

# Introducción a la cirugía refractiva

**Profesora M<sup>a</sup> Cinta Puell Marín**

**Universidad Complutense de Madrid, 2009**



# Sistema óptico del ojo

La cirugía refractiva precisa conocer la óptica del ojo humano

Sistema óptico convergente

$$F = +60 \text{ D}$$

Estado refractivo determinado por la relación entre cuatro componentes:

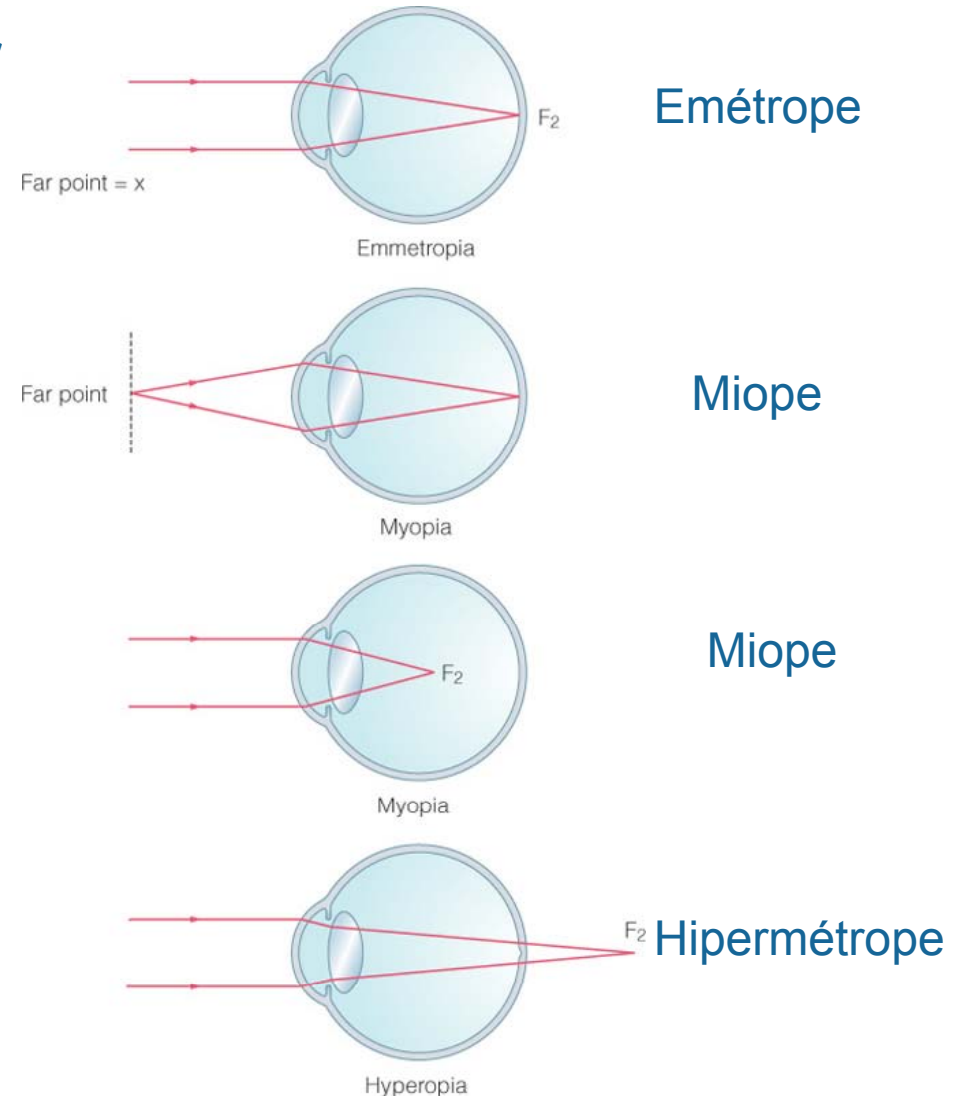
**Potencia de la córnea** +42,75 D

**Potencia del cristalino** +20,35 D

**Profundidad de la CA** 3,6 mm

**Longitud axial** 24 mm

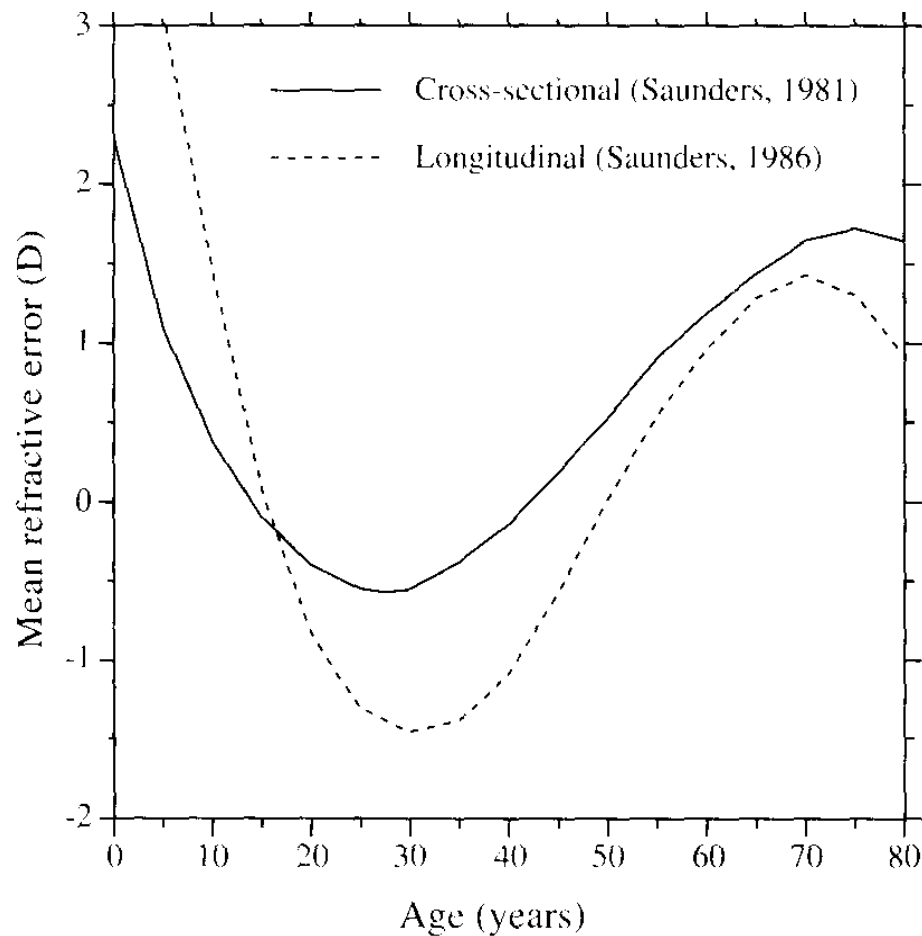
$$F = \frac{n' - n}{r}$$



# Distribución de los errores refractivos

- **Miopia ( $>-1.00D$ ): 15-25%**
  - ~90%  $<-5.00D$
- **Hipermetropia ( $>+1.00D$ ): 25-40%**
  - Visualmente menos significativa que la miopía
  - jóvenes: ópticamente “normal”
  - Presbicia temprana, H manifiesta en la década de los 30 años
- **Astigmatismo ( $>0.75DC$ ): ~33%**
  - Astigmatismo ( $>2 DC$ ): 3%-15%
- **35-60% de la población puede ser adecuada para la cirugía refractiva**

# Variación del error refractivo con la edad

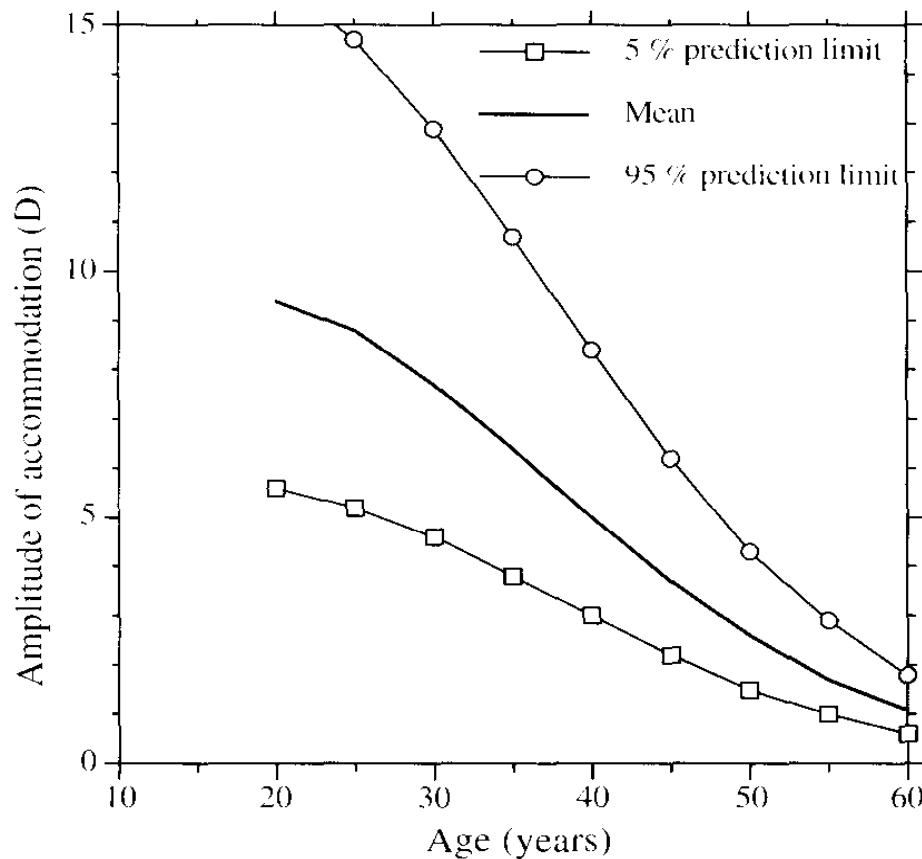


- La emetropía se estabiliza hacia los 7 años,
- El crecimiento del globo ocular puede continuar hasta los 20 años.
- Los errores refractivos son relativamente estables entre los 20 y 40 años
- Después desplazamiento en la dirección hipermetrópica
- Después de los 70 años, algún desplazamiento en la dirección miópica asociado al desarrollo de una catarata nuclear

# Variación del error refractivo con la edad

- **20-50 años: desplazamiento miópico (~0.75D)**
- **50-70 años: desplazamiento hipermetrópico (~0.25D)**
- **>70 años: desplazamiento miópico (nuclear sclerosis)**
- **La forma de la cornea cambia con la edad**
  - Hasta los 40 años la mayoría de los astigmatismos son con-la-regla
  - Después aumenta la prevalencia de astigmatismos contra-la-regla
- **Aumento de las aberraciones de orden superior**
- **Presbicia**

# Presbicia



1285 personas, Ungerer (1986)

## La amplitud de acomodación disminuye con la edad

- 9,5 D a los 20 años
- 3,7 D a los 45 años
- 2,6 D a los 50 años
- 1,0 D a los 60 años

## Criterio presbicia: amplitud de acomodación límite 3,75 D

- solo un 2% de aquellos de más de 50 años no son presbítas

## Si se eliminan los efectos de la profundidad de campo

- la acomodación se pierde completamente en la década de los cincuenta

# Cirugía Refractiva

- Los procedimientos de cirugía refractiva para la corrección de la miopía, hipermetropía, presbicia, y astigmatismo consiguen la emetropía mediante la modificación del sistema óptico del ojo



**Procedimiento de  
cirugía refractiva  
sobre la cornea**

# Cirugía refractiva

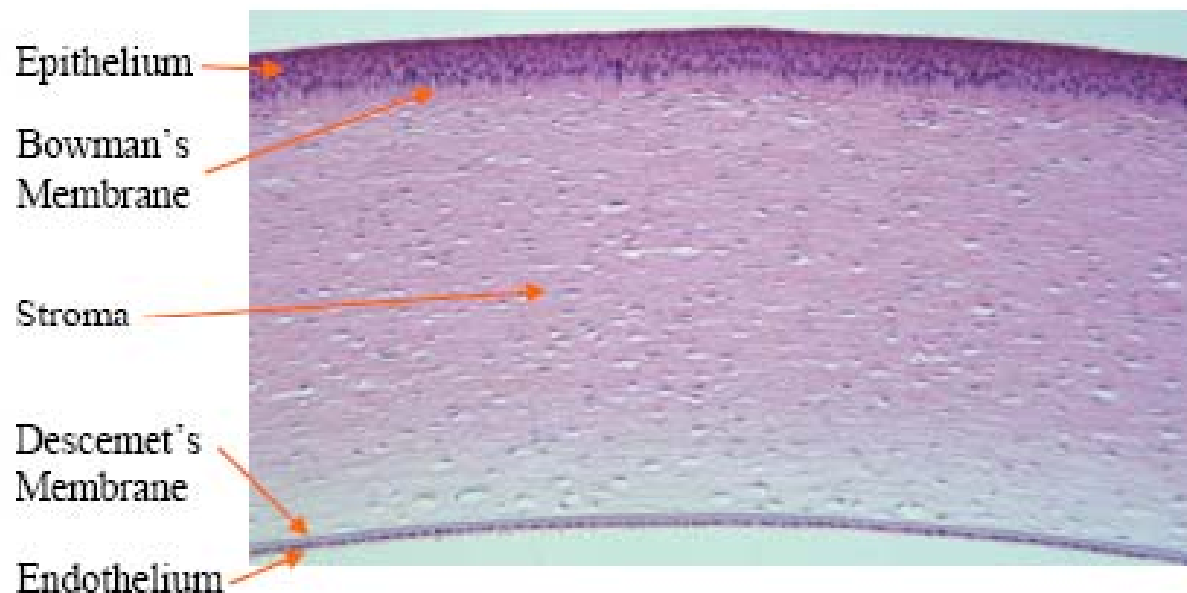
- **La mayoría de la cirugía refractiva se realiza sobre la cornea, mientras que el resto del ojo cambiará naturalmente con el envejecimiento.**
- **En algunos casos, los procedimientos de cirugía refractiva reemplazan el cristalino o mejoran la visión mediante la implantación de una lente.**

# Procedimientos de cirugía refractiva

- **Procedimientos queratorefractivos (basados en la cornea)**
  - Alteran quirúrgicamente la cornea sin entrar en el ojo
  - Actúan sobre el estroma corneal
  - Son los más utilizados
- **Procedimientos refractivos lenticulares**
  - Técnicas refractivas intraoculares

# Procedimientos queratorefractivos

- **Corrigen la miopía mediante la aplanación de la curvatura anterior de la cornea**
  - Una disminución de 1mm en el radio de curvatura produce una miopía de -6,00 D.
- **Modifican el espesor de la cornea para producir alteraciones en la curvatura anterior (excepto RK)**
- **Hipermetropía: actúan aumentando la curvatura de la zona central de la cornea y por lo tanto la potencia refractiva**



# Procedimientos queratorefractivos

- **Técnicas refractivas incisionales**

Cortes precisos en el estroma que al cicatrizar alteran el contorno de la superficie corneal y cambian la potencia refractiva de la cornea

- **Procedimientos Laser**

Sustraen tejido del estroma y modifican la forma corneal

- **Procedimientos Térmicos**

Producen cambios puntuales en la arquitectura del colageno estromal para cambiar el contorno corneal (hipermetropía y presbicia)

- **Implantes**

Situados en el estroma corneal para cambiar la forma de la cornea

# Procedimientos queratorefractivos

- **Técnicas refractivas incisionales**
  - Queratotomía radial (RK)
  - Queratotomía astigmática (AK)
- **Procedimientos Laser**
  - Querectomía fotorrefractiva (PRK)
  - LASEK (Querectomía subepitelial laser), Epi-LASIK (Lasik Epitelial)
  - LASIK (Queratomileusis in situ con láser)
  - Ablación corneal multifocal
- **Procedimientos Térmicos**
  - Termoqueratoplastia con laser LTK
  - Termoqueratoplastia conductiva (CK)
- **Implantes**
  - Anillos intraestromales
  - Lentes intraestromales

# Procedimientos refractivos lenticulares

- **Sustitución de cristalino transparente**
- **Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)**
- **Bioptics (cirugía refractiva combinada)**
- **IOL Multifocal**
- **IOL acomodativa**
- **Phaco-Ersatz**

# Procedimientos queratorefractivos

Error refractivo	M	A M	H	A H	Amix	Afaq.	Presb.
<b>Técnicas incisionales</b>							
Queratotomía radial (RK)	+						
Queratotomía astigmática AK		+					
<b>Laser</b>							
PRK	+	+	+	+	+		monov
LASIK	+	+	+	+	+		monov
LASEK, Epi-Lasik	+	+	+	+	+		monov
Ablación Q multifocal							+
<b>Procedimientos térmicos</b>							
CK y LTK			+				+
<b>Implantes</b>							
Anillos intraestromales	+						
Lentes intraestromales	+		+			+	

# Procedimientos refractivos lenticulares

Error refractivo	M	A M	H	A H	Amix	Afaq	Presb
Sustitución de cristalino transparente	+		+				
PIOL (lentes intraoculares faquicas)	+		+				
BIOPTICS (cirugía refractiva combinada)	+	+	+	+	+	+	
IOL Multifocal	+		+				+
IOL acomodativa	+		+				+
Phaco-Ersatz							+

# Rangos recomendados de tratamiento de ametropía

## Laser refractive surgery (LASIK and surface surgery)

Myopia -1.00 to -10.00 D

Hyperopia +1.00 to +4.00 D

Astigmatism 1.00 to 6.00 D

## Intraocular refractive surgery (Phakic IOL if < 45 or RLE if > 45 years old)

Myopia > -10.00 D

Hyperopia > +4.00 D

Astigmatism 1.00 to 6.00 D

	Low myopia	Moderate myopia	High myopia	Low hypermetropia	High hypermetropia
Range	-1.00 to -5.00	-5.00 to -10.00	> -10.00	+1.00 to +4.00	Above +4.00
21 - 30 years	LASIK/PRK	LASIK	ICL	LASIK	ICL/RLE
31 - 40 years	LASIK/PRK	LASIK	ICL/RLE	LASIK/RLE	RLE
Over 40 years	RLE	RLE	RLE	RLE	RLE

# Procedimientos corneales vs. Intraoculares (lenticulares)

## Procedimientos corneales

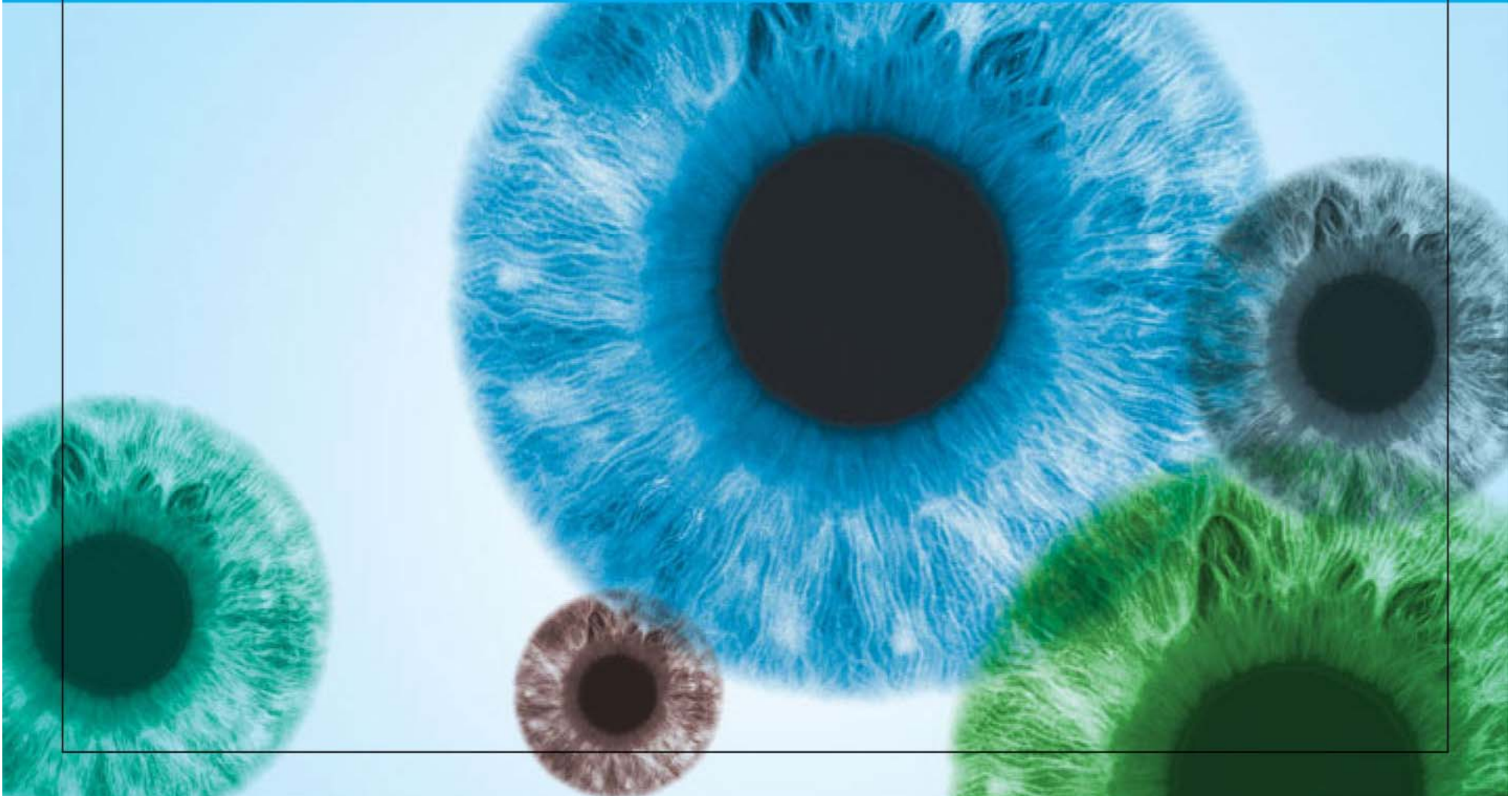
- Menos invasivos
- Se requiere menos destreza
- Corrección Rx limitada por el espesor corneal
- Generalmente no es reversible
- Aumentan las aberraciones del ojo

## Procedimientos intraoculares

- Se pueden corregir Rx mayores
- Dificultad en Astigmatismo
- Mayor riesgo de infección

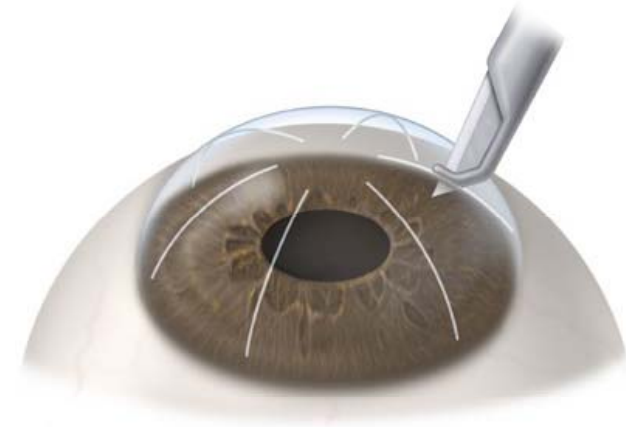
# Procedimientos incisionales

**Queratotomía radial (RK) y  
Queratotomía astigmática (AK)**

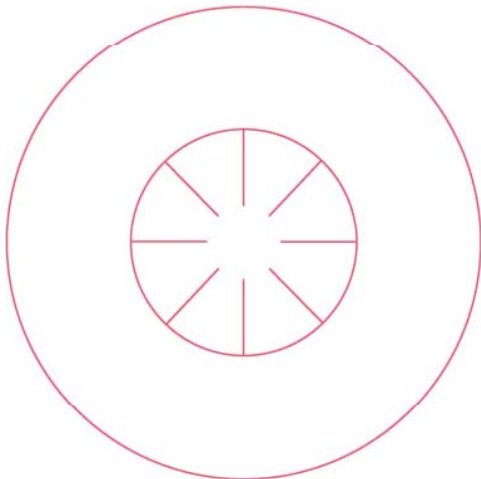
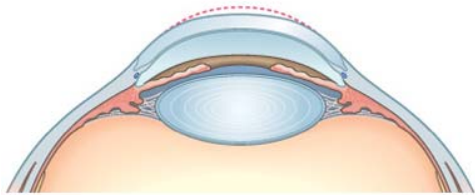
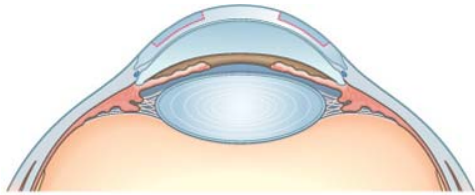


# Queratotomía radial (RK)

- **Años 70 y 80**
  - A partir de 1990 cirugía refractiva corneal con laser
- **Corrección de la miopía**
  - Mejores resultados en miopes entre 1,50 y 6,00 D
- **Incisiones radiales en el estroma corneal que debilitan la cornea paracentral y periférica.**



# Queratotomía radial (RK)



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

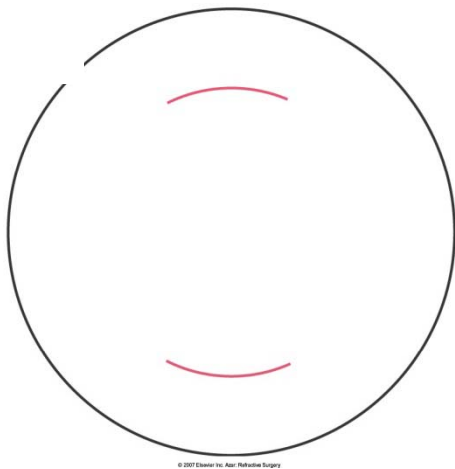
- Debido a la presión interior del ojo éstas zonas se abomban hacia fuera y aplanan la cornea central
- El poder refractivo de la cornea central se reduce y la miopía disminuye
- El grado de miopía determina el número, profundidad, longitud y localización de las incisiones
  - Según el espesor de la córnea se elegirá la longitud del bisturí para controlar la profundidad de la incisión.

