

En ciertos casos inusuales, ya sea como resultado de un mal ajuste esférico-tórico en el cristal de contacto esférico o de una mala cooperación del paciente, se puede optar por forzar el centrado en una posición diferente a la que se consigue con el



**Figura 5.** Imágenes que muestran el acoplamiento y centrado en un paciente con un ángulo kappa elevado, como se puede observar en la imagen Atlas (izquierda). El acoplamiento y centrado se muestran con la vista rotada para alinearse con la topografía (centro), con el círculo amarillo indicando el borde pupilar. El mapa de diferencias topográficas (derecha) muestra que el tratamiento ha sido centrado exactamente en el vértex corneal.

método estándar. Esto implica una combinación del 80% al 90% de encorvamiento, ajustes de respuesta rápida (X, Y) con el joystick por parte del cirujano, e instrucciones al paciente, como «mire ligeramente a la izquierda de la luz verde». Esta excepción debe utilizarse con mucha precaución.

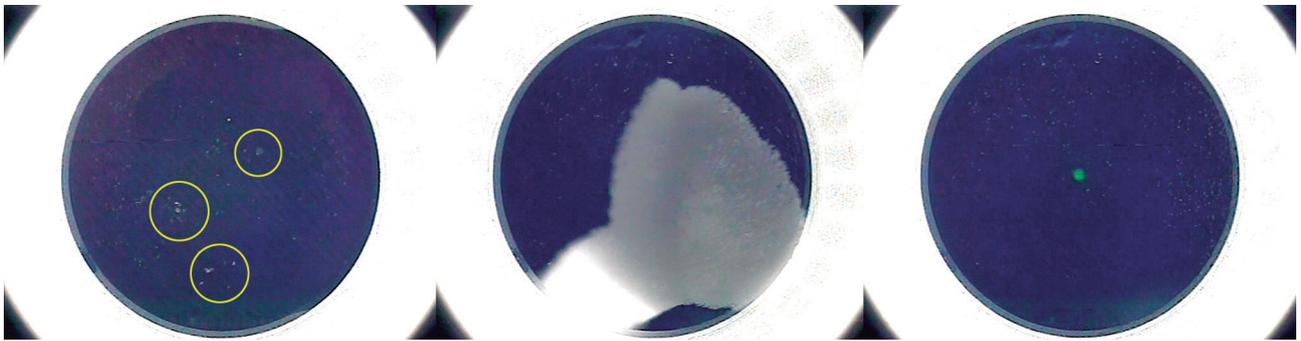
Si se aplica la succión más de una vez, algunos restos de la película lagrimal pueden depositarse en la superficie del cono de contacto. Estos restos pueden bloquear los pulsos del LFS e inducir puntos negros (*black spots*) en el patrón de burbujas, lo que puede provocar irregularidades en el lentículo. Un ejemplo de ello se muestra en la figura 6. Se deberá limpiar o sustituir el cristal de contacto sucio por uno nuevo.

Además de estos restos, pueden interferir con el corte del LFS las microburbujas en la película de BSS entre la córnea y el cono de contacto. La mejor manera de eliminarlas es mediante desplazamientos de la córnea en el eje Z y en el eje X, disipándolas o desplazándolas lejos de la zona central.

### PACIENTES POCO O NADA COLABORADORES

Según nuestra experiencia, el proceso de acoplamiento descrito es sencillo para la mayoría de los pacientes y puede completarse en cuestión de segundos. Sin embargo, hay pacientes que no cooperan tanto. En estos casos, se trata de dar con más detalle las instrucciones y repetir el proceso hasta que el paciente coopere. Utilizar el nombre de pila es una forma útil de que preste atención a nuestra voz.

En el caso de los pacientes que están especialmente nerviosos y ansiosos, hablaremos literalmente de forma continua, repitiendo las mismas frases una y otra vez (genial, perfecto, sigue así, tenemos todo el tiempo del mundo, trata de relajarte y concéntrate en mi voz...). Repetir palabras tranquilizadoras tiene un efecto relajante directo y refuerza la sensación de control y de ausencia de peligro. Manténgase atento a cualquier cosa que el paciente haga correctamente, y anímelo a partir de ahí.



**Figura 6.** Imágenes que demuestran la presencia de restos de meibomio de la película lagrimal en la superficie del cristal de contacto (izquierda) tras un intento fallido de acoplamiento. Se procedió a su limpieza con una hemosteta húmeda (centro), antes de volver a intentar el acoplamiento (derecha). La presencia de meibomio, fibras u otros deshechos en el cristal de contacto pueden bloquear el láser de femtosegundo y dar lugar a zonas sin burbujas, conocidas como puntos negros.

Reduzca la velocidad y mantenga la calma. Algunos pacientes muy ansiosos pueden volver a perder el control o incluso empezar a llorar. En estos casos, lo mejor es retirar el espéculo y darles unos minutos para que se tranquilicen. Entonces se puede empezar desde el principio, dando las mismas instrucciones y refuerzos positivos. No sienta que no puede continuar con el procedimiento. Puede ofrecerle ansiolíticos (benzodiazepinas) y esperar a que estos hagan efecto mientras trata a otro paciente.

Un cirujano sin experiencia en SMILE debe realizar primero una serie de procedimientos LASIK con el VisuMax®. De esta manera, adquirirá experiencia con la técnica de acoplamiento y centrado creando flaps, en los que un descentramiento tiene menos consecuencias visuales. Nunca se insistirá lo suficiente en lo mucho que este proceso de aprendizaje ayudará a su transición a SMILE y evitará descentramientos evitables y pacientes insatisfechos. Hemos publicado nuestro protocolo estándar de rutina para realizar el LASIK con el VisuMax®, que puede ser útil para los cirujanos que no conocen este LFS. Los flaps ejecutados con VisuMax® requieren cierta separación de la interfaz, a diferencia del corte limpio y completo producido por un microqueratomo u otros LFS de mayor energía.

## PRECISIÓN DEL CENTRADO EN SMILE

El centrado de la zona óptica en pacientes miopes con la técnica SMILE ha sido objeto de 4 estudios recientes. Li y cols. (14) informaron de que la zona óptica en la topografía estaba desviada en promedio 0,17 mm del vértex corneal, y dentro de 0,50 mm del vértex corneal en todos los ojos. Lazaridis y cols. (15) observaron, utilizando mapas de diferencias paquimétricas, un desplazamiento medio de 0,32 mm desde el vértex corneal en el grupo SMILE, en comparación con un desplazamiento medio de 0,45 mm desde el centro de la pupila de entrada en el grupo de Femto-LASIK. Liu y cols. (16) informaron de que el descentramiento medio respecto al vértex corneal fue de 0,19 mm, medido a partir de la imagen intraoperatoria durante el corte con el LFS y la ubicación del vértex corneal en relación con el centro de la pupila mediante WaveLight Oculyzer II (Alcon). En este estudio, descubrieron que los síntomas visuales subjetivos y las aberraciones inducidas de orden superior aumentaban en los ojos con

un mayor descentramiento del vértex corneal. Damgaard y cols. (17) en un ensayo clínico en pacientes miopes, obtuvieron resultados visuales, refractivos y de centrado similares a LASIK. Reinstein y cols. (18) comprobaron que el centrado en la zona óptica con la técnica SMILE en hipermetropes también fue comparable al LASIK con el láser MEL 80.

En otro estudio de Reinstein y cols. (19) controlado por parejas, utilizando mapas de diferencia de topografía tangencial, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el centrado entre 100 ojos con SMILE y 100 ojos con LASIK MEL 90 ( $P = 0,082$ ); la media + desviación estándar (DE) fue de 0,20 + 0,11 mm (rango: 0,00 a 0,50 mm) para el grupo SMILE y 0,17 + 0,10 mm (rango: 0,00 a 0,53 mm) para el grupo LASIK.

La desviación obtenida, sin embargo, fue ligeramente mayor en el estudio de Lazaridis y cols. (15). Los motivos de esta discrepancia están probablemente relacionados con la metodología del mapa de diferencias paquimétricas, en el que el centro de la zona óptica se definió como el punto de máxima diferencia paquimétrica. Aunque este método elimina los posibles errores subjetivos de identificar correctamente la zona óptica en un mapa de diferencias topográficas, introduce errores de medición relacionados con la precisión y la repetibilidad del grosor corneal en la zona central con el Pentacam (cálculo de la forma y la ubicación de la superficie posterior). Otro error potencial se debe a que el grosor de la córnea se calcula en base a la superficie anterior corneal; por lo tanto, los cálculos preoperatorios y postoperatorios ya no son comparables una vez que la superficie anterior ha sido alterada por la cirugía. Reinstein y cols. (20) también compararon los resultados de SMILE con otros estudios de centrado basados en LASIK con *eye-tracker* publicados. Se identificaron nueve estudios y la media + DE de centrado alcanzada se resume en la tabla 1, lo que demuestra que los resultados de SMILE son comparables a los informes anteriores sobre LASIK (21-26). Sin embargo, un estudio más reciente con el WaveLight EX-500 obtuvo mejores resultados, con una desviación media de 0,12 + 0,11 mm (26), lo que demuestra que nuevas mejoras en el seguimiento ocular pueden aumentar la precisión del centrado.

Al contrario de lo expuesto previamente, en un estudio reciente de Vingopoulos y cols. (30) se obtuvieron centrados significativamente mejores en LASIK. El desplazamiento radial medio en los 44

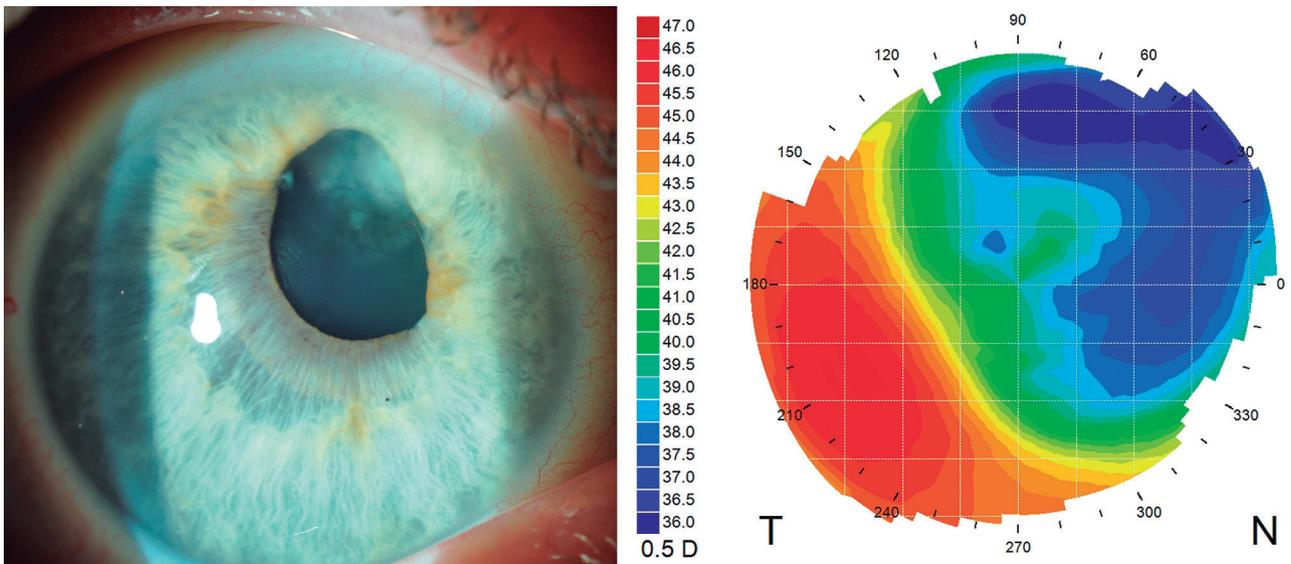
**Tabla 1. Resumen del centrado de la zona óptica conseguido en pacientes miopes con LASIK y SMILE**

Autor (año)	Láser	Ojos	Centrado (media $\pm$ DS, mm)
<b>Estudios con LASIK</b>			
Tsai (2000) (21)	SCHWIND Multiscan	161	0,35 $\pm$ 0,26
Pineros (2002) (27)	Technolas 117C (asistido por tracker)	20	0,55 $\pm$ 0,30
Pineros (2002) (27)	Technolas 117C (Centrado manual)	18	0,43 $\pm$ 0,23
Giaconi (2003) (22)	Star S2	71	0,21 $\pm$ 0,26
Giaconi (2003) (22)	Star S3 ActiveTrak	71	0,22 $\pm$ 0,20
Lin (2005) (28)	SCHWIND Multiscan (primer ojo, secuencial)	110	0,39 $\pm$ 0,26
Lin (2005) (28)	SCHWIND Multiscan (segundo ojo, secuencial)	110	0,41 $\pm$ 0,19
Lin (2005) (28)	SCHWIND Multiscan (primer ojo, simultáneo)	118	0,28 $\pm$ 0,23
Lin (2005) (28)	SCHWIND Multiscan (segundo ojo, simultáneo)	118	0,30 $\pm$ 0,21
Ou (2007) (29)	CustomVue S4	20	0,23 $\pm$ 0,08
Lin (2008) (23)	LADARVision 4000	173	0,36 $\pm$ 0,18
Qazi (2009) (24)	Technolas 217A (Tracking manual)	37	0,54 $\pm$ 0,27
Qazi (2009) (24)	Technolas 217A (Tracking infrarrojo)	37	0,51 $\pm$ 0,21
Wu (2009) (25)	AOV Excimer Laser	119	0,35 $\pm$ 0,15
Laziridis (2014) (15)	MEL 80	69	0,45 $\pm$ 0,22*
Reinstein (2015) (20)	MEL 90	100	0,17 $\pm$ 0,10
Kanellopoulos (2015) (26)	Eye-Q-400	140	0,36 $\pm$ 0,22
Kanellopoulos (2015) (26)	EX-500	140	0,12 $\pm$ 0,11
<b>Estudios con SMILE</b>			
Li (2014) (14)	VisuMax SMILE	100	0,17 $\pm$ 0,09
Laziridis (2014) (15)	VisuMax SMILE	36	0,32 $\pm$ 0,21*
Reinstein (2015) (20)	VisuMax SMILE	100	0,20 $\pm$ 0,11
Liu (2015) (16)	VisuMax SMILE	101	0,19 $\pm$ 0,11†

ojos fue de  $130 \pm 62$  mm en los 22 ojos tratados con LASIK, y  $313 \pm 144$  mm en sus 22 ojos contralaterales en los que se realizó SMILE ( $P < 0,001$ ). A pesar del concepto de que el objetivo final de la cirugía refractiva de la córnea es conseguir un centrado correcto en el eje visual, el problema que sigue existiendo es que resulta difícil identificar el propio eje visual con la tecnología actual de seguimiento ocular. Por lo tanto, para el LASIK nos hemos visto obligados a elegir un punto que mejor se aproxime al eje visual; ya sea el vértex corneal o el reflejo de la luz coaxial. Sin embargo, aunque estos puntos son la mejor aproximación al eje visual por término medio, la variación interindividual significa que hay casos en los que todavía se producirá cierto descentramiento cuando la ablación se centre en el vértex, y en otros sin embargo se aproxime más al eje visual. Basándonos en los datos de Pande y

Hillman (31) sobre la ubicación media del eje visual, el reflejo corneal y el centro de la pupila de entrada, calculamos que el reflejo corneal se encontraba dentro de  $\pm 0,25$  mm del eje visual en el 60% de los ojos, mientras que el centro de la pupila de entrada se encontraba a  $\pm 0,25$  mm del eje visual sólo en el 32% de los ojos.

Por lo tanto, aunque el centrado de la fijación de corte se controla actualmente de forma manual en SMILE, es posible que SMILE consiga un centrado que, de hecho, esté más cerca de la verdadera ubicación del eje visual. En SMILE, el ojo se inmoviliza mientras fija coaxialmente, pero en LASIK la zona de ablación se centra en el vértex corneal visto coaxialmente. Sin embargo, cualquier estudio sobre el centrado requiere definir un punto de referencia fiduciario para medir el descentramiento, que suele ser por defecto el vértex corneal, ya que este es el



**Figura 7.** Ejemplo de un ojo con coloboma de iris (izquierda), en el que fue realizado un LASIK guiado por frente de onda centrado en la pupila. En la topografía postoperatoria se aprecia un descentramiento significativo (derecha).

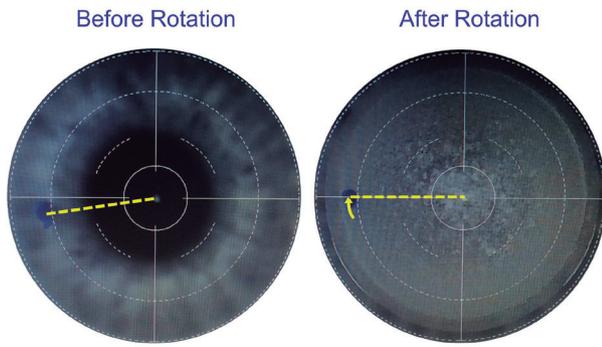
centro del mapa topográfico del disco de Plácido. Esto podría significar que los datos de descentramiento de SMILE están sobreestimados, porque el punto de referencia del análisis no coincide con el centro del tratamiento, a diferencia de lo que ocurre con LASIK. Como se ha mencionado en el apartado anterior, en SMILE existe la posibilidad de que la córnea se desplace ligeramente según el mejor ajuste del cristal de contacto fijado coaxialmente a la forma general de la córnea. Sin embargo, estos pequeños desplazamientos topográficos (inferiores a 0,30 mm) no son en general, clínicamente significativos, sobre todo si se utilizan zonas ópticas de 6,50 mm o más.

Otro punto de diferenciación entre SMILE y LASIK es el tratamiento de ojos con pupilas irregulares y no circulares. Puede ser difícil ajustar un rastreador ocular para una pupila irregular, o el centro de la pupila de entrada puede variar en función del mejor ajuste de la pupila. Ejemplos extremos de esto se dan en casos como un coloboma del iris o una pupila arreactiva, para los que el LASIK podría incluso estar contraindicado, mientras que el SMILE puede seguir realizándose porque el centrado es independiente de la pupila. Las posibles consecuencias de un error de seguimiento se demuestran en la figura 7, en la que un tratamiento LASIK guiado por el frente de onda indujo un grave descentramiento debido a la reabsorción del iris producida tras un traumatismo previo que había distorsionado la pupila.

## CONTABILIZACIÓN DE LA CICLORSIÓN

VisuMax® no incluye actualmente un ajuste de *software* para la ciclorsión [es decir, la posibilidad de que haya un desplazamiento del eje del cilindro entre las posiciones sentada (refracción manifiesta) y supina (tratamiento con láser)]. Sin embargo, el error potencial debido a la ciclorsión es muy pequeño para la mayoría de los pacientes. El promedio de los datos de los estudios de ciclorsión publicados (32-35) da como resultado una ciclorsión media de la posición sentada a la supina de  $3,3 \pm 2,4$  grados. Para la práctica media de cirugía refractiva, la mayoría de los ojos presentan un cilindro inferior a 2,00 dioptrías (D); por ejemplo, en un análisis de una población de más de 10.000 ojos consecutivos examinados en nuestra práctica, el cilindro era inferior a 2,00 D en el 78% de los ojos. Combinando estas dos distribuciones, hemos calculado que si no se tiene en cuenta la ciclorsión se introduciría un error de 0,25 D o más en el 12% de los ojos, y un error de 0,50 D o más en el 3% de los ojos.

Afortunadamente, aunque el *software* SMILE actual no se ajusta automáticamente a la ciclorsión, es posible compensar manualmente la ciclorsión del ojo tras la fijación (36). Para ello, el cirujano debe marcar la córnea con el paciente en posición sentada antes de la intervención. Algunos cirujanos prefieren utilizar estas marcas para todos los pacientes; sin embargo, nuestro protocolo consiste en **utilizar estas marcas para los pacientes con un cilindro**



**Figura 8.** Ejemplo de la técnica de ajuste de la ciclorsión en ojos con astigmatismo elevado. Si el meridiano horizontal ha sido previamente marcado con el paciente en posición sentada, esta marca puede ser usada para alinearla con la marca horizontal de la retícula visible en la pantalla de planificación tras aplicar la succión. La rotación del cristal de contacto nos permitirá que coincidan rotando el ojo.

de 3,00 D o superior, ya que son los casos en los que el error potencial es significativo.

En los pacientes en los que se ha marcado la córnea, se puede emplear el método que describiremos a continuación para ajustar la ciclorsión. Este proceso también puede realizarse con la tercera marca inferior en el eje vertical para una alineación perfecta. Es importante que las marcas no se apliquen demasiado lejos en la periferia, ya que de lo contrario no serán visibles después de aplicar el cristal de contacto. Debe usarse un colorante transmisor de infrarrojos para que las marcas no impidan el corte con el LFS, aunque sigue siendo aconsejable que las marcas se coloquen en la periferia.

Una vez que se ha aplicado la succión y se ha considerado que el centrado es satisfactorio, el cirujano puede comparar la ubicación de las marcas en la córnea horizontal con la retícula de la pantalla de planificación (pantalla izquierda). Es importante no confiar en la retícula del microscopio quirúrgico porque su posición no es fija y puede girar al ajustar la potencia refractiva del ocular o la distancia interpupilar. Por otro lado, la retícula en la pantalla es fija por ser una superposición digital. Si se requiere una rotación, el cirujano puede simplemente sujetar el cono de contacto y girarlo hasta que las marcas estén alineadas; la córnea se girará a su vez debido a la succión (fig. 8). Hay muy poca resistencia y se consigue fácilmente una rotación, lo que permite realizar pequeños ajustes de forma rápida y con eficacia. Esto es relevante porque el tiempo es esencial una vez que se ha aplicado la succión para minimizar el riesgo de pérdida de la misma.

Una de las críticas a esta técnica es que la tinta utilizada para las marcas se extiende hasta cubrir un área relativamente grande, abarcando alrededor de  $\pm 2^\circ$ . Sin embargo, es sencillo identificar visualmente el centro de dichas marcas y, en cualquier caso, el objetivo es tener en cuenta los principales valores atípicos. Un avance que puede resultar útil es la introducción de una tercera marca en el eje vertical.

Evidentemente, una vez aplicada la succión el ojo queda inmovilizado, por lo que no es necesario un control dinámico de la ciclorsión como en el LASIK. Así, el SMILE puede realizarse incluso en pacientes con nistagmo.

Ganesh y cols. (36) han publicado los resultados de esta técnica de rotación manual, que muestran una mejoría en comparación con otros estudios que han informado de los resultados de SMILE en cuanto a astigmatismo. Xu y cols. (37) realizaron un ensayo clínico aplicando esta técnica aleatoriamente en un ojo de 66 pacientes y utilizaron el otro como control. La ciclorsión media durante la cirugía fue de  $0,60^\circ \pm 0,63^\circ$  en el grupo compensado y de  $3,21^\circ \pm 2,33^\circ$  en el grupo control. No hallaron diferencias significativas en agudeza visual, resultados refractivos, aberraciones y sensibilidad al contraste. Por lo que consideran que, aunque sea un método eficaz para compensar la ciclorsión, no es obligatorio realizarlo debido al poco efecto que tiene en el resultado astigmático y visual. Köse (38) evaluó la compensación de la ciclorsión mediante el sistema de imagen guiada Callisto (Callisto Eye; Carl Zeiss Meditec AG) obteniendo diferencias estadísticamente significativas en el análisis de vectores. Podría ser útil probar este método aplicando la succión en un tratamiento simulado para tener una idea de la rotación del cono de contacto y de cuánto cede antes de que se produzca una pérdida de succión.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bueeler M, Mrochen M, Seiler T. Maximum permissible lateral decentration in aberration-sensing and wavefront-guided corneal ablation. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 257-263.
2. Lee H, Roberts CJ, Arba-Mosquera S, et al. Relationship Between Decentration and Induced Corneal Higher-Order Aberrations Following Small-Incision Lenticule Extraction Procedure. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2018; 59: 2316-2324.
3. Yap EY, Kowal L. Diplopia as a complication of laser in situ keratomileusis surgery. *Clin Exp Ophthalmol* 2001; 29: 268-271.

