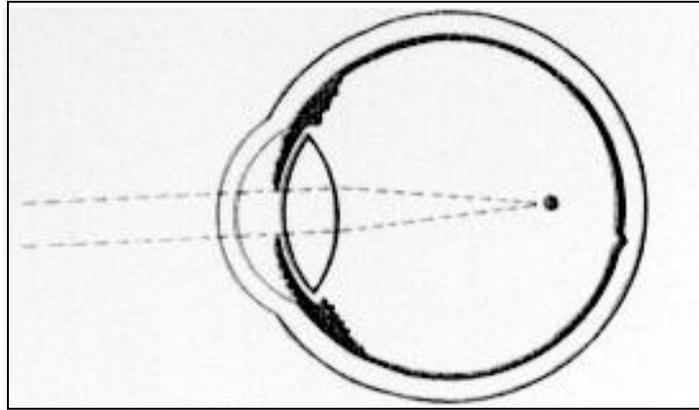


3. INTRODUCCIÓN

3.1 Definición y características del ojo miope

3.1.1 Definición:

El ojo miope es aquel que en condiciones de relajación de la acomodación, sus imágenes focalizan por delante de la retina.



3.1.2 Clasificación:

No hay ninguna clasificación perfecta, en lo que sí están de acuerdo todos los autores es que la miopía mayor a -6 dioptrías se clasifica como magna. Hay clasificaciones basadas en el número de dioptrías (alta, media, baja), según el momento de aparición (congénita, juvenil, senil), según las alteraciones oculares asociadas (degenerativa, ...), incluso según su posible etiología (escolar, acomodativa,...) (19).

3.1.3 Características del ojo miope:

La razón por la cual un ojo es miope es porque puede poseer un gran eje anteroposterior, una curvatura corneal grande, o esferofaquia (mayor curvatura cristaliniana que cursa habitualmente con microesferofaquia). Los ojos miopes son largos, mas protuyentes, con cámaras anteriores más amplias, y con cierto grado de midriasis. Además están más predispuestos al glaucoma crónico de ángulo abierto, junto con una más precoz aparición de catarata. Se observan cambios degenerativos coriorretinianos (que aparecen en la 4ª o 5ª década), desprendimientos de retina, junto a degeneraciones vítreas (opacidades), así como más tendencia al desprendimiento de vítreo posterior, y a los desgarros retinianos, ambos debidos a la mayor longitud del globo ocular. Por su incongruencia entre la acomodación (no necesaria) y la convergencia (sí necesaria), pueden aparecer problemas en la visión de cerca como son una hiperfunción de convergencia y miosis, debido al reflejo de acomodación-convergencia-miosis. En gente miope, al no necesitar la acomodación durante la lectura, todo el estímulo se libera en los rectos internos y en los constrictores del iris.

3.1.4 Etiopatogenia:

Existe una predisposición genética ya que en solo el 10% de los miopes no se encuentra un antecedente familiar. Si un padre es miope, el hijo tiene un riesgo de serlo del 16-25%, y si lo son los dos padres, del 33-46%. Un factor claro del componente genético lo tenemos en la saga de los Medicis (20). En 1914 Steiger expuso la teoría que las membranas oculares esclera, coroides y retina tienen un desarrollo propio, pero controlado por la retina (neuroectodermo). En los casos de miopía maligna habría un exceso de desarrollo retiniano que desequilibraría el desarrollo de las restantes membranas. En el caso de las miopías leves que aparecen en los jóvenes que pasan muchas horas fijando la vista de cerca, podría ser debido a una hiperfunción de la acomodación. Al acomodar, hay un aumento del diámetro antero-posterior del ojo, entonces, las estructuras oculares aún flexibles en los jóvenes se deforman, acabando con un eje anteroposterior fenotípico mayor del genéticamente determinado.

La raza puede tener también una implicación, porque en caucásianos la incidencia de miopía es del 10-15%, mientras que en orientales es 4 veces mayor.