# Consideraciones sobre la cirugía RK

- Se puede recomendar a pacientes con grados leves de miopía, pero no a pacientes con grados elevados de miopía, hipermetropía o astigmatismo.
- El efecto de la cirugía depende de la edad
- Técnica más invasiva.
- El efecto puede retroceder.
- En algunos pacientes hay una progresión hacia la hipermetropía que puede limitar tanto la visión lejana como la visión próxima.
- Visión fluctuante, problemas de visión nocturna
- RK está en desuso ya que ha sido reemplazada por otros procedimientos refractivos más nuevos

# Queratotomía astigmática (AK)

- Grados leves y medios de astigmatismo miópico.
- Cortes transversales arqueados o rectos perpendiculares al meridiano más curvo del astigmatismo
- Las partes más curvas de la cornea se aplanan y se obtiene una superficie más esférica



Incisiones microscópicas a lo largo del meridiano más curvo de la cornea

Actualmente con laser femtosegundo

# Incisiones relajantes

- **En: Limbo y Periferia de la cornea**
- **Corrige grados pequeños de astigmatismo**
- **Cirugía de cataratas**
- **Ventajas:**
  - **preserva zona óptica**
  - **minimiza problemas de visión nocturna**

# **Procedimientos laser: Ablación de superficie**

**Queratectomía fotorrefractiva (PRK)**

**Queratectomía subepitelial laser (LASEK y Epi-LASIK)**

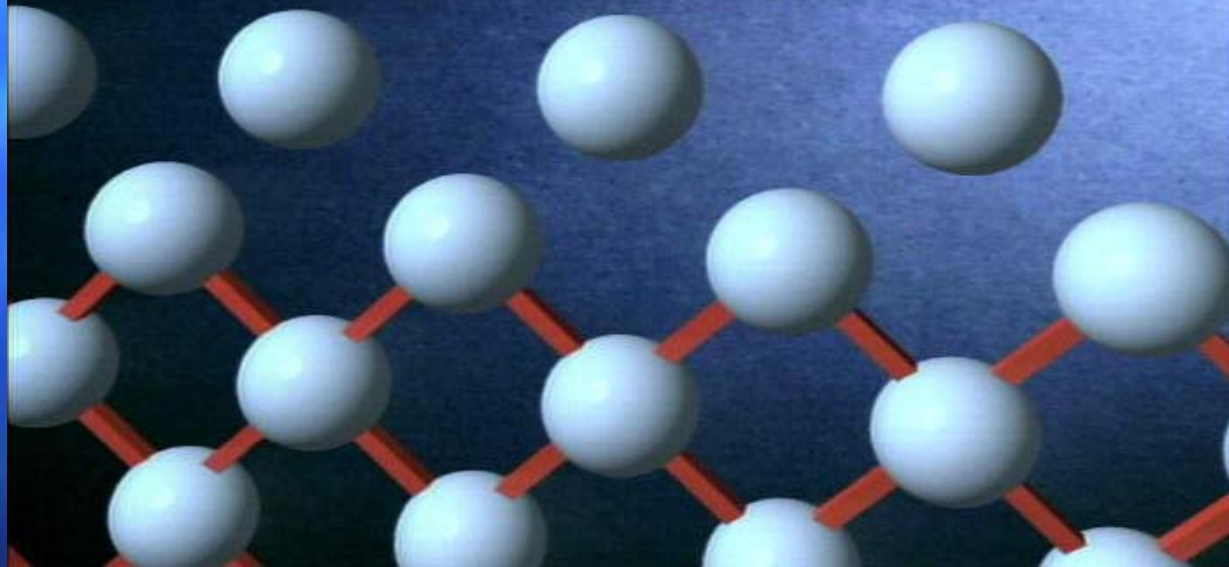


# Laser excimer

- **Laser de fluoruro de Argon (ArF)**
  - Emiten pulsos de laser ultravioleta (193 nm)
- **Laser controlado con el ordenador y monitorizado**
- **Produce una FOTOABLACION a nivel tisular**
  - Fotodescomposición en la cual los tejidos irradiados se transforman en pequeños fragmentos volátiles y gases.
  - Vaporiza y elimina capas microscópicas de tejido con cada pulso de energía de forma precisa
  - Daños térmicos colaterales mínimos en las fibras de colágeno adyacentes
  - La superficie queda más allanada (suave) que con otra técnicas quirúrgicas
- **Remodela la superficie de la cornea para cambiar el poder refractivo del ojo**

# *El Laser Excimer*

*El laser excimer rompe enlaces moleculares*



# Laser excimer

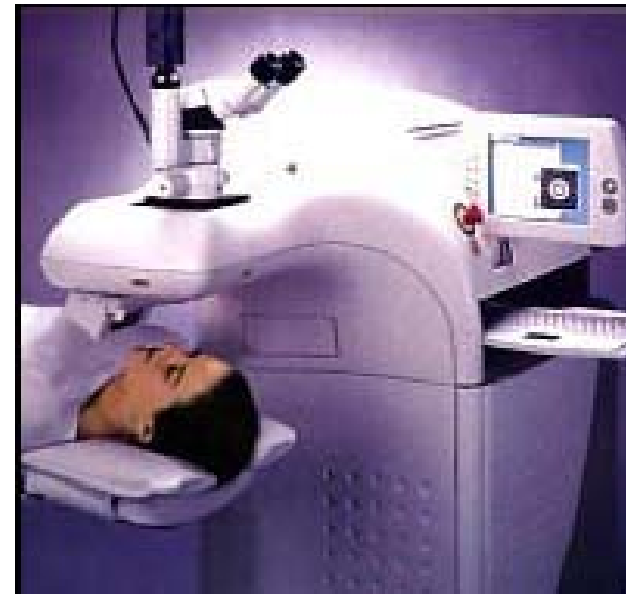
- **Ecuaciones de Munnerlyn**
- Relacionan el diámetro y la profundidad de la ablación con la corrección miópica o hipermetrópica deseada
- Para una determinada cantidad de miopía a corregir (D), la profundidad máxima central de la ablación (t) varía directamente con el cuadrado del diámetro de la zona de ablación (S)

$$t_0 \cong -\frac{S^2 \cdot D}{8(n-1)} \quad n \text{ índice de refracción de la cornea}$$

La misma fórmula se aplica en la periferia de la ablación para la hipermetropía

# Desarrollo de la tecnología Laser

- Primera generación:
  - Haz láser ancho (máscara)
  - Irregularidades y por tanto islas centrales en la superficie corneal
- Segunda generación:
  - Haces láser de hendidura rotatorios
- Tercera generación:
  - Haces láser de spots volantes
- Cuarta generación:
  - Tecnología de frente de onda, sistema de control de movimientos oculares (eye-tracker) y registro



# Procedimientos laser

- **El laser puede remodelar la cornea por ablación de la superficie corneal anterior** (el epitelio se quita o se desplaza para exponer el estroma)
  - Queratectomía fotorrefractiva (PRK)
  - Queratectomía subepitelial laser (LASEK y Epi-LASIK)
    - Modificaciones del procedimiento PRK en los que el epitelio de la cornea se preserva.
    - El epitelio se desplaza antes de la ablación de la superficie y se reposiciona después de la aplicación del láser.
- **El laser realiza la ablación del estroma corneal debajo de un flap o colgajo lamelar**
  - Queratomileusis in situ con láser (LASIK)

# Queratectomía fotorrefractiva (PRK)

- **Corrige miopía, hipermetropía y astigmatismo.**
- **PRK implica:**
  - Quitar manualmente el epitelio corneal con un cepillo rotatorio, mediante agentes químicos o mediante el propio laser (ablación transepitelial)
  - Usar un laser excimer para esculpir de forma precisa el estroma según el error refractivo específico que se debe corregir
  - Cubrir la cornea con una lente de contacto terapéutica para facilitar la re-epitelización.

# Queratectomía fotorrefractiva (PRK)

- **Se aplican gotas anestésicas**
  - El ojo no tratado se tapa



- **Espéculo palpebral para mantener los párpados abiertos durante el procedimiento**

# Queratectomía fotorrefractiva (PRK)

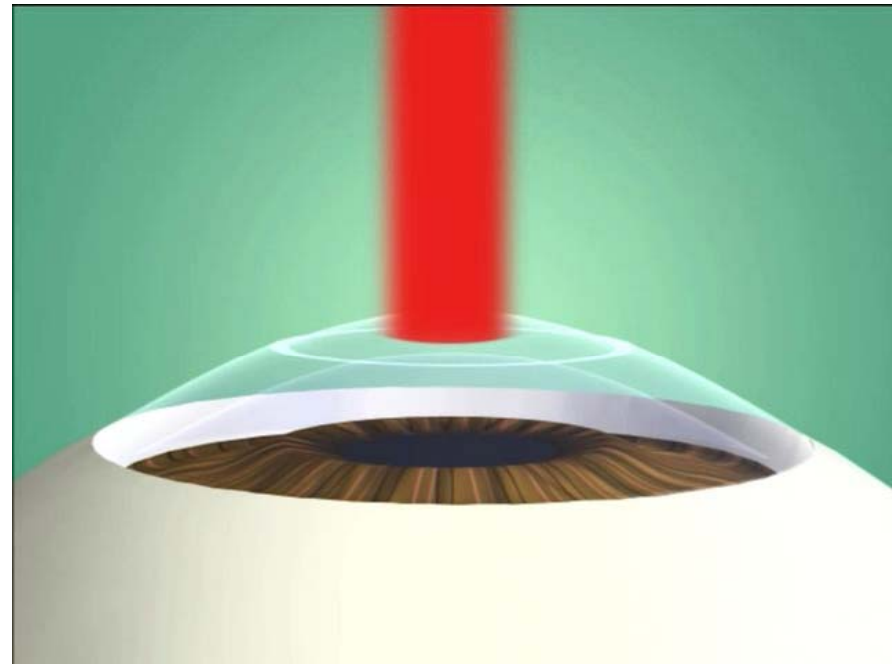
- El epitelio se elimina con un cepillo o con el mismo laser



# Queratectomía fotorrefractiva (PRK)

•Se programa un laser excimer controlado por ordenador para remodelar la cornea dependiendo de la cantidad y tipo de corrección deseada.

- El laser esculpe un area de 6 o 9 mm de diámetro en la superficie del ojo, dependiendo de si el laser está corrigiendo miopía o hipermetropía.
- La profundidad de la ablación depende del grado de corrección necesario.
- Para mantener la integridad estructural de la cornea se debe dejar al menos un lecho estromal de 250 o 300  $\mu\text{m}$

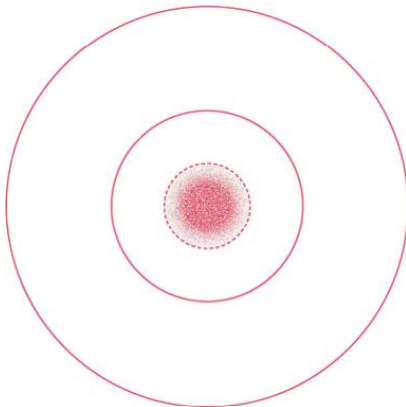
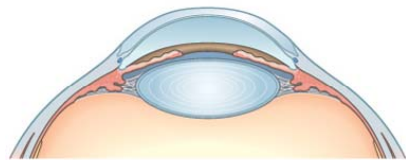
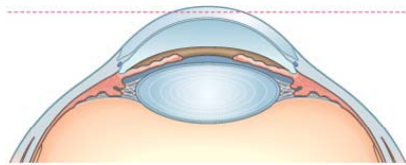


El laser elimina tejido de la cornea

# Queratectomía fotorrefractiva (PRK)

- Miopía
  - aplanar la superficie corneal para reducir la curvatura y disminuir la potencia del ojo
- Hipermetropía
  - se elimina tejido corneal en la periferia con el fin de curvar la cornea central (zona óptica) y aumentar la potencia del ojo
- Astigmatismo
  - diferentes ablaciones en la parte central y periférica de la córnea para curvar el meridiano más plano y el aplanar el meridiano más curvo. Generalmente se utiliza un patrón elíptico
- La función visual tras la intervención depende en gran medida del centrado de la ablación

# Queratectomía fotorrefractiva (PRK)



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

Area sombreada: localización de la sustracción de tejido.

Se ha eliminado más tejido estromal en la región central en comparación con la paracentral

# Queratectomía fotorrefractiva (PRK)

- Después del procedimiento, una lente de contacto terapéutica transparente se sitúa sobre la cornea para promover la re-epitelización



# Consideraciones sobre la cirugía PRK

- **Recomendada para niveles bajos de miopía o hipermetropía, aunque la FDA permite correcciones entre -12 y +6 D**
- **Generalmente 6-7 D de miopía y 4-5 D de hipermetropía**
- **Se puede recomendar para corneas finas que no serían buenas candidatas para LASIK por la creación del flap lamelar y sus riesgos asociados**
- **Se puede recomendar para ojo seco.**
- **Debido a que no se crea un flap estromal (como en LASIK), el tejido estromal afectado es menor (mayor espesor residual) y por tanto se puede considerar el PRK un procedimiento más seguro que el LASIK**

# Consideraciones sobre la cirugía PRK

- **Recuperación visual más lenta que con el LASIK o cirugía intraocular faquica**
- **Dolor postoperatorio, durante 2 o 4 días, que puede requerir analgésicos o anestésicos tópicos para controlar el dolor.**
- **Pueden aparecer nubéculas (haze) corneales**
- **Uso de Mitomicina C durante la ablación para prevenir haze**
- **El LASIK evita estos problemas al realizar una ablación en un plano intraestromal más profundo y conservar el epitelio corneal**

# Queratectomía subepitelial laser (LASEK)

- **Procedimiento relativamente nuevo. Técnicamente es una variación del PRK**
- **Corrige miopía, hipermetropía y astigmatismo**
- **LASEK implica:**
  - Desplazar temporalmente el epitelio corneal con alcohol diluido
  - Usar un laser excimer para esculpir de forma precisa el estroma según el error refractivo específico que se debe corregir
  - Resituar el epitelio y cubrir la cornea con una lente de contacto terapéutica para facilitar la renovación del epitelio y reducir la molestia

# Queratectomía subepitelial laser (LASEK)

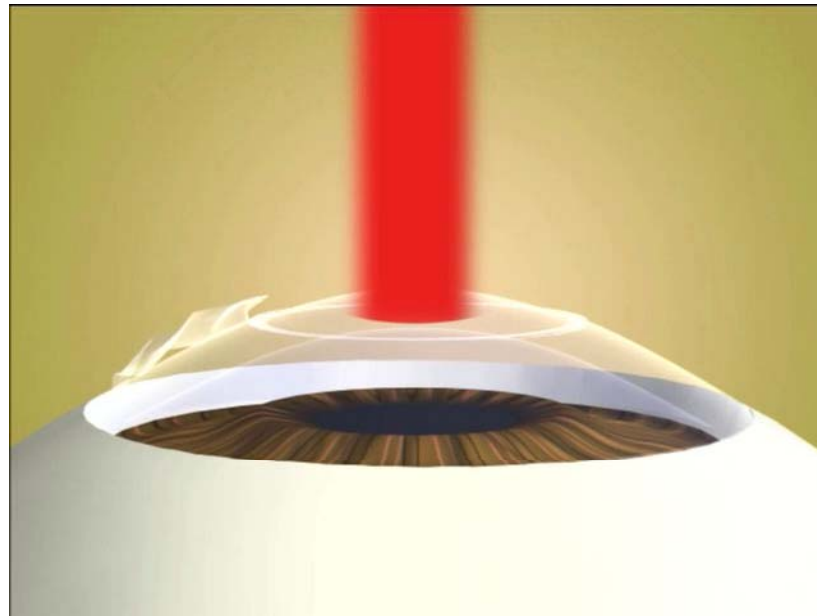
- Solución de alcohol étílico al 20% durante 30-40 s para debilitar las uniones entre el epitelio corneal y la membrana de Bowman



La lámina epitelial se puede desplazar fácilmente y se protege moviéndola fuera de la zona de ablación

# Queratectomía subepitelial laser (LASEK)

- Con el epitelio desplazado, un laser excimer remodela la cornea



# Queratectomía subepitelial laser (LASEK)



**Ablación del estroma con el laser**



**El epitelio se devuelve a su posición suavemente para cubrir la zona de ablación.**

**Lente de contacto terapéutica para facilitar la renovación del epitelio**

# Consideraciones sobre la cirugía LASEK

- **Disminuye teóricamente los inconvenientes de la PRK con menos dolor, mejor transparencia corneal y recuperación visual más rápida (pero no tan rápida como el LASIK)**
- **Recomendada para niveles bajos de miopía o hipermetropía.**
- **Se puede recomendar para corneas finas que no serían buenas candidatas para LASIK.**
- **Se puede recomendar para personas con ojo seco.**

# Epi-LASIK

- Se usa un tipo específico microqueratomo para separar mecánicamente el epitelio corneal, sin la aplicación de alcohol.
- Los estudios histológicos muestran una mejor conservación de la capa epitelial cuando se compara con LASEK
- El procedimiento quirurgico sigue los mismos pasos que el LASEK



**Epi-microkeratome**

# Consideraciones sobre la cirugía Epi-LASIK

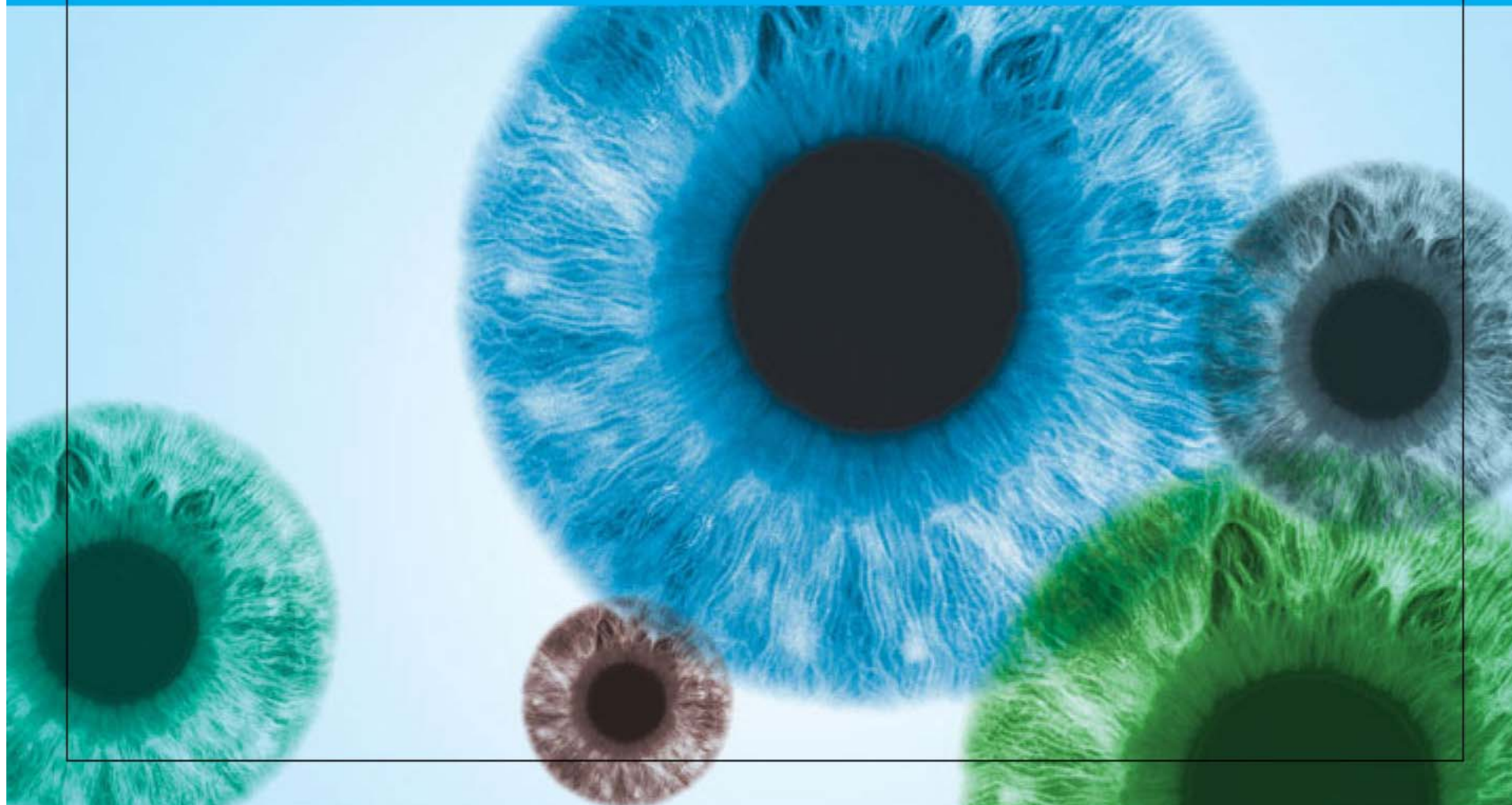
- **El Epi-LASIK puede corregir rangos más extremos de error refractivo debido a que hay mayor espesor corneal disponible.**
- **La molestia generalmente es menor**
- **Puede representar lo mejor tanto del LASIK como del PRK y LASEK:**
  - una lámina muy fina de células y una recuperación rápida de la función visual combinado con la seguridad del procedimiento de superficie.
- **La recuperación visual no es tan rápida como en LASIK.**

# Consideraciones sobre la cirugía Epi-LASIK

- Si la lámina epitelial no se crea adecuadamente o se pierde, el procedimiento se puede convertir en PRK requiriendo una eliminación completa del epitelio, que vuelve a crecer al cabo de varios días.
- Recuperación visual más lenta.

# Procedimientos laser: cirugía lamelar

## Queratomileusis in situ con láser (LASIK)



# Queratomileusis in situ con láser (LASIK)

- Es el procedimiento de cirugía refractiva más utilizado
- Cirugía refractiva laser LAMELAR
  - La ablación del laser excimer se hace debajo de un flap corneal lamelar



# Queratomileusis in situ con láser LASIK

- **Corrige miopía, hipermetropía y astigmatismo.**
- **LASIK implica:**
  - Crear un flap de bisagra delgado, que se vuelve suavemente para exponer la estructura interna de la cornea
  - Usar un laser excimer para alterar la curvatura anterior de la cornea eliminando el estroma desde dentro de la cornea, dejando la membrana de Bowman y el epitelio virtualmente intactos.  
El flap se coloca en su posición inicial inmediatamente después del laser

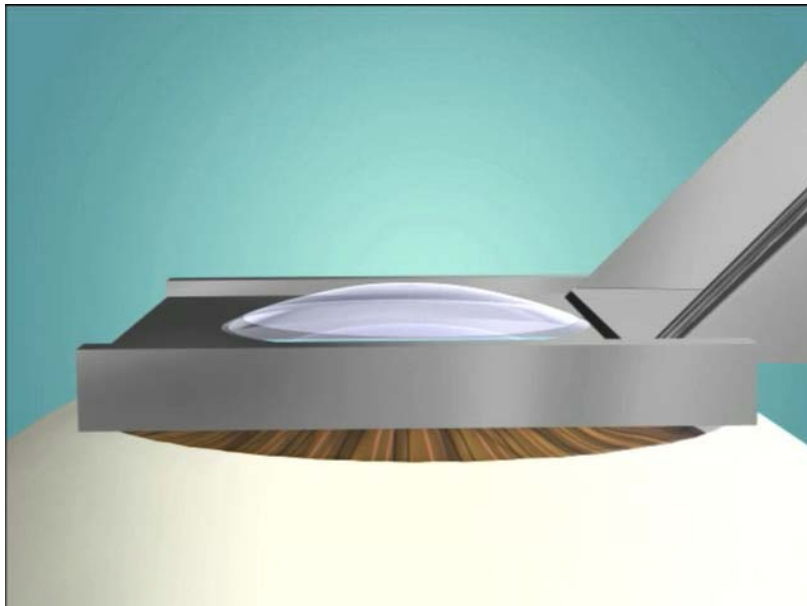
# Queratomileusis in situ con láser LASIK

- **Antes del procedimiento LASIK, los ojos se preparan para la cirugía y tratan con gotas anestésicas.**



# Queratomileusis in situ con láser LASIK

- El flap corneal de bisagra se crea con un microqueratomo (LASIK) o con un laser intraestromal femtosecond (IntraLASIK)
- Antes se marca la córnea con el fin de poder recolocar el flap en su sitio en el caso de que el corte sea completo.
- El microqueratomo se fija al globo mediante un anillo de succión
- El corte del flap lamelar puede ser de bisagra superior o bisagra temporal y puede cortar hasta profundidades de 100-200  $\mu\text{m}$
- Femtosecond laser (1053 nm): Fotodisrupción

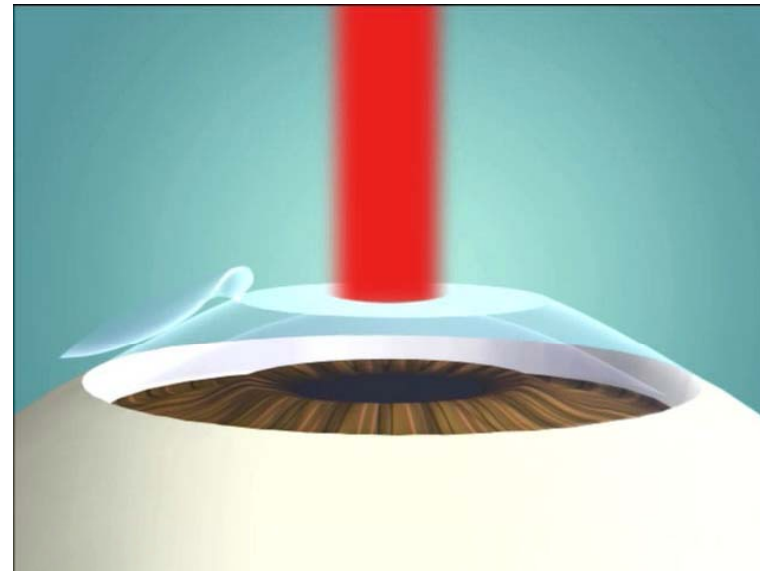


# Queratomileusis in situ con láser LASIK

Una vez creado el flap, se levanta hacia un lado



La energía laser se aplica durante unos segundos a un minuto (patrón y profundidad de la ablación preprogramadas)



El paciente se fija en un punto de luz y el eye-tracker se acopla para ajustarse a cualquier movimiento ocular durante la ablación

Ablación sobre el estroma corneal como con la técnica PRK según el Rx a corregir

Espesor estroma residual > 250 – 275 micras

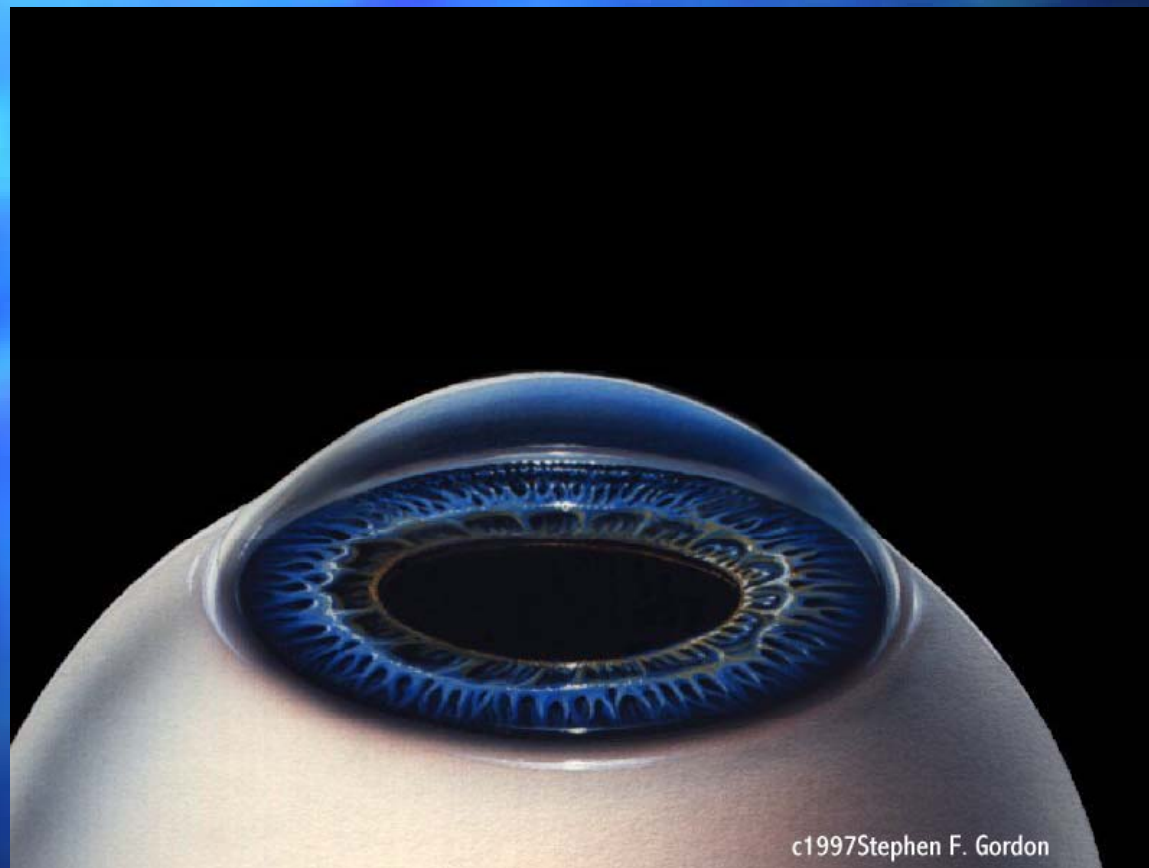
# Queratomileusis in situ con láser LASIK

- El flap se reposiciona y se irriga, valorando que la interfase quede limpia y sin restos
- El flap se adhiere naturalmente protegiendo el area tratada y restaurando la suavidad frontal de la superficie ocular.