4. Mrochen M, Kaemmerer M, Mierdel P, Seiler T. Increased higher-order optical aberrations after laser refractive surgery: a problem of subclinical decentration. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27: 362-369.
5. Reinstein DZ, Gobbe M, Archer TJ. Coaxially sighted corneal light reflex versus entrance pupil center centration of moderate to high hyperopic corneal ablations in eyes with small and large angle kappa. *J Refract Surg* 2013; 29: 518-525.
6. Park CY, Oh SY, Chuck RS. Measurement of angle kappa and centration in refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2012; 23: 269-275.
7. Moshirfar M, Hoggan R, Muthappan V. Angle Kappa and its importance in refractive surgery. *Oman J Ophthalmol* 2013; 6: 151-158.
8. Chang DH, Waring GO. The subject-fixated coaxially sighted corneal light reflex: a clinical marker for centration of refractive treatments and devices. *Am J Ophthalmol* 2014; 158: 863-874.e2.
9. Kohnen T. Refractive corneal lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 1399-1400.
10. El Bahrawy M, Alió JL. Excimer laser 6(th) generation: state of the art and refractive surgical outcomes. *Eye Vis (Lond)* 2015; 2: 6.
11. Yu Y, Zhang W, Cheng X, et al. Impact of Treatment Decentration on Higher-Order Aberrations after SMILE. *J Ophthalmol* 2017; 2017: 9575723.
12. Kang DSY, Lee H, Reinstein DZ, et al. Comparison of the Distribution of Lenticule Decentration Following SMILE by Subjective Patient Fixation or Triple Marking Centration. *J Refract Surg* 2018; 34: 446-452.
13. Lee H, Roberts CJ, Arba-Mosquera S, et al. Relationship between decentration and induced corneal higher-order aberrations following small-incision lenticule extraction procedure. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2018; 59: 2316-2324.
14. Li M, Zhao J, Miao H, et al. Mild decentration measured by a Scheimpflug camera and its impact on visual quality following SMILE in the early learning curve. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014; 55: 3886-3892.
15. Lazariadis A, Droutsas K, Sekundo W. Topographic analysis of the centration of the treatment zone after SMILE for myopia and comparison to FS-LASIK: subjective versus objective alignment. *J Refract Surg* 2014; 30: 680-686.
16. Liu M, Sun Y, Wang D, et al. Decentration of optical zone center and its impact on visual outcomes following SMILE. *Cornea* 2015; 34: 392-397.
17. Damgaard IB, Ang M, Mahmoud AM, et al. Functional Optical Zone and Centration Following SMILE and LASIK: A Prospective, Randomized, Contralateral Eye Study. *J Refract Surg* 2019; 35: 230-237.
18. Reinstein DZ, Pradhan KR, Carp GI, et al. Small incision lenticule extraction (SMILE) for hyperopia: Optical zone centration. *J Refract Surg* 2017; 33: 150-156.
19. Reinstein DZ, Gobbe M, Gobbe L, et al. Optical Zone Centration Accuracy Using Corneal Fixation-based SMILE Compared to Eye Tracker-based Femtosecond Laser-assisted LASIK for Myopia. *J Refract Surg* 2015; 31: 586-592.
20. Reinstein DZ, Gobbe M, Gobbe L, et al. Optical Zone Centration Accuracy Using Corneal Fixation-based SMILE Compared to Eye Tracker-based Femtosecond Laser-assisted LASIK for Myopia. *J Refract Surg* 2015; 31: 586-592.
21. Tsai YY, Lin JM. Ablation centration after active eye-tracker-assisted photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26: 28-34.
22. Giaconi JAA, Manche EE. Ablation centration in myopic laser in situ keratomileusis comparing the Visx S3 Active-Trak and the Visx S2. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 1522-1529.
23. Lin JM, Chen WL, Chiang CC, Tsai YY. Ablation centration after active eye tracker-assisted LASIK and comparison of flying-spot and broad-beam laser. *J Refract Surg* 2008; 24: 371-376.
24. Qazi MA, Pepose JS, Sanderson JP, et al. Novel objective method for comparing ablation centration with and without pupil tracking following myopic laser in situ keratomileusis using the bausch & lomb technolas 217A. *Cornea* 2009; 28: 616-625.
25. Wu L, Zhou X, Chu R, Wang Q. Photoablation centration on the corneal optical center in myopic LASIK using AOV excimer laser. *Eur J Ophthalmol* 2009; 19: 923-929.
26. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. LASIK ablation centration: an objective digitized assessment and comparison between two generations of an excimer laser. *J Refract Surg* 2015; 31: 164-169.
27. Pineros OE. Tracker-assisted versus manual ablation zone centration in laser in situ keratomileusis for myopia and astigmatism. *J Refract Surg* 2002; 18: 37-42.
28. Lin JM, Tsai YY. Comparison of ablation centration after bilateral sequential versus simultaneous LASIK. *J Refract Surg* 2005; 21: 705-708.
29. Ou JI, Manche EE. Topographic centration of ablation after LASIK for myopia using the CustomVue VISX S4 excimer laser. *J Refract Surg* 2007; 23: 193-197.
30. Vingopoulos F, Zisimopoulos A, Kanellopoulos AJ. Comparison of effective corneal refractive centration to the visual axis: LASIK vs SMILE, a contralateral eye digitized comparison of the postoperative result. *J Cataract Refract Surg* 2021; 47: 1511-1518.
31. Pande M, Hillman JS. Optical zone centration in kerato-refractive surgery. Entrance pupil center, visual axis, coaxially sighted corneal reflex, or geometric corneal center? *Ophthalmology* 1993; 100: 1230-1237.
32. Kim H, Joo CK. Ocular cyclotorsion according to body position and flap creation before laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 557-561.
33. Neuhann IM, Lege BAM, Bauer M, et al. Static and dynamic rotational eye tracking during LASIK treatment of myopic astigmatism with the Zyoptix laser platform and Advanced Control Eye Tracker. *J Refract Surg* 2010; 26: 17-27.
34. Hori-Komai Y, Sakai C, Toda I, et al. Detection of cyclotorsional rotation during excimer laser ablation in LASIK. *J Refract Surg* 2007; 23: 911-915.
35. Prakash G, Agarwal A, Kumar DA, et al. Surface ablation with iris recognition and dynamic rotational eye tracking-based tissue saving treatment with the Technolas 217z excimer laser. *J Refract Surg* 2011; 27: 223-231.
36. Ganesh S, Brar S, Pawar A. Results of Intraoperative Manual Cyclotorsion Compensation for Myopic Astigmatism in Patients Undergoing Small Incision Lenticule Extraction (SMILE). *J Refract Surg* 2017; 33: 506-512.
37. Xu J, Liu F, Liu M, et al. Effect of Cyclotorsion Compensation With a Novel Technique in Small Incision Lenticule Extraction Surgery for the Correction of Myopic Astigmatism. *J Refract Surg* 2019; 35: 301-308.
38. Köse B. Detection of and Compensation for Static Cyclotorsion With an Image-Guided System in SMILE. *J Refract Surg* 2020; 36: 142-149.

### 4.2.2.3. Práctica de la cirugía SMILE

*Dan Reinstein, Timothy Archer, Andrés López-Jiménez, Jorge L. Alió*

#### REALIZACIÓN DEL CORTE POR EL LÁSER DE FEMTOSEGUNDO

Una vez que se ha completado el acoplamiento y se han encendido al menos 4 de los segmentos LED azules que indican un vacío de succión adecuado, el sistema debe estar en el modo *listo*. La pantalla de planificación (izquierda) pasará a mostrar el vídeo en directo de la operación, y la de tratamiento (derecha) cambia al *paso tratamiento: tratamiento láser*. En esta última se muestra la barra de progreso del tratamiento. Una vez en el modo *listo* el láser puede ser operado de la siguiente manera:

- Pise el pedal para iniciar el tratamiento.
- El tratamiento láser se ejecuta automáticamente mientras el pedal esté presionado, por lo que hay que seguir pisándolo hasta que el tratamiento se haya completado.
- La operación se interrumpirá si se suelta el interruptor de pedal, y aparecerá un mensaje en pantalla.
- Si se interrumpe y la succión sigue siendo estable, el tratamiento puede reanudarse pulsando el interruptor de pedal.
- La operación puede detenerse pulsando el botón del *joystick* o el botón ON/OFF del panel de control de la succión situado a la izquierda del microscopio.
- En caso de suspender el tratamiento o de pérdida de la succión, seleccione la opción adecuada en el módulo de *reinicio del tratamiento* en la pantalla de tratamiento (derecha).
- Una vez finalizado el tratamiento, la succión se desconecta automáticamente y el ojo del paciente se libera del cristal de contacto.

El corte del láser de femtosegundo (LFS) es la parte más crítica del procedimiento. El factor más importante para evitar la pérdida de succión es el control del entorno y del paciente. No debe haber absolutamente ningún ruido de fondo, charla u otra actividad en el quirófano que pueda distraer al paciente mientras se aplica la succión. Es importante que el cirujano mantenga su atención, evite que se mueva y mantenga su mirada en la dirección correcta mediante instrucciones verbales constantes.

El motivo más común de pérdida de la succión es que los pacientes intenten mantener la fijación en

la luz verde parpadeante. Una vez que se ha conseguido una succión correcta, algunos pacientes perciben que la luz está ligeramente desplazada hacia un lado, por lo que intentan seguirla con la mirada. Esto, sin embargo, provoca un mayor alejamiento de la imagen en la retina, haciendo que mueva todavía más el ojo, entrando en un círculo vicioso. Esto puede provocar un cambio en la posición de la córnea o una pérdida de succión. Por esta razón, nuestro protocolo estándar incluye instrucciones claras y orientar al paciente para evitar que esto ocurra («*es posible que dejes de ver la luz verde o notes que se aleje, no la busques y mantente mirando todo el rato al frente*»). Lamentablemente, el VisuMax<sup>®</sup> actual no ofrece la opción de apagar la luz de fijación una vez conseguida la succión.

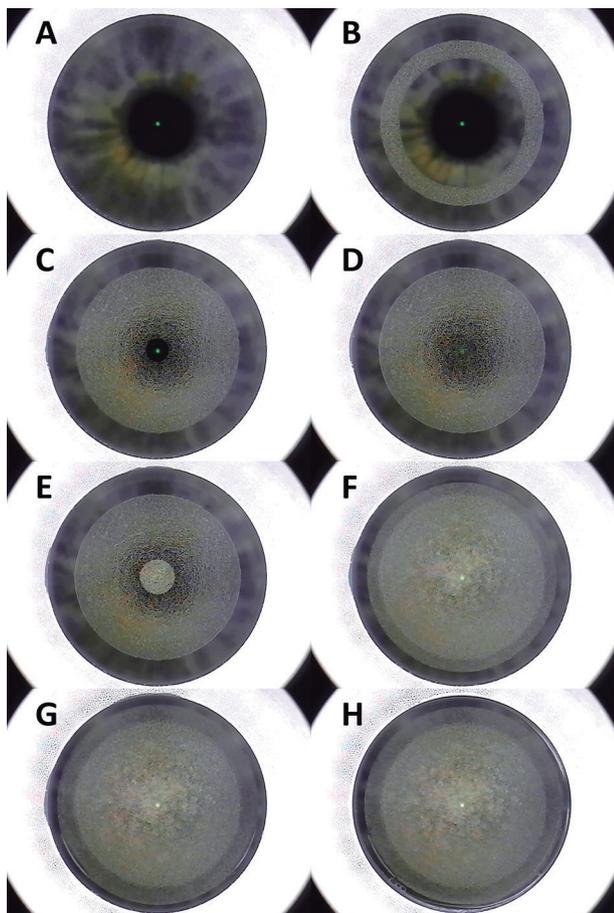
La importancia de mantener la fijación también puede reforzarse físicamente sosteniendo la cabeza del paciente en su posición; coloque el dedo índice de una mano en la hoja superior del espéculo mientras apoya la palma de la mano en la frente. Esto también permite vigilar si aprietan los párpados.

Es mejor observar de forma atenta todo el proceso de fotodisrupción a través del microscopio quirúrgico, enfocando en el plano de formación de las burbujas del láser dentro de la córnea. El microscopio proporciona una visión superior y más amplia para supervisar el progreso del corte del LFS y la estabilidad de la succión. Soltaremos el pedal, deteniendo el tallado, si se produce una desviación significativa del proceso previsto. El cirujano debe supervisar las siguientes características:

- Controlar la secuencia, el tamaño y la posición de las incisiones (fig. 1):

- **Interfaz lenticular** (el corte refractivo): su diámetro viene definido por la zona óptica y la zona de transición seleccionadas. Se talla desde la periferia hacia el centro (tallado centrípeto), para que la visión del paciente y la percepción de las burbujas cambie más gradualmente. Esta dirección también minimiza el riesgo de que las burbujas de gas en la interfaz del lenticulo se fusionen y distorsionen la interfaz del cap.

- **Corte lateral del lenticulo en sus bordes** (zona de mínimo espesor del mismo).



**Figura 1.** Serie de imágenes mostrando la secuencia de corte del lentículo de SMILE con el láser de femtosegundo. (A) Tras aplicar la succión, el sistema confirma que ésta es correcta antes de proseguir, lo que lleva unos segundos. Este tiempo debe ser usado para comprobar un centrado adecuado. (B y C) Se talla la interfaz lenticular de fuera a dentro. (D) Se crean los bordes laterales del lentículo. (E y F) Se crea la interfaz del cap de dentro a fuera. (G) Se realizan las incisiones pequeñas. (H) La succión se desactiva automáticamente tras esto último.

- **Interfaz del cap** (paralelo a la superficie de la córnea): el diámetro del cap será más ancho que la interfaz del lentículo. El tallado se realiza desde el centro a la periferia (tallado centrífugo), para minimizar el tiempo entre la realización de la interfaz del lentículo y la interfaz del cap y reducir así el riesgo de una posible distorsión en la zona central.

- **Pequeña(s) incisión(es)** para unir la interfaz del cap con la superficie de la córnea.

- El tiempo total de succión para un tratamiento típico en una zona óptica de 7 mm es de unos **35 segundos** (dependiendo de los ajustes de los *spots*) y no varía según el nivel de tratamiento, porque siempre se realizan los mismos cortes, pero simplemente más separados para correcciones más altas.

- Vigile cualquier movimiento ocular o torsión, ya que esto puede causar una irregularidad, lo que podría conducir a un mal resultado si se elimina el lentículo. Los movimientos oculares grandes también pueden provocar una pérdida de succión.

- Supervise los bordes del cristal de contacto para evaluar la estabilidad de la succión; **la formación de un menisco en el borde del cristal o la intrusión de la conjuntiva son signos de alerta temprana de una posible pérdida de succión.** Anime al paciente a permanecer lo más tranquilo posible y a respirar tranquilamente (sin hacerlo profundamente) para mantener la succión.

- Supervise la calidad del patrón de burbujas tras el LFS, observando las zonas de capa de burbujas opacas y los puntos oscuros (*black spots*). Esta evaluación es esencial, habiendo algunas situaciones en la que hay que detener el procedimiento.

## MOVIMIENTOS OCULARES Y PÉRDIDA DE SUCCIÓN

La pérdida de succión es la complicación intraoperatoria más evidente en SMILE, ya que impide que se complete el corte por el LFS. En casi todos los casos, la pérdida de succión se debe a que los pacientes mueven el ojo, por lo que la gestión de los movimientos oculares y la pérdida de succión están estrechamente relacionadas. Afortunadamente, SMILE ha madurado hasta un punto en el que la seguridad del resultado final (pérdida de calidad visual) rara vez debería verse afectada por movimientos oculares o pérdidas de succión.

### Tipos de movimientos oculares

Los distintos tipos de movimientos oculares pueden dividirse inicialmente en 3 grandes categorías:

1. **Movimientos pseudo-oculares:** Los movimientos de la cabeza del cirujano pueden dar lugar a movimientos aparentes del ojo a través del microscopio quirúrgico. Al principio es bastante desconcertante, por lo que es importante adquirir experiencia para poder reconocerlos. Esta es otra razón por la que se aconseja que los cirujanos que no conocen el VisuMax® realicen una serie de tratamientos LASIK antes de pasar a SMILE.

2. Rotación del ojo en forma de bisagra: El ojo puede girar en torno a una córnea fija, mantenida por la succión. Esta rotación del ojo hará que el iris se mueva, pero sin afectar al patrón de burbujas del LFS y, por tanto, sin afectar al tratamiento.

3. Traslación de la córnea: Si el ojo se mueve lo suficiente como para que la córnea cambie de posición, el patrón de la burbuja del LFS puede verse transformado y ovalado, o desplazado lateralmente creando una discontinuidad. Este tipo de movimiento ocular puede inducir irregularidades en el lentículo, por lo que requiere valoración para decidir su manejo adecuado.

Los movimientos oculares pueden manifestarse de las siguientes maneras:

- Oscilaciones: el temblor impulsado por la adrenalina puede causar pequeños movimientos involuntarios de los ojos en pacientes muy nerviosos.

- Ansiedad y falta de cooperación.

- Movimiento reflejo nociceptivo: aunque es poco común, puede haber una sensación de dolor agudo durante la fotodisrupción en pacientes a pesar de la anestesia tópica. Por esta razón, hemos añadido la instilación de una gota anestésica 5 minutos antes de entrar en el quirófano.

- Falsa succión.

- Nistagmo: los pacientes con nistagmo pueden ser tratados con SMILE, ya que la inmovilización proporcionada por la succión anula el nistagmo; los movimientos oculares involuntarios asociados al nistagmo no son lo suficientemente fuertes como para superar la fuerza de succión y desplazar la córnea.



**Figura 2.** Aparición de un menisco en la zona superior durante el corte de la interfaz del cap. Se ha producido por una capa de burbujas opacas (OBL) periférica generada por el gas que se ha escapado hacia esa zona por diferencias de presión.

- Seguimiento de la luz de fijación: suele deberse a una falta de cooperación del paciente que no asimila las instrucciones de ignorar la luz verde «si se mueve».

- Reflejo de Bell.

- Pequeñas y grandes sacadas.

## Gestión de la estabilidad de la succión

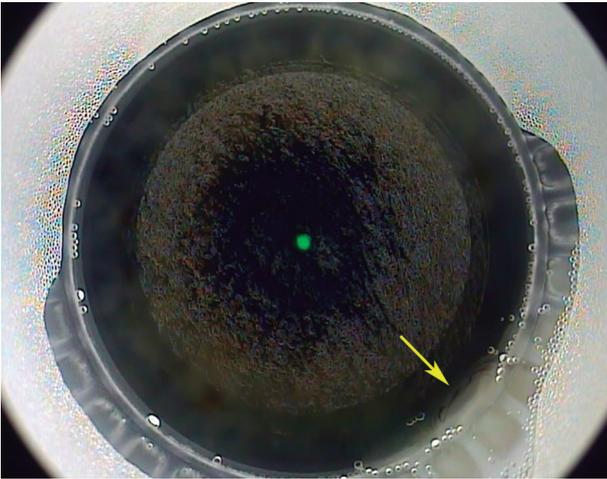
La pérdida de succión casi siempre va precedida de movimientos oculares. Nuestra actitud dependerá de la magnitud del cambio en la posición de la córnea, de si hubo suficiente fuerza para romper la succión, y en qué momento se produce durante la secuencia de creación de interfaces. Por lo tanto, nuestro protocolo depende del movimiento del ojo y del progreso del corte del LFS. Como éste solo dura unos 35 segundos, el tiempo disponible para tomar decisiones clínicas es limitado, por lo que resulta útil tener preparado un proceso de reacción claro.

## Monitorización de los movimientos oculares

La detección precoz de los movimientos oculares sirve de advertencia temprana de una posible pérdida de succión. La primera piedra angular de la gestión de la estabilidad de la succión es «pausar, recuperar el control y posteriormente continuar» (P/R/C).

Como ya se ha descrito, el objetivo del cirujano es mantener la atención del paciente, evitar que se mueva y mantener la fijación en la dirección correcta. Esto se consigue hablando constantemente y con refuerzos positivos, combinados con la sujeción suave de la cabeza para comunicar físicamente la importancia de mantenerse quieto, dando al paciente apoyo psicológico tanto verbal como táctil. Sujetar la cabeza, con un dedo colocado en la hoja superior del espéculo y apoyando la palma de la mano en la frente del paciente, proporciona al cirujano una advertencia temprana de cualquier movimiento.

A través del microscopio, el cirujano también tiene señales visuales de la estabilidad de la succión. Si la succión se reduce, podrá ver la formación de un menisco en el borde del cristal de contacto en la zona comprometida. También puede ver una capa de burbujas opacas (OBL) formándose periféricamente en la zona de baja succión, ya que el gas se

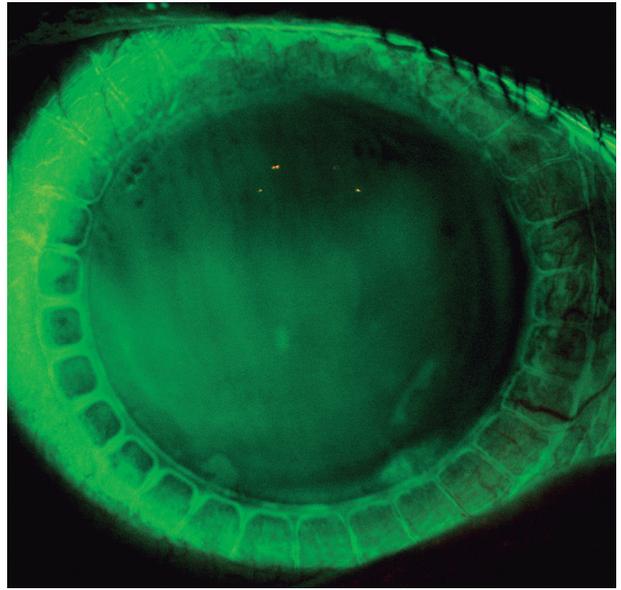


**Figura 3.** Ejemplo de formación de un menisco alrededor del borde del cristal de contacto durante el corte de la interfaz del cap. Esto indica que la succión es inestable. Como puede observarse en la flecha, parte de la conjuntiva se ha introducido en el cristal de contacto. Además, la interfaz del cap no está alineada concéntricamente a la interfaz del lentículo. Esto se ha producido por un leve deslizamiento del ojo en condiciones de baja succión.

dirige más libremente hacia la periferia cuando el estroma corneal está bajo una compresión reducida (fig. 2).

La formación de un menisco en el borde del cristal de contacto indica una posible separación del ojo o la intrusión de la conjuntiva (fig. 3). Se debe actuar inmediatamente de forma verbal y cambiar el enfoque de sus instrucciones para mantener la posición y la fijación del paciente. En la mayoría de los casos, el tratamiento puede completarse con éxito incluso en estas situaciones. No es necesario liberar la succión a la primera señal de una posible pérdida de la misma.

En los casos de gran ángulo kappa y de pequeña distancia blanco-blanco, en los que la succión se ha aplicado parcialmente sobre la conjuntiva en un sector debido al centrado en el eje visual, el inicio del corte por el LFS debe retrasarse unos 5 segundos para asegurarse de que la succión es fuerte y constante. En los pacientes más jóvenes, la Tenon es mucho más gruesa y actúa como una correa de sujeción que impide la movilidad de la conjuntiva subyacente. En los de mayor edad, con una Tenon más fina, hay más movilidad de la conjuntiva suprayacente, aumentando el riesgo de pérdida de succión. No obstante, en nuestra experiencia, la pérdida de succión es muy rara incluso cuando la succión abarca parcialmente la conjuntiva. De hecho, aunque el VisuMax® se considera como un sistema de



**Figura 4.** Fotografía con tinción de fluoresceína en un ojo tras haber sido sometido a la succión del VisuMax® pero sin corte de femtosegundo. Es raro que toda la superficie de los puertos de succión se encuentre completamente dentro de los límites del diámetro corneal. En este caso, puede observarse que abarcan parcialmente la conjuntiva.

aspiración corneal, los puertos de aspiración suelen aplicarse al menos parcialmente sobre la conjuntiva limbar, tal y como se muestra en la figura 4.

### Clasificación de los movimientos oculares

– Tipo I: son pequeñas sacudidas que cambian la posición de la córnea en una cantidad clínicamente insignificante. Pueden ser tan sutiles que no se noten. La deriva de la córnea es otro ejemplo de movimiento ocular de tipo I, que se identifica únicamente por un ligero desajuste entre la interfaz del cap y la interfaz del lentículo. Un movimiento ocular de tipo I no sería lo suficientemente grande como para crear una discontinuidad visible en el patrón de burbujas del LFS. Por lo tanto, no inducirá una irregularidad clínicamente significativa.

– Tipo II: movimientos oculares grandes, como el reflejo de Bell o el seguimiento de la luz de fijación verde. Son visualmente obvios y requieren una acción de gestión inmediata. Los indicios son un desplazamiento relativo repentino del patrón de burbujas del LFS, su distorsión o discontinuidad, la formación de un menisco en el borde del cristal de contacto o la intrusión de la conjuntiva dentro del cristal de contacto. Es posible que se produzca un

gran movimiento, pero que el ojo vuelva a su posición original, en cuyo caso se puede continuar el tratamiento. Alternativamente, si el movimiento es tal que haya alterado la regularidad del lenticulo, el cirujano puede optar por liberar la succión.

– Tipo III: Una rotación del ojo con fuerza suficiente para romper el vacío de aspiración.

### Gestión de la estabilidad de la succión en relación con el progreso del corte del láser de femtosegundo

El otro factor que influye en la gestión de la estabilidad de la succión es cuál de las 4 interfaces se está cortando en el momento del movimiento del ojo o de la pérdida de succión. Nos basamos en el principio de que la interfaz del lenticulo es el corte refractivo, por lo que sigue una curva a través del estroma, mientras que la interfaz del cap es plana o paralela a la superficie de la córnea. Por lo tanto, es más probable que un desplazamiento traslacional inducido por un movimiento del ojo durante la interfaz del lenticulo dé lugar a una mala concordancia, mientras que un desplazamiento de la posición de la interfaz del cap con respecto a la interfaz del lenticulo no debería cambiar la geometría del mismo.

Del mismo modo, si se produce una pérdida de succión durante la realización de la interfaz del lenticulo, el intento de repetirla a la misma profundidad puede dar lugar a astillas de tejido y, por tanto, a una superficie irregular. En cambio, si se repite la interfaz del cap a la misma profundidad, es más probable que se consiga. Las burbujas dentro de la región tratada durante el primer pase se habrán expandido ligeramente creando una zona de burbujas, por lo que aumenta la probabilidad de que los pulsos del LFS del segundo pase se atenúen en esa misma zona. La energía del LFS será bloqueada en la zona ya tratada, mientras que continuará la interfaz fuera de esta área.

En la cirugía refractiva, las zonas periféricas tienen mucha menos importancia que las centrales, por lo que la decisión clínica puede ser diferente en función del progreso dentro de una de las interfaces particulares. Del mismo modo, el corte lateral del lenticulo y la pequeña incisión no son tan importantes desde el punto de vista clínico como lo son las interfaces del lenticulo y del cap.

## REINICIO DEL PROGRAMA DE TRATAMIENTO

La ventana de reinicio del tratamiento muestra los progresos realizados en las 4 interfaces (corte del lenticulo, corte lateral del lenticulo, corte del cap, corte lateral del cap) hasta el momento de la pérdida de succión. Además, ofrece al usuario la opción de modificar los parámetros de las interfaces incompletas. Las opciones se seleccionan de forma inteligente en función de la interfaz en la que se ha producido la pérdida de succión. De esta manera, el programa *reiniciar tratamiento* permite gestionar esta situación de manera eficiente, sin tener que programar un nuevo tratamiento desde cero. De esta manera, también se minimizan los cambios en el tejido entre la pérdida de succión y la reaproximación del cristal de contacto. Como hay situaciones en las que la acción apropiada es la conversión a LASIK, es muy recomendable que todos los pacientes que se someten a SMILE firmen el consentimiento previo para la conversión a LASIK.

La siguiente lista resume el procedimiento recomendado ante una pérdida de succión durante cada interfaz:

- Interfaz lenticular (primer 10%): reiniciar SMILE con los mismos ajustes.
- Interfaz lenticular (del 10% al 100%): convertir a LASIK con un flap de espesor equivalente al grosor del cap previsto.
- Corte lateral del lenticulo: reiniciar SMILE desde el corte lateral del lenticulo con los mismos ajustes.
- Interfaz del cap: reinicie SMILE desde la interfaz del cap con el mismo grosor del cap.
- Incisión pequeña: reinicie SMILE desde la incisión pequeña.

### Reinicio del programa de tratamiento: Interfaz lenticular (primer 10%)

Como se ha descrito anteriormente, existe un mayor riesgo de que se produzcan astillas de tejido e irregularidades cuando se repite el corte de la interfaz del lenticulo. Sin embargo, si únicamente se ha tallado una pequeña parte del mismo el riesgo es menor. El punto de corte para reiniciar SMILE con los mismos ajustes es hasta el 10% de la interfaz lenticular, por lo tanto, si se produce una pérdida de succión durante el primer 10%, el *software VisuMax®* cargará automáticamente la ventana de

reinicio del tratamiento con los mismos ajustes. En este caso, se mostrarán los parámetros del lenticulo y del cap, pero no serán editables, ya que la intención es simplemente reiniciar el mismo tratamiento SMILE. Al hacer clic en «siguiente» se recargará la página de tratamiento y el cirujano podrá proceder al reacomplamiento, sin necesidad de cambiar el cristal de contacto.

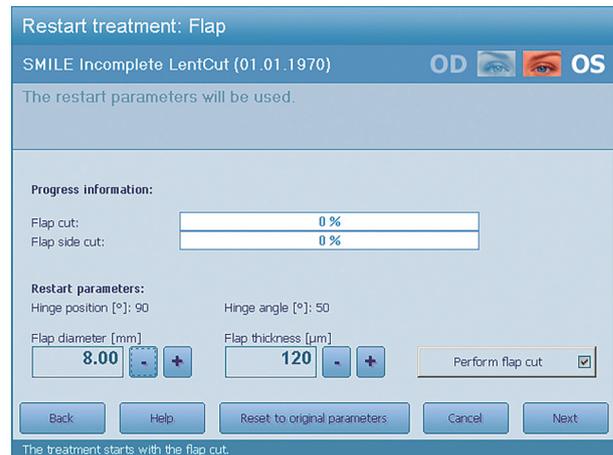
### Reinicio del programa de tratamiento: interfaz lenticular (10% a 100%)

Si se produce una pérdida de succión con más del 10% de la interfaz lenticular completada, se recomienda abortar SMILE y pasar a LASIK (fig. 5). El flap del LASIK tendrá un plano más superficial a la interfaz lenticular abortada, por lo que no hay riesgo de que ambos se crucen. En pacientes cooperativos, el menor tiempo de tratamiento requerido para el LASIK aumenta la probabilidad de completar el procedimiento sin una segunda pérdida de succión. Por último, un flap es más tolerante a los movimientos del ojo durante el corte del LFS ya que una irregularidad en la interfaz de un flap no dará lugar a una irregularidad topográfica si el flap se reposiciona correctamente, porque el flap encajará con el lecho estromal residual.