3.1.5 Evolución:

Desde el nacimiento hasta la pubertad, el ojo tiende a la emetropización, y tanto el defecto miópico como hipermetrópico tiende a mejorar, no se sabe bien como, pero el propio estado refractivo del ojo puede regular el crecimiento ocular. Normalmente a los 18-20 años se estabiliza, pero en algunos casos a esta edad aparece una miopía de novo que puede progresar. Puede también aparecer miopía en la 5ª década de la vida, pero se atribuye a un cambio refractivo secundario a la aparición de la catarata con un incremento del índice de refracción. De todas formas cada vez se diagnostica la miopía en edades mayores, debido a un incremento de los requerimientos de visión cercana en nuestra sociedad donde el 90% de actividades precisan de la visión cercana. En un estudio en niños de 18 años que acababan el bachillerato, un 26% eran miopes, y en universitarios el porcentaje se disparaba hacia el 60%, aún habiendo superado la edad de desarrollo ocular (19).

3.2 Evolución del tratamiento de la miopía hasta la actualidad.

El tratamiento de la miopía se basa en tres pilares, el médico, el óptico y el quirúrgico (21).

3.2.1 Médico (abandonado en la actualidad):

-Higiénico dietético: No se recomendaba el deporte y el ejercicio físico. Siempre utilizar luz natural y si se utilizaba luz artificial filtrarla con un cristal con agua para absorber el calor. Consumir una dieta que facilite la evacuación regular, con prohibición de huevos, carnes rojas, pescado azul, marisco, café, té y licores.

-Médico general: Se pretendía la vasodilatación para favorecer la nutrición de las estructuras oculares mediante el uso de derivados del ácido nicotínico, de hormonas sexuales y hasta con inyección de extractos placentarios, esto último propugnado por Filatov. También se usaba la vitamina E como vasodilatador y anticoagulante favoreciendo la circulación y la nutrición, junto con heparina que favorece la circulación de retorno evitando la ectasia uveal y se opone a la formación de trombos. Otras vitaminas utilizadas eran la A y la D para favorecer la nutrición del epitelio pigmentario de la retina (EPR) y de la capa de fotorreceptores. El complejo B se utilizaba por su acción tónica sobre nervio y músculo evitando la elongación. Las hormonas paratiroideas se usaban para controlar el desarrollo escleral.

-Médico local: En casos de hemeralopia y de fotofobia manifiesta se usaba la hormona melanófora en instilación o de aplicación subtenoniana. Conseguía disminuir la fotofobia pero no mejoraba la pigmentación del fondo del ojo. La cortisona se usaba para impedir la liquificación vítrea, al inhibir la hialuronidasa. En los casos contrarios donde se apreciaban cuerpos flotantes molestos se aplicaba hialuronidasa subconjuntival.

3.2.2 Óptico:

La evolución del tratamiento óptico va estrechamente ligado a la evolución de la teoría de la visión (22).

El origen del tratamiento óptico se remonta a la época de esplendor mesopotámico (hace 5000 años), donde se encuentra la primera lente. Es una pieza de vidrio de la cual no se cree que se le atribuyeran propiedades ópticas en aquella época, debido a las imperfecciones en su manufacturación. Solo debió considerarse una piedra preciosa.

Más tarde aparecen en Creta, dos lentes de 3500 años de 4 dioptrías y de 20mm de diámetro, pero se suponen también objetos de adorno.

De todas formas las lentes más famosas son las encontradas en Nimive 700 años antes de Jesucristo. Estas son plano-convexas, talladas en cristal de roca. Se supone que se dieron cuenta de sus propiedades ópticas, pero no fueron utilizadas para el tratamiento de los trastornos de la refracción.

Las primeras gafas usadas se suponen en China, hace más de 2400 años ya que Confucio, que vivió en el siglo V antes de cristo, describe que un zapatero escribía con unos vidrios en los ojos, pero no sabe si era para aprovechar las propiedades ópticas o por pura superstición.

Más tarde es Aristófanes (452-383 a.c) quien cita las propiedades de concentrar la luz del sol que tienen las lentes, y de producir calor con capacidad de encender fuego. Coetáneo a Aristófanes fue Platón (429-347 a.c) que expone su teoría de la visión, en la que de los ojos salen unos rayos que al chocar con los rayos que salen del objeto, se da la atención del espíritu.