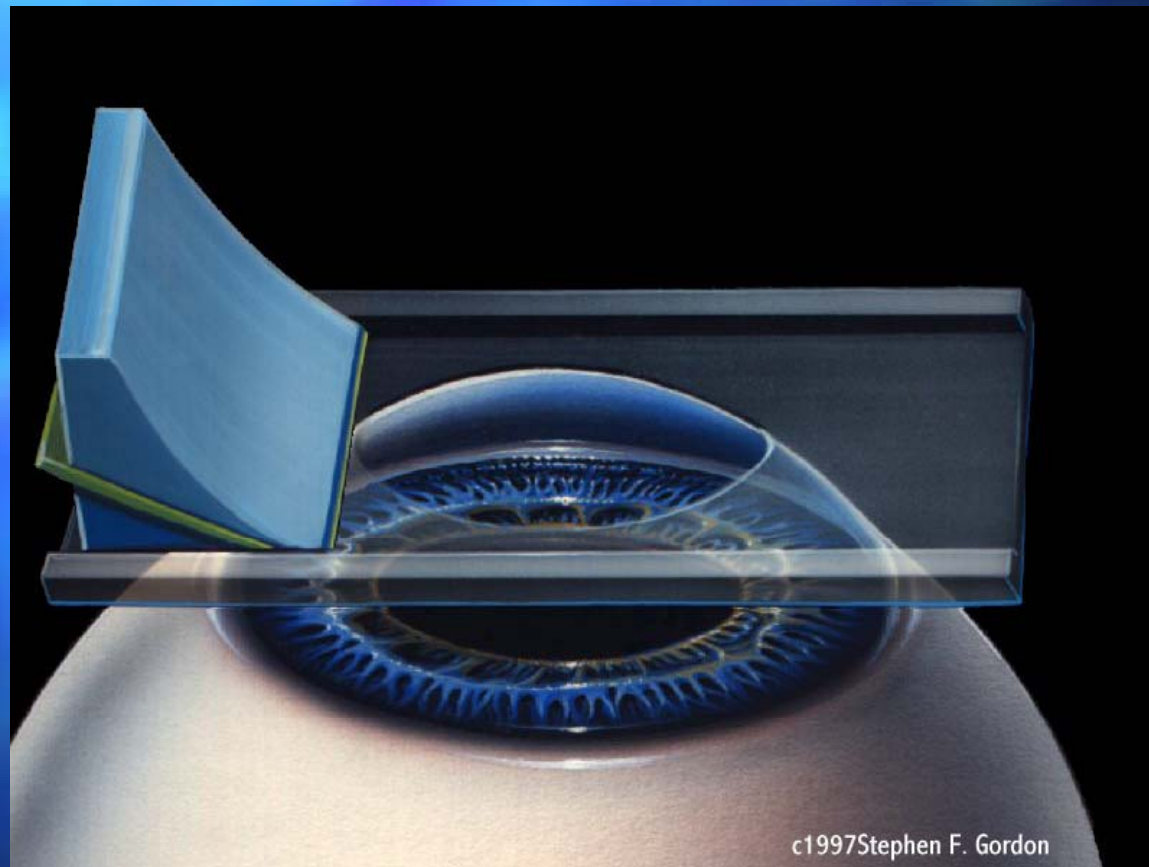
- **Láser femtosegundo:**
  - flap uniforme y más fino
  - Induce menos astigmatismo y HOA
  - Mayor incidencia de keratitis lamelar difusa