El sistema establece por defecto que el diámetro y el grosor del flap son iguales a los del cap del SMILE abortado, pero ofrece la opción de ajustar estos valores. Dado que el LASIK se suele realizar con un flap fino para maximizar el grosor del estroma residual, suele ser preferible disminuir su espesor al previsto originalmente para el cap. Esto es especialmente importante si se ha utilizado un cap más grueso, como recomendamos para aprovechar las ventajas de SMILE. Por todo esto, no es habitual planificar un Femto-LASIK con un flap de 145  $\mu\text{m}$ .

### Reinicio del programa de tratamiento: corte lateral del lenticulo

La pérdida de succión durante el corte lateral del lenticulo es poco frecuente, ya que en esa zona el lenticulo es muy fino (normalmente sólo de 10 a 15  $\mu\text{m}$ ) y dura unos pocos segundos. Si se produce, el módulo de *reinicio de tratamiento* indicará que se ha creado el 100% de la interfaz del lenticulo,



**Figura 5.** Pantalla del software VisuMax® tras una pérdida de succión durante el corte de la interfaz lenticular. El sistema recomienda reconvertir a LASIK. El grosor del flap será igual por defecto al espesor del cap. Puede ser ajustado a un flap más delgado, según la preferencia del cirujano.

pero el corte lateral del lenticulo estaba incompleto (fig. 6). El campo del *grosor del cap*, *diámetro del flap* y *realizar el corte del cap* estarán desactivados, ya que no hay razón para que se modifiquen.

La pantalla de *reinicio del tratamiento* mostrará un mensaje: «el aumento de la profundidad del corte lateral del lenticulo y la reducción del diámetro del lenticulo facilitan el acceso a la base del lenticulo en caso de descentramiento». Esto implicaría que tanto los valores de la profundidad del corte lateral del lenticulo como los del diámetro del lenticulo han sido



**Figura 6.** Pantalla del software VisuMax® del programa reinicio de tratamiento tras una pérdida de succión durante los cortes laterales de la interfaz lenticular. El sistema nos recomienda continuar el procedimiento desde el corte lateral. Incrementará la profundidad del mismo en 10  $\mu\text{m}$  para que coincida con la interfaz lenticular. El cirujano podría también reducir ligeramente el diámetro del lenticulo por la misma razón.

ajustados: sin embargo, en realidad sólo la profundidad del corte lateral se modifica por defecto (se incrementa en 10  $\mu\text{m}$ ). Este mensaje se actualizará en una futura versión del *software*, por lo que el cirujano debe prestar atención a estos valores antes de confirmar.

Por último, la casilla *realizar el corte lateral del lentículo* estará marcada por defecto, ya que se supone que el cirujano querrá volver a crear la interfaz de nuevo. El único caso en el que esta casilla podría no estar marcada es si el corte lateral del lentículo se ha completado en más de un 90% o 95%. Sin embargo, es importante que talle el corte lateral del lentículo, ya que sin él será más difícil identificar y acceder a la interfaz del lentículo.

### Reinicio del programa de tratamiento: interfaz del cap

La pérdida de succión durante la interfaz del cap tiene una importancia clínica significativamente menor en comparación con la del lentículo, ya que la interfaz del cap tiene un grosor uniforme y es paralela a la superficie corneal. Por lo tanto, el protocolo estándar definido en el módulo de *reinicio del tratamiento* es empezarla de nuevo. La casilla de *realizar corte del cap* está marcada por defecto y no puede ser modificada. El campo *grosor del cap* está desactivado para que la nueva interfaz del cap esté a la misma profundidad que la anterior.

### Reinicio del programa de tratamiento: incisión(es) pequeña(s)

La pantalla indicará que el resto de cortes se han completado al 100%, pero que el corte lateral del cap sólo se ha creado parcialmente. En consecuencia, los campos *diámetro del lentículo*, *grosor del corte lateral del lentículo* y *realizar corte lateral del lentículo* estarán desactivados. La casilla *realizar el corte del cap* está disponible, pero no activada por defecto, por lo que se podría repetir la interfaz del cap, aunque es difícil encontrar una situación en la que esto sea de utilidad.

El diámetro del cap define la ubicación de la incisión(es) pequeña(s). Por ello, algunos cirujanos reducen ligeramente el diámetro del cap y aumentan la profundidad del corte lateral del cap para asegu-

rarse de que la incisión se cree dentro del diámetro y se una a la interfaz del cap. Esto minimiza la posibilidad de cruzar la incisión abortada. Sin embargo, las distancias pequeñas pueden salvarse con un instrumento de separación manual. Si se crean dos incisiones, se reduce en gran medida la posibilidad de no alcanzar la interfaz del cap.

En cuanto a la pérdida de succión durante el corte lateral, la pantalla de reinicio mostrará su mayor nivel de profundidad. Si la incisión pequeña estaba casi terminada, puede que no merezca la pena repetirla, sino penetrar mediante disección manual. El diámetro del cap puede adaptarse a las necesidades clínicas. Sin embargo, este valor no se modifica, sino que viene por defecto. Este mensaje se actualizará en una futura versión del *software*, por lo que el cirujano debe prestar atención a los valores antes de confirmar.

### PROTOCOLO DE GESTIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LA SUCCIÓN

Nuestro protocolo (fig. 7) también introduce 3 escenarios más. El primero es que, si el procedimiento se planificó con un cap lo suficientemente grueso, es posible reiniciar SMILE con un cap más fino tras una pérdida de succión durante la interfaz del lentículo (1). Esta opción no está disponible en el módulo de *reinicio de tratamiento*, ya que el *software* sólo ofrece la opción de crear un flap con LASIK si se produce una pérdida de succión superior al 10% a través de la interfaz del lentículo. Por lo tanto, la elección de reiniciar de SMILE con un cap más fino requiere el uso de otra licencia.

El segundo factor que no se ha tenido en cuenta anteriormente es la posibilidad de que el corte del LFS haya continuado mientras se perdía la succión y el ojo se alejaba del cristal de contacto. Esto hará que la interfaz se desplace hacia arriba a través de la córnea (fig. 8), lo que aumenta el riesgo de que se produzcan astillas de tejido o la creación de un falso plano durante la separación de la interfaz si se crean más interfaces. Por lo tanto, debe considerarse si la conversión a LASIK puede ser una mejor opción.

En tercer lugar, es importante recordar que cualquier movimiento o pérdida de succión del ojo, aunque se clasifique técnicamente como una complicación, es poco probable que dé lugar a un empeoramiento de la agudeza visual mejor corregida

## Suction Stability Management

**Key:** **Type I** Small eye movement, subtle, no discontinuity  
**Type II** Large eye movement, obvious, possible discontinuity  
**Type III** Patient generated suction loss  
**P/R/C** Pause, regain control, continue  
**SISL** Surgeon initiated suction loss

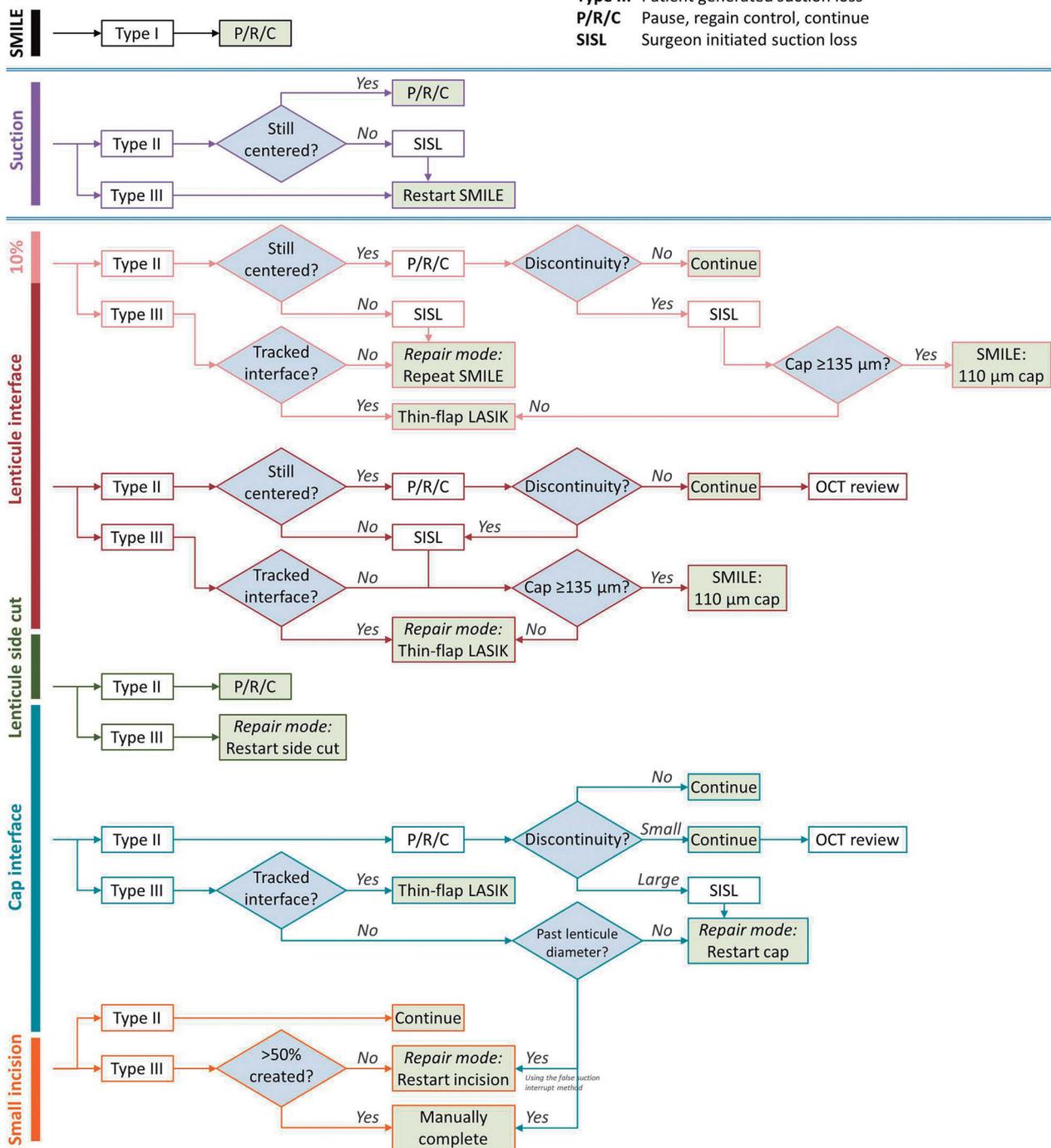


Figura 7. Algoritmo de manejo de las pérdidas de la estabilidad de succión.

(MAVC) si se gestiona adecuadamente, y en ningún caso si se interrumpe el procedimiento. No se ha eliminado ningún tejido; sólo hay algunas interfaces creadas por fotodisrupción, no separadas dentro del estroma. En caso de duda, no hay nada de qué avergonzarse y es preferible detener el procedimiento

para reevaluar la situación y considerar un nuevo plan de tratamiento. A veces merece la pena abortar, obtener una imagen de tomografía de coherencia óptica (OCT) y medir y confirmar la geometría de las interfaces, antes de volver al quirófano para continuar el tratamiento.



**Figura 8.** Secuencia de imágenes mostrando una pérdida de succión tras empezar el corte de la interfaz lenticular, secundaria a la reacción del paciente a un dolor nociceptivo. Debido a la rapidez del movimiento ocular, el láser de femtosegundo ha creado una interfase que continúa verticalmente a través del estroma.

### Movimientos oculares de tipo I

El tratamiento puede continuar sin detenerse o tras una pausa para recuperar el control del paciente (estrategia P/R/C). En cualquier caso, un movimiento pequeño debería aumentar el nivel de alerta ante la falta de cooperación del paciente. El cirujano debe estar preparado para actuar en caso de que estas «advertencias» progresen hasta la pérdida real de succión. El corte con LFS debe detenerse tan pronto como se pierda la succión para evitar un desplazamiento hacia arriba de la interfaz.

### Antes de iniciar el corte de femtosegundo

- Movimientos de tipo II: Si se produce un movimiento ocular antes de que se inicie el corte por el LFS, el cirujano puede retrasar el inicio del corte para evaluar si el centrado se ha visto comprometido.

- Movimientos de tipo III: Si se produce una pérdida de succión generada por el paciente antes de que se inicie el corte con el LFS, no hay riesgo de que se creen astillas de tejido y el procedimiento puede reiniciarse con seguridad sin que ello afecte al contorno final. La única dificultad posible en este escenario es la formación de puntos negros debido a las gotas de meibomio residuales o a los restos de la película lagrimal en el cristal de contacto.

### Durante la interfaz lenticular (menos del 10%)

- Movimientos de tipo II (bien centrado): Si hay un gran movimiento ocular, el primer aspecto a considerar es si el ojo sigue centrado en el cristal de

contacto. Como se ha descrito anteriormente, es posible que el ojo se mueva de un lado a otro y acabe aproximadamente en el lugar en el que estaba. En este caso, a menudo conviene hacer una pausa para recuperar el control del paciente antes de continuar. Cuando se reinicie el corte con el LFS, el patrón de burbujas será regular y continuo si el centrado fue lo suficientemente cercano a la posición original. Si no es así, habrá una discontinuidad visible en el patrón de burbujas, lo que indica que el centrado se ha alterado, en cuyo caso el cirujano debe liberar la succión. Como se ha creado más de un 10% de la interfaz del lenticulo, el módulo *reinicio de tratamiento* cargará la opción de conversión a LASIK (con flap fino). Alternativamente, si el grosor original del cap era  $\geq 135 \mu\text{m}$ , como en nuestro protocolo estándar, se puede planificar un nuevo tratamiento SMILE utilizando un cap más fino. La realización de SMILE al menos 20 a 25  $\mu\text{m}$  más superficialmente evitará que la nueva interfaz del lenticulo cruce la interfaz abortada.

- Movimientos de tipo II (cambio de centrado): si la posición de la córnea se ha desplazado, entonces el cirujano debe liberar la succión para evitar un tratamiento descentrado. Esto iniciará el módulo de *reinicio del tratamiento*, que ofrecerá la opción de reiniciar SMILE con los mismos ajustes.

- Movimientos de tipo III: si hay una pérdida de succión generada por el paciente se cargará el módulo de *reinicio del tratamiento* con la opción recomendada de reiniciar SMILE con los mismos ajustes.

- Movimientos de tipo III (continuación de la interfaz tras una pérdida de succión): si se produce una pérdida de succión, pero el corte por LFS continúa, se seguirá tallando la interfaz hacia arriba. El módulo de *reinicio de tratamiento* nos sugerirá por defecto reiniciar SMILE con los mismos ajustes. Sin

embargo, el SMILE deberá ser abortado y se realizará la conversión a LASIK de flap fino.

### Durante la interfaz lenticular (10% a 100%)

– Movimientos de tipo II: el manejo en este escenario es exactamente el mismo que el descrito en el apartado anterior. En primer lugar, hay que detener el corte del LFS, recuperar el control, considerar el centrado y comprobar si hay alguna discontinuidad. El cirujano debe liberar la succión si el centrado o el patrón de burbuja del láser no son satisfactorios. Las opciones son volver a realizar el SMILE con un cap más fino (si el grosor original del cap era de 135  $\mu\text{m}$ ) o convertirlo en un LASIK de flap fino. Si no hay discontinuidad, se puede realizar una OCT para revisar la geometría de las interfaces antes de proceder a extraer el lentículo, sobre todo si el movimiento ocular ocurrió con las burbujas cerca del eje visual. Las microirregularidades en la superficie estromal serán al menos parcialmente, y a veces completamente, enmascaradas por la remodelación epitelial (2-5).

– Movimientos de tipo III: si hay una pérdida de succión generada por el paciente, se cargará con la opción recomendada para convertir a LASIK con el grosor del flap ajustado al grosor del cap programado, aunque suele ser preferible reducir el grosor del flap para maximizar el grosor del estroma residual y ajustarse a las normas para LASIK. Si el grosor del cap es de  $\geq 135 \mu\text{m}$ , la opción alternativa es restablecer el SMILE con un cap más fino.

– Movimientos de tipo III (continuación de la interfaz tras una pérdida de succión): igual que en el apartado anterior, debe utilizarse el módulo de *reinicio de tratamiento* para pasar a la técnica LASIK, después de ajustar el grosor del flap que se prefiera. Se recomienda realizar una OCT para verificar la desviación con respecto al plano intencionado.

### Durante el corte lateral del lentículo

– Movimientos de tipo II: El tratamiento puede ser continuado y completado incluso si un movimiento ocular es lo suficientemente grande para inducir una desalineación entre la interfaz del lentículo y el corte lateral del lentículo. La ubicación del corte la-

teral del lentículo no afectará al poder de refracción del mismo y el espacio puede ser perforado manualmente por el instrumento separador SMILE. La interfaz del cap también estará ligeramente descentrada, pero en principio esto no afectará a la geometría del lentículo porque la interfaz del cap es plana con respecto a la superficie.

– Movimientos de tipo III: Si se produce una pérdida de succión, el módulo de *reinicio de tratamiento* se debe utilizar para reiniciar SMILE desde el corte lateral del lentículo.

### Durante la interfaz del cap

– Movimientos de tipo II: como la interfaz del cap está programada para ser paralela a la superficie corneal, es algo tolerante a un cambio de posición, por lo que el tratamiento puede ser continuado después de la estrategia P/R/C. Si existe una discontinuidad visible en el patrón de burbujas, sería útil realizar una OCT para confirmar que la interfaz es regular antes de extraer el lentículo. Si la discontinuidad es demasiado grande, el cirujano puede considerar provocar una pérdida de succión para poder tallar de nuevo la interfaz del cap.

– Movimientos de tipo III: si se produce una pérdida de succión generada por el paciente, el módulo de *reinicio del tratamiento* se puede utilizar para comenzar de nuevo el SMILE desde la interfaz del cap en el mismo plano.

– Movimientos de tipo III (diámetro exterior del lentículo): si se produce una pérdida de succión, debido a que el progreso de la interfaz del cap ha superado el diámetro del lentículo, no es necesario volver a crear toda la interfaz del cap como recomienda el módulo de *reinicio de tratamiento*. Una opción es crear sólo una incisión pequeña, aunque esto requeriría el uso de otra licencia para fingir una pérdida de succión. Esta licencia hace que esta opción esté disponible sin haber terminado del todo el cap. Alternativamente, se podría crear una incisión manualmente empleando un cuchillito de diamante.

– Movimientos de tipo III (continuación de la interfaz tras una pérdida de succión): si esto ocurre, por lo general se descarta la opción de proseguir con SMILE debido al riesgo de astillas en el tejido, de creación de planos falsos, y de un lentículo irregular. Por lo tanto, se prefiere abortar y convertir a un LASIK de flap fino después de esperar a que se di-

sipen las burbujas. Se recomienda encarecidamente la realización de una OCT para verificar el grado de desviación de la interfaz respecto al plano previsto.

### Durante la incisión(es) pequeña(s)

- Movimientos de tipo II: no es necesario detener el corte del LFS si hay una oscilación ocular en esta fase. Siempre será posible superar cualquier diferencia mediante disección manual.

- Movimientos de tipo III: el módulo de *reinicio de tratamiento* cargará la opción de volver a realizar la incisión(es) pequeña(s). El cirujano puede optar por reducir ligeramente el diámetro del cap y la profundidad de la incisión para asegurarse de que encuentre la interfaz del cap. Si se ha creado más del 50% de la incisión, es posible completarla manualmente mediante una disección roma o utilizando un bisturí quirúrgico.

## INCIDENCIA DE LA PÉRDIDA DE SUCCIÓN

### Incidencia global de la pérdida de succión

Hay 7 estudios publicados hasta la fecha que informen de la incidencia de la pérdida de succión en SMILE en poblaciones de más de 1.500 ojos. Sus valores son los siguientes: 0,17% (6), 0,22% (7), 0,22% (8), 0,37% (9), 0,41% (10), 0,78% (11) y 2,10% (12).

Hay varios factores que podrían contribuir a una incidencia relativamente más alta. En primer lugar, muchos de estos estudios incluyen la experiencia inicial del cirujano y la curva de aprendizaje. Por ejemplo, el estudio de la *Food and Drug Administración* incluía las primeras series de ojos realizadas por varios cirujanos, y el estudio de Shah y Shah (13) los primeros casos tratados en todo el mundo, por lo que sería de esperar que las tasas de pérdida de succión del 1,79% y el 2,10% sean más elevadas. En segundo lugar, los estudios pioneros se llevaron a cabo con el VisuMax® de 200 kHz, en el que los tiempos de tratamiento eran significativamente mayores que con el sistema actual de 500 kHz. Por lo tanto, a mayor duración del tratamiento, mayor riesgo de pérdidas de succión.

Sin embargo, sigue existiendo la variable de colaboración del paciente, que es independiente de la

experiencia del cirujano. En cuanto al acoplamiento con el VisuMax®, hemos realizado más de 8.000 procedimientos LASIK con este aparato antes de empezar con SMILE. Hasta la fecha, hemos tenido 86 casos de pérdida de succión en 17.243 procedimientos LASIK, lo refleja una incidencia similar (0,50%) a la del SMILE.

### Incidencia de la pérdida de succión según la interfaz

En un análisis retrospectivo de los primeros 4.000 procedimientos SMILE de Reinstein y cols. (14) se produjeron 20 casos de pérdida de succión (0,50%) durante el corte con el LFS. El 10% (n = 2) tuvo lugar durante el primer 10% de la interfaz lenticular, el 25% (n = 5) con más del 10% de la interfaz del lentículo, el 5% (n = 1) durante el corte lateral del lentículo, el 45% mientras se tallaba la interfaz del cap, y el 15% (n = 3) en la fase de la incisión(es) pequeña(s). En total, se optó por el cambio a LASIK en el 40% (n = 8) de los casos, y se completó con éxito el procedimiento refractivo el mismo día en todos los casos. También se clasificaron los casos según si la pérdida de succión fue generada por el paciente (75%; n = 15), por el cirujano (20%; n = 4) o se debió a una falsa succión relacionada con el dispositivo (5%; n = 1). Las causas del movimiento ocular fueron un reflejo de Bell en el 50% (n = 10), el seguimiento de la luz de fijación en el 30% (n = 6), el exceso de ansiedad en el 10% (n = 2), el dolor nociceptivo en el 5% (n = 1) y la falsa succión relacionada con el dispositivo en el 5% (n = 1). El equivalente esférico medio objetivo era de  $-4,82 \pm 2,24$  dioptrías (D) (rango:  $-2,41$  a  $-10,40$  D) y el cilindro medio era de  $1,07 \pm 1,38$  D (rango: hasta 6,00 D). Los resultados muestran que los resultados visuales y refractivos no se vieron afectados por la pérdida de succión, no mostrando ninguna diferencia con respecto a los demás ojos. Con respecto a la seguridad, hubo una pérdida de 1 línea de MAVC en el 10% de los ojos, ningún ojo perdió 2 o más líneas de MAVC, y no hubo cambios en la sensibilidad al contraste; ninguno de estos parámetros mostró una diferencia estadísticamente significativa con el resto de tratamientos.

De los 35 casos de pérdida de succión en su serie de 8.490 ojos, Liu y cols. (10) volvieron a realizar el procedimiento SMILE en el 77% (n = 27),

se convirtió a LASIK en el 17% ( $n = 6$ ), se realizó el pseudo-SMILE en el 3% ( $n = 1$ ) y un paciente (3%) decidió no continuar con el tratamiento. Estas decisiones se tomaron de acuerdo con el protocolo recomendado, y los pacientes que se sometieron a la técnica LASIK representaron el grupo en el que se produjo una pérdida de sujeción tras un tallado mayor del 10% de la interfaz lenticular. Los tratamientos se completaron sin más incidentes y no hubo diferencias en los resultados a los 3 meses entre los ojos con pérdida de succión y el ojo contralateral que se había sometido a un SMILE rutinario. Los autores observaron que la pérdida de succión era más frecuente en el primer ojo tratado (77%). Se sugirió que el aumento del volumen de lágrimas en el saco conjuntival era un factor de riesgo; sin embargo, creemos que el líquido en los puertos de succión es un signo de inestabilidad de la succión, más que la causa original. Nuestra experiencia ha sido que la succión húmeda casi siempre conduce a la finalización del corte si se controla adecuadamente al paciente.

Ivarsen y cols. (11) señalaron que el SMILE se reinició en el 50% ( $n = 7$ ) de sus casos de pérdida de succión, el SMILE se repitió en una fecha posterior en el 43% ( $n = 6$ ), y se realizó el LASIK en un único paciente. Se obtuvieron resultados satisfactorios en 13 ojos, pero un ojo desarrolló astigmatismo irregular y visión doble monocular. No se ha especificado durante qué interfaz se produjeron las pérdidas de succión; sin embargo, este caso pone de relieve la importancia de optar por la restauración de SMILE sólo en los pacientes apropiados, de acuerdo con el protocolo recomendado.

De los grandes estudios de población, la tasa más alta de pérdida de succión (2,10%) fue la observada por Osman y cols. (12) En este estudio, se reintentó la técnica SMILE si la pérdida de succión se producía después del corte lateral del lentículo, de lo contrario se abortaba el procedimiento. El SMILE se reinició en el 77% ( $n = 54$ ) de los casos, y el SMILE se realizó 24 horas después en el 23% restante ( $n = 16$ ). Los resultados visuales posteriores no se han publicado. La razón más probable de la mayor incidencia fue el uso de una menor distancia entre *spots*, de 3  $\mu\text{m}$  para las interfaces lamelares y de 2  $\mu\text{m}$  para los cortes laterales; la reducción del espaciado entre *spots* aumenta el tiempo total de tratamiento y el riesgo de pérdida de succión.

Con respecto a las pérdidas de succión observadas en poblaciones más pequeñas, la impresión general es que se puede lograr un buen resultado reiniciando el SMILE o reconvirtiendo a LASIK. Por ejemplo, una serie de casos de complicaciones intraoperatorias de SMILE publicada por Qiu y Yang (15) demostraron los buenos resultados en un caso de pérdida de succión durante el corte de la interfaz lenticular que se convirtió en LASIK. El otro caso de la serie se produjo durante la interfaz del cap, y se finalizó con éxito repitiendo la técnica SMILE. Aparte del descrito por Ivarsen y cols. (11), no se ha publicado ningún otro caso de pérdida de succión con consecuencias visualmente significativas; sin embargo, la mala gestión de una pérdida de succión puede producirlas, por lo que es de vital importancia un buen criterio quirúrgico para evitarlo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Reinstein DZ, Carp GI, Archer TJ, Gobbe M. Outcomes of small incision lenticule extraction (SMILE) in low myopia. *J Refract Surg* 2014; 30: 812-818.
2. Reinstein DZ, Archer T. Combined Artemis very high-frequency digital ultrasound-assisted transepithelial phototherapeutic keratectomy and wavefront-guided treatment following multiple corneal refractive procedures. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32: 1870-1876.
3. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Refractive and topographic errors in topography-guided ablation produced by epithelial compensation predicted by 3D Artemis VHF digital ultrasound stromal and epithelial thickness mapping. *J Refract Surg* 2012; 28: 657-663.
4. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Rate of change of curvature of the corneal stromal surface drives epithelial compensatory changes and remodeling. *J Refract Surg* 2014; 30: 800-802.
5. Reinstein DZ, Archer TJ, Dickeson ZI, Gobbe M. Transepithelial phototherapeutic keratectomy protocol for treating irregular astigmatism based on population epithelial thickness measurements by artemis very high-frequency digital ultrasound. *J Refract Surg* 2014; 30: 380-387.
6. Pradhan KR, Reinstein DZ, Carp GI, et al. Quality control outcomes analysis of small-incision lenticule extraction for myopia by a novice surgeon at the first refractive surgery unit in Nepal during the first 2 years of operation. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 267-274.
7. Mandal S, Kaur M, Titiyal JS. Managing suction loss in SMILE. *J Refract Surg* 21021: 37: 141.
8. Qin B, Li M, Shen Y, et al. Management of Suction Loss During SMILE in 12,057 Eyes: Incidence, Outcomes, Risk Factors, and a Novel Method of Same-Day Recutting of Refractive Lenticules. *J Refract Surg* 2020; 36: 308-316.
9. Huang TZ, Shen L, Yu XN, Jin HY. Risk factors and incidence of suction loss during small incision lenticule extraction (SMILE) in 8493 eyes. *BMC Ophthalmol* 2020; 20: 412.