Uno de los hechos por los que los romanos no profundizaron en el estudio de las lentes para leer, es que usaban esclavos para semejante tarea.

Entonces ya pasamos a Aristóteles (321 a.c) el cual da un cambio radical a la teoría hasta entonces vigente que explicaba el mecanismo de la visión. El describe la

teoría que de los objetos luminosos emanan unos rayos, y que estos al llegar al ojo producían una sensación que el órgano visual recogía, negando e invirtiendo la teoría procedente de los griegos, la escuela pitagórica y apoyada por Platón que dice que del ojo emanaban unos fluidos “humores” y que la percepción visual ocurría al interaccionar estos con los humores de los objetos, entonces la miopía se definía como un déficit del humor de visión, ya que salía poca cantidad y no podía llegar a interaccionar con los objetos más remotos. La nueva teoría de Aristóteles de todas formas no se acepta hasta 1000 años más tarde. El mismo Aristóteles es el que primero nos habla de sus problemas de vista corta y vista larga, por lo que conoció la miopía y la presbicia, y hasta tal vez la sufrió. Otra observación de Aristóteles es la relación entre proptosis y miopía que descubre en el libro “el origen de los animales”, donde explica que los animales con ojos prominentes no ven tan bien de lejos como de cerca.

En el año 280 a.c Euclides, quien se considera el padre de la óptica, estableció los principios matemáticos de ésta, si bien no conoció nada de las lentes.

En el siglo II d.c Ptolomeo, que era un astrónomo, habla sobre la refracción, describiendo la inflexión de los rayos que se refractan en el agua, pero aún basándose en la teoría griega de que los rayos emanan del ojo.

Alrededor de ésta época, Galeno (131-205) escribe mucho sobre óptica pero no aporta ningún conocimiento nuevo, pero sí que define la miopía como la condición en la cual los objetos cercanos son claramente definidos pero no los lejanos. También Plinio cuenta que Nerón veía los combates en el circo romano a través de una esmeralda, de lo que se interpreta que ésta tenía un poder dióptrico.

En el siglo III d.c Séneca describe que la luz se descompone a través de un prisma.

En la Edad Media no aparece ninguna referencia sobre óptica, pero los árabes sí que escribieron sobre ella, y se les atribuye el hecho de establecer que la visión es el resultado de los rayos entrando al ojo y no saliendo. De entre ellos destacan Al Razi (850-932) que escribe obras sobre oftalmología. Ibn Al Haitan (Alhacen 965-1038) era un matemático que escribió sobre óptica geométrica. Escribe que un segmento de esfera de cristal hace aparecer los objetos mayores. Además se piensa que construyó lentes planas y biconvexas, pero esto no está demostrado. Por esto se le considera el primer y más grande precursor de las gafas, pero no le dio ninguna aplicación práctica. Apoyó la teoría aristotélica asumiendo una propagación rectilínea de la luz asociada a una reflexión, habiendo una relación y correspondencia entre los rayos incidentes y refractados.

Otro de los grandes fue Averroes (1126-1199), siendo el encargado de disipar totalmente la idea de que los rayos emanan del ojo.

Después de los árabes, volvemos a occidente con Vitelio (1250), que es un autor polaco que escribe sobre las leyes de la perspectiva.

A finales del siglo XIII aparecen cristales convergentes para presbíteros en la región veneciana, pero no es hasta la época de Roger Bacon cuando aparecen las gafas, el cual utilizó un segmento de cristal para ver los objetos mayores y más gruesos, siendo considerado el inventor de éstas, aunque nunca las llevó a la práctica.

Los que se encargaron de llevar el invento a la práctica fueron los monjes de algún monasterio desconocido, y las primeras gafas consistían en dos ramas unidas por un clavo formando un ángulo agudo. Éstas al extenderse por el mundo adoptaron diferentes nombres algunos de los cuales fueron Clouants (de clavo) en Francia, Occhiali en Italia, y anteojos o antiparras en España.

Las primeras lentes en aparecer fueron pues las convexas, y no fue hasta un siglo más tarde que aparecieron las cóncavas. Nicolás Cansanus (1401-1464) ya cita las lentes cóncavas para la corrección de la miopía y no es hasta 1840 (Suspici) que aparecen las lentes tóricas.