# *LASIK para Miopía*



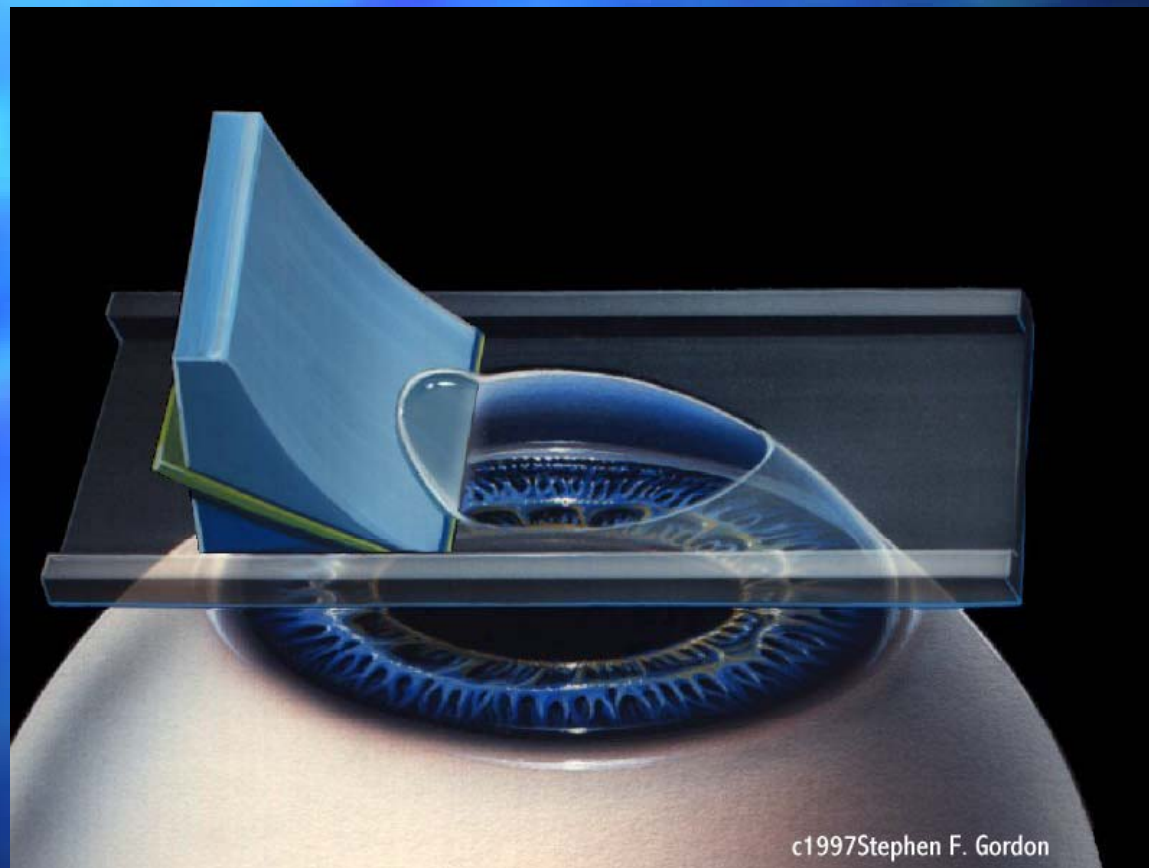
c1997Stephen F. Gordon

# *LASIK para Miopía*



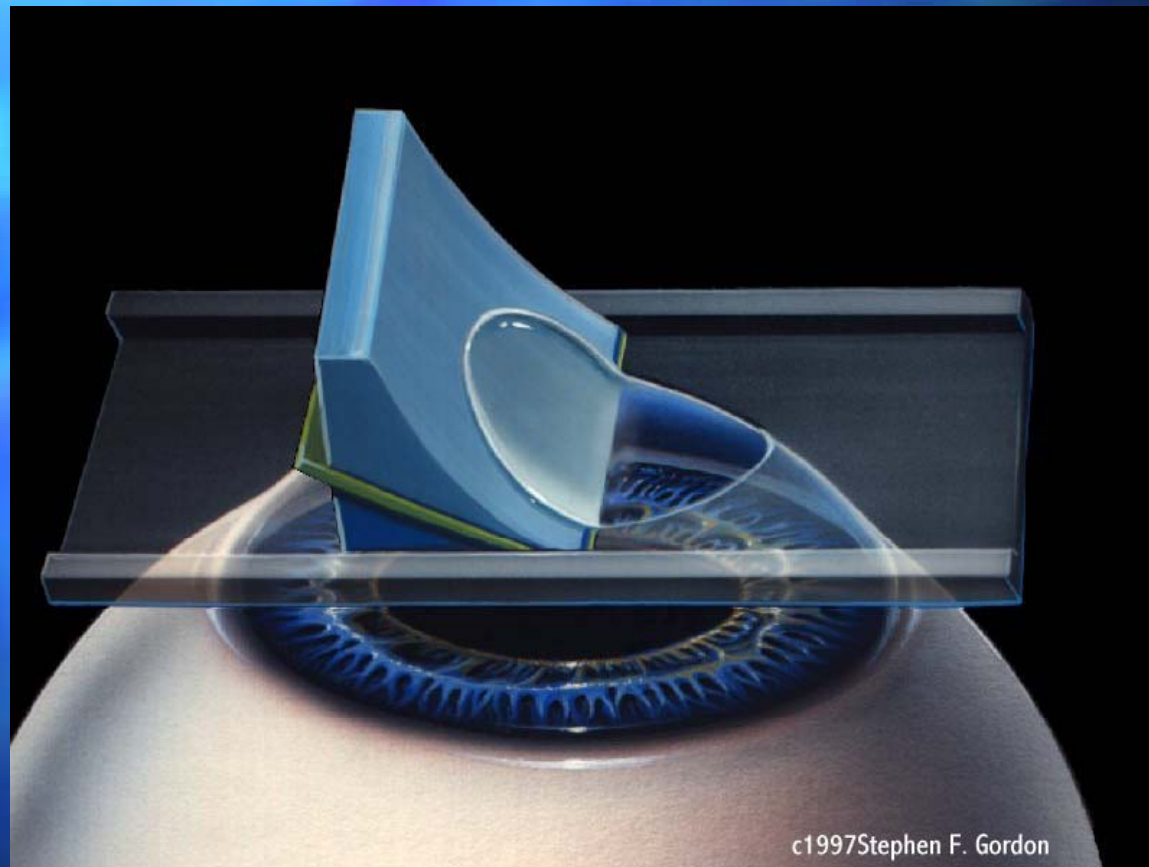
c1997Stephen F. Gordon

# *LASIK para Miopía*



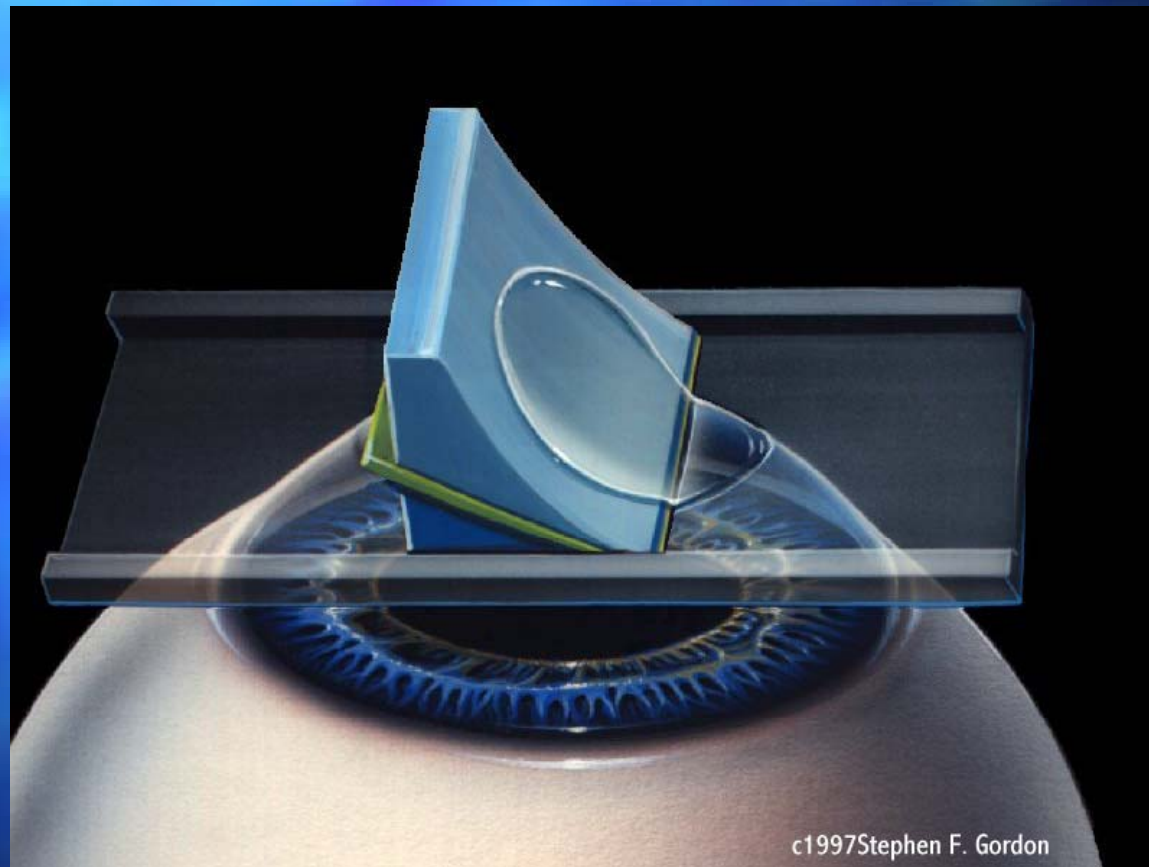
c1997Stephen F. Gordon

# *LASIK para Miopía*



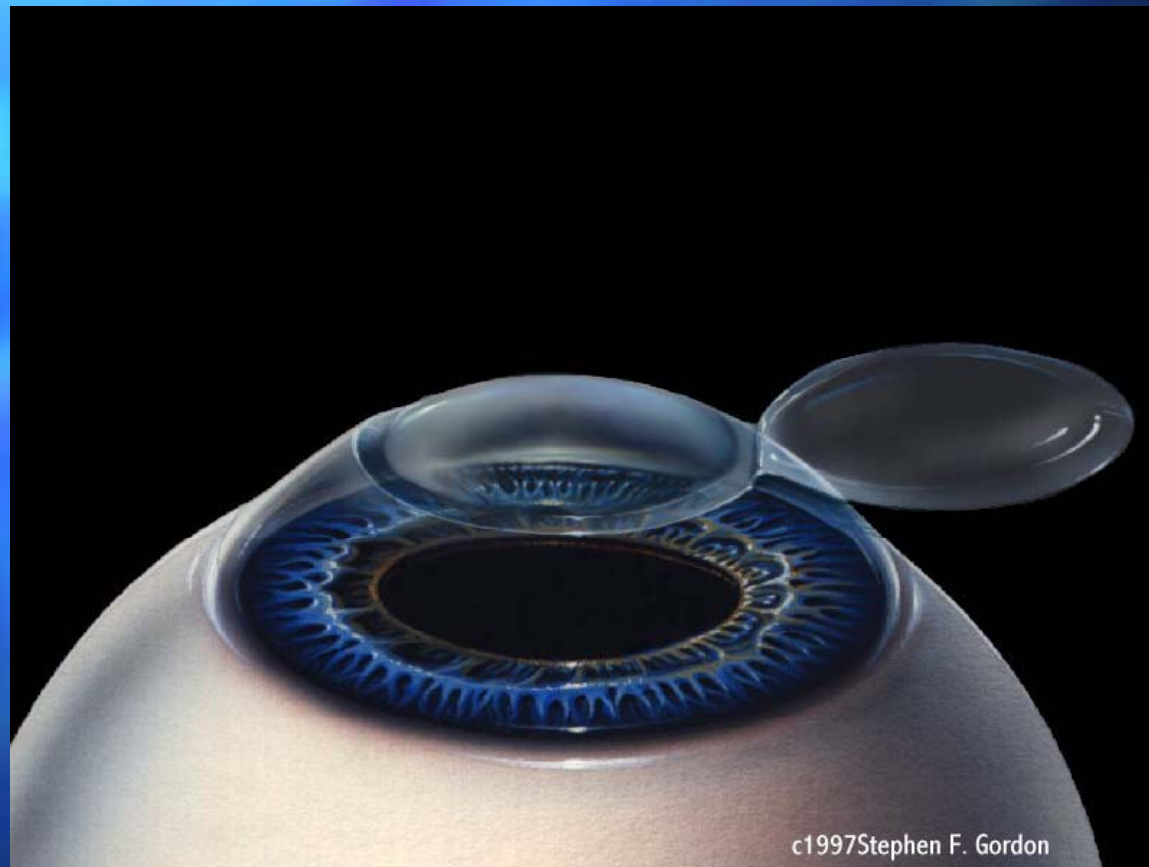
c1997Stephen F. Gordon

# *LASIK para Miopía*



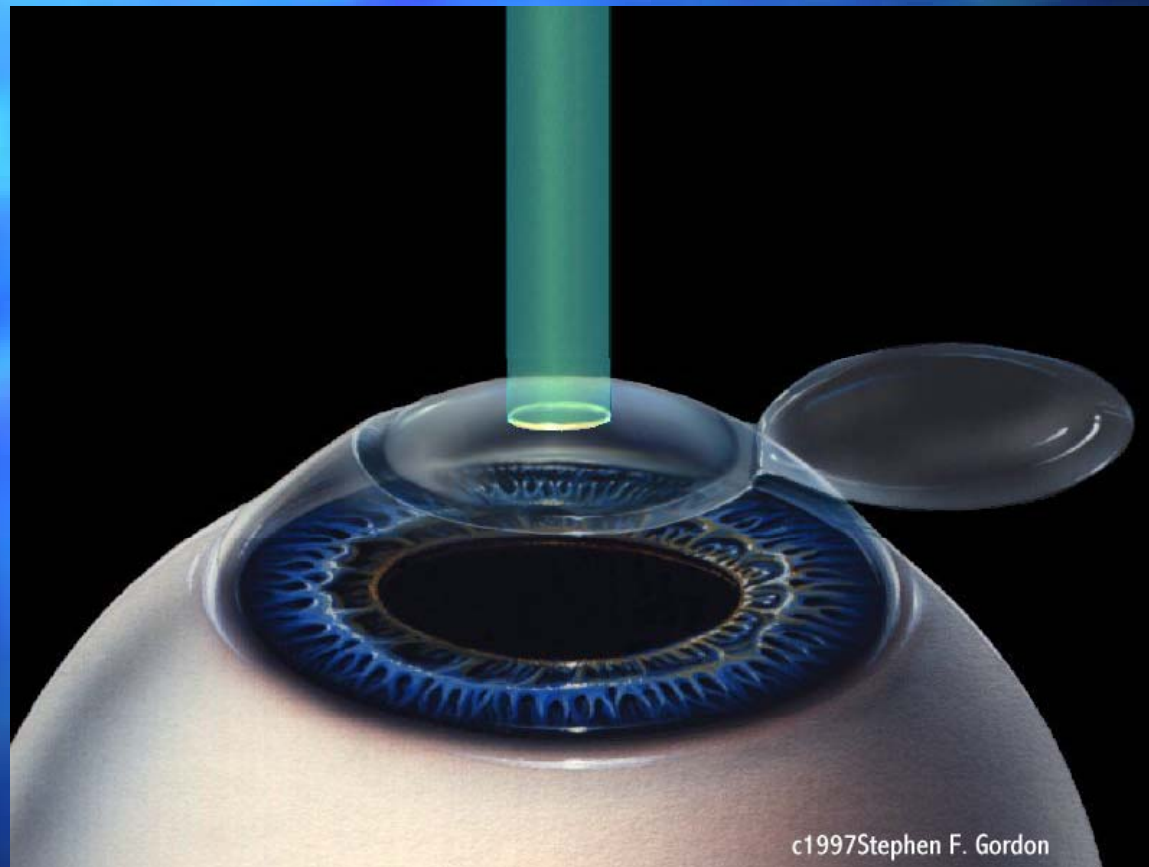
c1997Stephen F. Gordon

# *LASIK para Miopía*



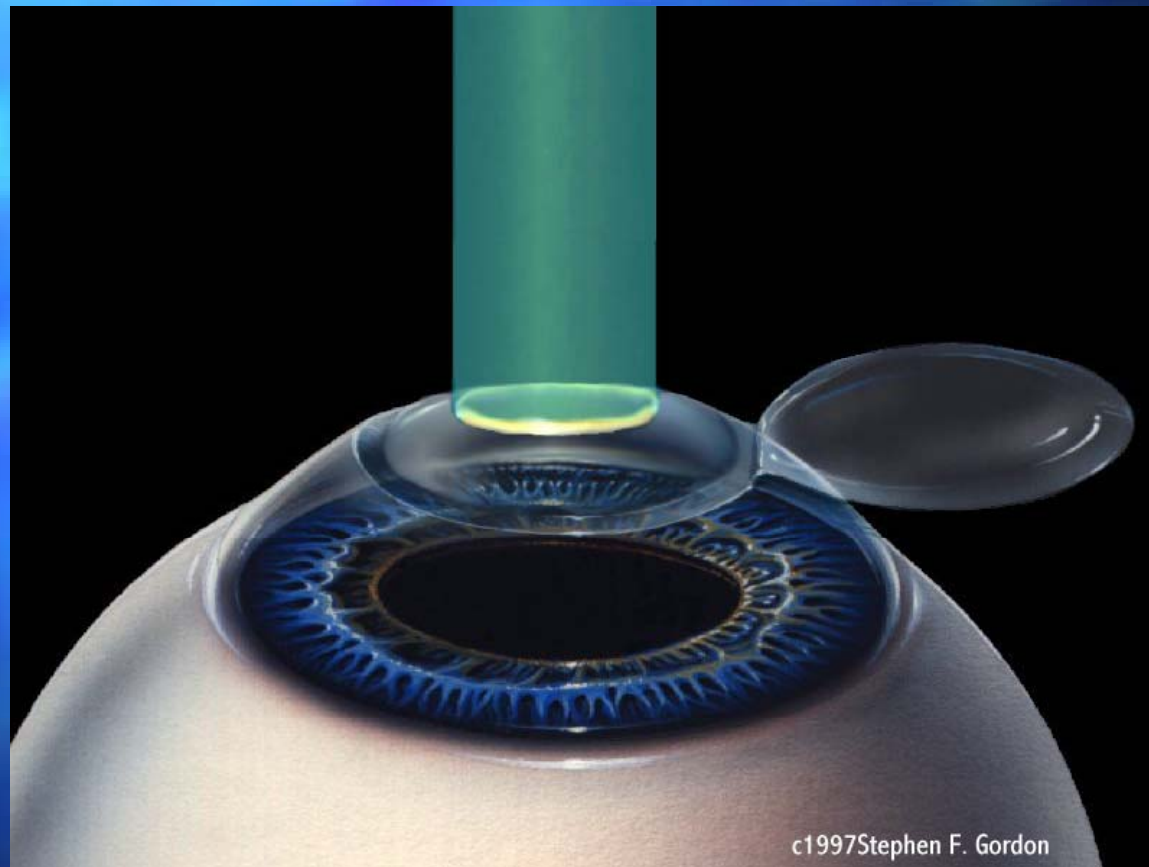
c1997Stephen F. Gordon

# *LASIK para Miopía*



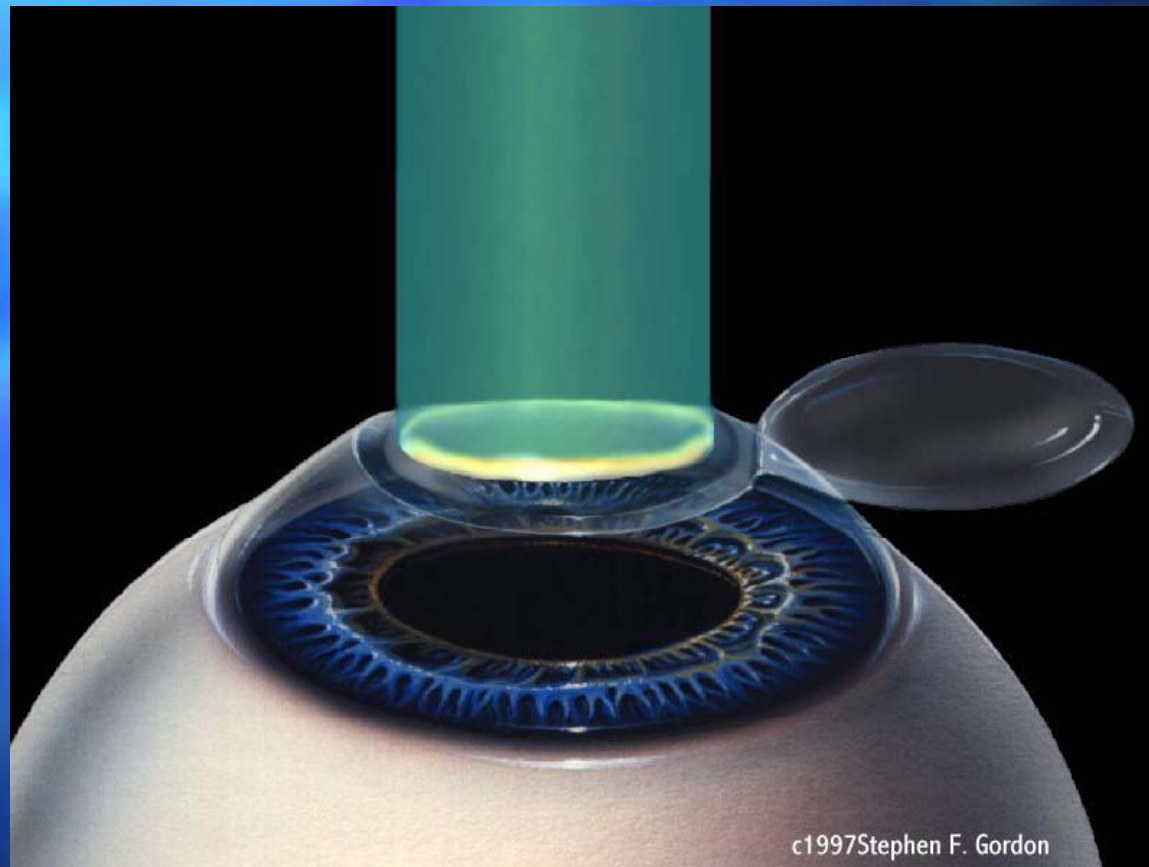
c1997Stephen F. Gordon

# *LASIK para Miopía*



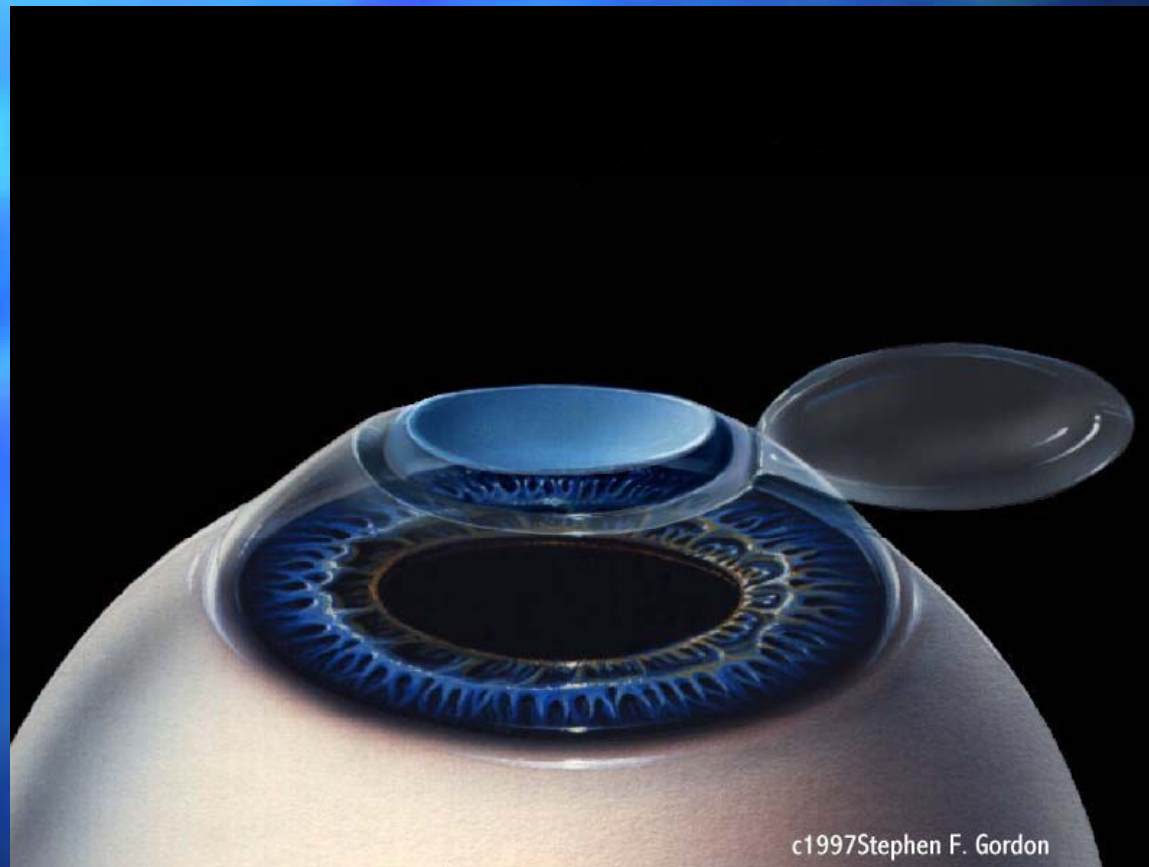
c1997Stephen F. Gordon

# *LASIK para Miopía*



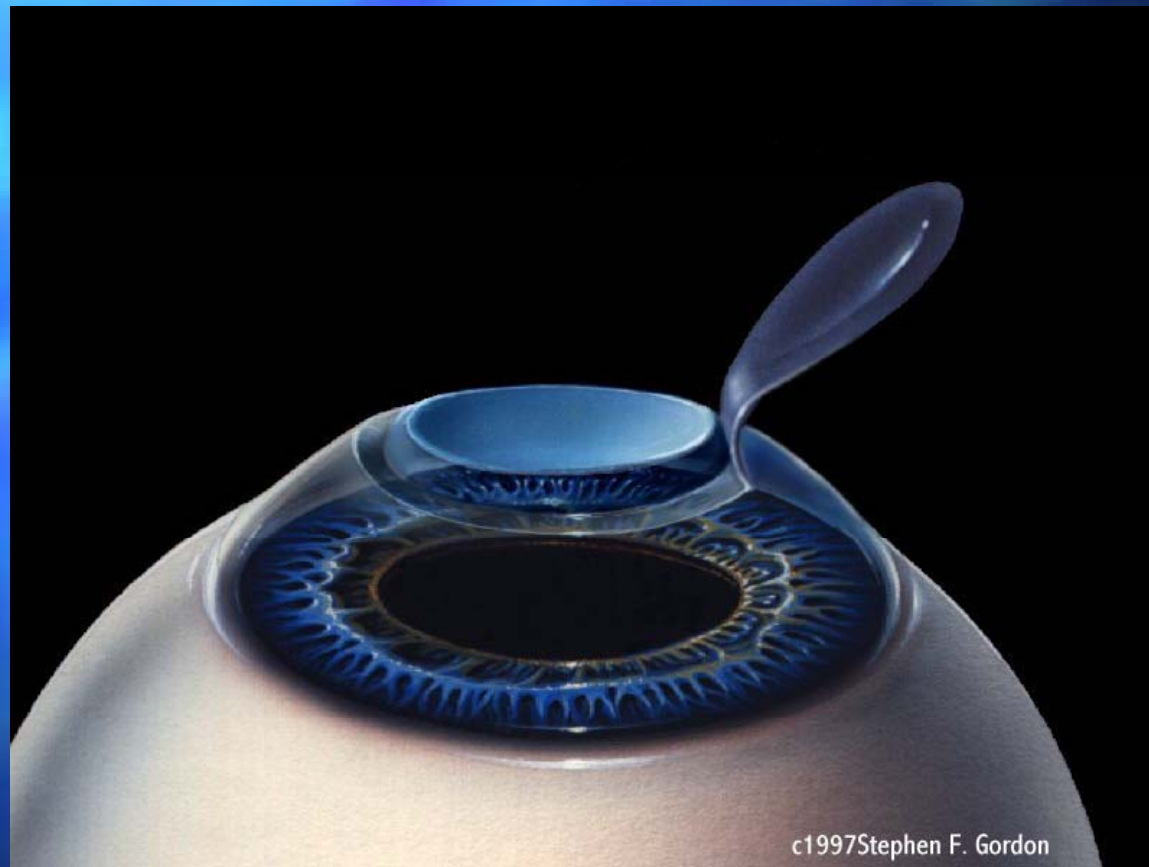
c1997Stephen F. Gordon

# *LASIK para Miopía*



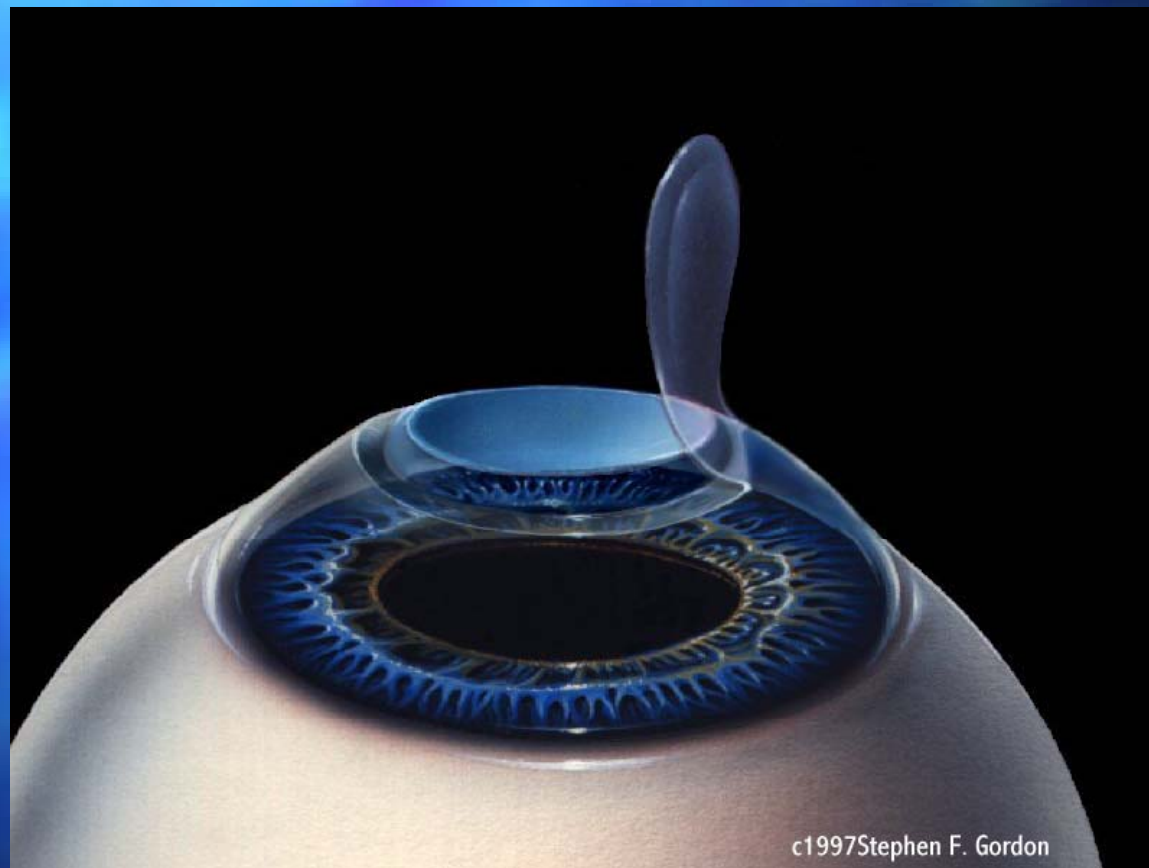
c1997Stephen F. Gordon

# *LASIK para Miopía*



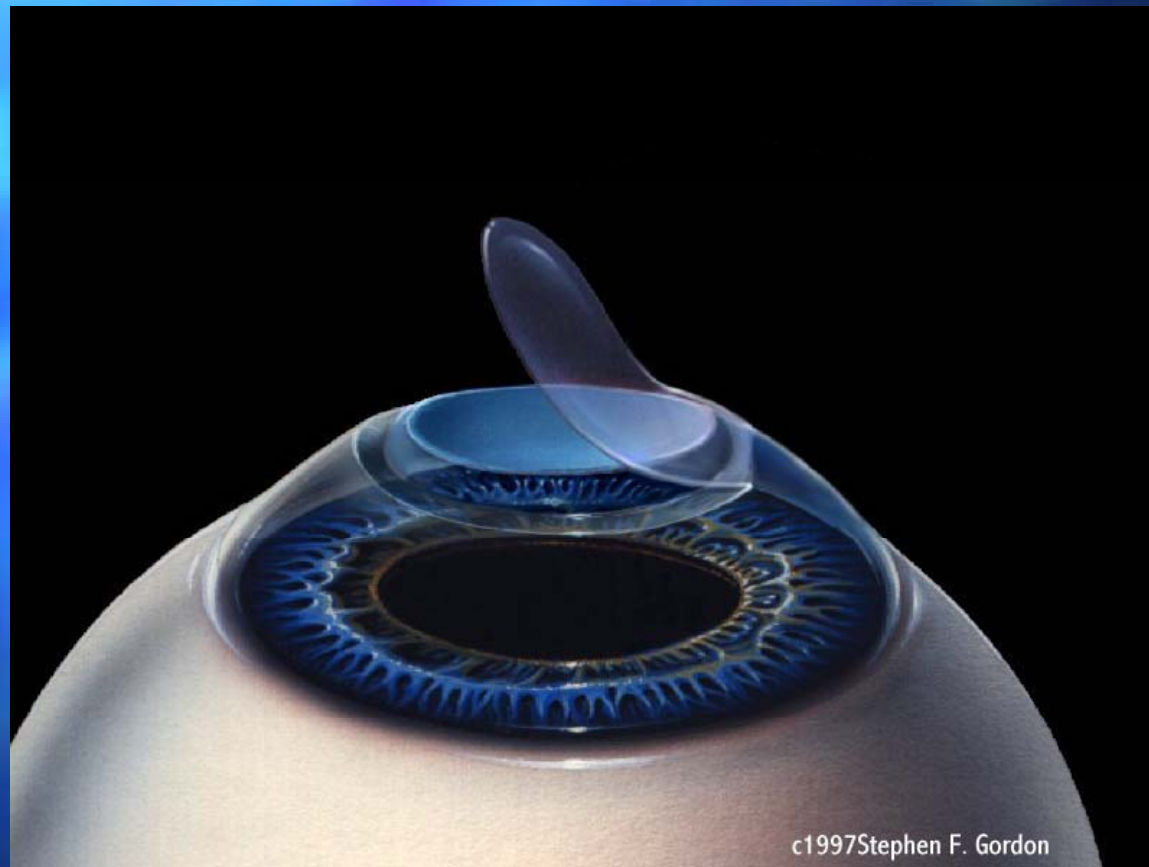
c1997Stephen F. Gordon

# *LASIK para Miopía*



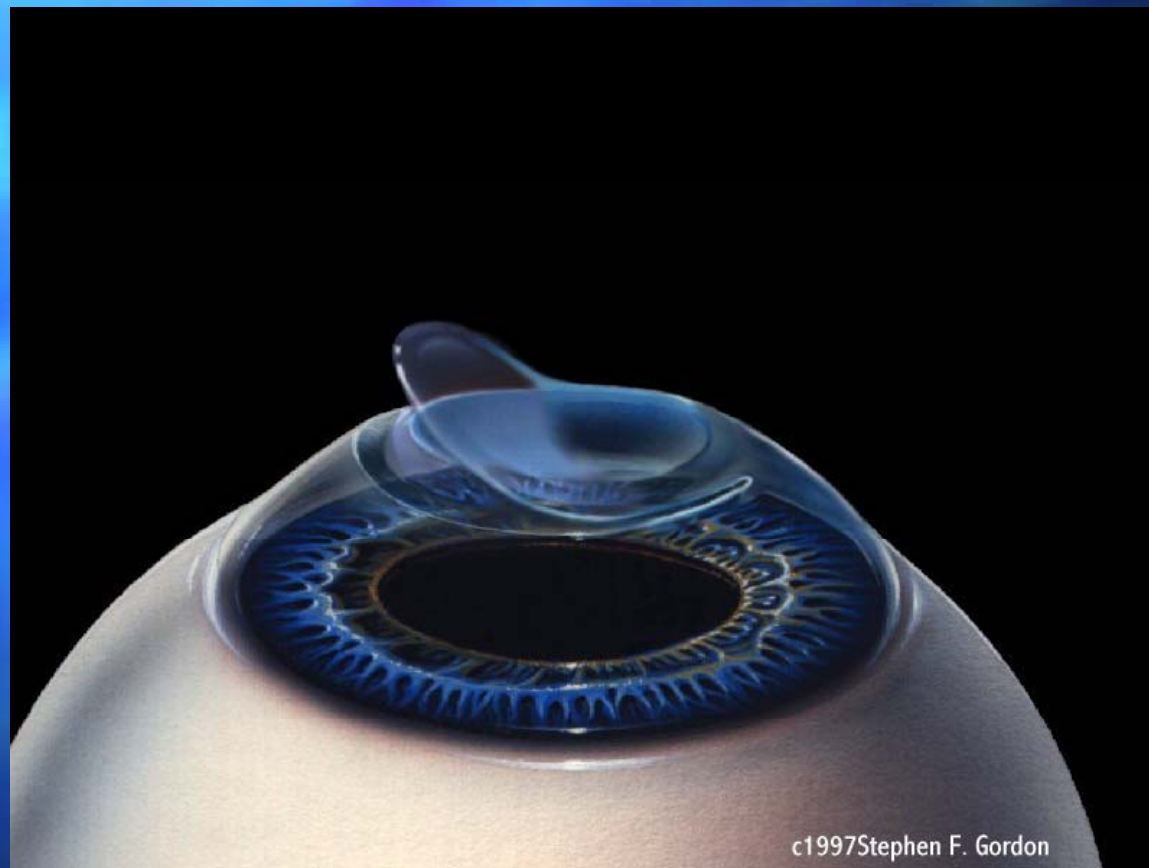
c1997Stephen F. Gordon

# *LASIK para Miopía*



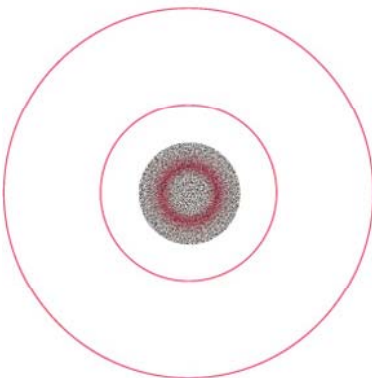
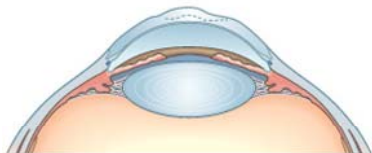
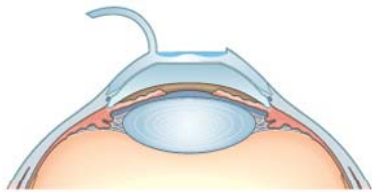
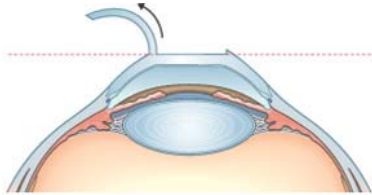
c1997Stephen F. Gordon

# *LASIK para Miopía*



c1997Stephen F. Gordon

# Queratomileusis *in situ* con láser (LASIK)



LASIK para hipermetropía

Se levanta un flap corneal superficial.

El area sombreada muestra la localización de la sustracción de tejido debajo del flap.

Después del tratamiento, el flap se reposiciona.

# Consideraciones sobre la cirugía LASIK

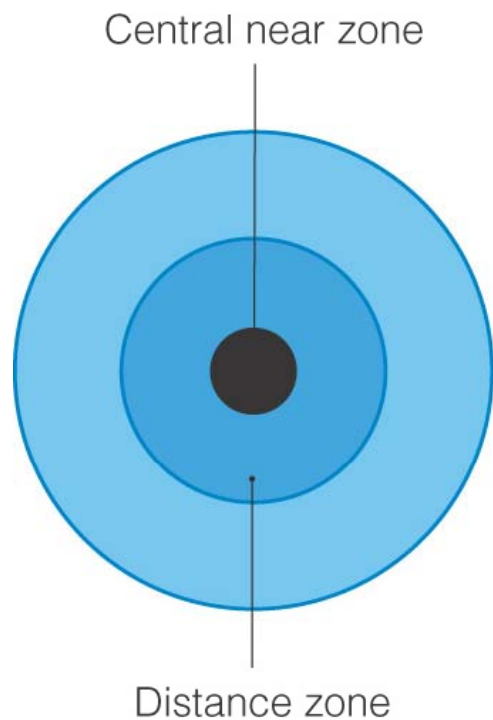
- **El procedimiento y la recuperación visual es rápida, y la molestia postoperatoria es generalmente mínima.**
- **Puede corregir**
  - Miopías desde 0,5 hasta 10 D
  - Hipermetropías desde 0,5 hasta 5 D
  - Astigmatismo hasta 8 D
- **Riesgo de complicaciones relacionadas con el flap**
- **Riesgo de ectasia a largo plazo**
- **No recomendado para pacientes**
  - Con corneas finas
  - Con queratocono u otras enfermedades corneales.
  - Para corregir errores refractivos fuera del rango aprobado
  - Con ojo seco severo....

# Ablación corneal multifocal

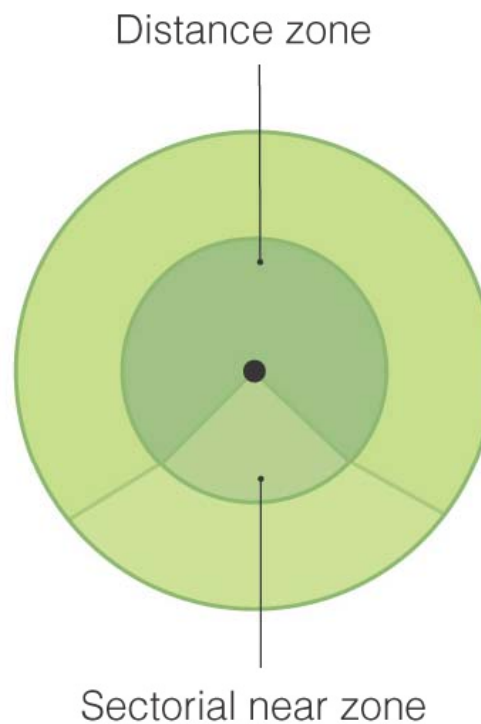
- **Procedimiento experimental en el que el laser excimer se usa para producir diferentes zonas ópticas que puedan servir para visión cercana y lejana**

# Ablación corneal multifocal

Patrones de ablación multifocal para el tratamiento de la miopía y presbicia.



Zonas de lejos y cerca concéntricas



Zona de cerca sectorial en la parte inferior

El círculo más externo: superficie corneal total.

Area de ablación: círculo central sombreado

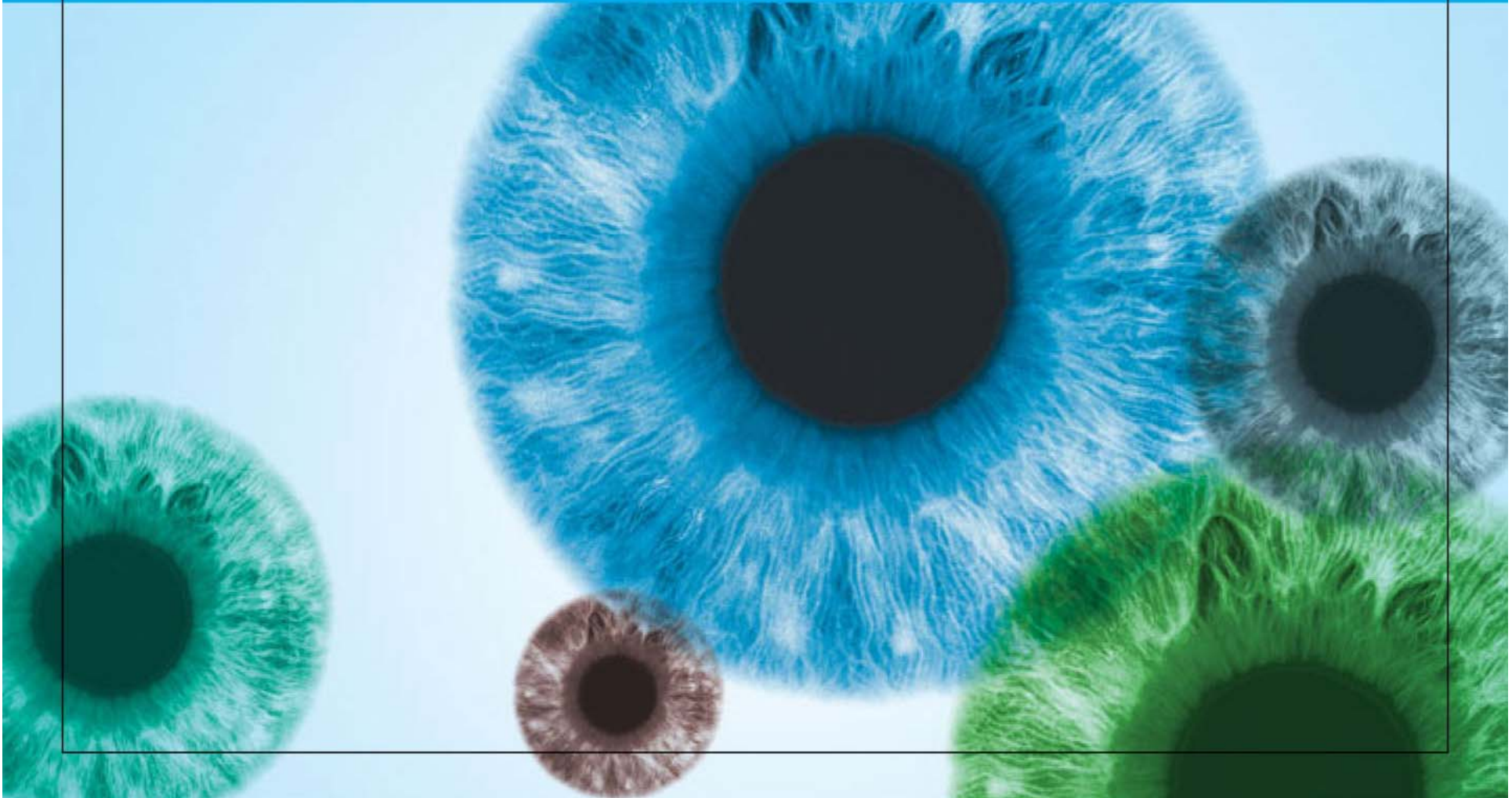
En el area de ablación, se pueden crear diferentes zonas para lejos y cerca.

# Ablación corneal multifocal

- **Esta córnea multifocal produce imágenes simultáneas sobre la retina, y el paciente procesa la imagen apropiada cuando realiza tareas lejanas o cercanas.**
- **Por ejemplo, cuando se mira un objetivo lejano, la imagen producida por la zona óptica de lejos estará enfocada mientras que la luz que pasa a través de la zona óptica de cerca creará borrosidad.**
- **Efectos secundarios: deslumbramiento postoperatorio, halos, imágenes fantasma, y diplopia monocular.**
- **El tratamiento puede estar limitado por el tamaño de pupila y el grado de error refractivo.**

# Procedimientos Laser

## Cirugía Laser corneal guiada por frente de onda

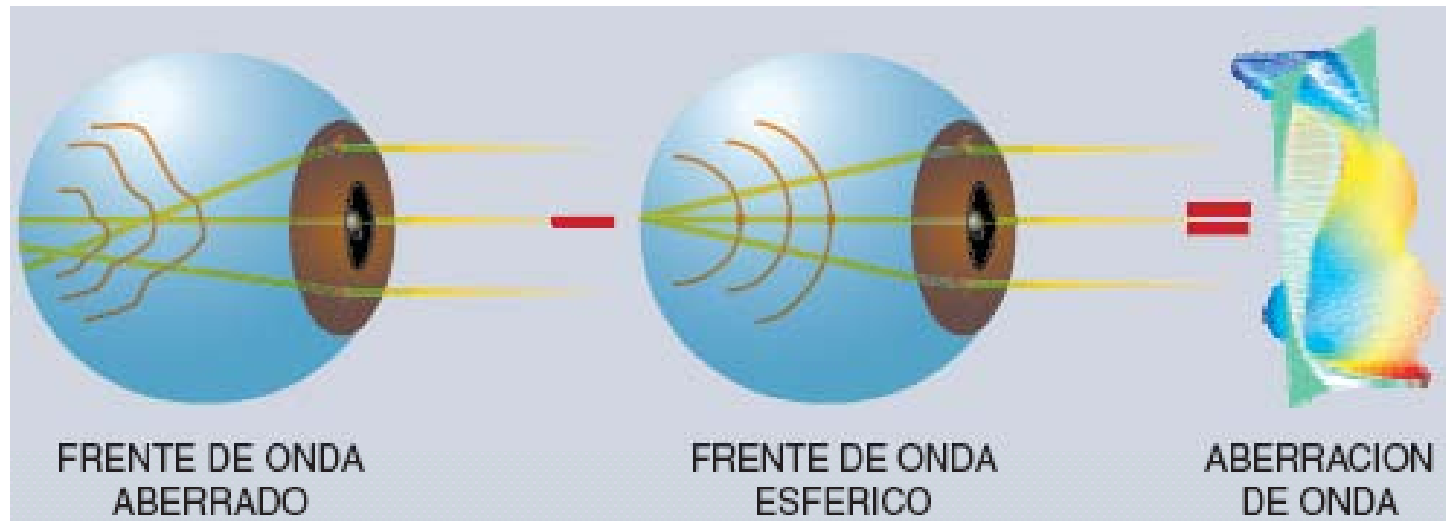


# Aberración de onda

- **Sistema óptico perfecto (limitado por difracción)**

- los rayos que entran por la pupila inciden en el mismo punto en el plano imagen (retina)

- **Las desviaciones angulares con respecto a la trayectoria ideal se denominan aberraciones del frente de onda o “aberración de onda”**



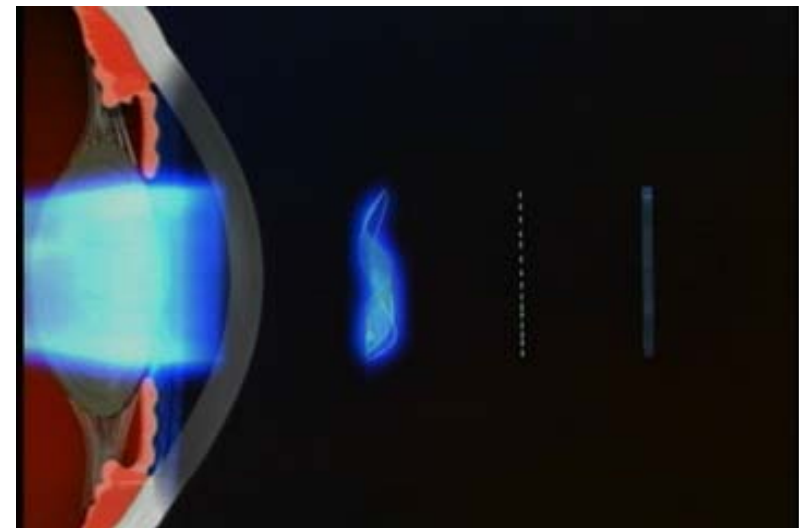
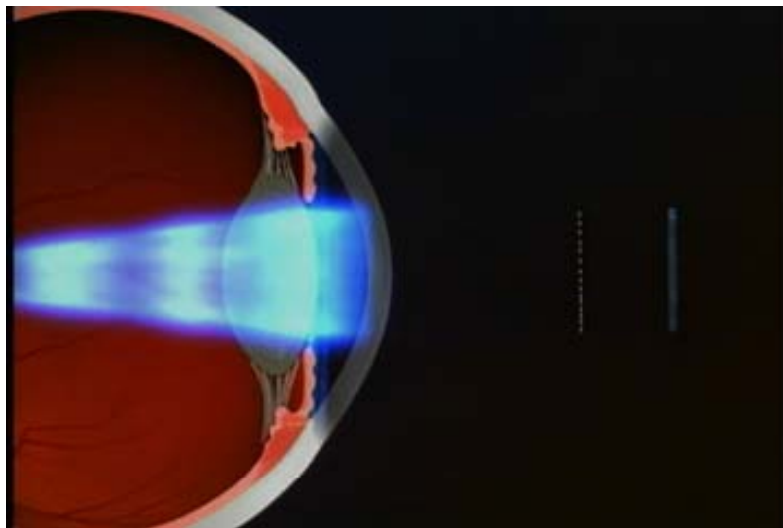
# Cirugía Laser corneal guiada por frente de onda

- **Las ablaciones corneales “personalizadas” usan aberrómetros de “frente de onda” para detectar y tratar tanto el error esferocilíndrico como las aberraciones de alto orden que pueden afectar a la agudeza visual**
- **Los aberrómetros de “frente de onda” capturan datos que describen las aberraciones ópticas del sistema óptico del ojo**
  - Miden como el sistema óptico del ojo altera un frente de onda de luz que entra y emana desde al retina.
  - Las alteraciones se pueden analizar para separar el frente de onda aberrado en sus componentes, usando los polinomios de Zernike o el análisis de Fourier
- **Adicionalmente se pueden medir las aberraciones corneales con un topógrafo**

# Medida del frente de onda

Una onda de rayos de luz sale reflejada desde la retina a través del cristalino, pupila y córnea.

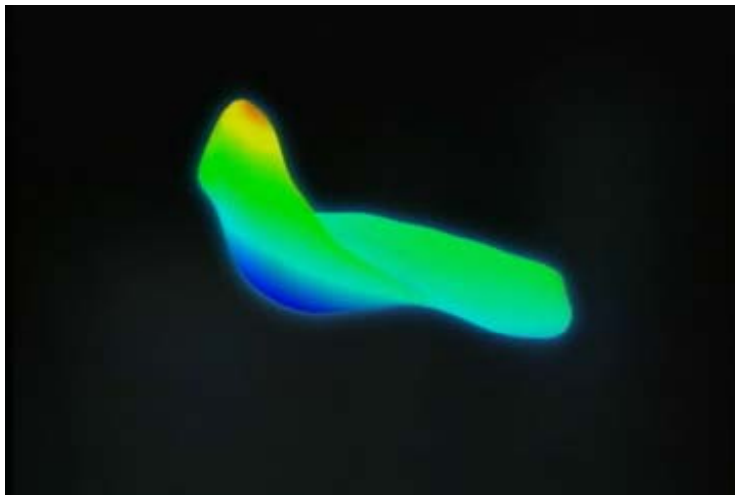
Un sensor mide las irregularidades en el patrón del frente de onda según emerge del ojo.