10. Liu M, Wang J, Zhong W, et al. Impact of Suction Loss During Small Incision Lenticule Extraction (SMILE). *J Refract Surg* 2016; 32: 686-692.
11. Ivarsen A, Asp S, Hjortdal J. Safety and complications of more than 1500 small-incision lenticule extraction procedures. *Ophthalmology* 2014; 121: 822-828.
12. Osman IM, Awad R, Shi W, Shousha MA. Suction loss during femtosecond laser-assisted small-incision lenticule extraction: Incidence and analysis of risk factors. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 246-250.
13. Shah R, Shah S. Effect of scanning patterns on the results of femtosecond laser lenticule extraction refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 1636-1647.
14. Reinstein DZ, Archer TJ, Vida RS, Carp GI. Suction stability management in small incision lenticule extraction: incidence and outcomes of suction loss in 4000 consecutive procedures. *Acta Ophthalmol* 2020; 98: e72-e80.
15. Qiu PJ, Yang YB. Analysis and management of intraoperative complications during small-incision lenticule extraction. *Int J Ophthalmol* 2016; 9: 1697-1700.

#### 4.2.2.4. Energía y parámetros del femtosegundo en la cirugía SMILE

*Dan Reinstein, Timothy Archer, Andrés López-Jiménez, Jorge L. Alió*

##### EVOLUCIÓN DE LOS AJUSTES DE ENERGÍA Y ESPACIADO DE LOS SPOTS

Desde la introducción del SMILE (*Small Incision Lenticule Extraction*), su principal punto débil ha sido la recuperación visual ligeramente retardada en relación con el LASIK (*Laser in Situ Keratomileusis*). Obviamente, la recuperación visual de SMILE es significativamente más rápida que en la ablación de superficie, que, a pesar de esto, sigue siendo un procedimiento muy popular, por lo que la velocidad de recuperación visual no es una razón para descartar SMILE. Sin embargo, existen factores para acelerar y mejorar la recuperación visual en el paciente SMILE.

En los primeros años de SMILE, se avanzó mucho en este ámbito evaluando los parámetros distancia entre *spots*, distancia entre las hileras de *spots* y la dirección de barrido. La hipótesis era que la calidad de la superficie de una interfaz creada con burbujas del láser de femtosegundo (LFS) sería menos regular que la creada con una cuchilla de microqueratomo. Esto tiene poca repercusión en el Femto-LASIK, ya que el lecho estromal se pule y alisa mediante la ablación con el láser excímer. Sin embargo, en el SMILE no se produce el alisado de la ablación con el láser excímer, por lo que es de esperar que la interfaz del SMILE presente microirregularidades en las superficies anterior y posterior del lenticulo, lo que podría reducir la calidad de la visión. Esto fue confirmado por un estudio que observó que la interfaz era menos regular tras SMILE que con LASIK (1). El cambio de los ajustes de energía y de distancia entre los *spots* también tiene un efecto en la facilidad

de separación de la interfaz, por lo que es necesario tenerlo en cuenta.

En SMILE, existe el riesgo de que la acumulación de burbujas irregulares en la interfaz del lenticulo provoque una distorsión en el estroma anterior, donde se crea posteriormente la interfaz del cap. Mientras las dos interfaces estén suficientemente separadas, la lámina de colágeno entre ambas actuará como un filtro, suavizando las irregularidades causadas por las burbujas bajo la primera interfaz. Sin embargo, si se encuentran más próximas (un lenticulo fino) o las burbujas causan una excesiva irregularidad, la interfaz del cap puede distorsionarse.

Shah y Shah (2) informaron de esta interacción entre las dos interfaces y descubrieron que la recuperación visual mejoraba como consecuencia del cambio del patrón de disección. Originalmente, la interfaz del lenticulo se generaba del centro a la periferia; sin embargo, observaron que esto a veces provocaba que las burbujas de gas de la periferia migraran hacia el centro y originaran una capa densa de burbujas. De esta forma, su acumulación en el centro de la interfaz lenticular podía distorsionar el estroma sobre el que se tallaba posteriormente la interfaz del cap, generando una topografía postoperatoria irregular. La inversión del sentido de la disección de ambas interfaces (es decir, la interfaz del lenticulo pasó a ejecutarse de fuera a dentro y la del cap a la inversa) ayudó a minimizar este problema, reduciendo el tiempo de corte de las zonas centrales de ambas interfaces.

Al mismo tiempo, Kunert y cols. (3) mostraron mediante microscopía electrónica de barrido que las

superficies de los lentículos extraídos eran de una buena calidad y con una regularidad de superficie predecible. Pero también observaron que dicha regularidad disminuía para energías más altas (rango: 150 a 195 nJ). Esto encaja con la hipótesis de que las burbujas más grandes (es decir, las provocadas por energías más altas) inducirían mayor irregularidad. Sin embargo, el otro factor que también está condicionado por los ajustes de energía y espaciado de los *spots*, es la facilidad de separación de la interfaz. Sabemos, por la experiencia acumulada con los flaps de LASIK, que los ajustes de energía más altos y el espaciado más estrecho de los *spots* hacen que la separación sea más sencilla. Por lo tanto, el objetivo era encontrar ajustes que proporcionaran una separación fácil y fiable, al mismo tiempo que una recuperación visual más rápida.

En el siguiente estudio, realizado por Hjortdal y cols. (4), se compararon dos grupos de SMILE con diferentes ajustes del láser; uno con una distancia entre *spots* más amplia y mayor energía y el otro con una menor distancia entre *spots* y menor energía. La hipótesis era que una menor energía daría lugar a una mejor calidad de la superficie del lentículo y, por tanto, a una mejor recuperación visual. Sin embargo, el estudio constató justo lo contrario: la agudeza visual fue mayor en el grupo con una distancia entre puntos más amplia y mayor energía. Kamiya y cols. (5) llegaron a una conclusión similar. En otras palabras, no se obtuvo el beneficio hipotético esperado de utilizar un menor nivel de energía en términos de recuperación visual.

Al reducir la energía, se reducen el tamaño de las burbujas, lo que permite reducir la distancia entre *spots* sin que las burbujas se superpongan. Sin embargo, disminuir la distancia entre *spots* aumenta el número total de burbujas, lo que incrementa la duración del tratamiento (por ejemplo, de 28 a 45 segundos en el estudio de Hjortdal). Y lo que es más importante, estos estudios muestran que el factor clave es la interacción entre los parámetros de los *spots* y la energía del láser. Es probable que los *spots* hayan sido realizados demasiado juntos en los grupos de menor energía, por lo que las burbujas se unieron en algunas zonas, lo que puede haber causado irregularidades en las interfaces de los lentículos.

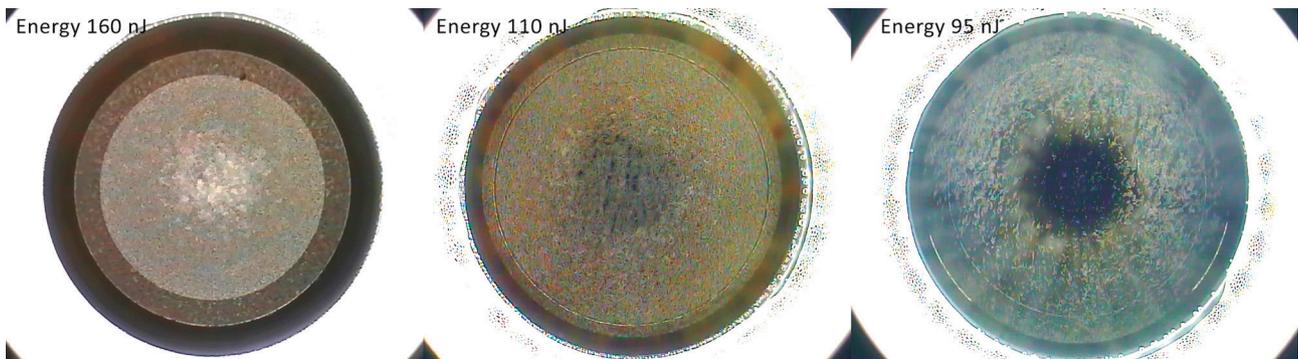
Por lo tanto, el siguiente paso fue reducir el nivel de energía, pero mantener los ajustes de espaciado de puntos más amplios. Este estudio fue llevado a cabo por Donate y Thadron (6), quienes creían

que reducir la energía hasta cerca del umbral de plasma maximizaría la regularidad de los lentículos (basado en el trabajo anterior de Donate y cols. en 2004) (7). Su estudio con SMILE comparó un grupo que utilizaba una energía de 180 nJ (ajuste 36) con otro grupo de 100 nJ (ajuste 20), pero con la misma distancia entre *spots* e hileras de *spots* (4,5  $\mu\text{m}$ ). Al cabo de un mes, el 87% de los ojos del grupo de menor energía alcanzaron una visión 20/20 o mejor en comparación con el 57% del grupo de mayor energía. También se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la función de transferencia de modulación.

El grupo del Dr. David Kang (8,9) llevó a cabo un estudio similar en el que se realizaron tratamientos SMILE con energías que iban de 100 nJ (ajuste 20) a 150 nJ (ajuste 30) en intervalos de 5 nJ de diferencia, con un número igual de ojos en cada grupo. La distancia entre los *spots* se fijó en 4,5  $\mu\text{m}$  para todos los grupos con el fin de evaluar el efecto de la energía de forma aislada. Para el análisis, los ojos se agruparon como de baja energía (100 a 110 nJ) y de alta energía (115 a 150 nJ). Se observaron diferencias estadísticamente significativas en la agudeza visual lejana no corregida (AVsc) al día y a la semana, a favor del SMILE de baja energía. Un hallazgo similar fue evidente para la inducción de las aberraciones totales de orden superior y la aberración esférica a la semana y al mes. Estos resultados se correlacionaron con la rugosidad de la superficie de los lentículos extraídos mediante microscopía de barrido y microscopía de fuerza atómica. En ambos análisis, la rugosidad de la superficie anterior y posterior del lentículo aumentó a medida que se incrementaba la energía. Por lo tanto, este estudio relacionó el aumento de la regularidad de la superficie del lentículo con la mejora de la agudeza visual y las aberraciones.

El cambio drástico en el patrón de burbujas a medida que se reduce la energía puede apreciarse comparando los vídeos quirúrgicos de los primeros tratamientos SMILE (en los que utilizábamos los mismos ajustes que para los flaps de LASIK) y los de los procedimientos actuales.

Sin embargo, después de disminuir al nivel de energía justo por encima del umbral de plasma tal y como describieron Donate y Thadron (6), nosotros nos establecemos en un nivel de energía de 2 a 3 niveles superiores del umbral plasma (de 10 a 15 nJ). Como en todo, hay cierta variación entre los ojos,



**Figura 1.** Imágenes comparativas del patrón de burbujas según los niveles de energía y espaciamiento entre *spots*. Izquierda: 160 nJ de energía (*setting* 32) con 4,6  $\mu\text{m}$  entre hileras de *spots* y entre *spots*. Centro: 110 nJ de energía (*setting* 22) y 3,8  $\mu\text{m}$  entre hileras de *spots* y entre *spots*. Derecha: 95 nJ (*setting* 19) con 3,8  $\mu\text{m}$  entre hileras de *spots* y entre *spots*, mostrando un patrón de burbujas translúcido. Los niveles de energía cercanos al límite del plasma pueden dejar zonas sin cortar y causar astigmatismo irregular.

lo que significa que hay algunos casos en los que la energía está todavía más cerca al límite del plasma, e incluso por debajo de dicho límite. Esto se puede manifestar como impactos del láser por debajo de dicho nivel de energía únicamente en algunas regiones, visibles con la apariencia de puntos negros (*black spots*) en el patrón de burbujas. Cuando el nivel de energía está cercano al valor umbral, el patrón de burbujas puede parecer casi translúcido (fig. 1), como si no hubiera hecho burbujas, pero con interfaces bien cortadas y separadas.

Los niveles de energía bajos pueden aumentar la dificultad de separación de los lenticulos, especialmente si están por debajo del umbral del plasma, pudiendo provocar astigmatismo irregular. Por lo tanto, la ganancia marginal que pueda ofrecer la reducción de la energía de entre 5 a 10 nJ no merece la pena por la dificultad y riesgos adicionales que conlleva. Consideramos que el protocolo óptimo consiste en encontrar el nivel de energía más bajo que nos permita una separación fácil de las interfaces, de modo que incluso los valores atípicos se encuentren por encima del umbral para evitar a toda costa *black spots*.

En la figura 2, los diferentes patrones de burbuja se clasifican en términos de aceptabilidad para la separación de la interfaz basada en la apariencia.

En resumen, a la hora de ajustar la energía y el espaciado del *spot*, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Maximizar la calidad de la superficie del lenticulo (velocidad de recuperación visual).
- Maximizar la facilidad de separación.
- Minimizar la creación de una capa de burbujas opacas (OBL, del inglés *Opaque Bubble Layer*),

que está relacionada con la calidad de la superficie del lenticulo.

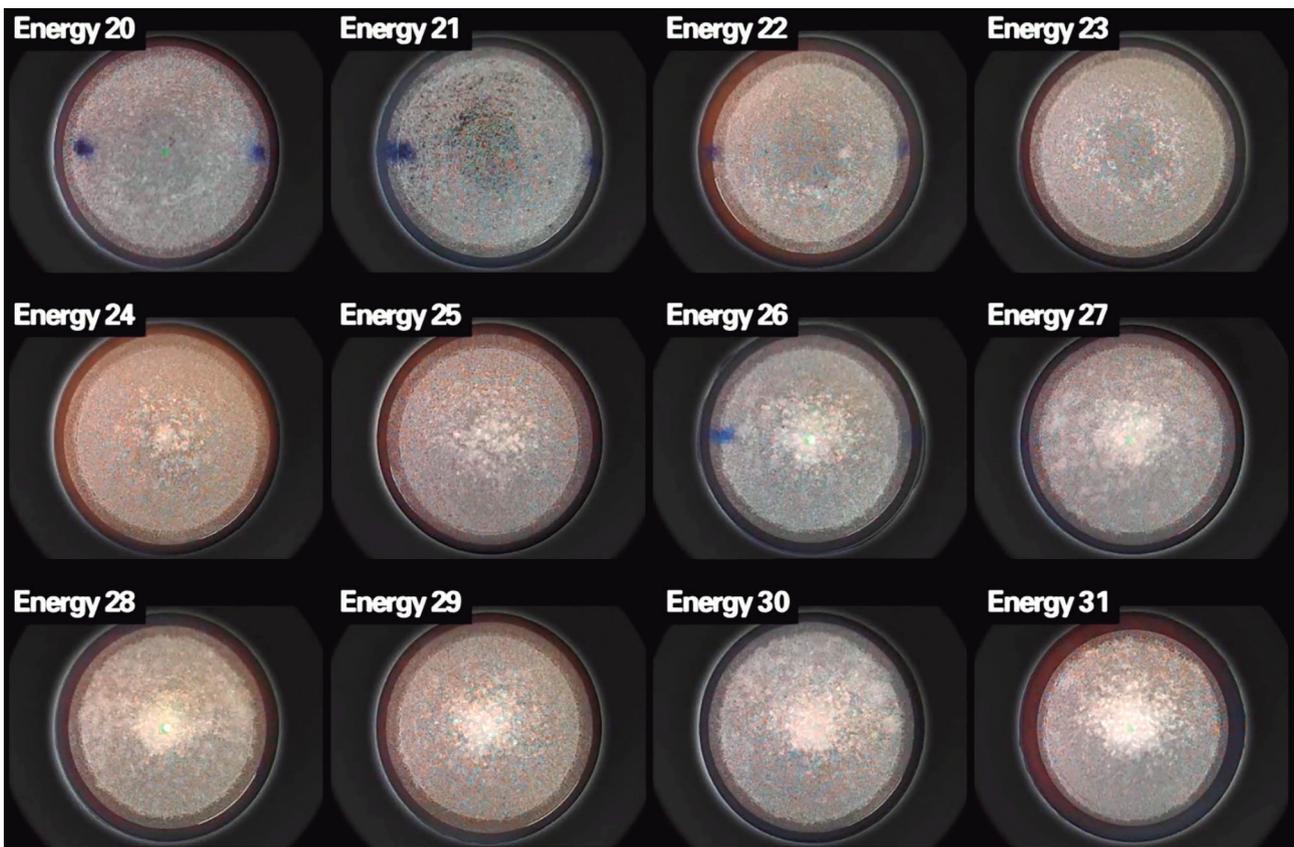
- Evitar los puntos negros en el patrón de la burbuja (riesgo de irregularidades).
- Minimizar el tiempo de tratamiento (riesgo de pérdida de succión).

Es importante tener en cuenta además que los ajustes de energía no pueden transferirse simplemente entre láseres.

## OPTIMIZACIÓN DE LA ENERGÍA Y EL ESPACIADO DE LOS SPOTS

Existe un proceso claro y bien definido para optimizar los ajustes de energía y espaciado de los *spots*, elaborado por André Narr, director de Soporte de Aplicaciones de Láser Refractivo de Carl Zeiss Meditec. Esto debería formar parte del proceso de instalación de un nuevo láser VisuMax®, pero si en algún momento cree que los ajustes de energía podrían optimizarse aún más, póngase en contacto con su especialista local en aplicaciones de Carl Zeiss Meditec. Después de optimizar estos ajustes, debería ser posible, mientras se inmoviliza el globo con pinzas, realizar la separación de la interfaz lenticular con un solo barrido del bulbo separador.

El proceso de optimización se expone en el diagrama de flujo que se muestra en la figura 3. El punto de partida recomendado para un nuevo láser es utilizar una energía de 160 nJ (ajuste de *software* 32) con una distancia entre *spots* y de seguimiento de 4,5  $\mu\text{m}$  para las interfaces del lenticulo y de 2,0  $\mu\text{m}$  para los cortes laterales.



**Figura 2.** Serie de imágenes mostrando el patrón de burbujas final, incrementando el nivel de energía desde el *setting* 20 (100 nJ) al 31 (155 nJ). El patrón ideal es aquel en el que no se observe una capa de burbujas opacas (OBL), pero en el que la separación de las interfaces sea todavía fácil. La OBL empieza a ser visible en el nivel de energía 24 (120 nJ), entonces reduciremos la energía en el siguiente ojo o paciente al nivel 23. Podremos reducir la energía si la separación todavía es fácil al 22. Si en este nivel siguiera siendo asequible, nos podríamos mantener ahí. Los niveles de energía 20 (100 nJ) y 21 (105 nJ) tienen buena apariencia, pero subiremos el nivel de energía si la resistencia al disecar la interfase fuera demasiado alta. Cuando ajustemos el nivel de energía es importante ir de mayor a menores niveles de energía para evitar puntos negros.

El primer objetivo es encontrar los ajustes que maximicen la facilidad de separación del tejido y minimicen la incidencia de OBL. Si hay OBL, significa que la energía es demasiado alta y que la facilidad de separación debe mejorarse reduciendo gradualmente la energía. Si no hay OBL, pero la separación es demasiado difícil, significa que la energía está demasiado cerca del umbral de plasma y debe aumentarse. Los ajustes de distancia de punto y de seguimiento no se modifican durante este proceso.

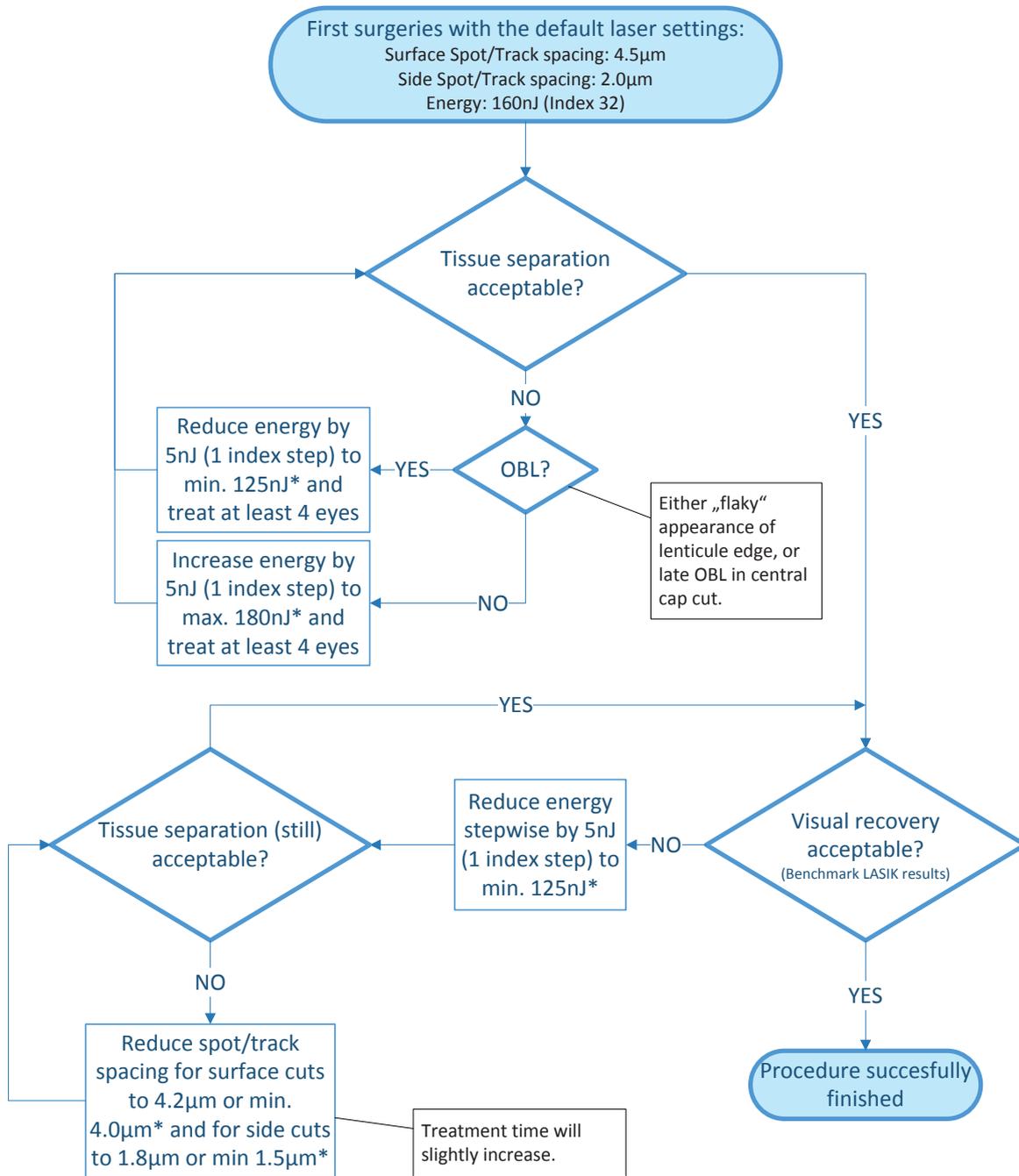
Una vez que la energía se ha ajustado para maximizar la facilidad de separación de los tejidos, el siguiente paso es confirmar que los resultados visuales del día 1 son aceptables. Si consideramos que éstos deben mejorarse, el protocolo consiste en reducir aún más la energía, basándose en los resultados de los estudios anteriormente descritos. Si mejora la recuperación visual, pero la separación del lenticulo se ha vuelto más difícil, se pueden re-

ducir las distancias entre *spots* y sus hileras. Acercar los puntos debería facilitar la separación del tejido, pero puede hacer que las burbujas se fusionen y aumentará ligeramente el tiempo de tratamiento. La recomendación de Carl Zeiss Meditec es que estas distancias no se reduzcan a menos de 4,0  $\mu\text{m}$ ; sin embargo, hemos comprobado que entre 3,8 y 3,9  $\mu\text{m}$  son eficaces para nuestro láser actual (en EEUU está fijada en 3  $\mu\text{m}$ ).

### CAPA DE BURBUJAS OPACAS

En el LASIK, la presencia de OBL puede impedir la activación del rastreador ocular al oscurecer el diámetro de la pupila, pero esto puede resolverse simplemente esperando a que las burbujas desaparezcan. La OBL también puede aumentar la dificultad de la separación de la interfase, pero no se ha

## Finding the right laser settings for SMILE.



\*If the procedure can not be successfully finished using the minimum/maximum values for energy and spot/track spacing please contact Carl Zeiss Meditec Application Support.

Figura 3. Algoritmo describiendo el protocolo de optimización de la energía de láser y del espaciamiento entre spots seguidos por los especialistas de Carl Zeiss Meditec.

comprobado que tenga un efecto perjudicial en el resultado final (10-12).

En SMILE, hay una mayor posibilidad para que la OBL afecte al resultado visual. Por ello, es preferible minimizar la aparición de la OBL en el SMILE, ya que puede hacer que las superficies de los lenticulos sean ásperas e irregulares, retrasando la recuperación visual (3,6,8,9). Sin embargo, el manejo y el tipo de OBL que se observa habitualmente en el SMILE es diferente al del LASIK debido a la profundidad a la que se crean las interfaces y a los menores niveles de energía utilizados.

La formación de la OBL está relacionada con el gas (dióxido de carbono y agua) generado por cada pulso del LFS que intenta encontrar el camino de menor resistencia para escapar (13). Aunque las burbujas de gas acaban disipándose en los tejidos circundantes, la presión adicional en la córnea por la succión obliga al gas a filtrarse en zonas de menor presión, lo que provoca la coalescencia de las burbujas. En nuestra experiencia, hemos observado 3 tipos diferentes de OBL, que el Dr. Sri Ganesh denomina OBL tipo *jet*, OBL *rápida* y OBL *lenta*.

### Capa de burbujas opacas tipo *jet*

Cuando el LFS comienza a tallar en la periferia la interfaz de un flap, puede haber una corriente de gas que escapa hacia el centro casi inmediatamente después de que se creen las primeras burbujas. Esta corriente de gas se desplaza por delante de la espiral centrípeta del patrón de burbujas que se está realizando (fig. 4). Si la energía del LFS es de-

masiado alta, la onda de choque generada tras la ruptura del tejido corneal puede romper las fibras de colágeno (13), dando lugar a una burbuja de gas. Esto proporciona un punto débil a través del cual el exceso de gas puede escapar, lo que explica por qué la OBL sale disparada por delante del patrón de barrido del LFS.

La presencia de una OBL impide el enfoque de los pulsos láser, lo que provoca burbujas más pequeñas o, en algunos casos, a la no formación de burbujas en esa zona. La interfaz del flap es entonces más difícil de separar en estas zonas, aunque puede ser posible. Para este propósito, es recomendable ejecutar pasadas muy pequeñas y suaves con el separador.

Las OBL tipo *jet* son más comunes cuando la interfase es más superficial; su incidencia también aumenta cuando se utilizan energías más altas. En consecuencia, las OBL tipo *jet* prácticamente nunca se observan en SMILE porque la interfaz del lenticulo, creada en primer lugar, es lo suficientemente profunda en la córnea. Si se observa una OBL tipo *jet* en SMILE, entonces la energía es demasiado alta y debe reducirse en el siguiente tratamiento.

Varios grupos han descubierto recientemente que existe un ajuste sencillo que prácticamente elimina la formación de OBL tipo *jet* en los flap realizados con VisuMax®. Esta técnica consiste en planificar el tratamiento habiendo seleccionado un tamaño de cristal de contacto mayor que el tamaño que se pretende usar. El diámetro del flap se selecciona para que sea de 0,1 a 0,2 mm mayor que el máximo permitido para el tamaño de cristal de contacto más pequeño (14,15).

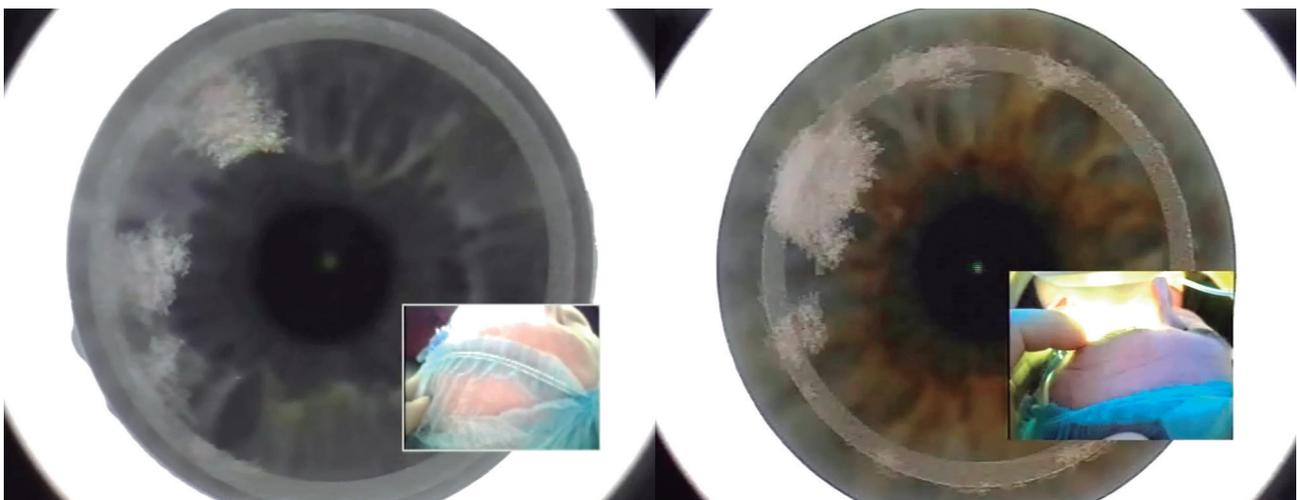


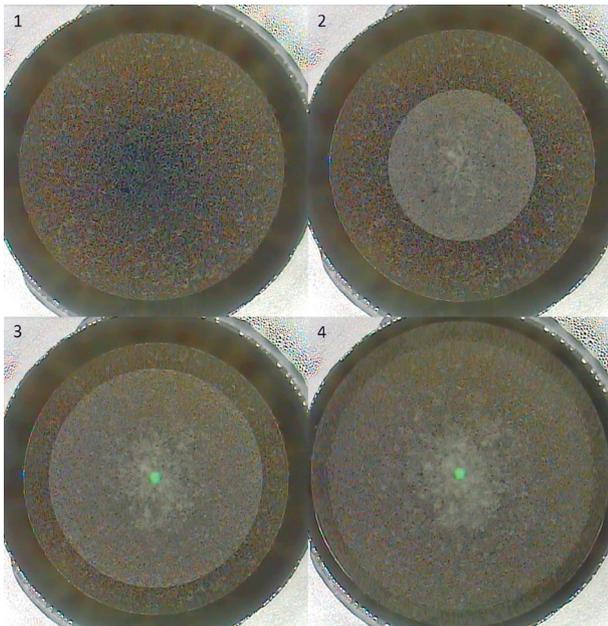
Figura 4. Dos ejemplos de una OBL tipo *jet* durante el corte del flap en un LASIK usando el software VisuMax®.

### Capa de burbujas opacas rápidas

Son aquellas burbujas que comienzan a unirse casi inmediatamente después de ser creadas, pero manteniéndose dentro del límite de la región que el LFS ya ha cubierto. Esto ocurre con mayor frecuencia en las zonas periféricas. Al igual que la OBL tipo *jet*, es más común cuando la interfaz es más superficial. Por lo tanto, es más frecuente en la interfaz del cap que en la interfaz del lenticulo. De nuevo, como en las tipo *jet*, es más probable que las OBL rápidas se produzcan con energías más altas, pero también pueden observarse con niveles de energía más bajos.

Por regla general, la separación de la interfaz será más fácil si la energía es mayor y los puntos están más juntos, ya que habrá menos puentes de tejido estromal que separar, pero estos ajustes se asociarán con más OBL, ya que es más probable que las burbujas adyacentes se unan. Sin embargo, la facilidad de separación de la interfaz debe equilibrarse con la optimización de la calidad y la regularidad de la interfaz, en particular en SMILE. La formación de OBL provoca una interfaz menos regular.

La investigación sobre los ajustes de la energía y el espaciado de los *spots* ha llevado al consenso de que **la regularidad de la superficie de los lenticulos y los resultados visuales se optimizan utilizando una**



**Figura 5.** Serie de imágenes mostrando la formación de una OBL lenta conforme avanza la interfaz del cap, coalesciendo centralmente.

**energía más baja y un espaciado de los spots más amplio.** Una energía más baja reduce el tamaño de las burbujas, mientras que una mayor separación de los *spots* reduce la posibilidad de que las burbujas se fusionen y formen OBL. Estos dos factores se combinan para maximizar la calidad y la regularidad de la superficie del lenticulo.

### Capa de burbujas opacas lentas

El tercer tipo de OBL se puede clasificar como lenta (fig. 5) ya que se produce cuando las burbujas comienzan a coalescer, pero unos segundos después de ser creadas. Al igual que las anteriores, la incidencia de las OBL lentas está correlacionada con la energía, aunque pueden observarse con niveles de energía más bajos y en interfaces más profundas que las rápidas y las tipo *jet*, lo cual es relevante en SMILE.

El impacto de la OBL lenta en los resultados de SMILE se puso de manifiesto en un estudio de Shah y Shah (2). La inversión de la dirección de tallado de ambas interfaces minimizó el tiempo entre la finalización de la parte central de la interfaz del lenticulo y el inicio de la interfaz del cap, evitando así el riesgo de que el estroma anterior se distorsione durante la creación de la interfaz del cap.

Como se ha descrito anteriormente, el consenso es que los resultados de SMILE se optimizan minimizando la formación de la OBL, utilizando una energía más baja y un mayor distanciamiento entre los *spots*. Las OBL son por definición burbujas más grandes y variables, lo que hará que las superficies de los lenticulos sean más rugosas y e irregulares. Por lo tanto, si se observa una OBL lenta en SMILE, la energía podría reducirse para el siguiente tratamiento (incluso para el segundo ojo del mismo paciente).

### PUNTOS NEGROS EN EL PATRÓN DE BURBUJAS DE FEMTOSEGUNDO

Mientras que la OBL no debe considerarse una complicación, hay un aspecto del patrón de burbujas del LFS que sí tiene el potencial de causar una complicación y disminuir significativamente la calidad visual tras la cirugía: la presencia de puntos negros o *black spots*. Estos representan zonas en las que puede no haberse producido un corte eficiente por parte del láser, siendo más difíciles de separar.

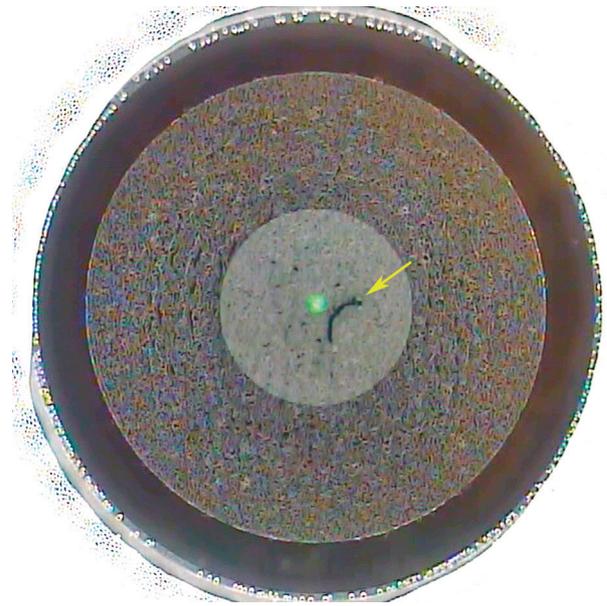
La disección manual requerida puede generar irregularidades que se manifiestan como astigmatismo irregular tras la intervención.

Por esta razón, y como explicamos anteriormente, se ha establecido un nivel de energía de 2 a 3 niveles por encima del umbral del plasma como energía óptima. Si se detecta algún rastro de puntos negros (zonas focales de tratamiento donde la energía está por debajo del umbral plasma), la energía puede aumentarse para el siguiente ojo tratado (incluso el segundo ojo del mismo paciente).

Otra posibilidad es que las zonas oscuras en el patrón de burbujas estén a veces relacionadas con la geometría del estroma, o la inflamación intraestromal con remodelación lamelar. Esto último (por ejemplo, un virus del herpes simple asintomático previo) puede provocar cambios estructurales en el estroma que conducen a formas irregulares tras el corte.

Otra causa de puntos negros es la presencia de residuos o fibras en la superficie del cristal de contacto, o de *meibum* en la película lagrimal. Estos restos obstruyen la trayectoria del LFS y dan lugar a zonas donde el corte no es efectivo (ejemplo en la figura 6). Las partículas o fibras de mayor tamaño deben eliminarse de la superficie del cristal de contacto con una microesponja quirúrgica al inicio de la intervención.

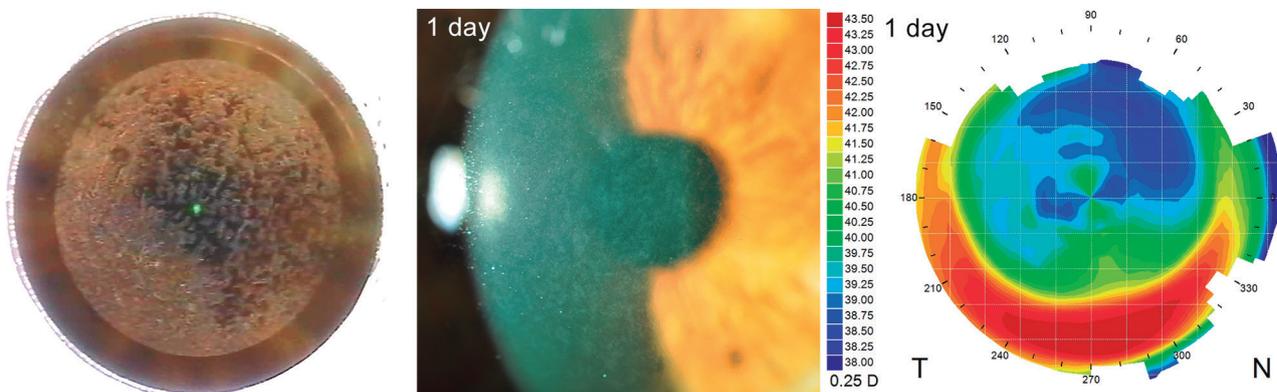
En el caso de la figura 7, la presencia de *meibum* hizo que la interfaz del lentículo tuviera numerosas ventanas translúcidas (zonas donde el corte del LFS no fue uniforme). Se procedió a la separación manual del lentículo, siendo la topografía al día siguiente regular, aunque existía una ligera neblina en la interfaz. La OCT de segmento anterior al mes siguiente mostraba ligeras distorsiones en la capa



**Figura 6.** Ejemplo de punto negro creado en la interfaz lenticular, debido a una fibra posicionada en la superficie del cristal de contacto.

de Bowman. El resultado final 19 meses después fue excelente, con una AVsc de 20/16 y una refracción de +0,25 dioptrías de esfera (mejor agudeza visual corregida -MAVC- 20/16). Este caso es un ejemplo que demuestra que se puede tener un patrón de burbujas de femtosegundo extraño y obtener un resultado excelente, incluso en el primer día del postoperatorio.

La posibilidad de que los restos de meibomio contaminen la superficie del cristal de contacto es mayor si se requieren múltiples intentos de acoplamiento para lograr el centrado adecuado. Qiu y Yang (16) describieron un caso de múltiples puntos negros en la interfaz del lentículo causados por la necesidad



**Figura 7.** La presencia de meibomio en la película lagrimal alteró la formación del patrón de burbujas, dando lugar a una gran cantidad de puntos negros. Al día siguiente de la cirugía, la topografía era regular (derecha), pero había un *haze* grado I (centro).



**Figura 8.** Patrón de burbujas de femtosegundo mostrando una amplia región superior translúcida y otras pequeñas zonas de puntos negros en la interfaz lenticular. Este paciente fue reconvertido a LASIK para evitar la extracción de un lentículo irregular.

que repetir el acoplamiento en tres ocasiones, debido a la mala colaboración del paciente. Hubo una gran resistencia durante la separación de la interfaz, lo que provocó un astigmatismo irregular, descentramiento en la topografía y una pérdida de una línea de la MAVC a los 3 meses. La aparición de *black spots* también ha sido descrita por Ramírez-Miranda y cols. (17) que informaron de su presencia en el 3,75% de sus primeros 160 ojos tratados con SMILE.

Ahora seguimos un proceso de limpieza del cristal de contacto mucho más minucioso utilizando una nueva microesponja empapada con BSS. Sin embargo, en algunos casos, este proceso no consigue eliminar el meibomio, en cuyo caso debe utilizarse un nuevo cristal de contacto.

Hemos aprendido que a menudo no merece la pena arriesgarse a intentar extraer el lentículo si se producen manchas oscuras o zonas de translucidez en la interfaz. Nuestro protocolo actual consiste en abortar el SMILE y reconvertir a LASIK si se observan zonas translúcidas irregulares en la región central de la interfaz del lentículo.

La figura 8 corresponde a un paciente tratado para  $-5,25 -1,75 \times 9^\circ$  (MAVC 20/20), en el que había una gran región translúcida superior en la interfaz del lentículo, con otras manchas oscuras más pequeñas. Al ver esto, se detuvo el corte del LFS justo tras finalizar el corte de la interfaz del lentículo liberando la succión. Se reconvirtió a LASIK, con el mismo protocolo que para una pérdida de succión involuntaria. El nuevo plan de tratamiento LASIK se calculó utilizando un flap de  $90 \mu\text{m}$  (el grosor del cap del SMILE se había programado en  $119 \mu\text{m}$ ). Tres meses después de la intervención, la AVsc era de 20/20 con una refracción manifiesta de  $+0,75 -0,75 \times 179^\circ$  (MAVC 20/16). La topografía mostraba una zona óptica perfectamente centrada, amplia y regular. Subjetivamente, el paciente informó de que la recuperación visual había sido más lenta en



**Figura 9.** Ejemplo de un punto negro (*black spot*) periférico en la interfaz lenticular que se consideró como no relevante en términos visuales, por lo que se procedió a la extracción del lentículo.

este ojo en comparación con el otro, pero a los 3 meses el paciente informó de una visión equivalente y excelente en ambos ojos.

Sin embargo, en otros casos continuaremos con el SMILE si nuestro juicio clínico sobre el posible impacto de un punto negro en la interfaz del lenticulo es favorable. La figura 9 muestra un ejemplo de una zona translúcida en la periferia de la interfaz lenticular, revisando el patrón de burbujas antes de iniciar la separación de la interfaz. Como la mancha oscura estaba situada en la periferia, fuera del eje visual, se consideró insignificante desde el punto de vista clínico y el procedimiento continuó con normalidad. La interfase ofreció una mínima resistencia en esa zona, disecándose mediante pequeños mordiscos con el separador SMILE.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Agca A, Ozgurhan EB, Yildirim Y, et al. Corneal backscatter analysis by in vivo confocal microscopy: fellow eye comparison of small incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted LASIK. *J Ophthalmol* 2014; 2014: 265012.
2. Shah R, Shah S. Effect of scanning patterns on the results of femtosecond laser lenticule extraction refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 1636-1647.
3. Kunert KS, Blum M, Duncker GIW, et al. Surface quality of human corneal lenticules after femtosecond laser surgery for myopia comparing different laser parameters. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2011; 249: 1417-1424.
4. Hjortdal J, Vestergaard AH, Ivarsen A, et al. Predictors for the outcome of small-incision lenticule extraction for Myopia. *J Refract Surg* 2012; 28: 865-871.
5. Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, Kobashi H. Effect of femtosecond laser setting on visual performance after small-incision lenticule extraction for myopia. *Br J Ophthalmol* 2015; 99: 1381-1387.
6. Donate D, Thaëron R. Lower Energy Levels Improve Visual Recovery in Small Incision Lenticule Extraction (SMILE). *J Refract Surg* 2016; 32: 636-642.
7. Donate D, Albert O, Colliac JP, et al. Femtosecond laser: a micromachining system for corneal surgery. *J Fr Ophthalmol* 2004; 27: 783-789.
8. Ji YW, Kim M, Kang DSY, et al. Effect of Lowering Laser Energy on the Surface Roughness of Human Corneal Lenticules in SMILE. *J Refract Surg* 2017; 33: 617-624.
9. Ji YW, Kim M, Kang DSY, et al. Lower Laser Energy Levels Lead to Better Visual Recovery After Small-Incision Lenticule Extraction: Prospective Randomized Clinical Trial. *Am J Ophthalmol* 2017; 179: 159-170.
10. Lim DH, Keum JE, Ju WK, et al. Prospective contralateral eye study to compare 80- and 120-µm flap LASIK using the VisuMax femtosecond laser. *J Refract Surg* 2013; 29: 462-468.
11. Liu CH, Sun CC, Hui-Kang Ma D, et al. Opaque bubble layer: incidence, risk factors, and clinical relevance. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 435-440.
12. Kaiserman I, Maresky HS, Bahar I, Rootman DS. Incidence, possible risk factors, and potential effects of an opaque bubble layer created by a femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 417-423.
13. Lifshitz T, Levy J, Klemperer I, Levinger S. Anterior chamber gas bubbles after corneal flap creation with a femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 2227-2229.
14. Mastropasqua L, Caliendo R, Lanzini M, et al. Opaque bubble layer incidence in Femtosecond laser-assisted LASIK: comparison among different flap design parameters. *Int Ophthalmol* 2017; 37: 635-641.
15. Wu N, Christenbury JG, Dishler JG, et al. A Technique to Reduce Incidence of Opaque Bubble Layer Formation During LASIK Flap Creation Using the VisuMax Femtosecond Laser. *J Refract Surg* 2017; 33: 584-590.
16. Qiu PJ, Yang YB. Analysis and management of intraoperative complications during small-incision lenticule extraction. *Int J Ophthalmol* 2016; 9: 1697-1700.
17. Ramirez-Miranda A, Ramirez-Luquin T, Navas A, Graue-Hernandez EO. Refractive Lenticule Extraction Complications. *Cornea* 2015; 34 Suppl 10: S65-S67.

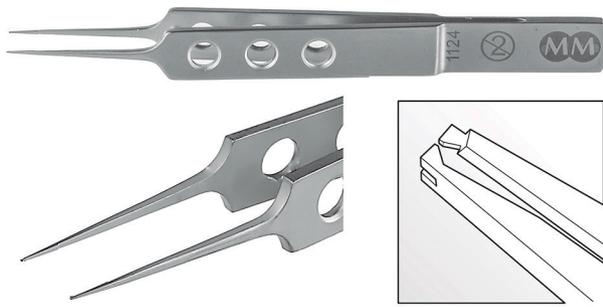
### 4.2.2.5. Instrumental quirúrgico en la cirugía SMILE

*Andrés López-Jiménez, Jorge L. Alió, Timothy Archer, Dan Reinstein*

El primer objetivo de este capítulo es describir el diseño final de los instrumentos utilizados en la cirugía SMILE, de modo que la técnica quirúrgica descrita más adelante, se entienda adecuadamente. Además, explicaremos los puntos relativamente débiles de los diseños de estos instrumentos. Para nuestra técnica quirúrgica SMILE, se necesitan 2 instrumentos: unas pinzas de dientes finos y un separador de lenticulos de Reinstein.

#### EL INSTRUMENTO QUIRÚRGICO ÓPTIMO PARA LA INMOVILIZACIÓN DEL OJO: LAS PINZAS DE DIENTES FINOS

Se trata de un instrumento estándar y no necesita modificaciones para su uso en SMILE (fig. 1). Las pinzas sujetan e inmovilizan el globo ocular durante la separación de las interfaces. En teoría podría emplearse



**Figura 1.** Pinzas de dientes finos (Malosa Medical MMSU1168) utilizada para inmovilizar el globo durante el procedimiento SMILE.

para la extracción del lentículo, pero hay que tener en cuenta que las pinzas ven comprometida su esterilidad tras la sujeción de la conjuntiva, por lo que se recomienda un segundo instrumento para este propósito.

Existe la opción de usar instrumental desechable como el MMSU1168, suministrado por Malosa Medical. Las dimensiones específicas del instrumento son:

- 1 x 2 dientes de 0,2 mm de altura y 0,15 mm de separación.
- Vástago de 15 mm con plataformas de atado de 7,2 mm.
- Mango de 80 mm.

Hemos optado por unas pinzas dentadas, debido a la firmeza necesaria para actuar contra la fuerza de separación de las interfaces. Sus dientes afilados atraviesan la conjuntiva y permiten sujetar la capa de Tenon para proporcionar un agarre más estable. La desventaja es que pueden desgarrar la conjuntiva. Es comprensible que los pacientes se preocupen si sus ojos están inyectados en sangre después de la intervención, por lo que se han probado también pinzas romas. En comparación, una pinza roma solo puede sujetar la propia conjuntiva, por lo que tiende a no proporcionar suficiente control y además, también pueden desgarrar la conjuntiva. En cualquier caso, un desgarro conjuntival no afectará al resultado refractivo, y su efecto es esencialmente cosmético, aparte de ocasionar posibles molestias. Muchos cirujanos de SMILE, sin embargo, optan por no utilizar ningún instrumento para controlar la posición del ojo durante la separación del lentículo. En cambio, el uso de un segundo instrumento permite al cirujano aplicar una fuerza contraria al separador de lentículos. La inmovilización del globo puede no ser necesaria con niveles de energía altos y un espaciamiento estrecho entre *spots*, pero es cada vez más importante cuando se emplean niveles de energía más bajos, ya que la resistencia durante la separación de la interfaz aumenta.

Permitir que el ojo esté móvil también puede provocar que se desplace fuera del campo de visión del microscopio, siendo más difícil seguir la secuencia de separación de manera precisa. También es de esperar por ello, que se requiera una mayor manipulación quirúrgica.

### EL INSTRUMENTO QUIRÚRGICO ÓPTIMO PARA LA SEPARACIÓN DE LENTÍCULOS: EL SEPARADOR DE LENTÍCULOS DE REINSTEIN

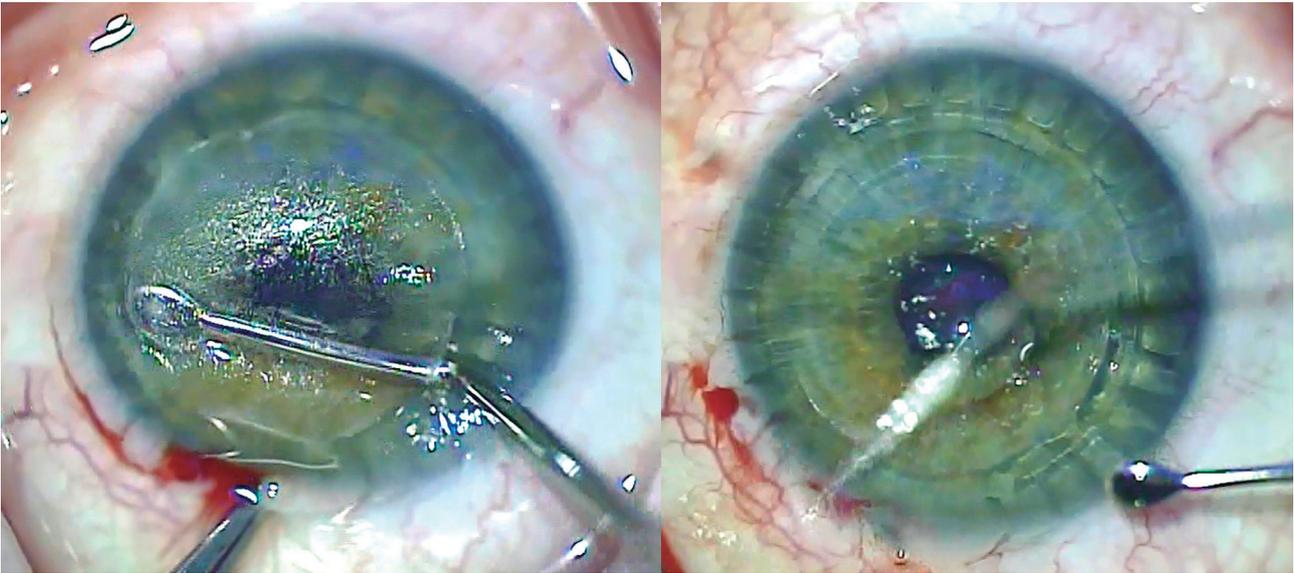
Esta herramienta permite realizar la técnica quirúrgica con un solo instrumento, entrando en el ojo una única vez a través de una incisión, con un solo barrido por plano, y tardando normalmente menos de 30 segundos en separar y retirar el lentículo. Esta técnica minimiza el riesgo de infección y el traumatismo mecánico de las interfaces estromales, mejorando la visión no corregida en el primer día del postoperatorio en comparación con otras técnicas.

Este instrumento específico puede ser desechable (Malosa) o reutilizable (Duckworth & Kent). Tiene un mango de 52 mm con un doble extremo: la punta tipo Sinskey se utiliza para abrir la incisión pequeña y abrir un pequeño bolsillo en las interfaces del cap y del lentículo, y el extremo bulboso se utiliza para separar ambas y extraer el lentículo (fig. 2). A partir de este momento, nos referiremos al instrumento como el separador de SMILE, y a los dos extremos como la punta de Sinskey y el bulbo separador. Las dimensiones específicas son las siguientes:

- Punta de Sinskey: gancho 0,22 mm x 2,00 mm. Es esencialmente la misma punta que la de un gancho Sinskey normal, salvo que es más larga (2 mm frente a 0,50 mm), para poder alcanzar fácilmente los bordes del lentículo. Este diseño reproduce el del disector y elevador ReLEx de Chansue, usado antes del desarrollo del separador de lentículos de Reinstein.