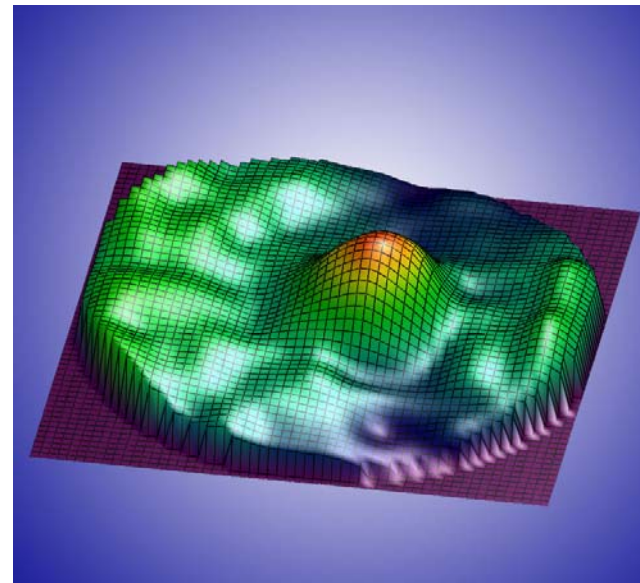
- Conocer como se deforma un frente de ondas al pasar por el ojo permite saber como se debería cambiar la forma de la córnea para que el frente de onda que ésta crease fuese el ideal para conseguir la mejor calidad óptica.

# Medida del frente de onda

- Con las medidas del aberrómetro, un software matemático específico calcula el frente de onda y crea un mapa exacto, tridimensional del sistema óptico del ojo
- Los datos del frente de onda se usan para programar el patrón (algoritmo) de ablación laser durante el procedimiento LASIK.



**Mapas del frente de onda**



# LASIK guiado por frente de onda

- **Reduce la posibilidad de quejas de la calidad de visión, como visión nocturna pobre, dificultades para conducir por la noche, deslumbramiento, halos e imágenes borrosas.**
- **Aprobado por la FDA para el tratamiento de la miopía y astigmatismo**

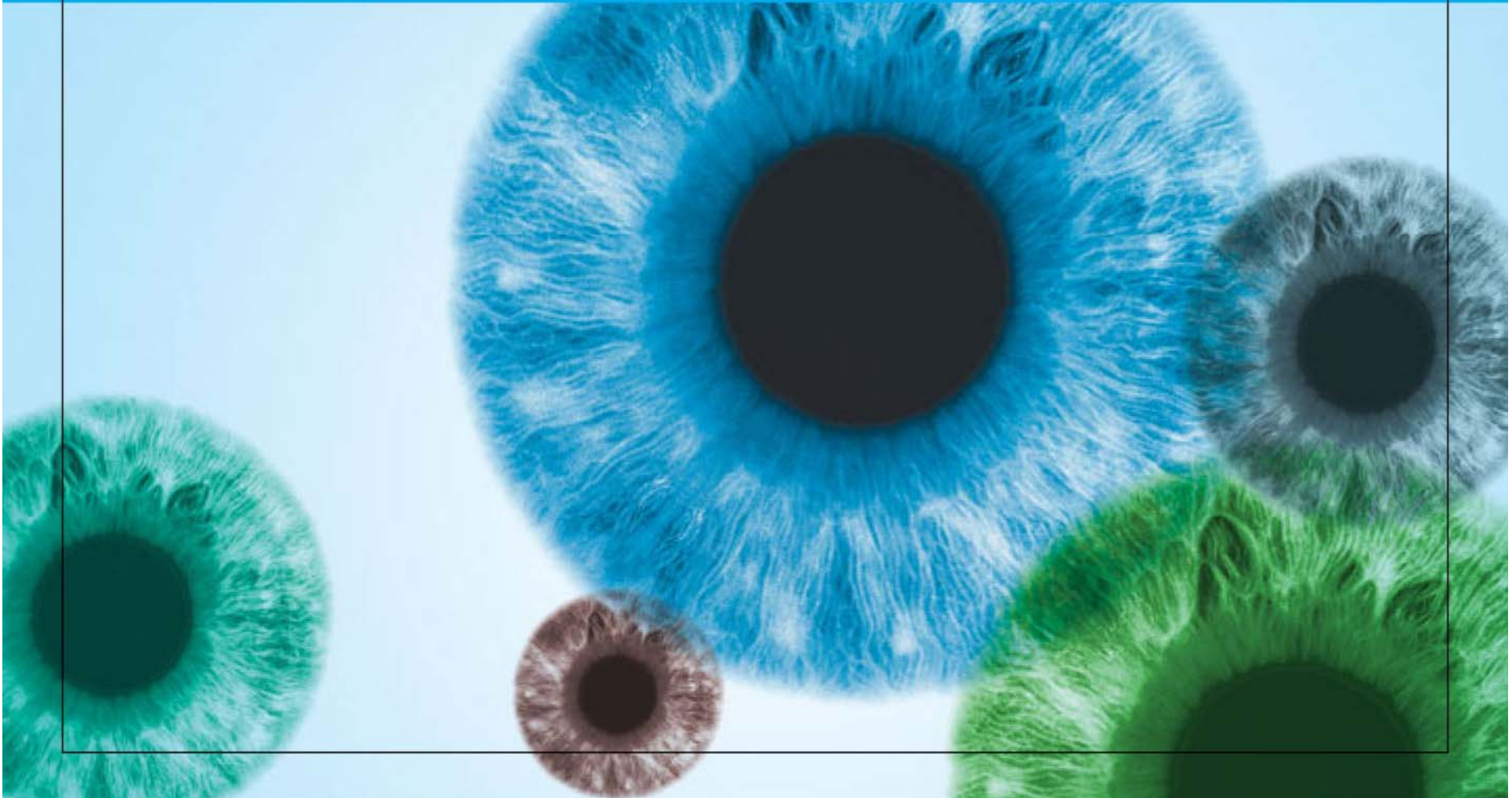
# Consideraciones sobre el LASIK guiado por frente de onda

- **Es más útil en individuos con mayores aberraciones.**
- **El procedimiento y recuperación es generalmente indoloro y rápido, como en el LASIK estándar.**
- **Se elimina más tejido corneal (ablaciones más profundas) que con el LASIK convencional**
- **No está recomendada para pacientes con:**
  - Con corneas finas o miopías altas
  - Con queratocono u otras enfermedades corneales.
  - Para corregir errores refractivos fuera del rango aprobado
  - Con ojo seco severo....

# Procedimientos Térmicos

**Termoqueratoplastia con laser LTK**

**Termoqueratoplastia conductiva (CK)**



# Procedimientos térmicos

- **Estas técnicas se basan en la contracción de las fibras de colágeno corneal de la periferia media, con el fin de aumentar la curvatura de la zona central de la córnea.**
- **Sirven para la reducción temporal de la HIPERMETROPÍA leve o moderada**
  - para la mayoría de las personas la cantidad de corrección disminuirá con el tiempo (regresión).

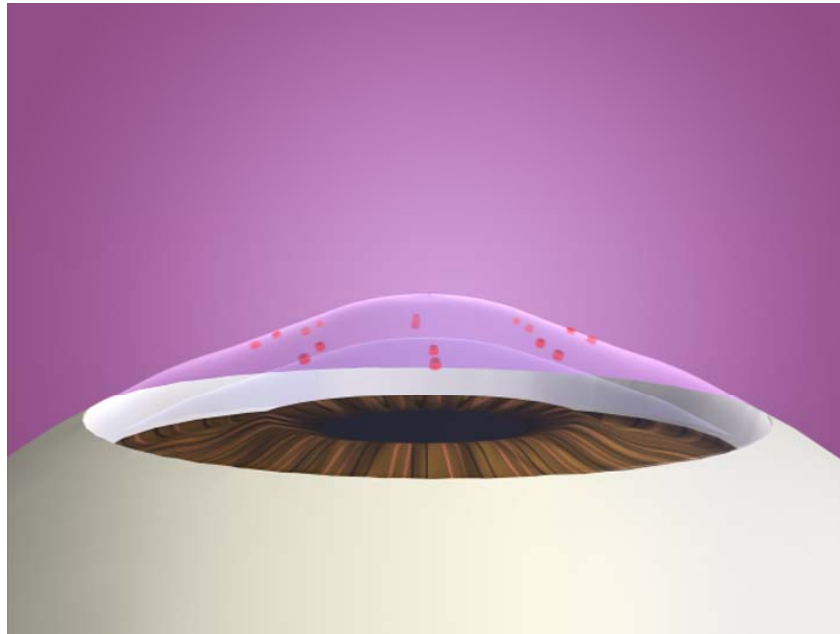
# Procedimientos térmicos

- Una sonda muy pequeña libera cantidades controladas de radio frecuencia (o laser) para aplicar calor en la porción periférica de la córnea (fuera del eje visual)

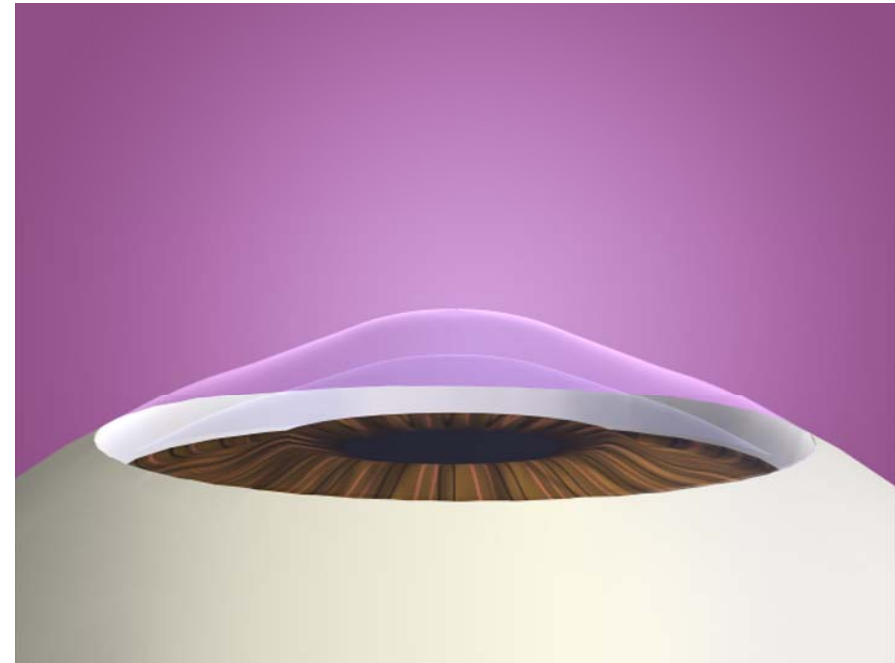


# Procedimientos térmicos

El calor provoca la contracción de las fibras de colágeno corneal en la periferia media



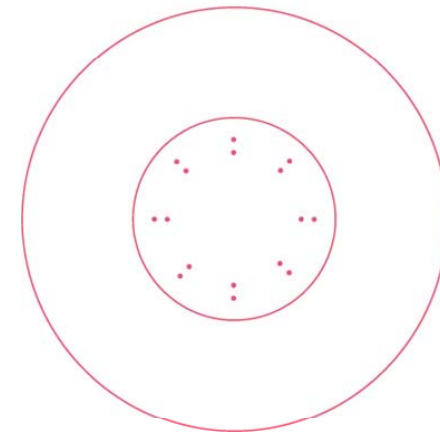
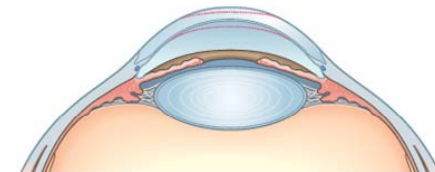
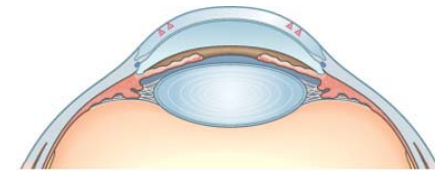
Esto aumenta la curvatura de la zona central de la córnea aumentando su potencia



# Termoqueratoplastia con laser LTK

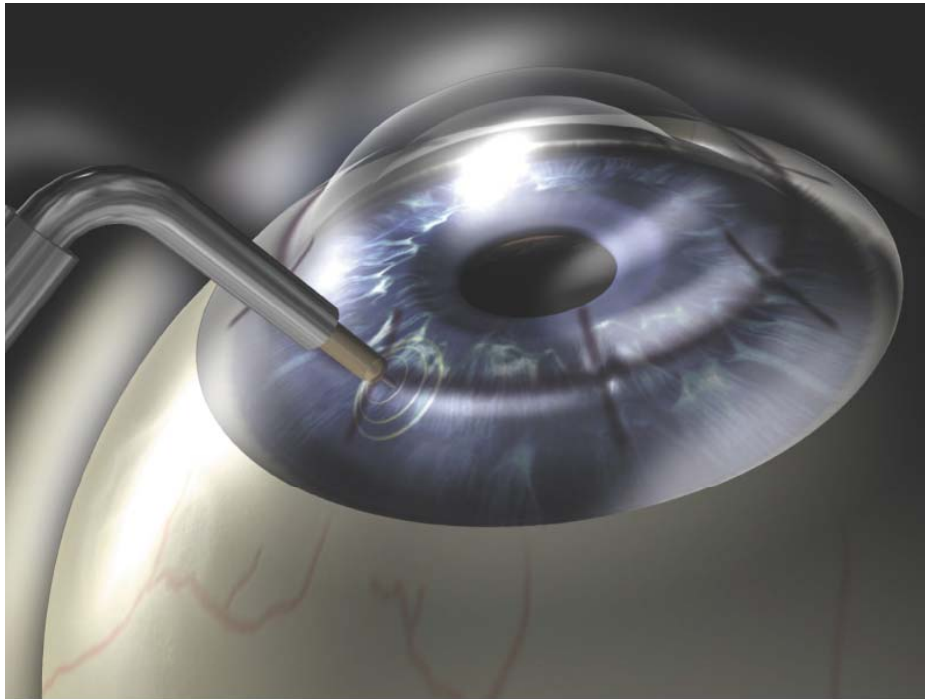
## Láser de no contacto: Holmium-YAG

- El láser genera una temperatura entre los 65 y 75° que produce la contracción de las fibras de colágeno.
- Se aplica en la periferia de la córnea en forma de patrón radial
- Suelen aplicarse 16 spots anulares alrededor de 3 minutos sobre la córnea periférica.
- Tras la aplicación se adapta una lente de contacto blanda terapéutica durante un día.
- Tratamiento de la hipermetropía entre +0,75 y +2,50 D y astigmatismo combinado de 0,75.
- Puede inducir astigmatismo irregular



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

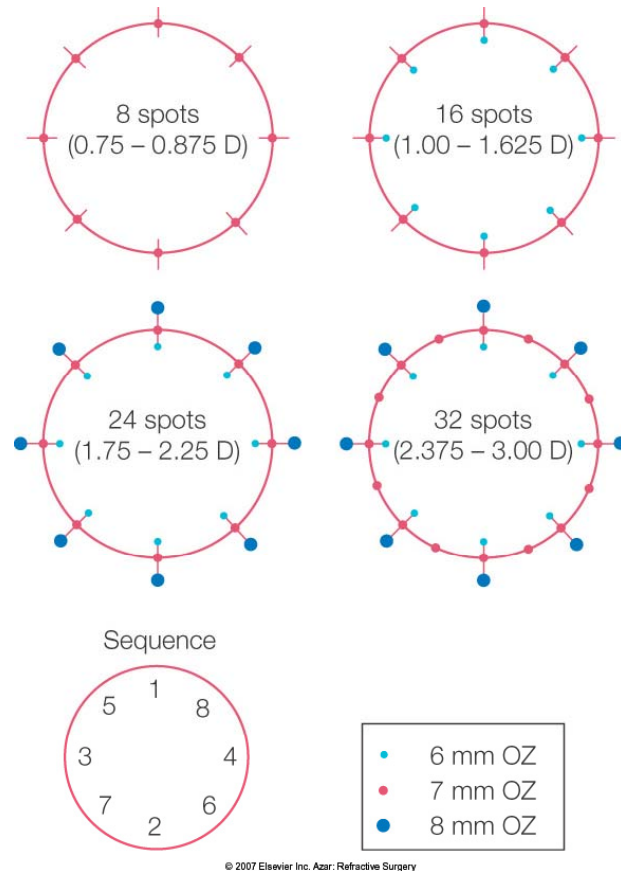
# Termoqueratoplastia conductiva (CK)



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

- Sistema similar al anterior
- Conductividad eléctrica en vez de térmica (radiofrecuencias 350 KHz))
- Sonda especial para liberar energía hacia la profundidad del estroma en la periferia-media de la córnea,
- Menos daño termal colageno adyacente y menos regresión que LTK

# Termoqueratoplastia conductiva (CK)



- La sonda se inserta en marcas hechas previamente en la periferia de la cornea según un patrón de anillos fuera del eje visual

- Aplicaciones en círculos concéntricos de 6, 7 u 8 mm

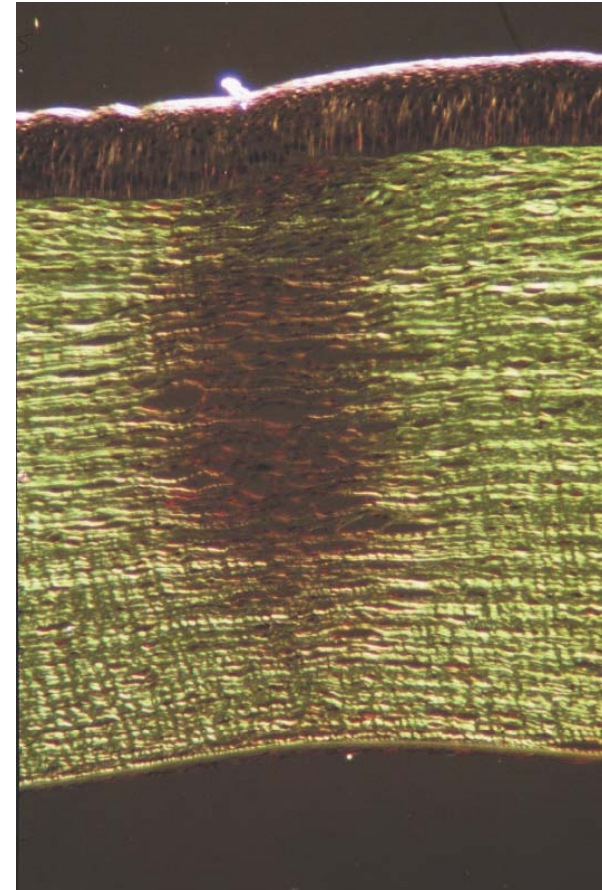
- Tratamiento de la hipermetropía y presbicia

Algoritmo de spots para predecir la CK

# Termoqueratoplastia conductiva (CK)

Histología de la cornea de un cerdo una semana después de termoqueratoplastia conductiva (CK).

La huella es cilíndrica y tiene aproximadamente un 80% de profundidad corneal. Ésta es necesaria para contribuir a la permanencia del efecto.



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

# Termoqueratoplastia conductiva (CK)

- **En ambas técnicas la modificación de la curvatura de la córnea depende del número de impactos, de su energía y de la edad del paciente.**
- **La estabilidad refractiva es variable con el tiempo**
  - CK es la que menos varía pero puede inducir astigmatismo

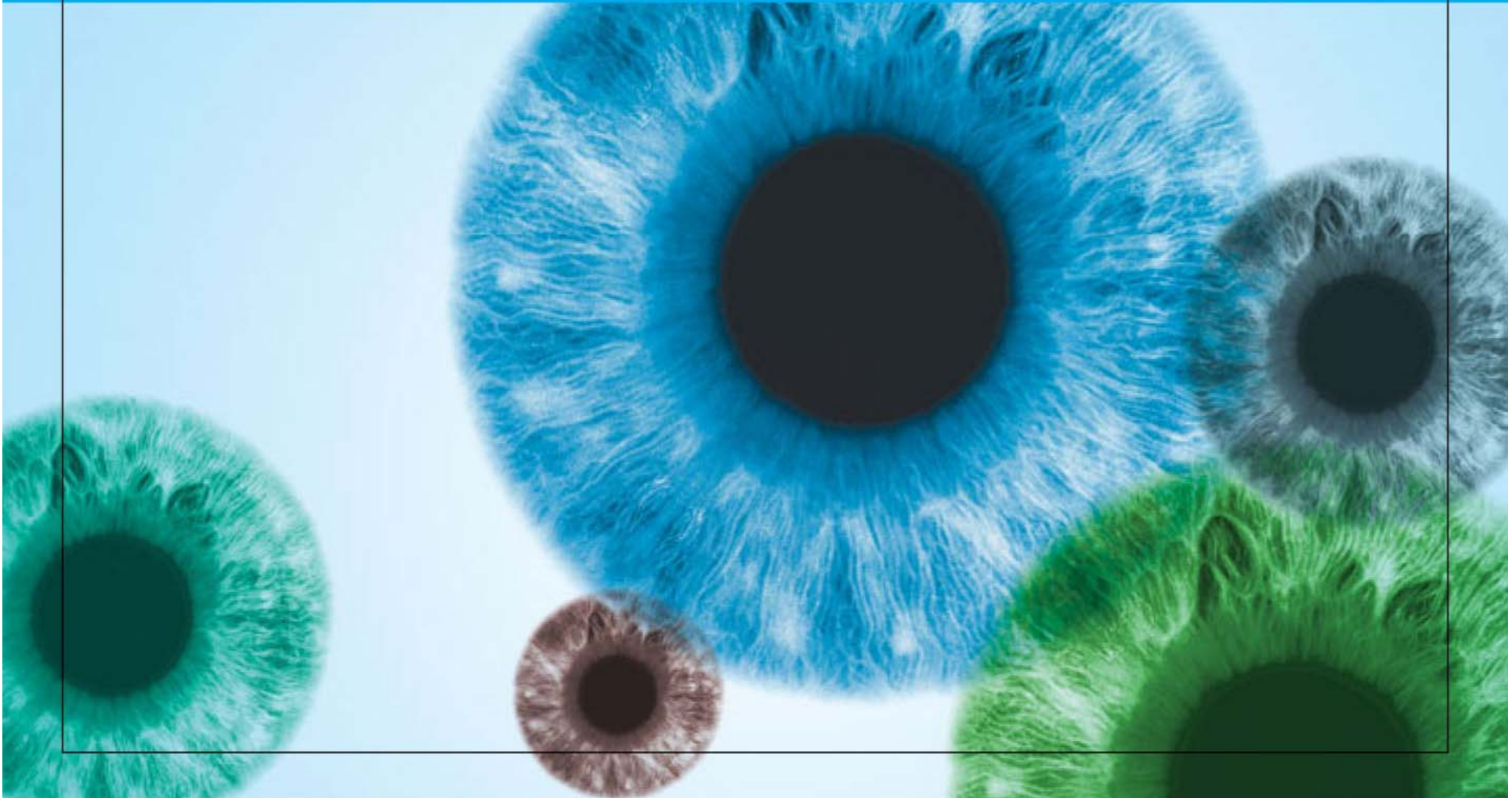
# Consideraciones sobre la cirugía CK

- **Se puede usar en tratamientos de monovision, para mejorar la visión próxima en un ojo présbita**
  - Generalmente el ojo no-dominante se trata para visión próxima, mientras que el otro se deja para lejos.
- **La recuperación de la visión óptima puede ser más lenta que después del LASIK (puede fluctuar durante varios días)**
- **Puede no ser una corrección permanente; la hipermetropía puede regresar con el tiempo y puede ser necesario un re-tratamiento.**

# Implantes

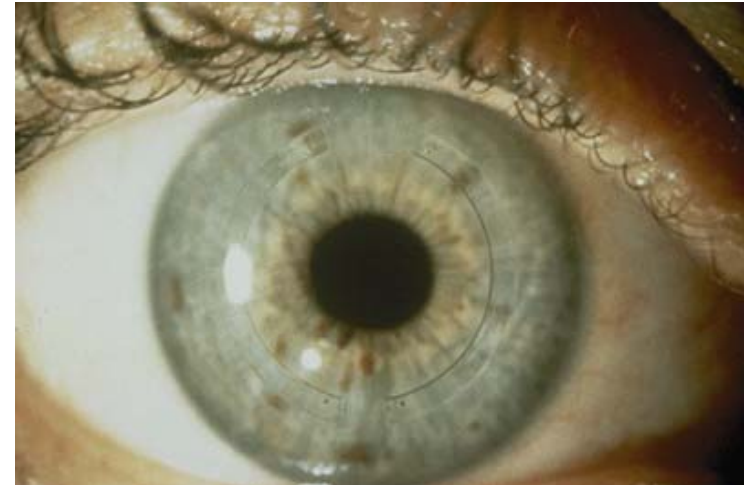
Anillos intraestromales

Lentes intraestromales



# Anillos intraestromales

- Procedimiento de cirugía refractiva sin laser
- Los INTACS son anillos completos o segmentados de polimetilmetacrilato (PMMA) que se implantan en la cornea periférica para modificar la forma de la cornea.