- Bulbo separador: punta de espátula de 1,20 mm x 2,00 mm. Su brazo es curvo (radio de curvatura de 8 mm), siguiendo el recorrido natural de la córnea y limitando la distorsión y el traumatismo en comparación con un instrumento de brazo recto. Esta curvatura es la misma que se ha utilizado en muchos instrumentos anteriores para la córnea, incluyendo elevadores de flaps para LASIK.

El brazo está orientado 90° con respecto al eje, de modo que al girar el separador, rotará en el mismo plano, concentrando así toda la fuerza en la



**Figura 2.** Las pinzas con dientes pueden causar hemorragias subconjuntivales, aunque también pueden ser provocadas por pinzas romas. Si esto ocurre, es importante irrigar la superficie corneal y lavar muy bien la interfase en caso de que se haya infiltrado sangre en ella.

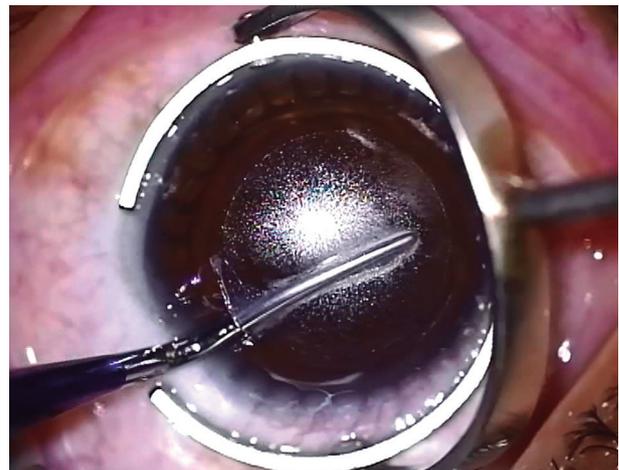
dirección del movimiento del brazo. El bulbo está diseñado para ser redondo y simétrico, con el bisel inclinado de arriba a abajo. La idea de emplear un instrumento con un extremo grueso y redondo, en lugar de una punta afilada y cónica, se tomó prestada del disector DALK de Tan. Las modificaciones del diseño de este disector consistieron en hacer los bordes intencionadamente romos y redondos, y en una forma de bulbo ovalado en lugar de un diámetro constante. El filo y la redondez fueron ajustados para lograr un equilibrio entre su capacidad de disección y el riesgo de dañar los tejidos. Los instrumentos demasiado afilados pueden crear una interfaz falsa o desgarrar tanto el lentículo como el cap. El hecho de que el bulbo sea relativamente grueso permite separar los puentes tisulares del estroma en lugar de cortarlos. La forma ovalada facilita su acción en todas las direcciones, realizando un barrido de manera circunferencial.

## OTRAS OPCIONES PARA LA INMOVILIZACIÓN DEL OJO

### Soporte de globo ocular con anillo de Thornton

Este instrumento se coloca sobre la parte blanca del ojo con la apertura de la C en la dirección de acceso a la incisión pequeña (fig. 3). A continuación,

el cirujano mantiene el ojo en posición empujando hacia abajo en dirección a la órbita. Sin embargo, nos dimos cuenta de que el anillo de Thornton no era un instrumento ideal por varias razones. En primer lugar, la presión creaba un exceso de lagrimeo y también ocasionaba desenfoque bajo el microscopio, dificultando la visualización. Sin embargo, su principal desventaja es que no puede ofrecer al cirujano el mismo nivel de control que unas pinzas dentadas. Es más, el anillo de Thornton se diseñó para realizar incisiones en la córnea, y no para la manipulación quirúrgica lamelar. Otra ventaja de



**Figura 3.** Anillo de Thornton siendo usado para inmovilizar el globo ocular durante un procedimiento SMILE. Se coloca de manera que la zona abierta de C coincida con las incisiones pequeñas.



**Figura 4.** Pinzas de fijación corneal de Nordan (Malosa Medical MMSU1442).

las pinzas de dientes finos, es que permite manipular el lentículo, ya sea extrayéndolo, o ayudando a distenderlo sobre la córnea cuando queremos comprobar su integridad. Ejerce, además, la contrafuerza en cualquier dirección de forma eficaz y precisa, mediante una combinación de empuje y tracción

### Pinzas de fijación corneal de Nordan

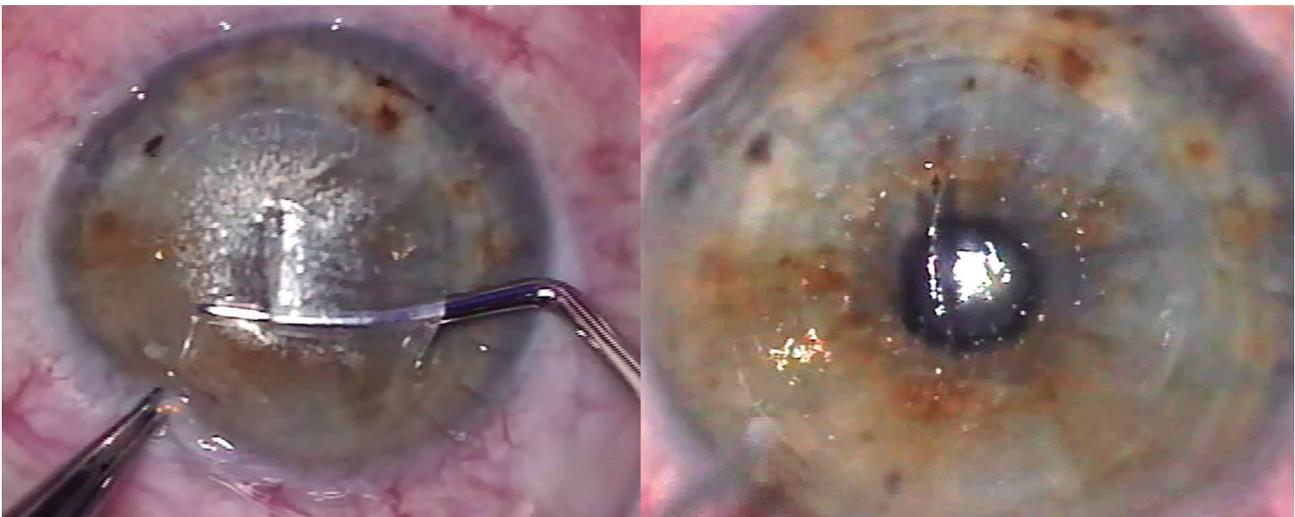
Después del anillo de Thornton, probamos a utilizar las pinzas de fijación corneal de Nordan, que tienen un cabezal curvo de agarre (fig. 4). Si bien esto supuso una mejora con respecto al de Thornton, había otras desventajas. Una pinza doble requiere una colocación más cuidadosa, lo que reduce la eficiencia, sobre todo si hay que recolocarla durante el procedimiento. Una pinza única también permite al cirujano aplicar una fuerza contraria al separador de lentículos con una mayor precisión. Otra desventaja es la cantidad de desgarros inducidos. Por último, el agarre no puede aplicarse en el lugar óptimo para los ojos con una distancia blanco-blanco más pequeña, porque los dos juegos de dientes están a una distancia fija.

## OTRAS OPCIONES PARA LA SEPARACIÓN DE INTERFACES EN SMILE

### Disector y elevador ReLex de Chansue (CRD)

Probablemente, el primer cirujano que se planteó seriamente el desarrollo de instrumentos quirúrgicos modificados para SMILE fue el Dr. Ekket Chansue. Su diseño original (desde entonces se han desarrollado otras versiones) fue el CRD, disponible en diferentes fabricantes. Esta herramienta tiene un gancho estilo Sinskey en un extremo, y una punta separadora de lentículos en el otro. El Dr. Chansue adaptó el gancho estándar de Sinskey aumentando la longitud de 0,5 a 2,0 mm, de modo que pudiera abarcar las interfaces del cap y del lentículo y crear bolsas para guiar la punta del separador. Ésta se diseñó curvada para adaptarse a la curvatura natural de la córnea y minimizar la distorsión y la tensión en el cap. La mayoría de los instrumentos SMILE que siguieron a éste han sido curvados. La punta del separador tiene un brazo circular que se estrecha y termina con una punta cónica semi-roma. La punta estrecha se ensancha progresivamente, facilitando la penetración en la abertura de la interfase y la entrada en el plano apropiado.

Esto supuso un gran avance respecto a un elevador de flaps de LASIK; sin embargo, la punta del separador era demasiado afilada. En SMILE, es importante que el instrumento separe solo las interfaces definidas por la burbuja y no genere falsos planos o cause desgarros en el lentículo o el cap por estar demasiado afilado (fig. 5).



**Figura 5.** Perforación central anterior utilizando el disector ReLex de Chansue (CRD). Esto demuestra la desventaja de utilizar instrumentos demasiado afilados. Estas complicaciones han inspirado el desarrollo de instrumentos romos de extremo ovalado en vez de en punta.

El otro inconveniente del CRD es que la punta era demasiado fina. Esto significa que la mayor parte de la fuerza para separar la interfaz se está aplicando únicamente en la dirección de empuje del instrumento. Por lo tanto, cada puente tisular se rompe de uno en uno. Una punta gruesa redonda y en forma de bulbo, por el contrario, proporciona fuerza perpendicularmente al eje del instrumento. Por este motivo, todos los instrumentos de SMILE posteriores se han alejado de la punta cónica y fina del CRD.

### Cuchara redonda de Femto-LASIK de Blum

Este instrumento, diseñado por el Dr. Marcus Blum, es curvo pero tiene un extremo redondo, en forma de cuchara, semiafilado, con el bisel hacia arriba (fig. 6). Un extremo redondo le permite aplicar la fuerza sobre una mayor superficie.

Fue modificado posteriormente por el Dr. Detlev Breyer (fig. 6), añadiendo una segunda punta para abrir la incisión y acceder a los bordes del lentículo. La diferencia con la mayoría de los demás instrumentos es que el gancho tiene un borde romo y otro ligeramente afilado. El Dr. Breyer también modificó la cuchara redonda de Blum, siendo el principal cambio la reducción del ángulo entre el brazo y el eje principal del instrumento, fijándolo en 90°. Este ángulo parece ser hacia el que convergen la mayoría de los separadores SMILE.

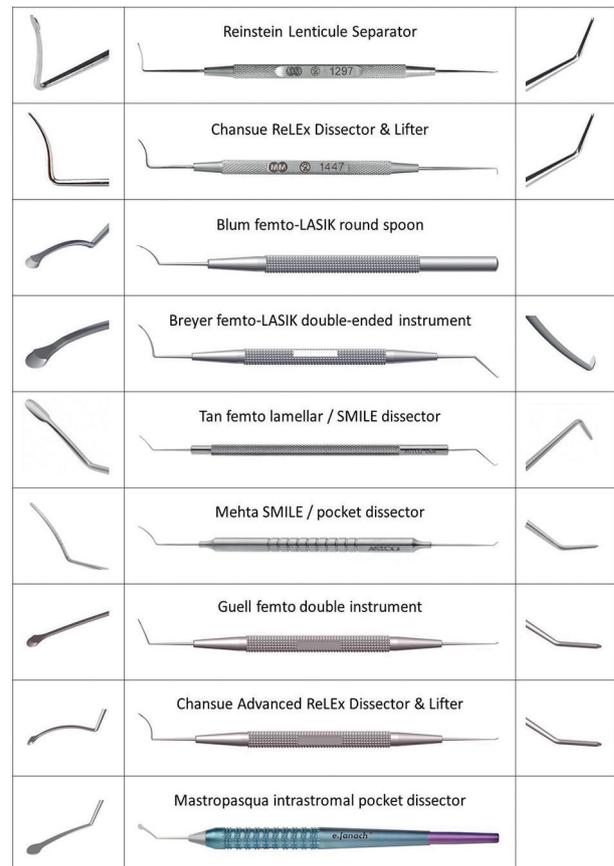
### Disector SMILE femto-lamelar de Tan

El instrumento desarrollado por el Dr. Donald Tan, comercializado por Asico, tiene la punta regular extendida tipo Sinskey en un extremo y una punta de espátula en el otro, de nuevo con un brazo curvado como se ha convertido en la norma. La punta de espátula gruesa es rectangular con bordes redondeados y una punta curvada. El único problema es que la forma rectangular no ofrece la misma funcionalidad de separación de la interfaz cuando se barre en sentido inverso que la que ofrece la forma ovalada.

### Disector SMILE/Pocket de Mehta

Este otro tipo de instrumento SMILE desarrollado por el Dr. Mehta, está también disponible en Asico.

Tiene el gancho de bolsillo estándar tipo Sinskey en un extremo y la punta separadora en el otro. La punta separadora se aleja de las puntas redondas tipo cuchara, siendo un gancho curvo alargado con forma constante hacia abajo del brazo que termina con una punta curvada (fig. 6). El brazo es intencionalmente grueso para poder utilizar su longitud para la separación de la interfaz. El avance consiste en incluir líneas láser en la superficie superior del brazo para ayudar a la identificación adecuada de los planos correctos y guiar al cirujano sobre el alcance del instrumento en relación con el tamaño del lentículo.



**Figura 6. Ejemplos de instrumentos que han sido diseñados específicamente para SMILE.** La mayoría de ellos tienen dos extremos, un gancho de Sinskey para abrir la incisión pequeña y el otro lado para separar las interfaces. El separador incluye un extremo ovalado y romo, que ayuda a separar las áreas que ofrezcan resistencia. El brazo separador es normalmente curvo para adaptarse mejor a la curvatura natural de la córnea, aunque varía según los diseños y en algunos puede ser recto. El brazo separador suele ser también grueso para poder ser utilizado junto al extremo ovalado para separar más fácilmente las interfaces.

### Doble instrumento de Femto de Güell

Diseñado por el Dr. José Güell, está disponible en Geuder (fig. 6). Tiene la punta estándar tipo Sinsky en un extremo y la separadora en el otro. La punta separadora es otra versión de una cuchara redonda roma simétrica, aunque demasiado afilada en nuestra opinión. Una diferencia con otros instrumentos es que el brazo es recto.

### Disector y elevador avanzado ReLEx de Chansue (CRD avanzado)

Basándose en la experiencia con los distintos instrumentos SMILE de punta de bulbo, el Dr. Chansue desarrolló su propia versión denominada CRD avanzado, fabricada por Geuder. Este instrumento cambió la punta cónica del CRD original por una redonda y roma en forma de cuchara (fig. 6), por las razones descritas anteriormente. Es muy similar al separador de lenticulos de Reinstein.

### Disector de bolsillos intraestromales para procedimiento SMILE de Mastropasqua

Este instrumento es de una sola punta, por lo que no incluye la punta Sinsky extendida. El disector de bolsillo está diseñado con una punta en forma de disco de 1,5 mm y ligeramente curvado como es habitual (fig. 6).

### PINZAS PARA LA EXTRACCIÓN DEL LENTÍCULO DE SMILE

Aunque se puede utilizar prácticamente cualquier pinza para extraer el lenticulo ya separado, hay varias opciones de pinzas diseñadas específicamente para este fin:

- Pinzas de Marcus Blum (1): unas pinzas de McPherson normales que han sido modificadas para tener bordes dentados.
- Pinzas de DSAEK de Tan (2): las puntas de las pinzas tienen algunas crestas para conseguir una mayor adherencia al lenticulo.
- Pinzas de Shah (3): se ha modificado un pequeño pelador de la membrana retiniana con un

mango de presión para mejorar el agarre del tejido con una punta dentada.

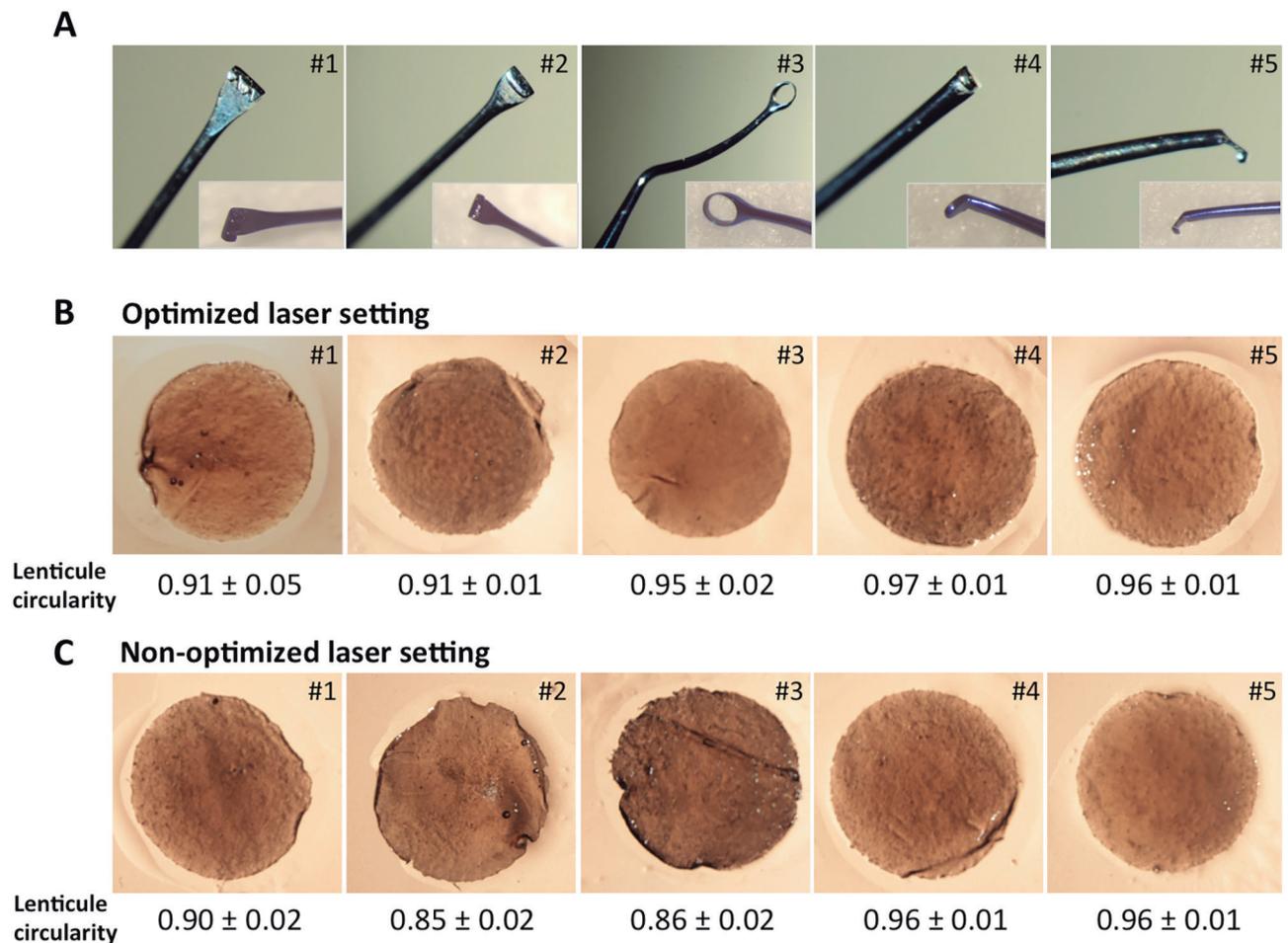
- Pinzas de Mastropasqua: son curvas con 3 x 2 dientes rectos y delicados en el extremo para asegurar el lenticulo.
- Pinzas de Morselli: son ligeramente curvas y tienen anillos circulares para agarrar el lenticulo.
- Pinzas de Surace: pinzas rectas con una punta inferior plana y rectangular y una punta superior en forma de U.
- Pinzas de Rizzo: tienen un brazo curvo con un extremo dentado tipo cocodrilo para agarrar el lenticulo.

### INSTRUMENTOS ADICIONALES DE SMILE

Uno de los retos a los que se han enfrentado los cirujanos de SMILE ha sido cuando se ha separado primero la interfaz del lenticulo, en lugar de la del cap. Cuando esto ocurre, se tienen dificultades para identificar la interfaz del cap, ya que se ha compactado contra la superficie estromal anterior. En algunos casos, se opta por abortar el procedimiento SMILE y reconvertir a queratectomía fotorrefractiva (PRK) o a LASIK. Otros casos, en los que los cirujanos han decidido continuar el procedimiento, pueden desembocar en una extracción incompleta del mismo debido a la dificultad de separar la interfaz del cap.

Se ha desarrollado una técnica sencilla y fiable utilizando la punta Sinsky del separador SMILE, para identificar la interfaz del cap en esta situación. Sin embargo, antes de su creación, se desarrollaron una serie de 5 instrumentos prototipo, denominados extractores de lenticulos (fig. 7). La eficacia de estos fue analizada por Liu et al. (4), mediante la evaluación de la circularidad e integridad de los lenticulos extraídos en ojos de cerdo. La punta de gancho en forma de garra resultó ser la mejor en cuanto a la facilidad cualitativa de la extracción, así como en cuanto al mantenimiento de la integridad del borde del lenticulo, según la microscopía electrónica de barrido. Aunque estos instrumentos no son ya necesarios para encontrar la interfaz del cap, pueden ser útiles para extraer restos de lenticulos que hayan podido quedar.

Hamed y Fekry han descrito otro instrumento único para encontrar las interfaces de los lenticulos (5). Describen el uso de un rotador de núcleos Bechert (Storz Ophthalmics), que tiene una punta en forma de Y, dise-



**Figura 7.** Imágenes de lenticulos extraídos, analizando su circularidad según los separadores de lenticulos utilizados y el uso o no de patrones de láser optimizados.

ñado para atrapar el borde del lenticulo entre sus dos extremidades. El borde capturado se empuja hacia arriba para crear un bolsillo fácilmente reconocible.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Sekundo W, Kunert KS, Blum M. Small incision corneal refractive surgery using the small incision lenticule extraction (SMILE) procedure for the correction of myopia and myopic astigmatism: results of a 6 month prospective study. *Br J Ophthalmol* 2011; 95: 335-339.
2. Mohamed-Noriega K, Riau AK, Lwin NC, et al. Early corneal nerve damage and recovery following small incision lenticule extraction (SMILE) and laser in situ keratomileusis (LASIK). *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014; 55: 1823-1834.
3. Shah R, Shah S. Effect of scanning patterns on the results of femtosecond laser lenticule extraction refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 1636-1647.
4. Liu Y-C, Pujara T, Mehta JS. New Instruments for Lenticule Extraction in Small Incision Lenticule Extraction (SMILE). *PLoS One* 2014; 9: e113774.
5. Hamed A, Fekry A. Refractive small-incision lenticule extraction: Push-up and push-down techniques. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 1713-1715.

### 4.2.2.6. Disección y extracción del lentículo

Dan Reinstein, Timothy Archer, Andrés López-Jiménez, Jorge L. Alió

Una vez finalizada la parte del procedimiento con VisuMax<sup>®</sup>, se coloca al paciente bajo el microscopio quirúrgico e inspeccionamos el resultado del tratamiento con láser. Esto aparecerá en la pantalla de tratamiento (derecha) como *paso 9 de 11, tratamiento: pasar a la posición de observación* (fig. 1). Nuestra preferencia es cambiar el aumento del microscopio a 1,0x para esta parte del procedimiento. Al igual que antes, al mover la camilla del paciente se apagará la luz del cono de tratamiento y se activará la iluminación ambiental de la lámina azul en la parte inferior del VisuMax<sup>®</sup>. Mientras mueve al paciente, el cirujano puede instilar 2 gotas de anestesia, preferiblemente en la parte superior de la córnea y la conjuntiva, ya que es donde se utilizarán los instrumentos. Una vez esté en posición, se cambiará automáticamente al *paso 10 de 11, tratamiento: cirugía* (fig. 2), y se mostrará una imagen del ojo justo antes de que se liberara la succión, para poder valorar el patrón de burbujas logrado por el láser de femtosegundo (LFS). La grabación de vídeo se detendrá si se pulsa *siguiente*, por lo que es importante no tocar ese recuadro hasta que se haya completado el procedimiento.

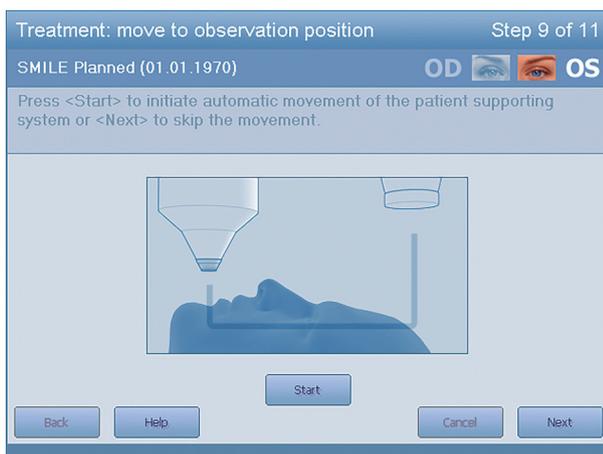
Tras inspeccionar el patrón de burbujas, se separarán manualmente las interfaces del cap y del lentículo, y se extraerá este último. El siguiente

protocolo describe la **técnica quirúrgica bimanual** desarrollada en la *London Vision Clinic* (Reinstein, Carp) y en el *Tilganga Institute of Ophthalmology* (Pradhan) a través de una experiencia colectiva de más de 7.500 procedimientos. La siguiente descripción también se aplica específicamente al uso rutinario de 2 incisiones, supero-temporal y supero-nasal. Esencialmente, se puede utilizar la misma técnica independientemente de la ubicación de la incisión.

La ventaja de esta técnica es que permite realizar el procedimiento **con un único instrumento**, entrando en el ojo una sola vez **a través de una incisión de 2 mm**, empleando solamente un barrido por plano y tardando normalmente menos de 30 segundos. Esta técnica minimiza el riesgo de introducir epitelio en la interfaz, además de reducir el riesgo de infección al usar únicamente un instrumento. También minimiza el traumatismo en las interfases estromales, mejorando la visión no corregida en el postoperatorio inmediato respecto a otras técnicas que requieren más manipulación corneal.

Antes de empezar, recuerde tomarse su tiempo; no debe estar presionado. El paciente no sabe cuánto tiempo va a durar el procedimiento.

El asistente entregará al cirujano los dos instrumentos SMILE, colocando las pinzas en la mano del



**Figura 1.** Visualización de la pantalla del software VisuMax<sup>®</sup> durante el paso 9 del tratamiento (mover al paciente a la posición de observación para retirar el lentículo usando el microscopio).



**Figura 2.** Visualización del paso 10 durante el tratamiento: extracción del lentículo. La pantalla de tratamiento (derecha) mostrará una imagen con el patrón de burbujas final inmediatamente antes de que la succión haya sido liberada.

lado nasal del cirujano (para el ojo que se está tratando) y el separador SMILE en la mano del lado temporal. Para los cirujanos que prefieren operar exclusivamente con su mano dominante, vale la pena someterse al proceso de entrenamiento de su otra mano para aprovechar las ventajas de una técnica bimanual.

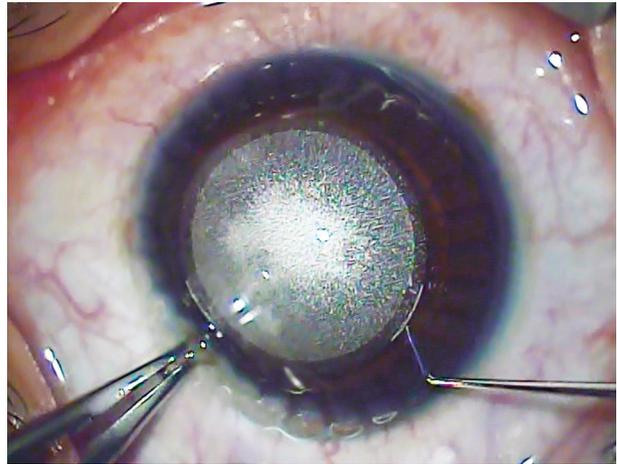
### SUJECCIÓN DEL OJO CON LAS PINZAS DENTADAS

El primer paso consiste en inmovilizar el globo ocular utilizando las pinzas de dientes finos, a través de la conjuntiva para sujetar la Tenon en el limbo supero-nasal (fig. 3). Buscaremos alcanzar la capa de Tenon, proporcionando así un agarre más estable. Esta firme sujeción es necesaria y se mantiene durante todo el procedimiento para proporcionar una fuerza contraria durante la separación y para la inmovilización de la córnea. Las pinzas atraumáticas para la conjuntiva son menos útiles en este caso, ya que no proporcionan tanta estabilidad. Esto debe realizarse con la mano del lado nasal, puesto que la mano temporal se empleará para la liberación y extracción del lentículo, así garantizamos una mayor accesibilidad y menor obstrucción por la nariz y la ceja. El agarre debe estar a  $90^\circ$  con respecto a la incisión pequeña para maximizar la contrafuerza efectiva.

### APERTURA DE LA INCISIÓN PEQUEÑA SUPERO-TEMPORAL

Para mayor claridad, a lo largo de la siguiente descripción de la técnica de separación del lentículo, los términos superior e inferior, nasal y temporal, se referirán a las regiones anatómicas oculares respecto a nuestra visión frontal a través del microscopio. En concreto, los términos superior e inferior no se utilizarán en relación con las interfaces del lentículo dentro del estroma. Tal y como se ha hecho anteriormente, usaremos los términos interfaz del lentículo para la interfaz refractiva inferior o profunda, e interfaz del cap para la interfaz plana superior o superficial.

Las dos incisiones pequeñas de 2 mm deben ser claramente visibles, una en cada cuadrante supero-nasal y supero-temporal del ojo. Con la punta de



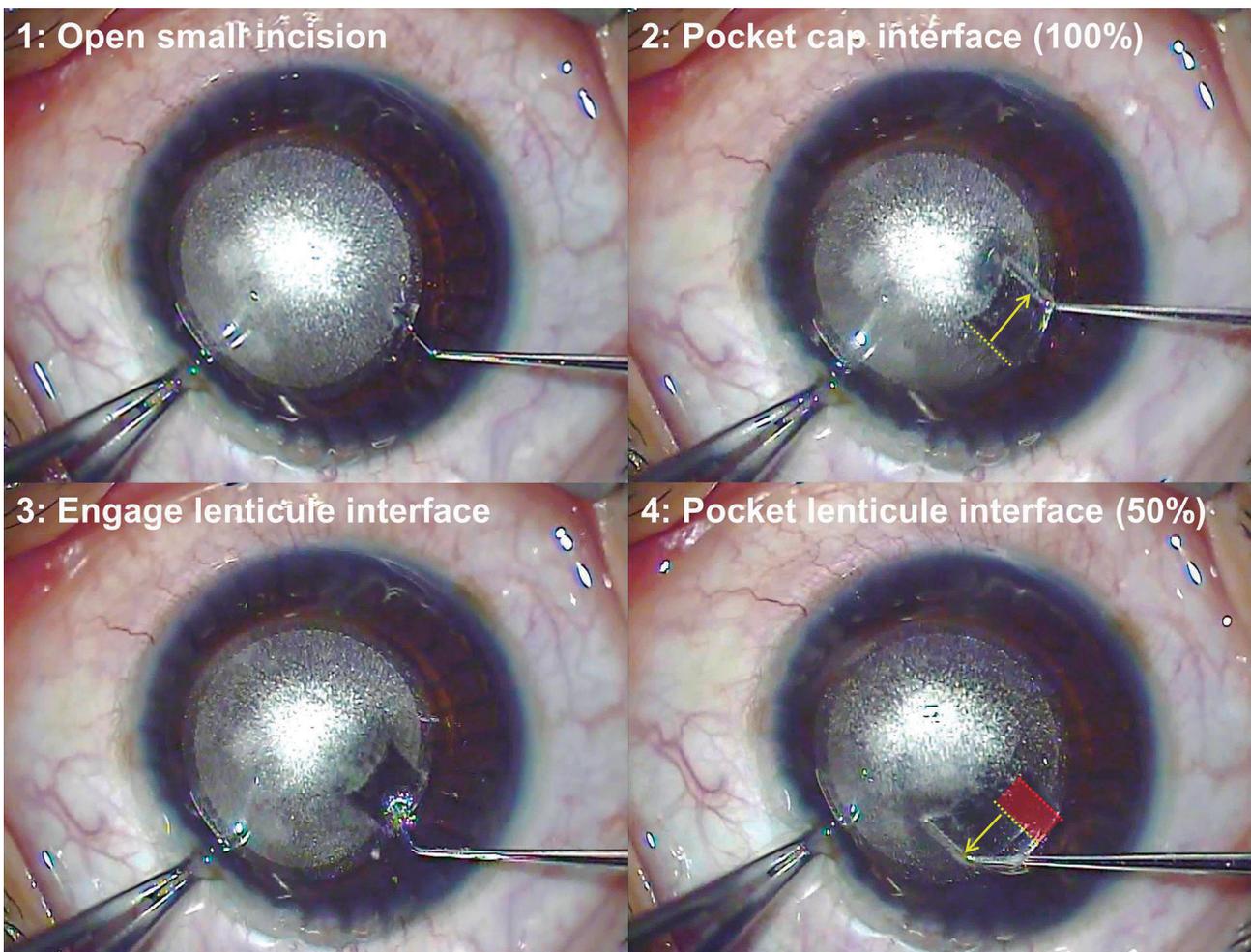
**Figura 3.** Inmovilización del globo ocular con las pinzas agarrando firmemente la capa de Tenon a través de la conjuntiva. La contrafuerza se realizará a  $90^\circ$  de la entrada a través de la incisión pequeña para poder ejercer bien la contrapresión al instrumento separador.

Sinsky, el cirujano debe primero marcar y abrir la incisión supero-temporal (paso 1, fig. 4).

Sin salirse de la interfaz, la punta de Sinsky se introduce en la incisión y se gira ligeramente hacia arriba para pasar por encima del borde de corte lateral del lentículo y así crear una pequeña bolsa en la interfaz del cap a lo largo de toda la incisión (paso 2, fig. 4). Esto se lleva a cabo mediante un giro hacia arriba de la punta de Sinsky para asegurarse de que se acopla a la interfaz del cap, y no a la del lentículo. La longitud completa de 2 mm de la punta Sinsky puede introducirse hasta el límite del eje del instrumento.

A continuación, la punta de Sinsky se emplea para marcar suavemente el borde del corte lateral del lentículo (paso 3, fig. 4), excavando bajo él y abriendo una pequeña bolsa de la interfaz del lentículo sobre el lecho estromal (paso 4, fig. 4). Un ligero giro hacia abajo de la punta de Sinsky ayuda a enganchar la interfaz del lentículo. Esto se realiza solo en la mitad superior de la longitud de la incisión de 2 mm para ayudar a guiar el bulbo del separador hacia la interfaz del cap en el siguiente paso y evitar entrar primero en la interfaz lenticular.

Originalmente, se pensaba que era una complicación quirúrgica si se separaba primero la interfaz del lentículo debido a la dificultad o incapacidad de acceder posteriormente a la interfaz del cap. A lo largo de nuestra experiencia hemos desarrollado una técnica muy sencilla para encontrar la interfaz



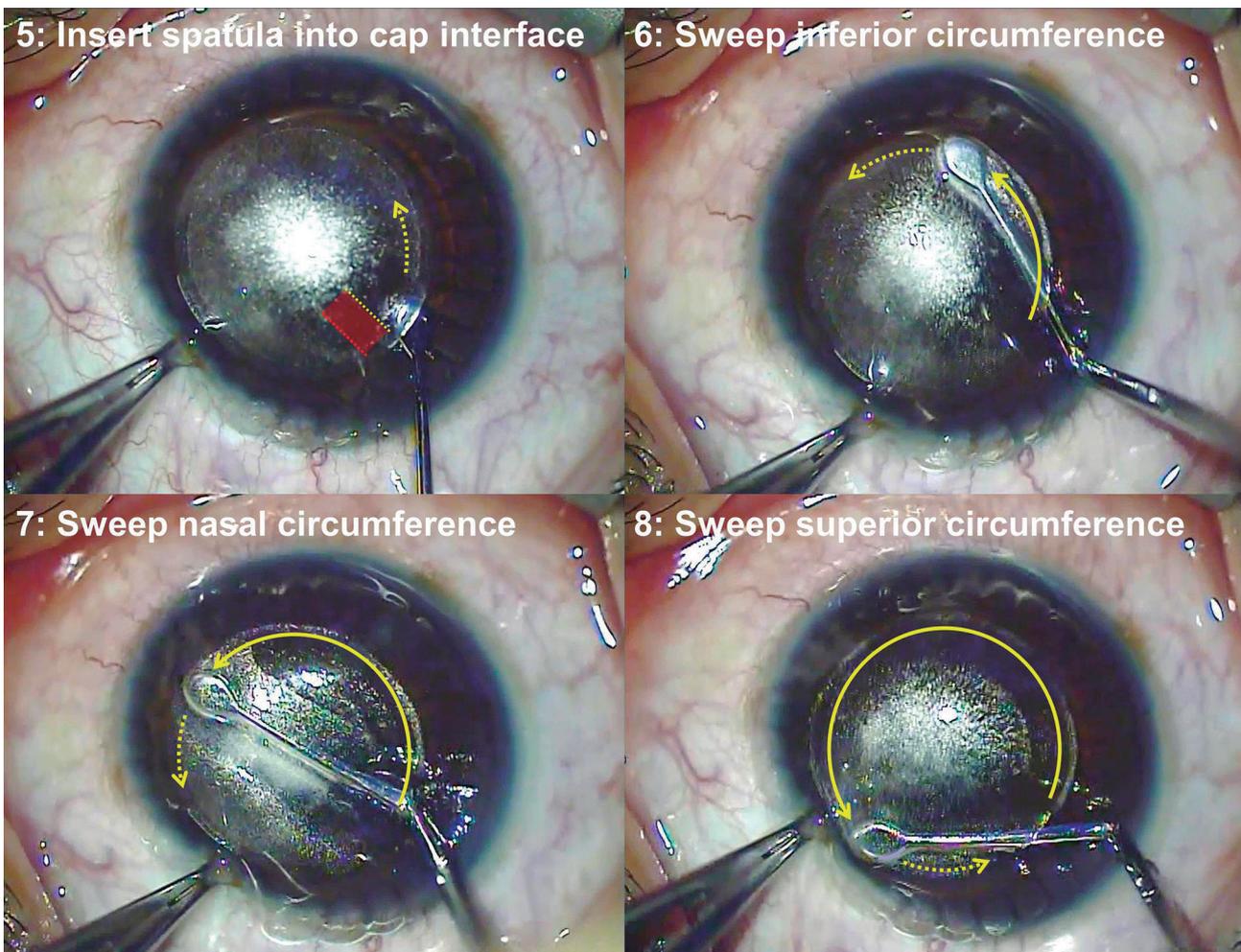
**Figura 4.** Secuencia de pasos para abrir la incisión pequeña y realizar un bolsillo en la interfaz del cap y del lenticulo. (1) Se abre la incisión pequeña usando la punta de Sinskey. (2) Se inserta la punta de Sinskey, ligeramente torcida hacia arriba para entrar en la interfaz del cap y crear un bolsillo a lo largo de la longitud de la incisión. (3) Se usa la punta de Sinskey para marcar y penetrar en la interfaz lenticular, usando un ligero movimiento hacia abajo. (4) Se inserta la punta de Sinskey y se crea un bolsillo en la interfaz del lenticulo, pero sólo en la mitad superior de la longitud de la incisión. Esta técnica ayuda a guiar el bulbo separador en la interfaz del cap, evitándonos entrar primero inintencionalmente en la interfaz lenticular.

del cap si se disecciona primero la cara posterior que la anterior del lenticulo. En estos casos, con la ayuda de un gancho de Sinskey o una espátula de LASIK, se debe de ir a la extrema periferia de la zona diseccionada por el LFS para encontrar la interfase anterior y, de esa manera, con un instrumento fino y largo, iniciar la disección del mismo. Por lo tanto, consideramos esta situación como parte del procedimiento rutinario y no como una complicación. La única razón por la que seguimos prefiriendo separar primero la interfaz del cap es para tener que introducir la punta Sinskey una sola vez, mientras que, si se separara primero la interfaz del lenticulo, tendríamos que utilizar la punta Sinskey una segunda vez para encontrar la interfaz del cap.

### TÉCNICA QUIRÚRGICA DE SEPARACIÓN DE LA INTERFAZ DEL CAP

Ahora se da la vuelta al separador SMILE y se introduce el bulbo en la incisión, en sentido inferior (paso 5, fig. 5). Al introducirlo en la mitad inferior de la incisión, donde sólo se ha separado un bolsillo en la interfaz del cap, el instrumento deberá deslizarse fácilmente en ella.

La interfaz del cap se separa, preferiblemente en un único barrido iniciado empujando el bulbo inferiormente a lo largo del borde temporal del cap y siguiendo toda la circunferencia del borde del cap, permitiendo que el tronco del separador diseque suavemente los puentes de la interfaz en la zona



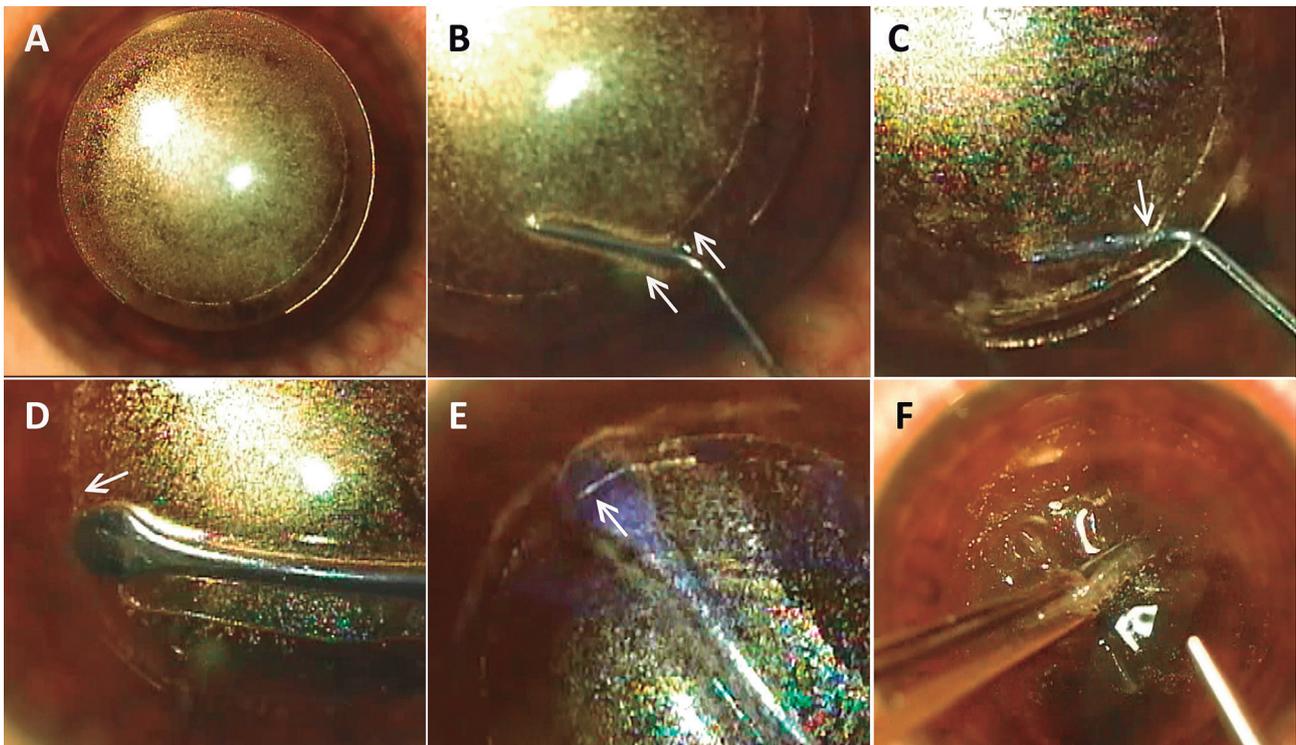
**Figura 5. Secuencia de separación de la interfaz del cap.** (5) Insertar el bulbo separador en la mitad inferior de la incisión pequeña, donde hemos realizado un bolsillo únicamente en la interfaz del cap. (6) Empezar a realizar la separación de dicha interfaz de manera circular. (7) Continuar la separación, permitiendo que el brazo del instrumento abarque la zona central. En todas estas maniobras, utilizaremos las pinzas estabilizar el globo. (8) Separar por último la zona superior de la interfaz del cap. Ahora que el separador se aleja de las pinzas, deberemos cambiar la dirección de la contrafuerza ejercida por las pinzas, alejándolas del separador para mantener el ojo estable. La periferia también debe ser bien barrida. De esta manera, se separa la interfaz del cap en un único barrido, siempre y cuando los parámetros de energía y tamaño del spot hayan sido suficientemente óptimos.

central (pasos 6 a 8, fig. 5). A lo largo de este movimiento, la otra mano con las pinzas dentadas está contrarrestando la fuerza que ejercemos.

Al separar esta primera interfaz, es bueno confirmar que el instrumento está en la interfaz del cap como se pretendía, o si el instrumento ha entrado inadvertidamente en la interfaz del lentículo. El indicio visual más evidente es que las burbujas de la interfaz del cap pueden verse por encima del instrumento si éste se encuentra en la interfaz del lentículo. Otro punto de referencia útil es el borde del lentículo, visible como un anillo blanco; al insertar el instrumento, el anillo blanco estará oculto si el instrumento está en la interfaz del cap, o el anillo

blanco seguirá siendo visible si el instrumento está en la interfaz lenticular (fig. 6) (1). Si el instrumento ha entrado en la interfaz lenticular, no hay motivo de preocupación: debe seguir separando esta capa como se ha descrito y, a continuación, utilizar la técnica de recuperación de la interfaz para acceder a la interfaz del cap.

Si la separación es un poco más difícil en algunas zonas, es necesario el juicio quirúrgico para decidir la fuerza y el tamaño de las maniobras necesarias para separarlas con la menor cantidad de torsión y traumatismo para el estroma corneal. La facilidad con la que se puede realizar la separación dependerá de los ajustes de energía y de espacio entre



**Figura 6.** (A) El anillo blanco del corte lateral del lenticulo es visible como un círculo completo. (B) El anillo blanco (flechas) es posterior al instrumento, confirmando que hemos entrado en la interfaz del cap. (C) Aquí, por el contrario, está anterior, por lo que estamos en la interfaz lenticular. (D) La posición del bulbo separador en la interfaz del cap puede ser confirmada por la posición del anillo blanco posterior al mismo. (E) El anillo blanco es anterior al bulbo, por lo que estamos en la interfaz lenticular. (F) Extracción del lenticulo final (1).

puntos utilizados. Si encuentra que no es posible llevar a cabo esta separación con un solo barrido, es probable que los ajustes del láser deban ser optimizados con ayuda de Carl Zeiss Meditec.

### TÉCNICA QUIRÚRGICA PARA LA SEPARACIÓN DE LA INTERFAZ LENTICULAR

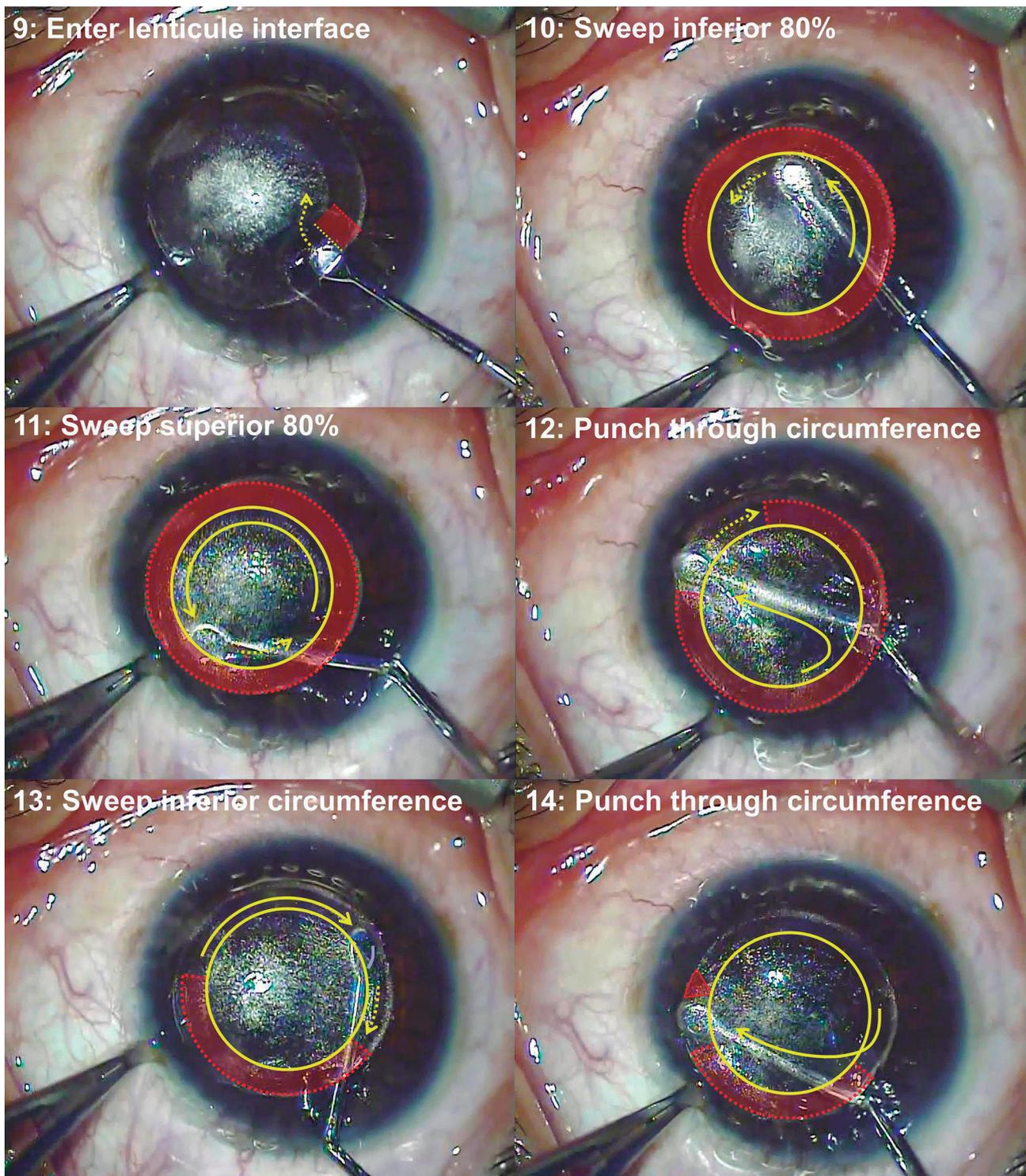
Al final del barrido del bulbo separador alrededor de la circunferencia de la interfaz del cap, la punta del instrumento terminará en el extremo superior de la incisión (habiendo comenzado en la mitad inferior). A continuación, el instrumento debe retirarse fuera del diámetro del lenticulo, pero permaneciendo dentro de la interfaz del cap (sin permitir que el bulbo salga de la herida corneal) (paso 9, fig. 7). Posteriormente, empuje el bulbo por debajo y dentro de la interfaz del lenticulo a través de la bolsa previamente disecada en la mitad superior de la incisión pequeña.

La separación de la interfaz lenticular se ejecuta de forma similar, con la salvedad de que la otra interfaz ya está desprendida y suelta. Al separar la interfaz del cap, la fuerza del instrumento trabaja contra

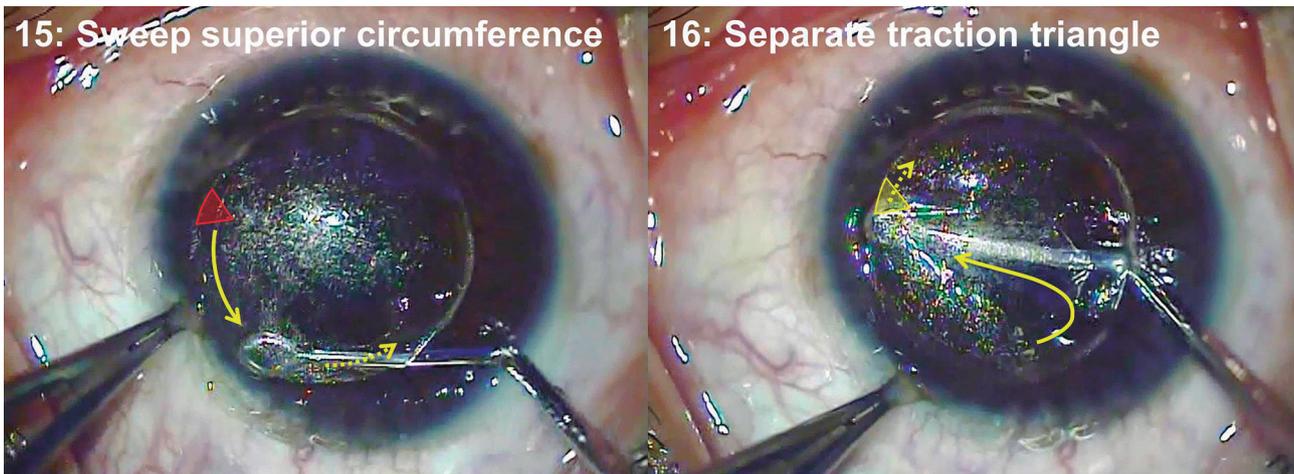
la estabilidad adhesiva proporcionada por la interfaz del lenticulo no separada, además de la contrafuerza proporcionada por la pinza. Por el contrario, un solo barrido alrededor de toda la circunferencia de la interfaz del lenticulo haría que el lenticulo se aflojara, dificultando cada vez más la separación debido a la falta de contrafuerza. La interfaz lenticular también es ligeramente más difícil de separar, al estar más profunda en la córnea. Por todo esto, **la técnica quirúrgica se divide en 4 etapas para garantizar que haya partes de la interfaz del lenticulo sin separar hasta el final de la disección** para proporcionar tracción contra la fuerza del instrumento.

1. En primer lugar, se traza un movimiento circular del bulbo del separador alrededor de la interfaz del lenticulo, justo dentro del borde del lenticulo (alrededor del 80% del diámetro) (pasos 10 y 11, fig. 7). Esto deja un borde circular de lenticulo adherido al lecho. En efecto, se está desgranando la unión de la interfaz lenticular, intentando hacerlo en un barrido circular suave, con el bulbo terminando de nuevo en la pequeña incisión.