**Intacs situados en el estroma de la cornea**

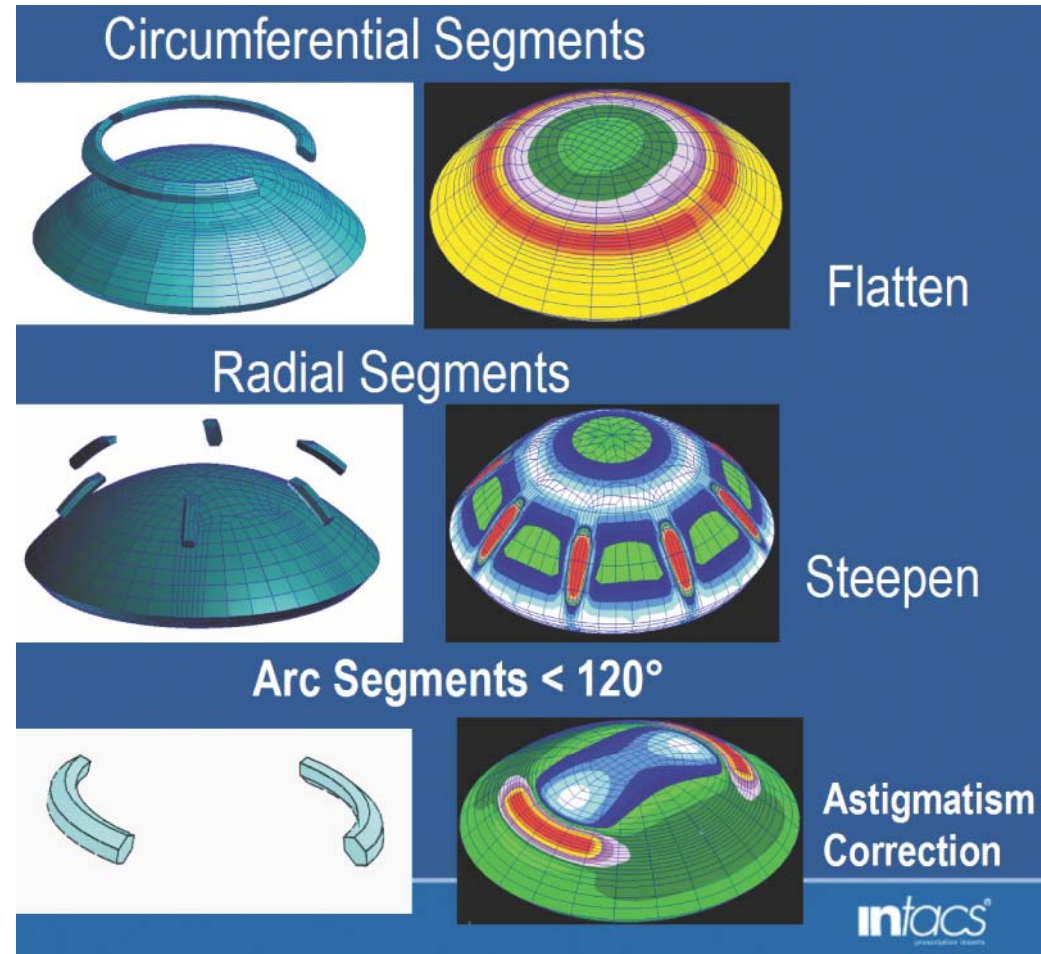
# Anillos intraestromales

Modelos que predicen los cambios de curvatura corneal asociados con varios diseños de implantes intraestromales

Miopía: segmentos circulares que aplanan la parte central de la cornea

Hipermetropía: segmentos radiales que encurvan la parte central de la cornea

Astigmatismo: arcos de segmentos



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

# Anillos intraestromales

Intacs para la corrección de la miopía

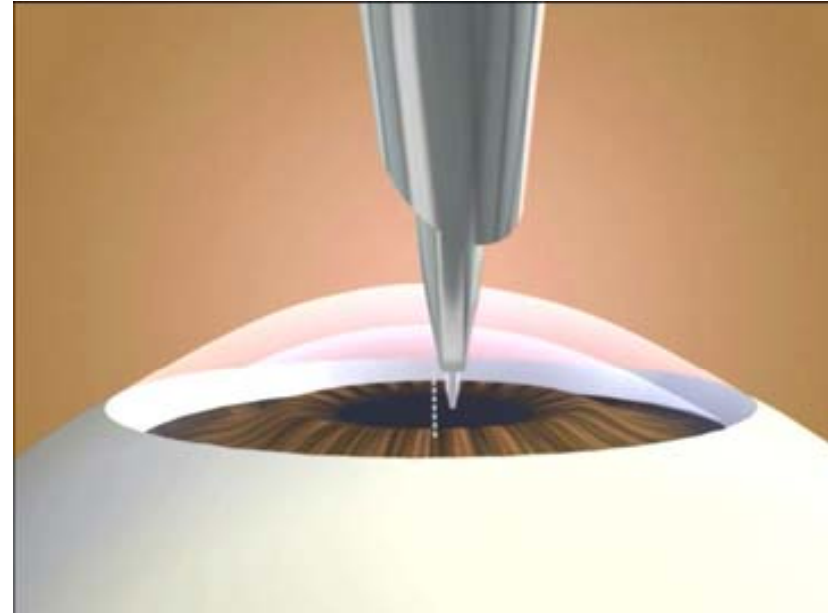
Diseño de segmentos arqueados 150° (espesor del anillo variable )



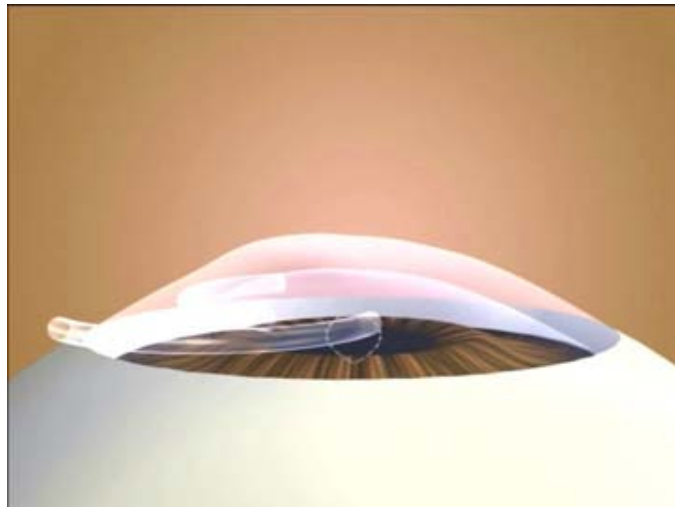
© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

# Anillos intraestromales

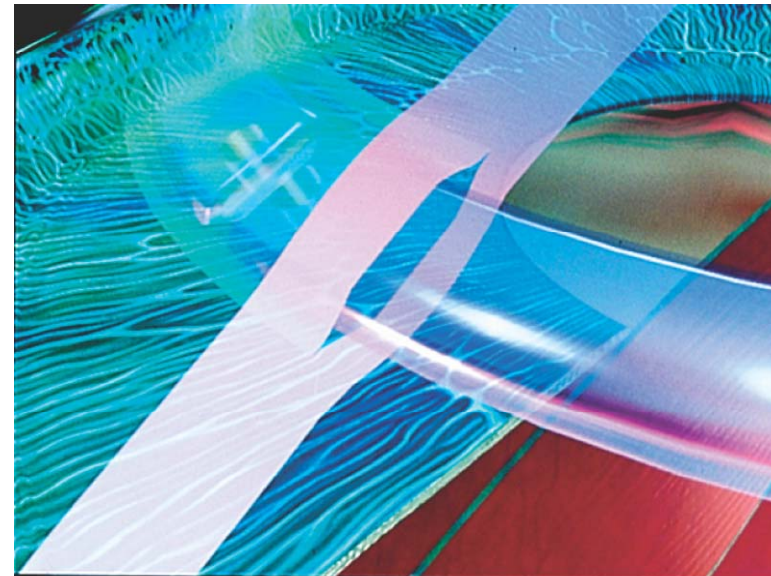
- El cirujano hace una abertura muy pequeña en la cornea.
- A partir de ella se crea, en el estroma, un tunel o canal circular hacia la derecha y hacia la izquierda de la incisión



# Anillos intraestromales

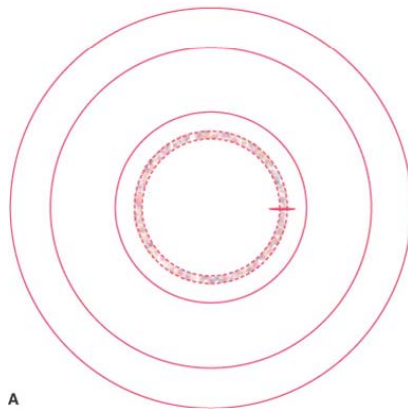
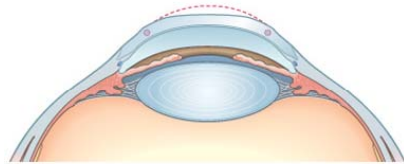
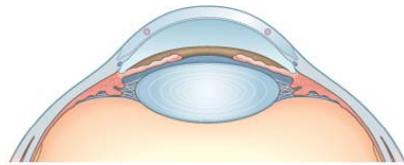


- Los Intacs se insertan a través de la abertura en estos túneles y se sitúan a dos-tercios de profundidad estromal, pero fuera de la zona óptica central.



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

# Anillos intraestromales



A

© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

**Segmentos de anillos intraestromales**

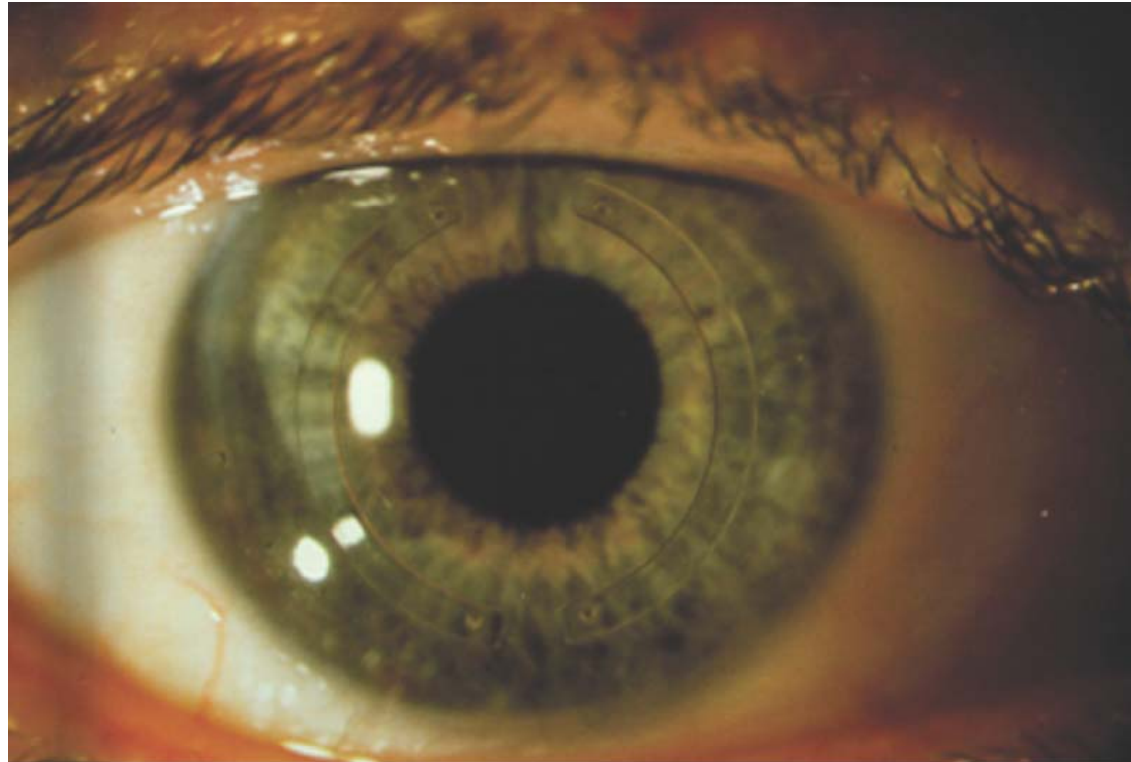
**Se sitúan en el estroma**

**Aplanan la zona central de la cornea**

**La cornea central no se manipula**



# Anillos intraestromales



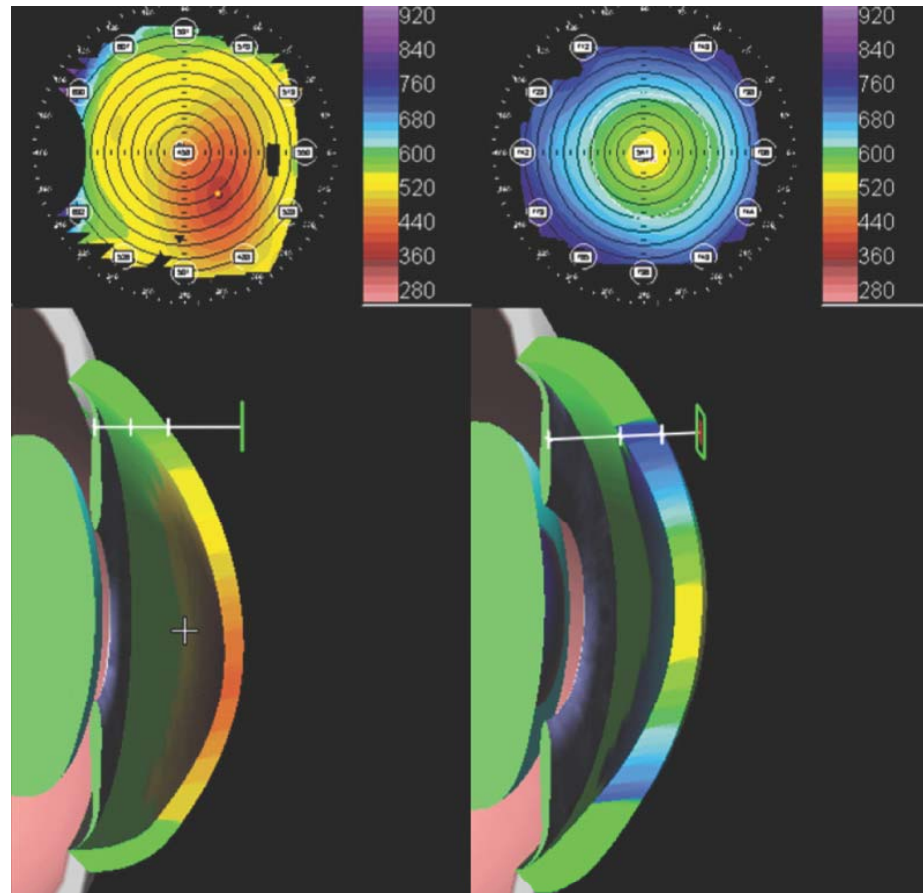
© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

Apariencia de la implantación de los segmentos Intacs.

# Anillos intraestromales

Perfil topográfico de una cornea con ectasia antes y después de implantar Intacs

Notar la regularización de las curvaturas y recentramiento del apex corneal



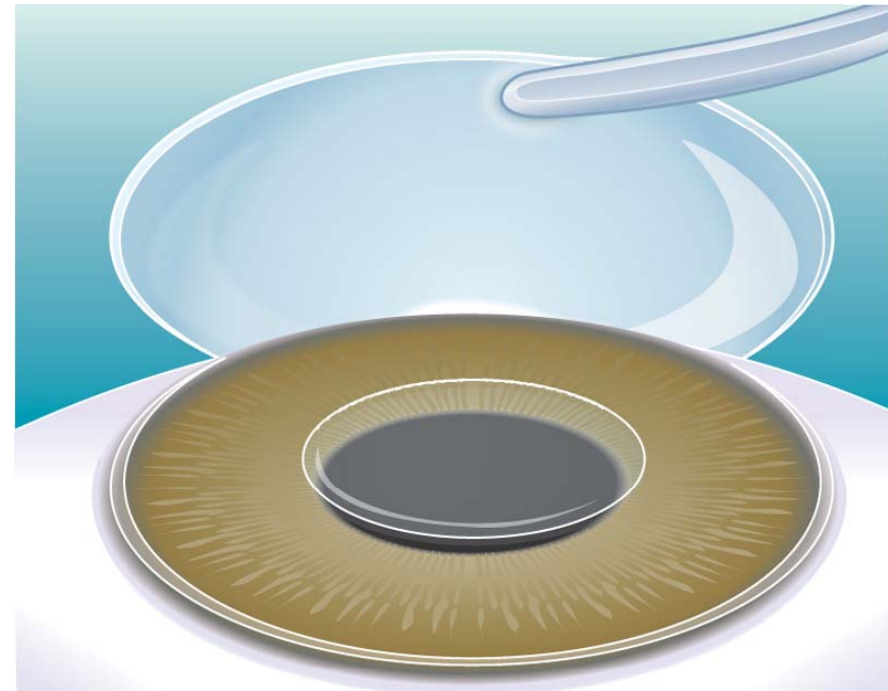
© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

# Consideraciones sobre la cirugía de anillos intraestromales

- **Grados leves de miopía.**
- **Actualmente se implantan en pacientes con queratocono para regularizar la superficie y aumentar la calidad óptica de la córnea y de la visión**
- **La cirugía es reversible; si el oftalmólogo elimina los Intacs, la cornea generalmente vuelve a su forma original después de unas semanas.**
- **No se puede recomendar para pacientes con corneas demasiado finas**

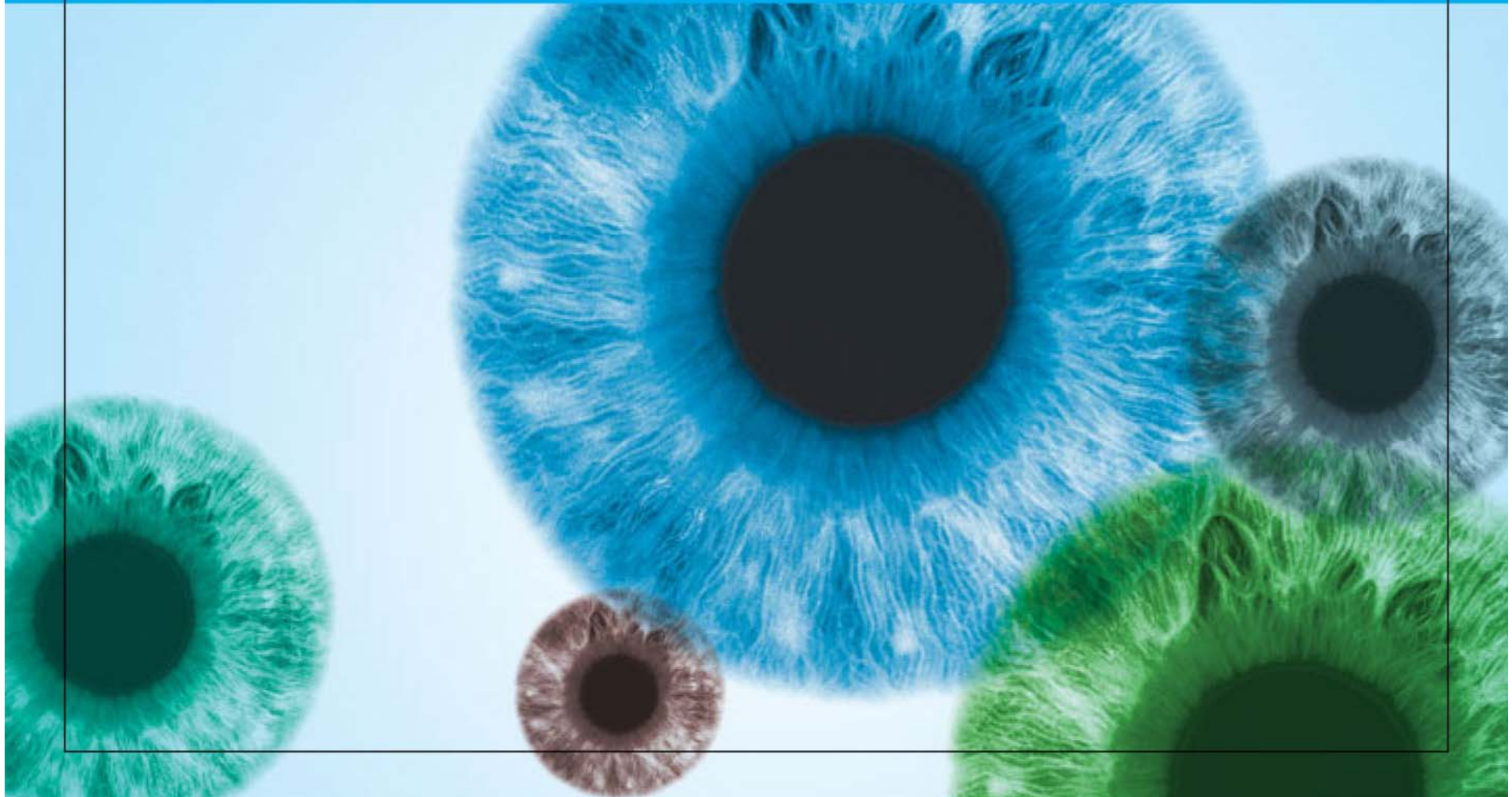
# Lentes intraestromales

- Las lentes intraestromales (Inlays) se insertan en el estroma corneal tras la creación de un flap lamelar de igual manera que la cirugía LASIK
- La lente insertada de hidrogel posee la curvatura y espesor necesario para corregir un determinado error refractivo.
- Actualmente se está aplicando a la corrección de la hipermetropía.



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

# Procedimientos refractivos lenticulares



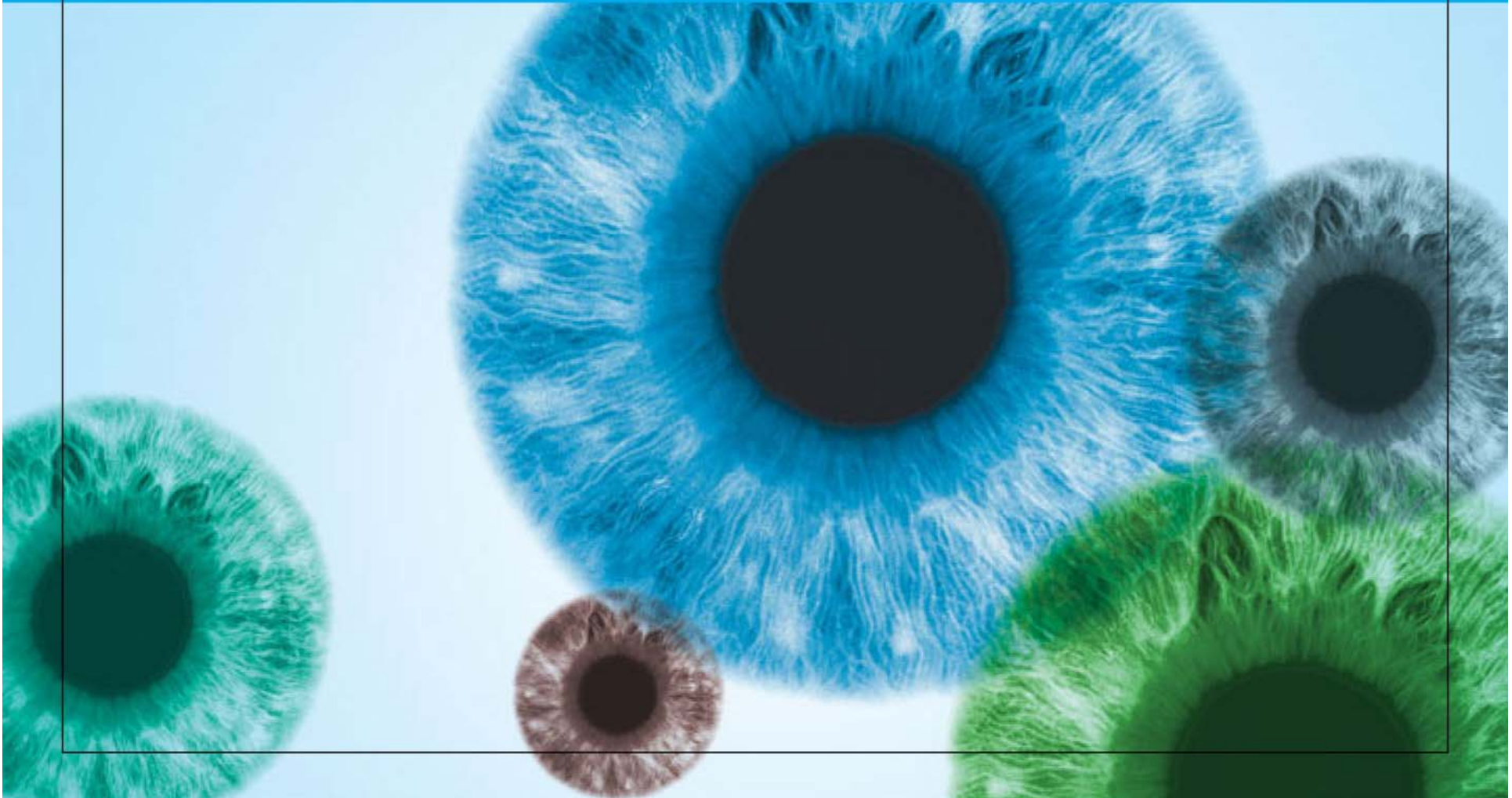
# Procedimientos refractivos lenticulares

- La mayoría de los procedimientos refractivos son del tipo queratorefractivo con laser
- Pero no son adecuados sí:
  - los errores refractivos exceden el rango de tratamiento
  - la cantidad de tejido que es necesario ablacionar es muy grande
- Los procedimientos lenticulares dependen de la colocación de lentes intraoculares para la corrección de ametropías y se usan para tratar miopía, hipermetropía, astigmatismo, y presbicia.

# Procedimientos refractivos lenticulares

- **Sustitución de cristalino transparente**
- **Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)**
- **Bioptics (cirugía refractiva combinada)**
- **Lentes intraoculares (IOL) multifocal y acomodativa**
- **Phaco-Ersatz**

# Sustitución de cristalino transparente



# Sustitución de cristalino transparente

- **La lente del cristalino natural, sin cataratas, se elimina o reemplaza con una lente intraocular artificial (LIO).**
- **El procedimiento de sustitución de cristalino transparente usa las técnicas habituales de la cirugía de cataratas y tarda aproximadamente 15-20 minutos.**
- **Los riesgos quirúrgicos incluyen aquellos habituales en la cirugía de cataratas aunque el riesgo de desprendimiento de retina es mayor en los miopes elevados.**
- **Tratamiento de grados elevados de miopía, hipermetropía y pacientes que no son candidatos de LASIK.**

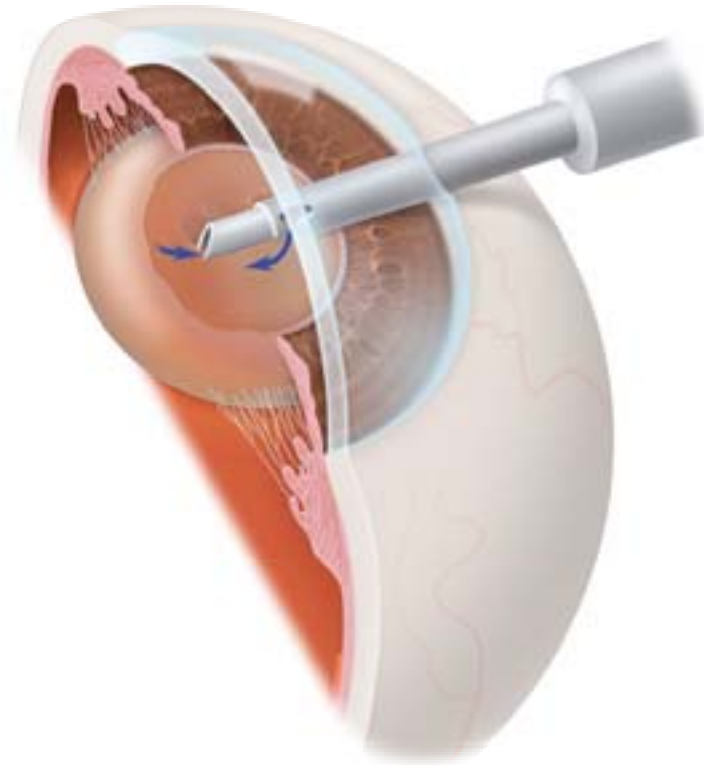
# Sustitución de cristalino transparente

- La LIO se implanta en un procedimiento quirúrgico con anestesia local o tópica.
- Se hacen de una a tres pequeñas incisiones próximas al borde de la córnea, antes de quitar el cristalino natural e insertar la LIO
- Después del procedimiento, estas incisiones se autoadhieren sin requerir puntos de sutura.



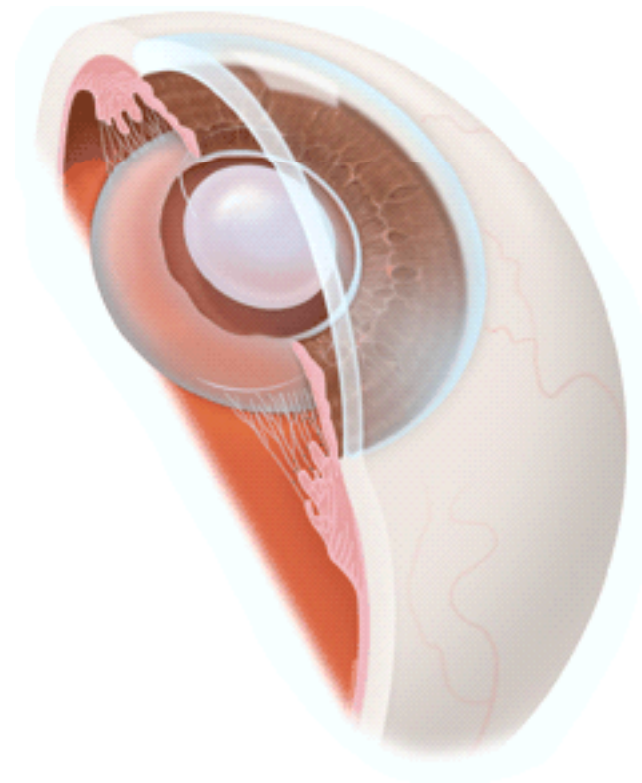
# Sustitución de cristalino transparente

- **La cara anterior de la cápsula del cristalino se elimina (capsulorrexis).**
- **Una diminuta sonda de ultrasonidos a elevada frecuencia se introduce dentro del ojo para emulsificar el cristalino y aspirarlo (facoemulsificador).**



# Sustitución de cristalino transparente

- Una LIO plegada (para no aumentar el tamaño de la incisión) se introduce en la bolsa capsular vacía.
- La LIO se abre posteriormente dentro de la bolsa capsular.

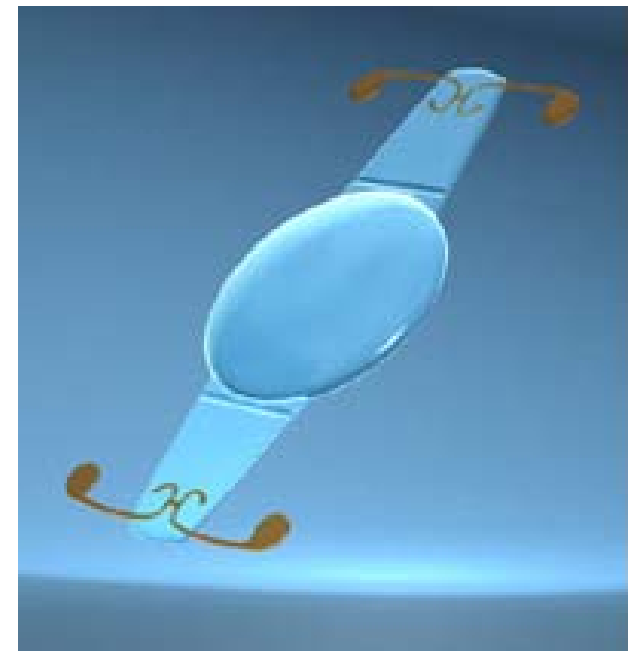


LIO en el ojo

# Sustitución de cristalino transparente

- Lentes intraoculares típicas (IOLs) para el procedimiento de sustitución de cristalino

- Diámetro medio de 5,5 mm y dos brazos (hápticos) para su sostén dentro la bolsa capsular.



# Sustitución de cristalino transparente

- **Se puede recomendar a pacientes**
  - **Con principio de cataratas**
  - **Con corneas finas no adecuadas para LASIK**
  - **Con errores refractivos elevados**

# Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)



# Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)

- Las LIO fáquicas son una opción para el tratamiento de ametropías elevadas o presbicia en ojos fáquicos (cristalino natural intacto)
- Las LIOs se insertan entre la cornea y el cristalino natural
- Son atractivas porque preservan la acomodación
- Tienen menor riesgo de desprendimiento de retina que la sustitución de cristalino transparente.

# Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)

- **La LIO fáquica o lente de contacto implantable se usa para tratar grados elevados de miopía.**
  - Se están haciendo estudios para evaluar el tratamiento de la hipermetropía y astigmatismo
- **La lente natural del cristalino no se elimina y el paciente puede conservar su capacidad acomodar.**

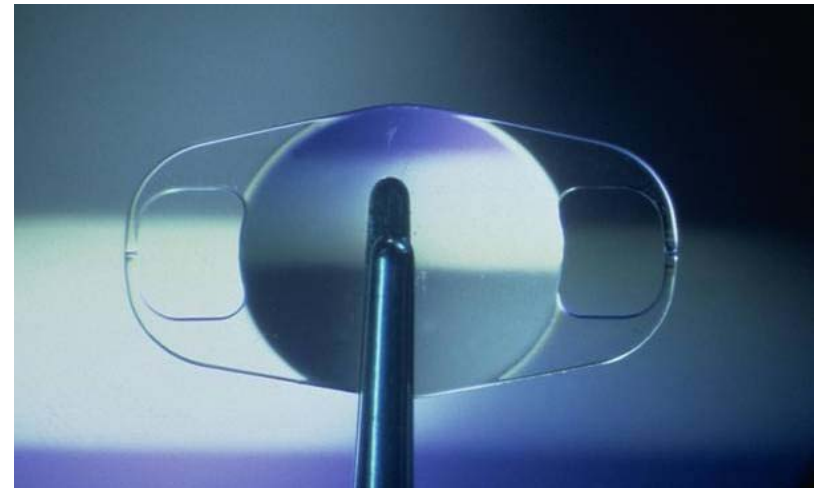
# Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)

- **Dos tipos básicos de diseños de las lentes**

- LIOs de cámara anterior
- LIOs de cámara posterior: entre el plano del iris y el cristalino natural



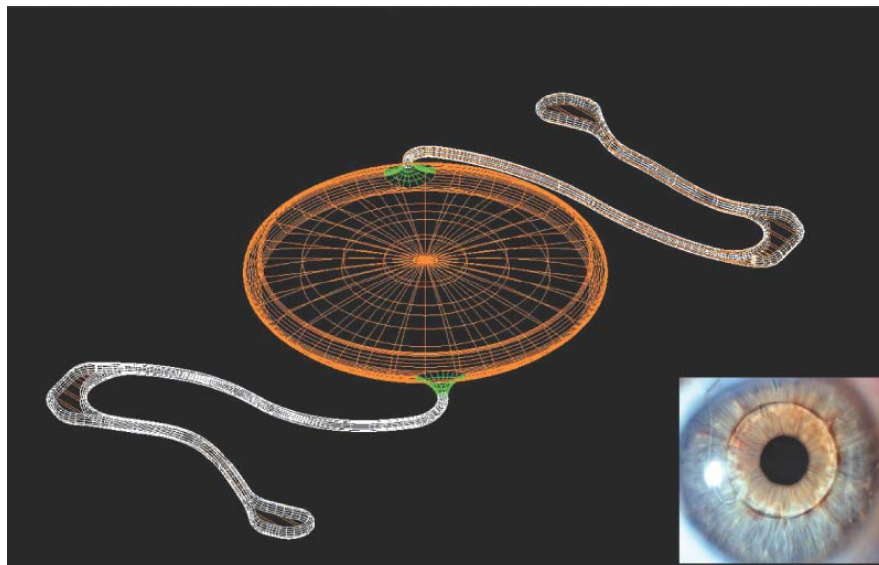
LIO cámara anterior de fijación al iris



LIO cámara anterior de fijación angular

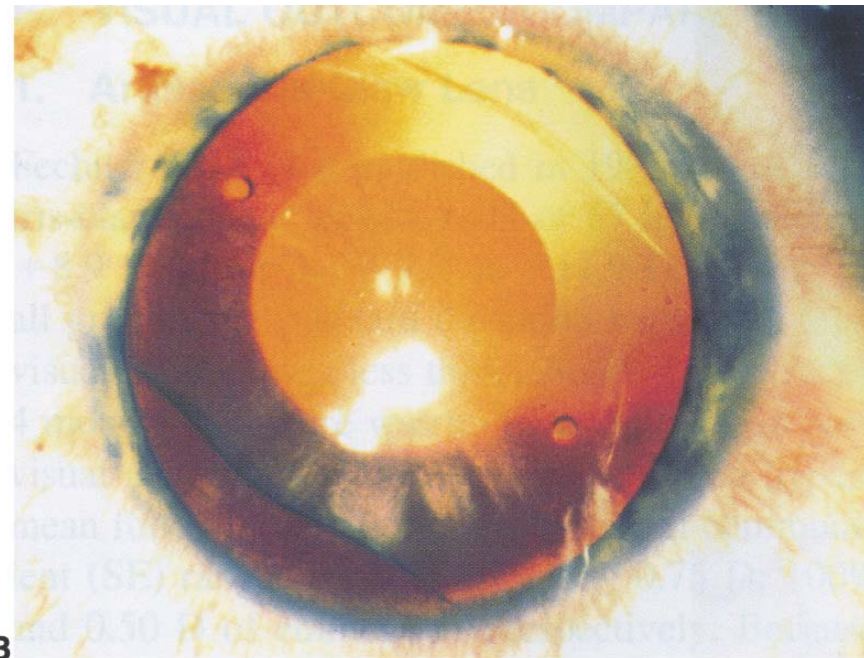
# Lente intraocular fáquica (PIOL)

Lente de cámara anterior que se sujeta mediante brazos en los diferentes ángulos del ojo



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

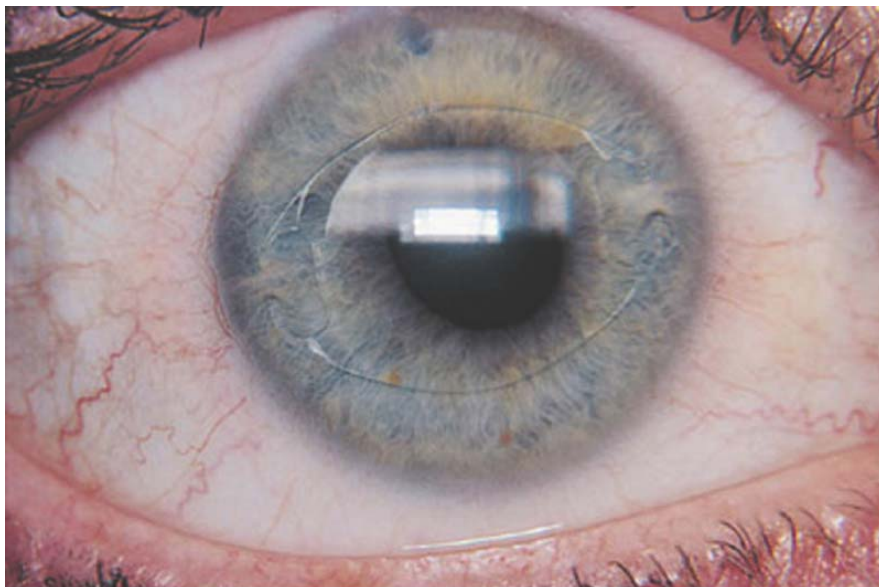
LIO cámara anterior



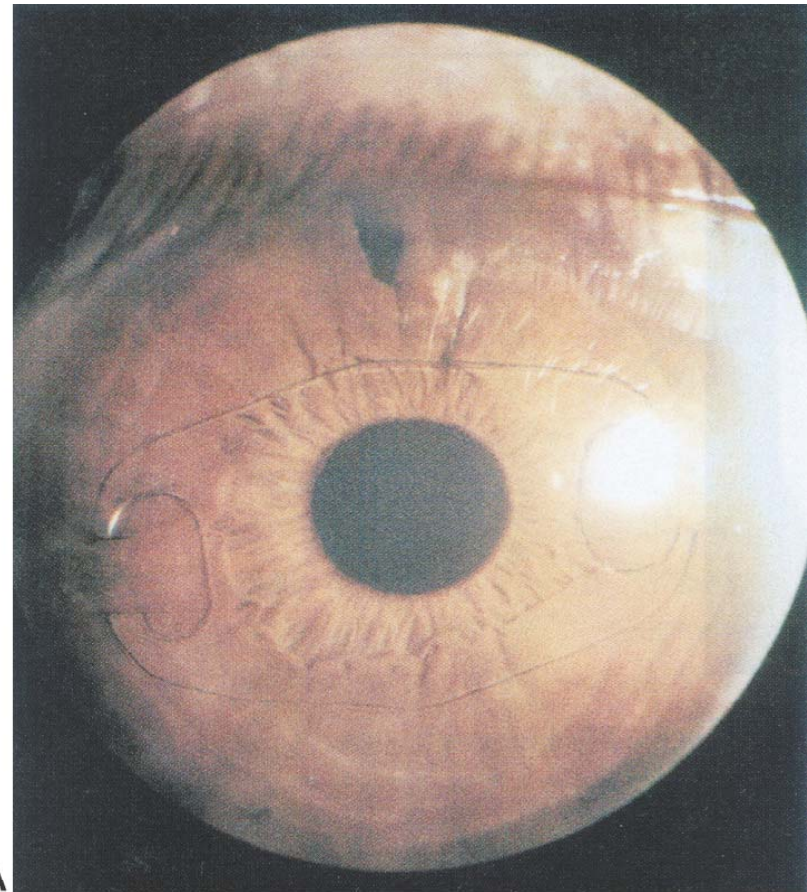
© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

# Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)

LIO cámara anterior de fijación al iris



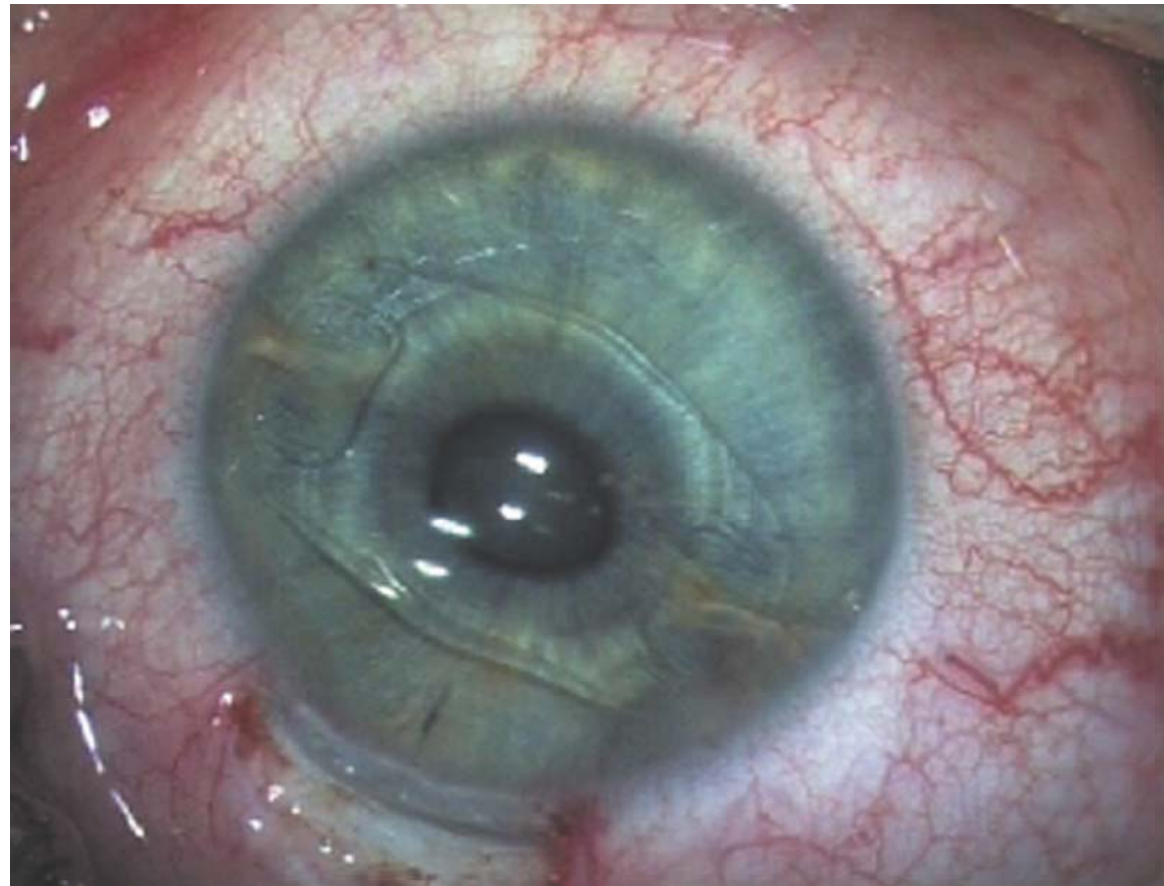
© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

# Lente intraocular fáquica (PIOL)

Lente tórica situada de acuerdo a un astigmatismo oblicuo



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

# Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)

- **Procedimiento**

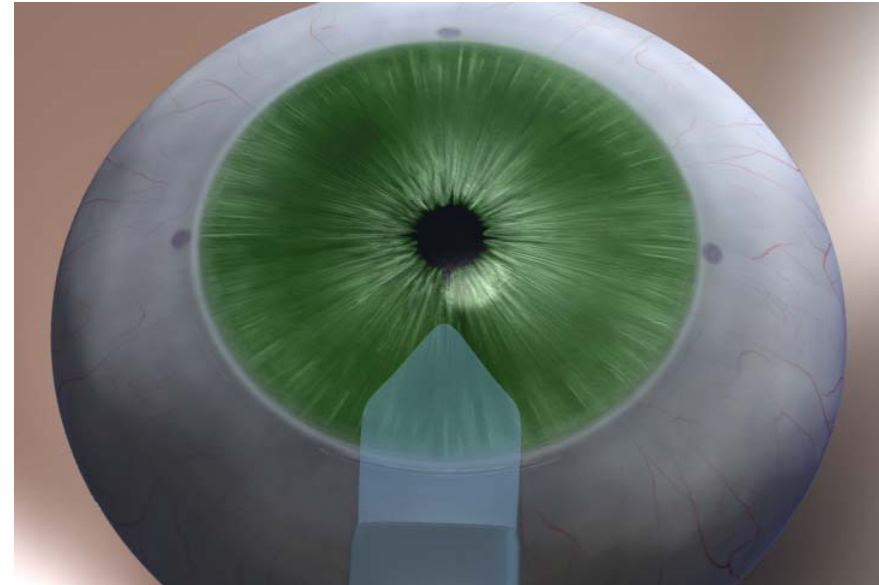
- Duración de 10 a 20 minutos.
- Se instilan gotas anestésicas antes de la cirugía.
- Antes de la cirugía se realiza una iridectomía periférica laser para asegurar un flujo normal del humor acuoso dentro del ojo después de la inserción de la LIO fáquica.

# Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)

- El procedimiento se realiza siguiendo uno de los dos métodos:

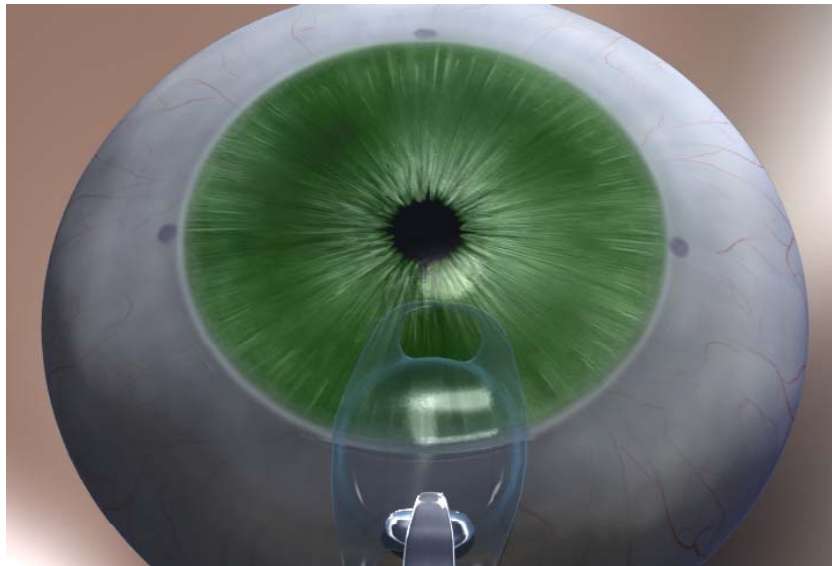
## Metodo 1

- Se hacen una o más incisiones pequeñas en la unión de la esclera y la cornea.

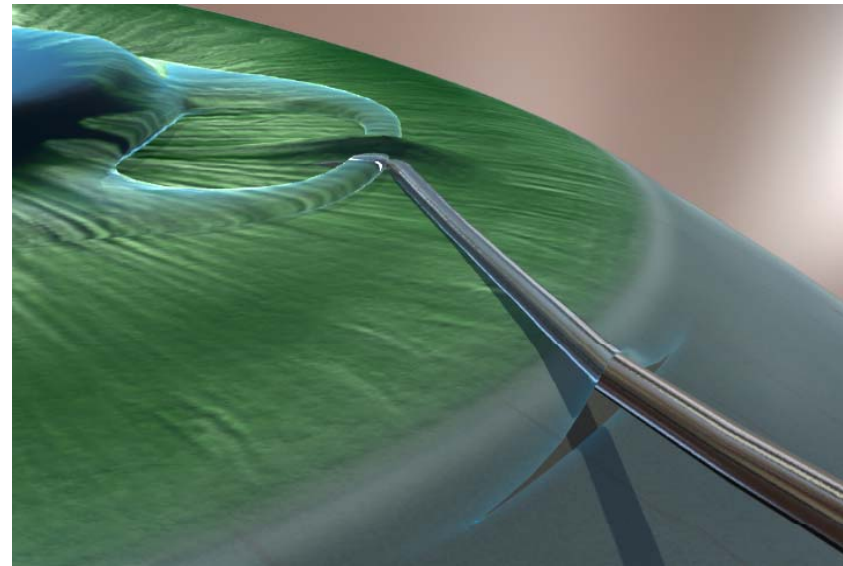


# Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)

- La LIO fáquica se inserta sobre el iris

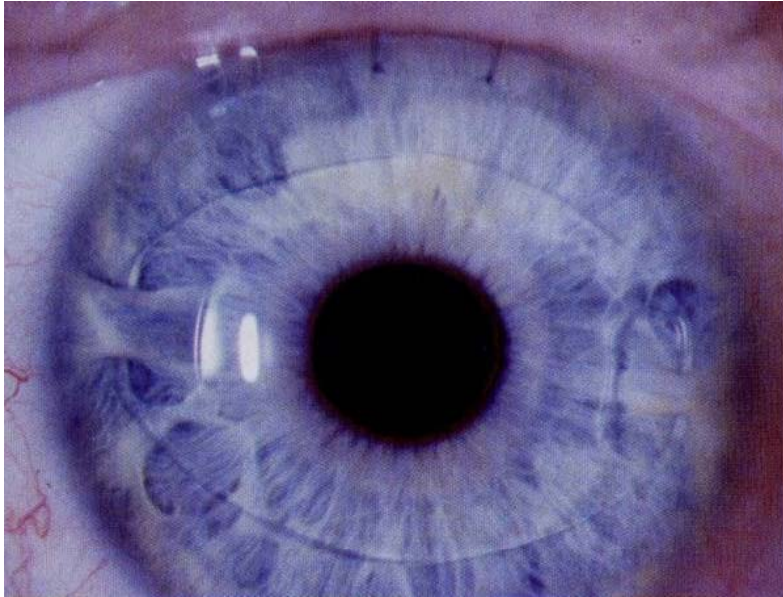


La LIO personalizada se inserta a través de la incisión



La LIO se sitúa suavemente en la posición apropiada

# Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)



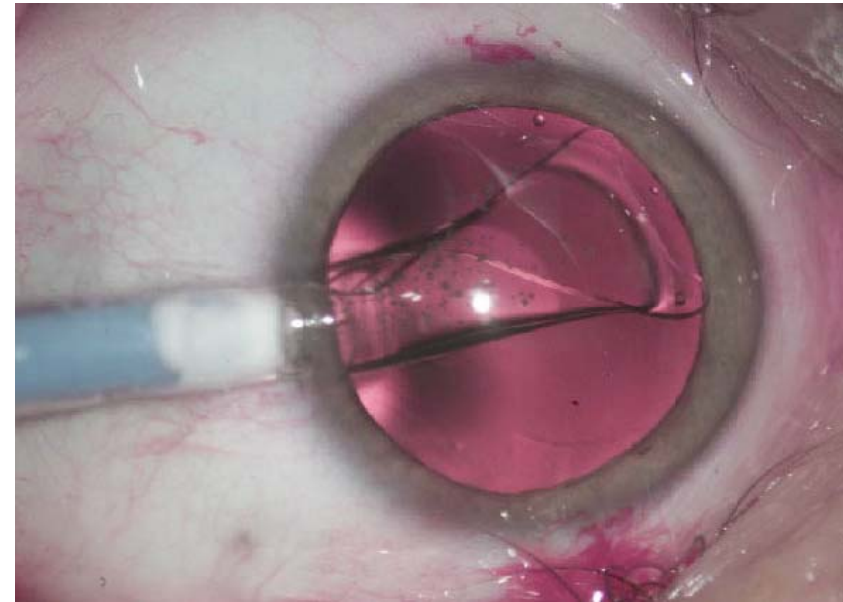
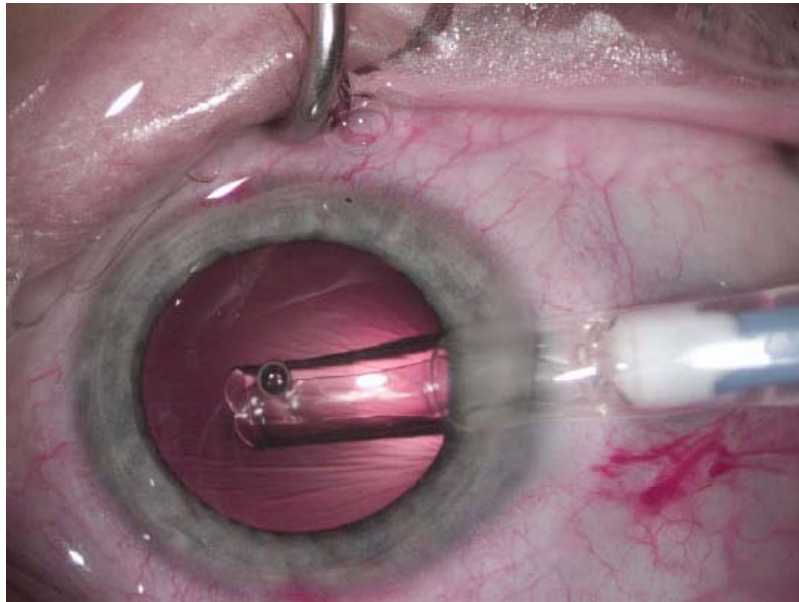
**Lente intraocular fáquica de cámara anterior y fijación al iris**

# Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)

## Método 2

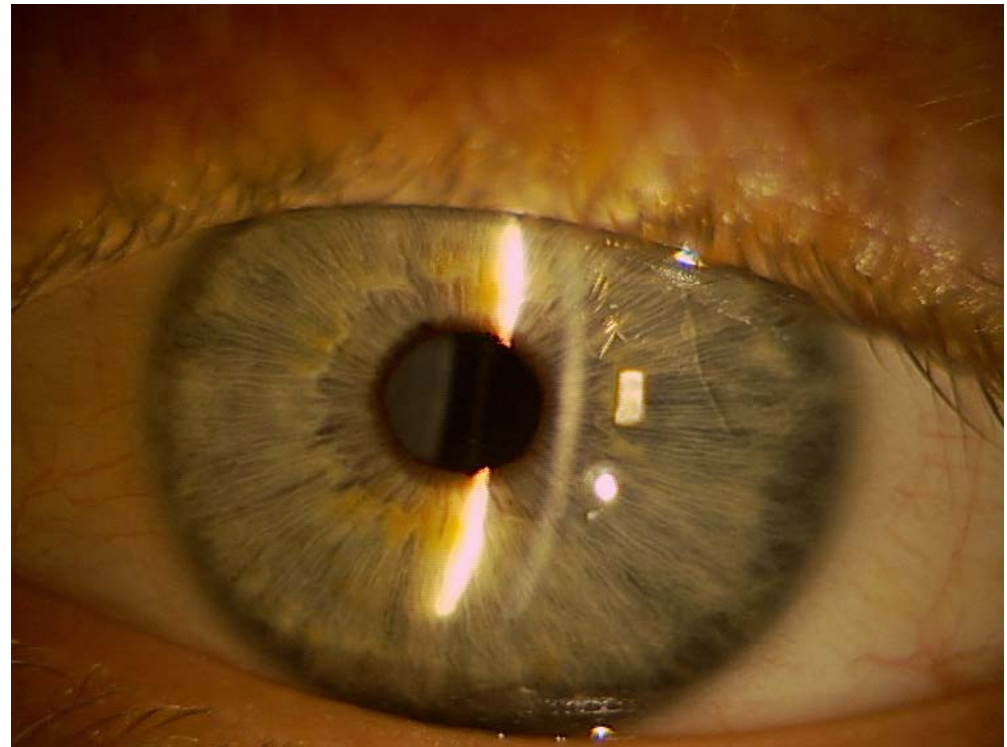
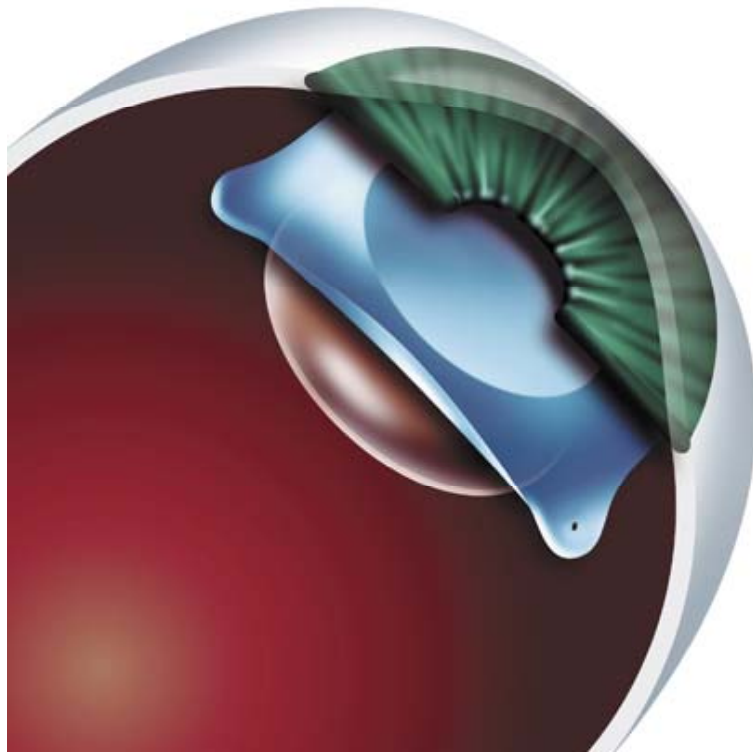
- Se hacen una o más incisiones pequeñas en la unión de la esclera y la cornea.
- La LIO fáquica se inserta detrás del iris

# Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)



**LIO fáquica inyectada dentro del ojo detrás del iris usando un inyector**

# Lentes intraoculares fáquicas (PIOL)



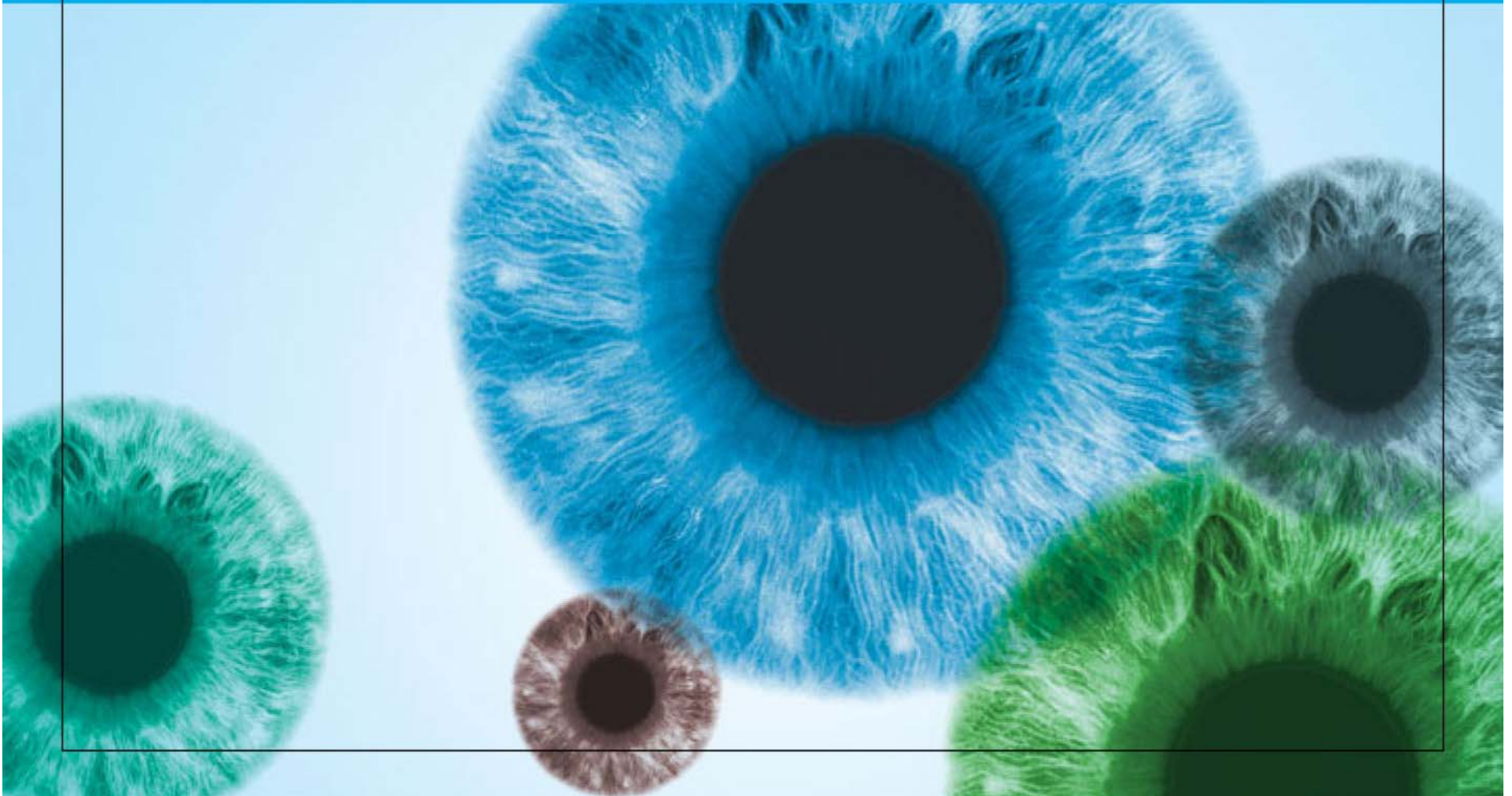
**LIO fáquica situada detrás del iris y sobre el cristalino natural**

# Consideraciones sobre las LIO fáquicas

- **Se puede recomendar a pacientes**
  - Con corneas finas no adecuadas para LASIK
  - Con errores refractivos elevados
  - Con ojo seco
- **Pueden producir menos aberraciones visuales, deslumbramiento y halos que la cirugía refractiva corneal para un determinado error refractivo.**
- **Cirugía reversible: la lente se puede quitar si es necesario**
- **En algunos casos, no hay suficiente espacio para situar la lente**
- **Complicaciones**
  - Pérdida de células endoteliales
  - Formación de cataratas
  - Riesgo de pupila oval
  - Desprendimiento de retina

# BIOPTICS

## Cirugía refractiva combinada



# Bioptics (cirugía refractiva combinada)

- Los procedimientos Biópticos combinan métodos intraoculares con procedimientos refractivos corneales para corregir los errores refractivos elevados
- Primero cirugía intraocular
- Después procedimientos refractivos corneales para corregir errores residuales
- LIO fáquica + LASIK o PRK
- Sustitución cristalino transparente + LASIK o PRK

# Lente intraocular multifocal y acomodativa

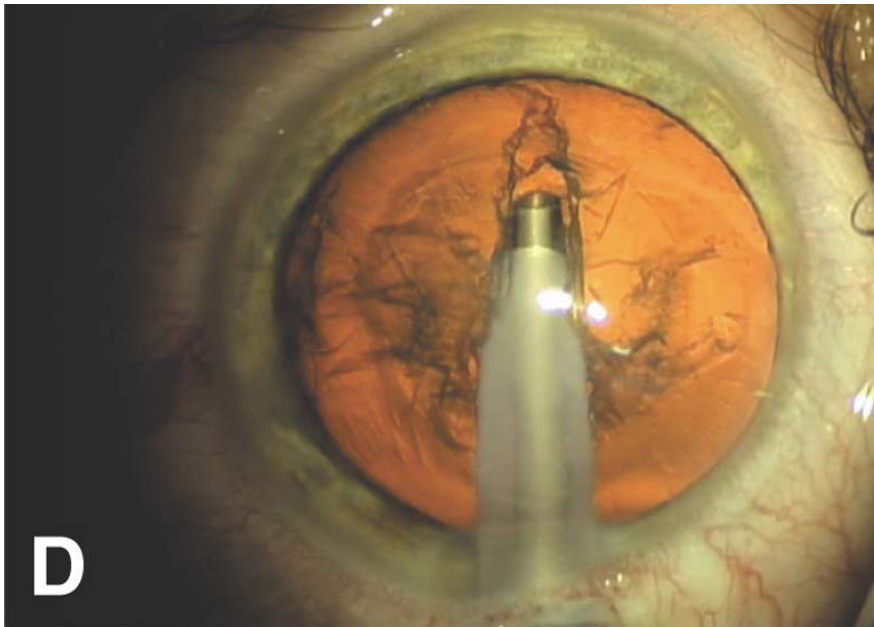


# Lentes intraoculares acomodativa y multifocal

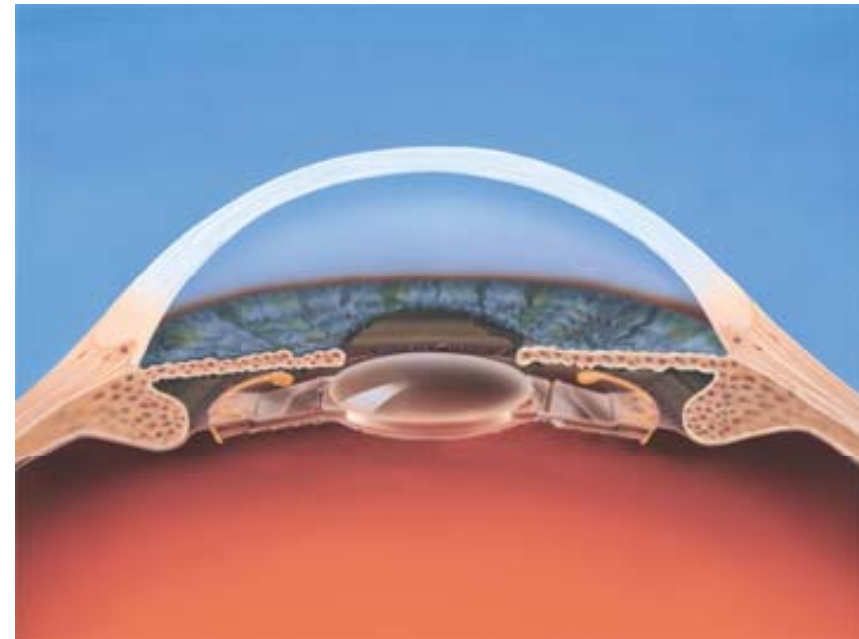
- **Son lentes que reemplazan el cristalino natural**
  - Asféricas
  - Tóricas
  - Acomodativas
  - Multifocal
- **Permiten al ojo volver a enfocar y recuperar la refracción adecuada.**
- **Tratamiento de la miopía, hipermetropía y presbicia**
- **La LIO multifocal puede proporcionar visión en cerca y lejos en pacientes que se someten a cirugía de cataratas.**
- **La LIO acomodativa intenta proporcionar visión nítida en cerca y lejos apoyándose en la contracción residual del cuerpo ciliar.**

# Procedimiento de inserción de la LIO multifocal o acomodativa

Procedimiento quirúrgico de facoemulsificación  
Técnica habitual de la cirugía de cataratas



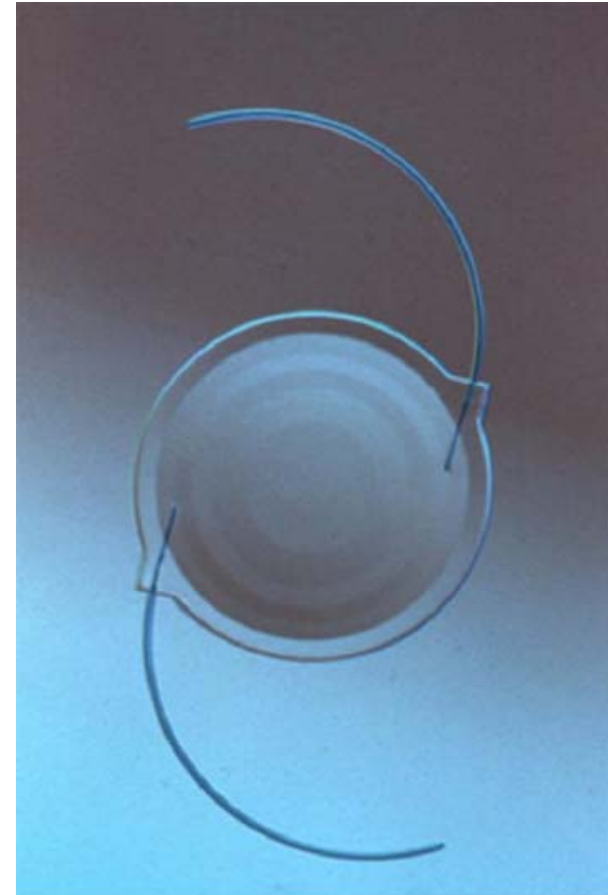
© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery



•Una vez que la LIO multifocal o acomodativa está implantada en la cápsula del cristalino puede enfocar a distancias próximas, intermedias y lejanas

# Lente intraocular multifocal

- La LIO multifocal tiene zonas de diferente potencia
- Estas zonas forman imágenes superpuestas en la retina
- Si se observa un objeto lejano su imagen se verá enfocada nítidamente en la retina mientras que las áreas de la lente para visión próxima producirán una imagen desenfocada.
- El cerebro decide cuál de las imágenes tomar
- Existen diseños refractivos, difractivos y combinados
- El implante se hace binocular



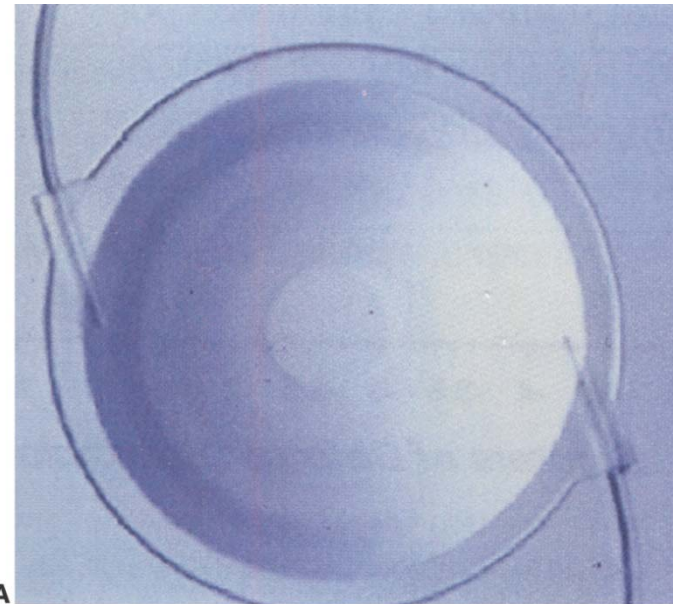
**LIO multifocal**

# Lente intraocular multifocal

## **LIO AMO ARRAY** (diseño refractivo)

Lente de silicón con cinco zonas ópticas de diferente poder refractivo

Cada zona presenta una curva progresiva zonal en su superficie anterior con poder dióptrico diferente



A

© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

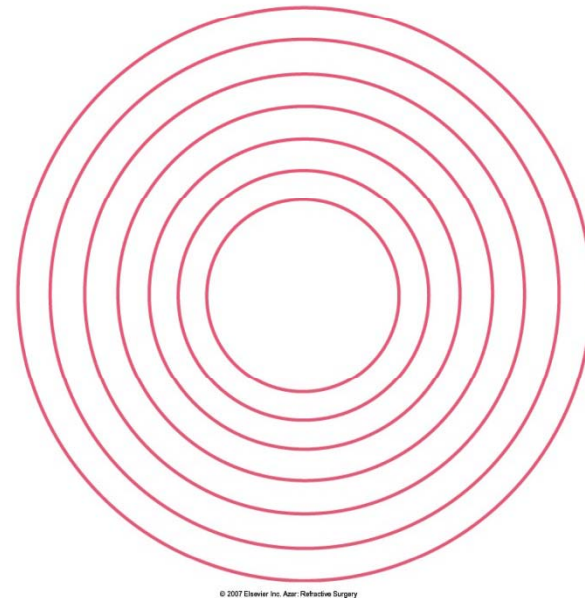
# Lente intraocular multifocal

## LIO difractiva con zonas difractivas concéntricas múltiples

Esta lente reparte la luz en dos focos, uno con el 70% de la intensidad luminosa y otro con el 30%.

Ratio lejos/cerca: En el ojo dominante 70/30, en el ojo no dominante 30/70

Además de la multifocalidad consigue la formación de imágenes con diferente porcentaje de luz tanto para cerca como para lejos en los dos ojos



# Lente intraocular multifocal

- **Desventajas de las LIO multifocales**
  - Deslumbramiento
  - Halos
  - Pérdida de sensibilidad al contraste o calidad de imagen
- **Es muy importante conseguir la emetropía porque los errores refractivos residuales pueden afectar adversamente a la visión próxima**
- **También hay LIO multifocales fáquicas para la presbicia**

# Lente intraocular acomodativa

- La LIO acomodativa se situa en la bolsa capsular y con el esfuerzo acomodativo proporciona visión próxima mediante el desplazamiento de la parte óptica hacia la cornea
- La LIO se mueve hacia atrás si el ojo focaliza objetos lejanos



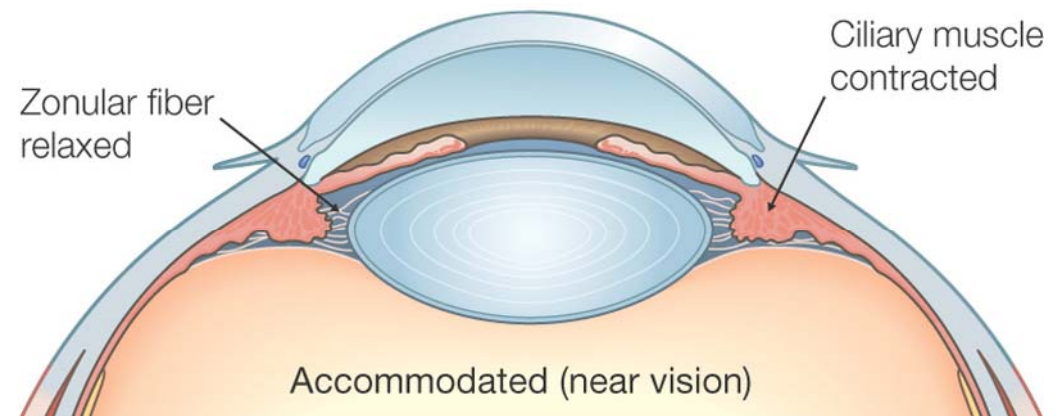
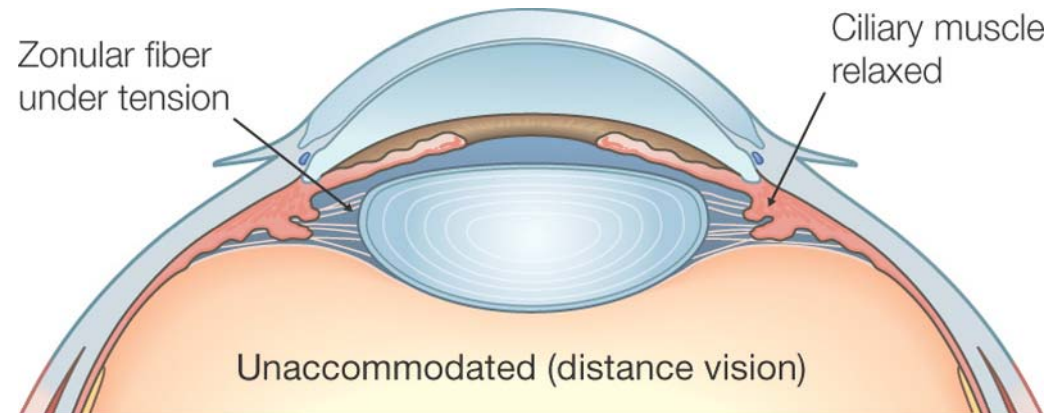
LIO acomodativa

# Acomodación

Acomodación según la teoría de Helmholtz.

La contracción del músculo ciliar durante la acomodación produce la relajación de la tensión zonular.

Esto da lugar a un abombamiento de la superficie anterior del cristalino y un aumento del espesor del cristalino.

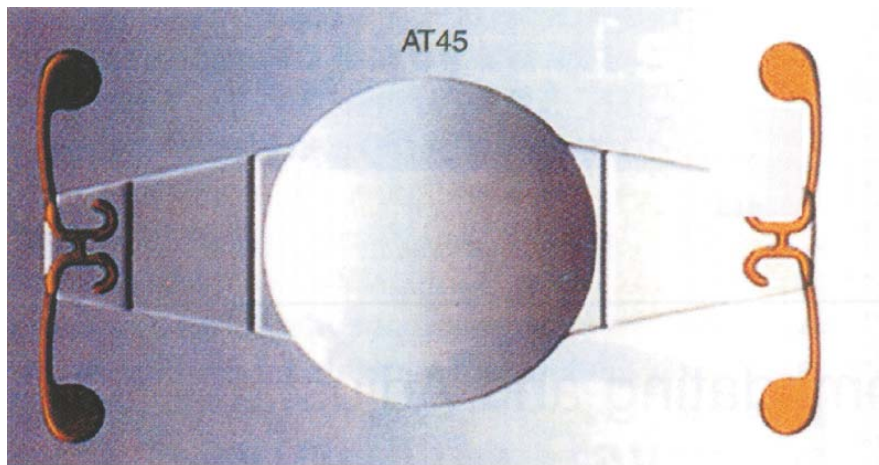


© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

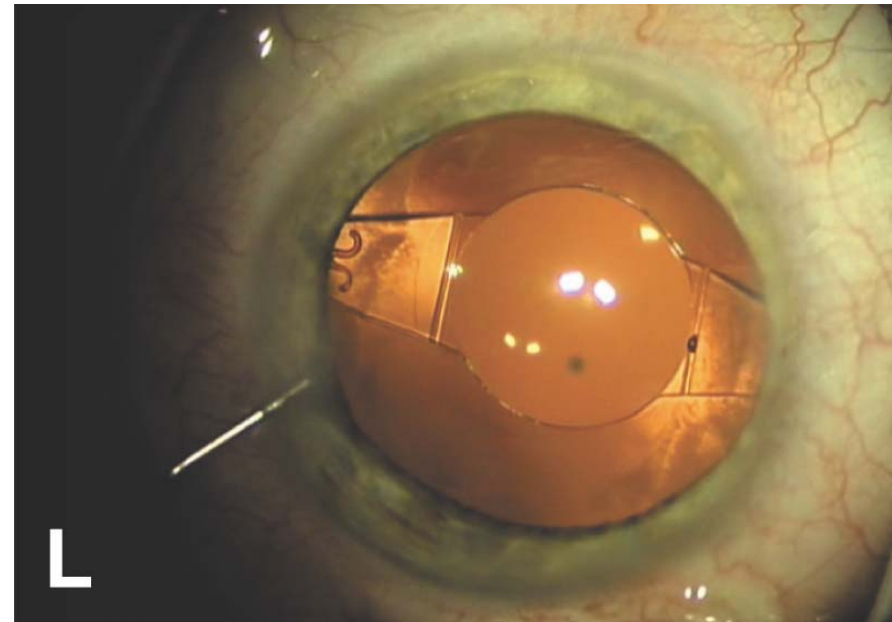
# Lente intraocular acomodativa

## LIO de elemento-individual

Hápticos flexibles para mejorar el movimiento de la lente hacia la córnea



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

La acomodación se produce por el movimiento antero-posterior de la lente

- Desplazamientos de hasta 1 mm (2 – 2,5 D de acomodación)

# Lente intraocular (IOL) acomodativa

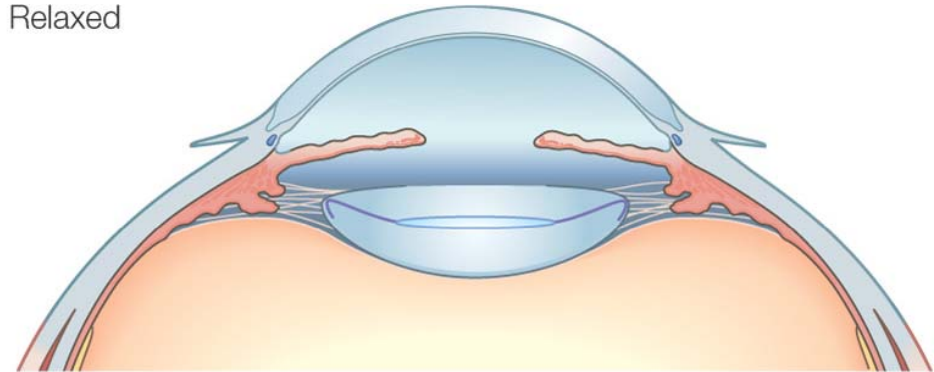
## Fundamento de la LIO acomodativa de elemento-individual

La contracción del músculo ciliar produce un desplazamiento hacia delante del elemento óptico a lo largo del eje óptico.

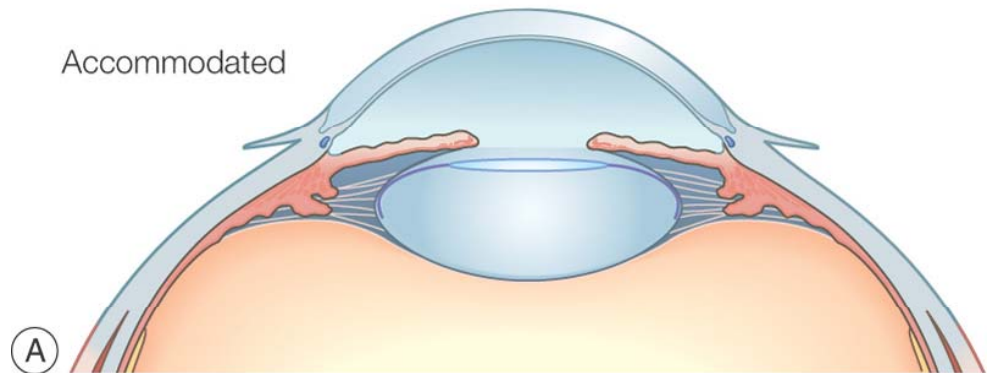
La disminución de la distancia entre la cornea y el implante produce un aumento en la potencia dióptrica del sistema óptico córnea + LIO

La potencia dióptrica del ojo aumenta simulando el efecto óptico de la acomodación

Relaxed



Accommodated



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

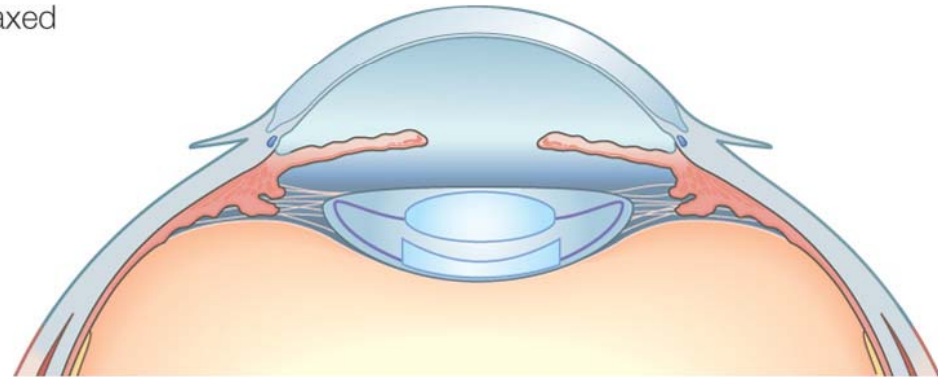
# Lente intraocular (IOL) acomodativa

## Fundamento de la LIO acomodativa de elemento-doble

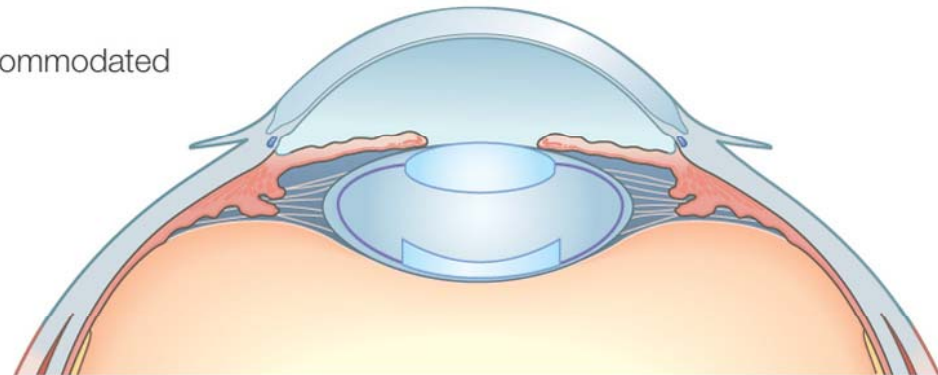
La contracción del músculo ciliar produce un desplazamiento hacia delante del elemento óptico frontal a lo largo del eje óptico.

Hay diferentes diseños de configuración con dos elementos

Relaxed



Accommodated



B

© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

# Consideraciones sobre las lentes intraoculares

- **Pueden ser una opción para personas con o sin cataratas que son presbítas y quieren reducir o eliminar su necesidad de llevar gafas.**
- **La habilidad para enfocar puede no ser completa durante 6 u 8 semanas después del procedimiento.**
- **Se tiene que aprender a enfocar los objetos a diferentes distancias para verlos claramente.**

# Phaco-Ersatz

Gel-polímero inyectable



## Gel-polímero inyectable

- **Phaco-Ersatz es un método en el que se restaura la acomodación mediante el reemplazo del contenido del cristalino con un gel polímero.**
- **Se inyectan geles en la cápsula del cristalino para recuperar la acomodación pérdida**
- **Hasta 13 D de acomodación (ojos cadáver primate)**
- **Hasta 4 D de acomodación en primates no humanos**

# Procedimiento Phaco-Ersatz

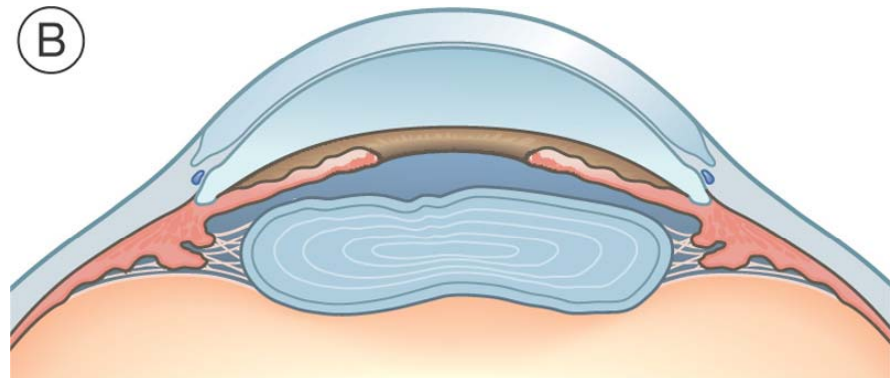
## Facoemulsificación del cristalino

Minicapsulorexis (1 mm) en la cápsula anterior para eliminar el material del cristalino

En la cápsula vacía intacta se inyecta el gel-polímero



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery



© 2007 Elsevier Inc. Azar: Refractive Surgery

# Procedimiento Phaco-Ersatz

- El poder refractivo del gel inyectado depende del índice refractivo del gel o de la cantidad.
- Mediante un sistema láser (autorrefractómetro) se mide la refracción cuando se está introduciendo el gel, terminando el proceso cuando el ojo está emétrope.
- Para polimerizar el gel y así tomar la consistencia final (deformable) se ilumina con luz azul que activa el proceso de polimerización dando lugar al polímero que se deformará con los cambios en la cápsula.
- El resultado final es una lente nueva flexible
- El paciente podrá ver nítidamente objetos cercanos sin necesidad de ayudas ópticas