2. El bulbo separador se utiliza entonces para penetrar el borde circular del lenticulo unido al lecho



**Figura 7. Secuencia de pasos para separar la interfaz lenticular.** (9) El bulbo separador ha vuelto a la incisión pequeña. Sin salir de la misma, es empujado inferiormente hacia el bolsillo abierto en la interfaz lenticular en la zona superior de la incisión. (10) El bulbo separador barre de manera circular la zona central inferior abarcando un 80% del total, dejando un anillo circular periférico. Este anillo del lenticulo no separado (círculo rojo) nos conferirá contra-tracción. (11) Separación de zona central superior. (12) Se penetra en el anillo periférico en zona contrapuesta a la incisión pequeña. (13) Se barre la zona inferior de la periferia, usando el reverso ovalado del bulbo separador (azul). (14) Se coloca de nuevo en la zona periférica contrapuesta a la incisión pequeña, pero dejando un triángulo pequeño sin separar. Esto nos servirá de contra-tracción (triángulo rojo).



**Figura 7 (continuación).** Secuencia de pasos para separar la interfaz lenticular. (15) El bulbo separador disecciona la circunferencia superior de la interfaz lenticular. (16) Por último, liberamos el triángulo de interfaz que hemos dejado en el paso 14.

de forma infero-nasal, justo enfrente de la incisión pequeña (pasos 12 y 13, fig. 7). El bulbo entonces gira alrededor de la circunferencia inferior del lentículo y sube hacia la incisión, para separar la mitad inferior del borde circular del lentículo adherido.

3. A continuación, el bulbo del separador se introduce a través del borde circular del lentículo adherido 1 mm inferior de la zona ya separada de este borde circular (paso anterior) (pasos 14 y 15, fig. 7). Esto deja un pequeño sector periférico (normalmente en forma de triángulo) para que actúe como fijación para proporcionar contra-tracción a las maniobras para separar la mitad superior del borde.

4. Una vez separado el borde superior, se liberará el triángulo de tracción dejado anteriormente en la región infero-nasal (paso 16, fig. 7).

## EXTRACCIÓN DEL LENTÍCULO

El lentículo estará ahora completamente libre y listo para su extracción. La técnica que explicaremos fue desarrollada por el Dr. Kishore Pradhan. Sin que el bulbo separador salga de la córnea, se lleva por encima del lentículo suelto de la interfaz y se desplaza hacia la región infero-nasal (paso 17, fig. 8). Posteriormente, se gira y se empuja suavemente hacia abajo sobre el lentículo para atraparlo (paso 18, fig. 8). A continuación, el bulbo del separador se mueve de manera circular alrededor de la circunferencia superior, arrastrando el lentículo hacia la incisión y, finalmente, hacia fuera (paso 19, fig. 8). Este movimiento hará que el lentículo se agrupe por delante del barrido del instrumento. Este proceso

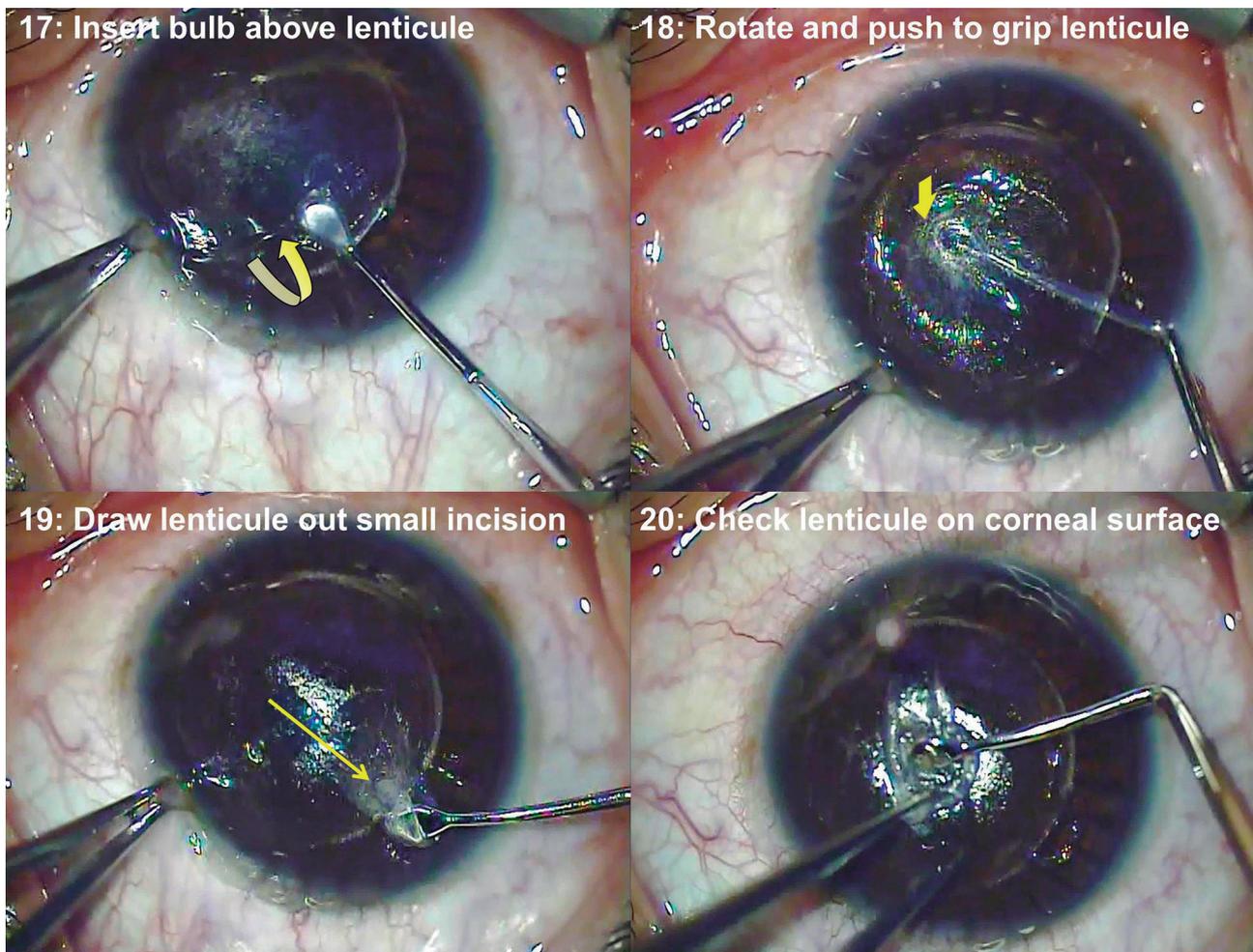
puede requerir de 2 a 3 barridos para llevar todo el lentículo hacia arriba y fuera de la incisión. También se puede utilizar una pinza para la extracción final una vez que parte del lentículo haya quedado expuesto fuera de la incisión, por lo que sólo un instrumento habrá entrado en la interfaz.

Si existiera alguna dificultad para manipular el lentículo hasta la incisión primaria, una alternativa es empujar el lentículo fuera a través de la segunda incisión de reserva, desde donde se puede extraer con pinzas. En la actualidad, la incisión de reserva casi nunca es necesaria para la extracción, pero está disponible en caso necesario.

Una tercera opción es usar la técnica original de extracción del lentículo, que consiste en insertar una segunda pinza estéril en la incisión para agarrar y extraer el lentículo (no se deben emplear las pinzas de dientes finos ya usadas para inmovilizar el globo, ya que han tocado la conjuntiva). Sin embargo, esta es, en nuestra opinión, la opción menos preferible, pues implica la introducción de un segundo instrumento en la interfaz.

## COMPROBACIÓN DE LA INTEGRIDAD DEL LENTÍCULO

**Antes de desechar el lentículo extraído, es extremadamente importante comprobar su integridad** para asegurarse de que no se han producido astillas, desgarros o que hayamos dejado fragmentos dentro de la interfaz (2,3). La forma más sencilla de hacerlo es colocar el lentículo ya extraído sobre la córnea, para revisarlo con el microscopio quirúrgico



**Figura 8. Secuencia de pasos quirúrgicos para extraer el lenticulo con el bulbo separador.** (17) El bulbo ha vuelto a la incisión pequeña tras finalizar la separación de la interfaz lenticular. Sin salir de ella, volvemos a la zona por encima del lenticulo. (18) El separador es rotado y empujado hacia abajo con cuidado para atrapar y arrastrar el lenticulo. (19) El lenticulo es arrastrado fuera la córnea. (20) Una vez extraído, con unas gotas de BSS, se extiende sobre la córnea para comprobar su integridad y redondez.

(paso 20, fig. 8). Si se considera que está incompleto, el cirujano deberá repasar inmediatamente la interfaz. También debemos verificar la calidad y la suavidad de la superficie del lenticulo, prestando especial atención a la presencia de ondulaciones. Esta comprobación sobre la córnea significa que este proceso y la integridad del lenticulo han sido captados por la grabación de vídeo de VisuMax®, con sus implicaciones médico-legales.

Las pinzas pueden ahora liberar el globo ocular y utilizarse para ayudar a desenmarañar el lenticulo del instrumento separador. El asistente intercambiará el separador SMILE por la cánula de la cámara anterior con la jeringa llena de BSS, que el cirujano usará para colocar unas gotas sobre el lenticulo. A continuación, el cirujano lo desplegará bimanualmente con las pinzas y la cánula. Si se detecta alguna irre-

gularidad en el lenticulo, el cirujano puede volver a introducir el bulbo del separador en la interfaz para eliminar posibles restos o fragmentos.

Al final del procedimiento, a veces pueden quedar burbujas de aire en la interfaz. Aunque éstas no afectan negativamente al resultado final, pueden reducir ligeramente la visión inmediatamente después de la intervención. Estas burbujas de aire pueden eliminarse manipulando la superficie corneal para empujarlas hacia fuera a través de la incisión pequeña.

El lenticulo puede retirarse del campo con las pinzas y colocarse en la lámina preparada previamente en el carro quirúrgico, debajo de la etiqueta del ojo que responde. Estas láminas se mantienen a un lado en el quirófano hasta el final de la jornada quirúrgica, tras la cual le serán instiladas una gota de colorante de fluoresceína y serán grabadas en vídeo.

## CUÁNDO SÍ Y CUÁNDO NO IRRIGAR LA INTERFAZ

En los tiempos iniciales de SMILE, se irrigaba la interfaz por defecto basándose en el protocolo quirúrgico rutinario de LASIK. En primer lugar, la irrigación se realiza en el LASIK para expulsar cualquier resto de la superficie del lecho estromal tras la ablación con el láser excímer. Por el contrario, hay pocas razones para que haya restos en la interfaz de SMILE, especialmente si se utiliza la técnica de un solo instrumento y una sola entrada. El otro objetivo de la irrigación en el LASIK es hacer flotar el flap. Sin embargo, el efecto secundario de la irrigación es la sobrehidratación e hinchazón del tejido, lo que hace que el flap se engrose y se contraiga, a veces de forma asimétrica, dejando un canal alrededor del borde del flap. Si se procede a la reposición del flap con un flap sobrehidratado, el epitelio invadirá la zona del canal, impidiendo así que el flap vuelva a su posición original al secarse, lo que conlleva la formación de micropliegues y al crecimiento interno del epitelio. Esta es la razón por la que la irrigación debe reducirse al mínimo en el LASIK, y el cirujano debe esperar a que el flap se haya secado para que el reposicionamiento sea perfecto.

En SMILE, si bien es importante alisar la capa del cap, este ya se encuentra en una posición fija, por lo que el objetivo es la redistribución y no el reposicionamiento. Por lo tanto, no es necesario irrigar para hacer flotar al cap. De hecho, la irrigación de la interfaz SMILE dificultará el proceso de redistribución, ya que el cap se sobrehidratará y se puede distorsionar. Además, como solo hay una pequeña incisión por la que drena el líquido, es más probable que la irrigación en SMILE sobrehidrate el cap. Si la redistribución del cap se realiza con un cap hidratado, esto puede dar lugar a una mala colocación después de que éste se haya secado, al igual que en el caso del LASIK.

Liu y cols. (4) investigaron el efecto de la irrigación de la interfaz SMILE en ojos de conejo, 8 ojos con irrigación y 8 sin ella. También repitieron este estudio en LASIK con otros 16 ojos de conejo. No se produjeron cambios significativos en el grosor de la córnea. Sin embargo, la microscopía confocal *in vivo* a las 8 horas del postoperatorio mostró que la reflectividad de la interfaz era mayor en el grupo de SMILE con irrigación en comparación con los otros 3 grupos. La histología también reveló la presencia de

bolsas de líquido en la interfaz con colágeno ondulado. Concluyeron que el uso de la irrigación en el SMILE puede ser un factor que contribuya a retrasar la recuperación visual tras el procedimiento.

Por lo tanto, hay pocas razones de peso para irrigar la interfaz de SMILE como parte del procedimiento rutinario para cada paciente. La única razón es si hay sangre o restos visibles en la interfaz, en cuyo caso deben limpiarse, por supuesto, mediante irrigación. Algunos cirujanos aconsejan la instilación de gotas de antibióticos y/o esteroides en la interfaz para reducir el riesgo de inflamación e infección. Si se realiza, todas las gotas deben ser libres de conservantes, ya que pueden causar una leve reacción inflamatoria o tóxica en la interfaz. Nuestra preferencia es evitarlo puesto que no hemos visto un beneficio real.

## INSTILACIÓN DE GOTAS OCULARES Y RETIRADA DEL ESPÉCULO

Una vez finalizado el procedimiento, debe imprimirse el protocolo de tratamiento para incluirlo en el historial médico del paciente. Haga clic en *siguiente* en la pantalla de tratamiento (derecha) para pasar al *paso 11 de 11*, titulado *tratamiento: informe de tratamiento*, que detendrá automáticamente el sistema de grabación de vídeo. Aparecerá un mensaje de advertencia indicando que «*el paquete de tratamiento se desprenderá*» para recordarle que debe coger el cristal de contacto cuando se suelte y evitar que caiga sobre el paciente.

Se administra una gota de anestesia para mayor comodidad del paciente y para que el cirujano compruebe la posición del cap en la lámpara de hendidura al final del procedimiento. A continuación, se instilan los antibióticos y antiinflamatorios.

Para retirar el espéculo, el dedo índice de la mano del lado nasal se coloca en la hoja superior del espéculo para mantenerlo firme mientras la mano del lado temporal gira suave y lentamente el mango. Una vez que el espéculo está suficientemente cerrado, el dedo índice del lado nasal se coloca en el hueso de la ceja y se tira hacia arriba para levantar el párpado superior mientras la mano del lado temporal libera la hoja del espéculo de debajo del párpado. Una vez liberado el párpado superior, el espéculo sale naturalmente de debajo del párpado inferior.

## PREPARACIÓN DEL SEGUNDO OJO

Una vez completado el primer ojo, se pueden hacer los preparativos para tratar el segundo. A continuación, se enumeran las acciones necesarias durante el período de transición:

- Cargue el tratamiento para el segundo ojo del paciente en la pantalla de tratamiento (derecha).
- Cierre el primer ojo colocando suavemente una de las tiras preparadas de cinta adhesiva.
- Retire suavemente la cinta adhesiva del segundo ojo.
- Realice la doble comprobación verbal de qué ojo se va a tratar.
- Abra el segundo paquete de tratamiento y coloque el cristal de contacto en el VisuMax® para que comience la calibración.
- Mueva la camilla hacia el cono de tratamiento y ligeramente hacia el otro lado para estar en posición de tratar el segundo ojo.
- Instile gotas de anestesia en el segundo ojo.
- Introduzca el espéculo en el segundo ojo.

## TINCIÓN DE FLUORESCÉINA CON LÁMPARA DE HENDIDURA PARA LA EVALUACIÓN DEL CAP

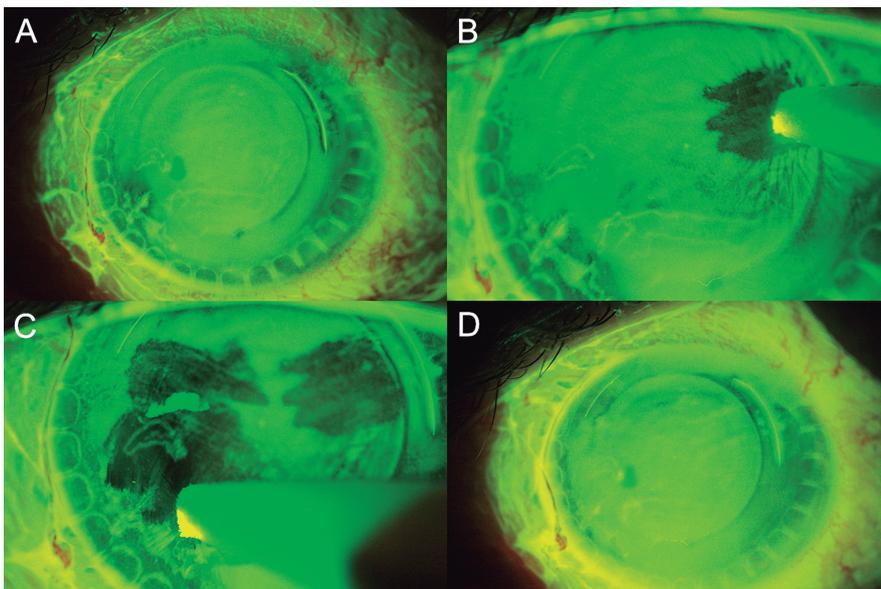
Para permitir que el paciente se ponga de pie, la camilla del paciente tiene que ser movida a la posición de salida a 45° con respecto a la de tratamiento. Una vez que el paciente esté listo y recompues-

to, llévelo a la lámpara de hendidura del quirófano para la revisión final del cap.

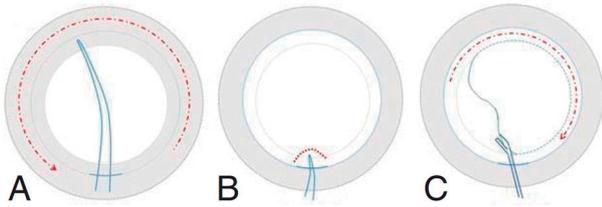
Como el cap en SMILE se fija en su sitio, no es necesario reubicarlo como en el caso de un flap LASIK; sin embargo, es necesario redistribuir el cap debido al desajuste de longitud entre el cap y el lecho estromal. Este desajuste proviene de la diferencia entre la longitud del cap en comparación con la longitud relativamente acortada del lecho tras la eliminación del lenticulo refractivo (es decir, el lecho es ahora una cuerda a través de la curvatura original).

La comprobación del cap se realiza mejor con una tinción de fluoresceína abundante para apreciar los contornos más finos del cap, así como para ayudar a identificar defectos epiteliales o una distrofia de la membrana basal. Se puede utilizar una microesponja seca para **conseguir una distensión central completa del cap mediante un movimiento centrífugo**, asegurándose de que cualquier cap redundante se haya redistribuido a la periferia (fig. 9). De este modo se evita la acumulación del cap redundante en el centro de la córnea, lo que produce micropliegues que pueden retrasar la recuperación visual. Este proceso también se repetirá en la visita del primer día del postoperatorio. Si el epitelio está suelto debido a una distrofia de la membrana basal subclínica, es más importante realizar este alisado a expensas de la integridad epitelial, ya que el epitelio puede ser manejado y sanará.

Una técnica similar de reposicionamiento del cap ha sido descrita por Shett y cols. (5), quienes informaron de que las medidas de calidad de la visión



**Figura 9.** Serie de fotografías tomadas en lámpara de hendidura que muestran la técnica de redistribución del cap usando una hemosteta bajo tinción con fluoresceína. (A) La apariencia del ojo inmediatamente después del procedimiento SMILE. Algunos pliegues finos son visibles. La incisión supero-temporal (la usada en este caso) es más prominente a la supero-nasal que se dejó de reserva. (B) La presión de la superficie corneal con la hemosteta confirma la presencia de pequeños pliegues en el cap. (C) El cap es extendido de manera centrífuga con una hemosteta seca, redistribuyendo el cap redundante hacia la periferia. (D) Aspecto final de la córnea, más lisa, uniforme y sin pliegues.



**Figura 10. Secuencia de pasos quirúrgicos en la lenticulorrexis.** (A) Primero la espátula es utilizada para separar la interfaz del cap a través de la incisión de 2 mm a las 12 horas. (B) El borde superior de la interfaz lenticular es separada en los 0,3 mm superiores. (C) Las micropinzas son introducidas para agarrar el margen del lenticulo, con el que se efectúa una lenticulorrexis curvilínea continua en sentido de las agujas del reloj (7).

mediante el HD Analyzer eran mejores con el reposicionamiento intraoperatorio del cap que sin él.

## OTRAS TÉCNICAS QUIRÚRGICAS DE SMILE

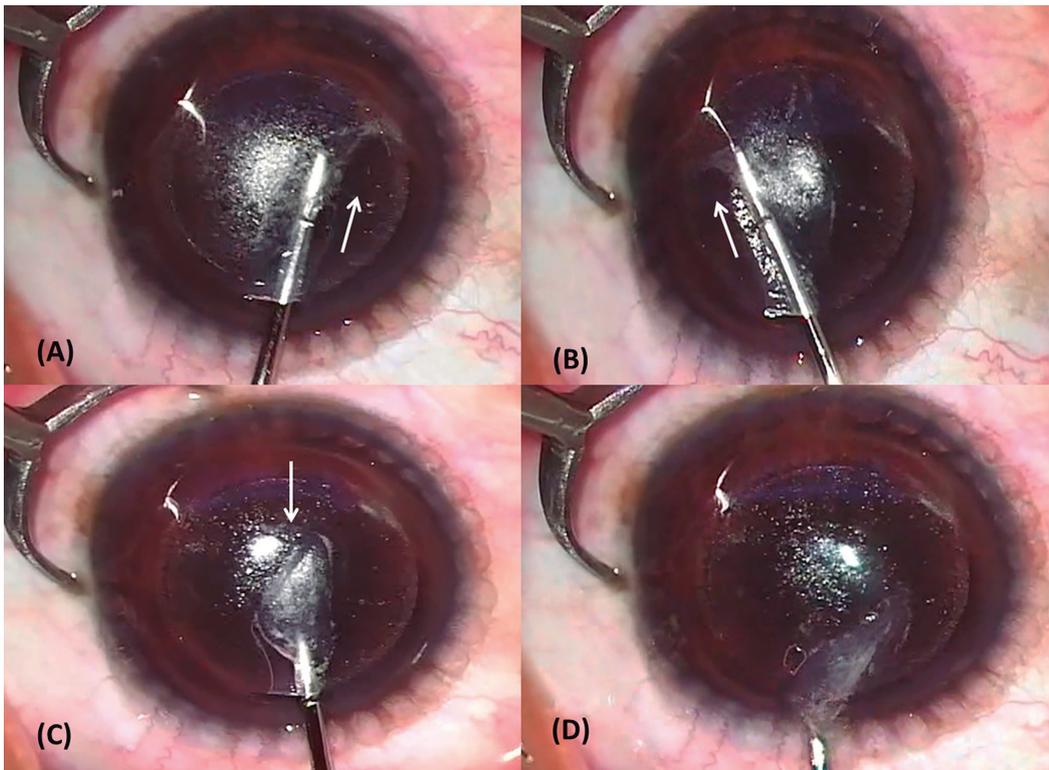
### Técnica de lenticulorrexis

La lenticulorrexis continua curvilínea fue publicada por Zhao y cols. (6) (fig. 10). Se utiliza un separador SMILE normal para separar la interfaz del cap de forma normal, así como un bolsillo de 0,3 mm en la interfaz del lenticulo cerca de la pequeña incisión. A

continuación, usan unas micropinzas para agarrar el margen expuesto del lenticulo y realizar un movimiento circular continuo en el sentido de las agujas del reloj para liberar los bordes del lenticulo, de manera similar a la técnica de capsulorrexis circular continua en la cirugía de cataratas. Zhao y cols. (7) también han demostrado que la calidad del lenticulo es buena mediante microscopía electrónica de barrido.

### Técnica de lenticulosquisis

Ganesh y Brar (8) han evolucionado la técnica de lenticulorrexis a una técnica sin disección valiéndose de micropinzas del calibre 23. En esta técnica (fig. 11), se abre la incisión pequeña y se disecciona la interfaz del cap y del lenticulo como es habitual. Esto se consigue utilizando una punta Sinsky o avanzando las micropinzas con las mandíbulas abiertas. Se recomienda que el grosor mínimo del lenticulo sea de 25 a 30  $\mu\text{m}$  para evitar que se desgarre. A continuación, las micropinzas agarran el borde del lenticulo, y traccionan hacia el interior de forma circunferencial, manteniéndose paralelas al lecho estromal, con lo que se consigue pelar ambas interfaces en el proceso. Desde nuestras 12 horas primero en sentido contrario a las agujas del reloj hasta la posición de



**Figura 11. Secuencia de pasos quirúrgicos de la lenticulosquisis sin técnica de disección en SMILE.** (A) Tras haber realizado el bolsillo de la interfaz del cap y del lenticulo, las micropinzas enganchan el borde lenticular, que es empujado inferiormente de manera circular en pasos de 2-3 horas, y en sentido antihorario. (C y D) El lenticulo liberado es trabado y extraído de la córnea.

las 6 horas, y la otra mitad en sentido contrario de nuevo hasta las 6. El lentículo debe estar entonces libre y suelto, y puede ser extraído. Esta técnica se ejecuta a través de una incisión pequeña de 2 mm, aunque en los primeros casos podría ser de 3 o 4 mm.

Ganesh y Brar han postulado que esta técnica es menos traumática que la técnica estándar de separación de las interfaces, ya que el instrumento no sobrepasa el diámetro del lentículo, lo que minimiza la tensión sobre la capa de Bowman. Los autores propusieron que este método de lenticulosquisis puede tener un efecto beneficioso en la recuperación visual temprana.

Esta técnica, sin embargo, no se recomienda para los cirujanos principiantes en SMILE. Los ajustes de la energía del láser y del espaciado de los puntos deben haber sido optimizados, ya que solo es posible realizarla con una resistencia mínima a la separación de la interfaz y en ausencia de una capa de burbujas opaca. Por último, dado que se requiere un grosor mínimo del lentículo de 25 a 30  $\mu\text{m}$ , independientemente de la corrección prevista, puede que no sea posible utilizarla para correcciones más altas o córneas más finas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Jacob S, Nariani A, Figus M, et al. White ring sign for uneventful lenticule separation in small-incision lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 1251-1254.
2. Dong Z, Zhou X. Irregular astigmatism after femtosecond laser refractive lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 952-954.
3. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Small incision lenticule extraction (SMILE) history, fundamentals of a new refractive surgery technique and clinical outcomes. *Eye Vis* 2014; 1: 3.
4. Liu Y-C, Jayasinghe L, Ang HP, et al. Effect of Intraoperative Corneal Stromal Pocket Irrigation in Small Incision Lenticule Extraction. *Biomed Res Int* 2015; 2015: 928608.
5. Shetty R, Shroff R, Kaweri L, et al. Intra-Operative Cap Repositioning in Small Incision Lenticule Extraction (SMILE) for Enhanced Visual Recovery. *Curr Eye Res* 2016; 41: 1532-1538.
6. Zhao Y, Li M, Yao P, et al. Development of the continuous curvilinear lenticulerrhexis technique for small incision lenticule extraction. *J Refract Surg* 2015; 31: 16-21.
7. Zhao Y, Li M, Sun L, et al. Lenticule Quality After Continuous Curvilinear Lenticulerrhexis in SMILE Evaluated With Scanning Electron Microscopy. *J Refract Surg* 2015; 31: 732-735.
8. Ganesh S, Brar S. Lenticuloschisis: A 'No Dissection' Technique for Lenticule Extraction in Small Incision Lenticule Extraction. *J Refract Surg* 2017; 33: 563-566.