En 1604 Johannes Kepler da a conocer la ciencia de la refracción y el conocimiento óptico de la miopía.

Benito Daza de Valdés escribe en 1623 un libro sobre el uso de los anteojos. En éste habla de los grados de las lentes que es la medida que se usaba antes para clasificar las lentes, en lugar de las dioptrías que es lo que se usa actualmente, las cuales no se adaptaron como medida estándar hasta 1875.

Con todo esto aparece la necesidad de medir la agudeza visual y es Robert Hocckes el que la mide por primera vez. Posteriormente H. Snellen (1834-1908) saca sus optotipos, estandarizando la medida de la agudeza visual.

Posteriormente entre Young (1801) y Walls (1811) definen el astigmatismo y la miopía respectivamente. El primero dice que el astigmatismo es la no capacidad de enfocar igual líneas a diferentes inclinaciones de la horizontal, y el segundo define la miopía como el defecto de refracción en el que los rayos paralelos tienen su foco antes de la retina. Donders (1818-1898) es el que acabó sentando las bases escribiendo sobre las anomalías de la refracción y la acomodación, escribiendo en 1866 “el arte y ciencia de la refracción clínica”.

Entonces ya teníamos un entendimiento completo de la refracción de la luz, tanto por el ojo como por las lentes. Además ya existía un método objetivo de valorar el estado refractivo del ojo como era la medición de la agudeza visual y además de forma estandarizada, pero no es hasta 1873 que Cuignet, un médico militar francés describe la esquiastoscopia.

Finalmente el último avance corre a cargo de Tscherning, que inventa el aberroscopio para medir los defectos de la imagen retiniana. (ver capítulo de aberrómetros para ver su evolución histórica).

3.2.3 Quirúrgico:

El tratamiento quirúrgico de la miopía se puede dividir en dos grandes grupos, la cirugía extraocular o corneal, y la cirugía intraocular (23, 24).

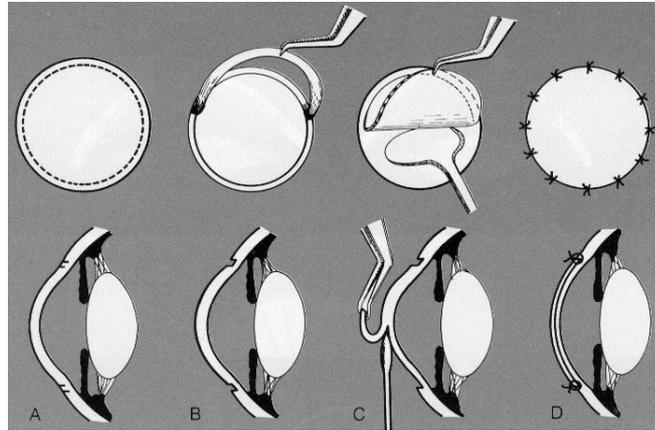
3.2.3.1 Cirugía corneal

Esta ha sufrido una evolución histórica la cual es interesante repasar de forma cronológica.

- Queratoplastia refractiva:

Descrita en 1949 por J.I Barraquer como aquellas intervenciones plásticas practicadas sobre la córnea con el fin de modificar la refracción del lobo ocular. Consta

de dos técnicas. La primera es la queratoplastia penetrante utilizando un injerto de menor diámetro que el resecado. La segunda es la trepanación doble en diferentes diámetros no penetrante, la posterior escisión del anillo laminar corneal entre las dos trepanaciones, la disección del lentículo laminar central, y la posterior sutura borde a borde de éste propio lentículo. La cornea recuperaba tardíamente su forma original.



(Reproducido de Barraquer, JI)

A; Doble trepanación

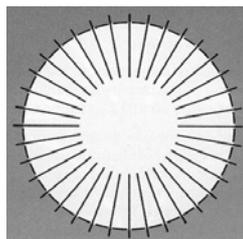
B; Escisión del anillo

C; Escisión del lentículo

D; Sutura borde a borde del lentículo. Nótese el cambio de curvatura corneal

- Incisiones radiales:

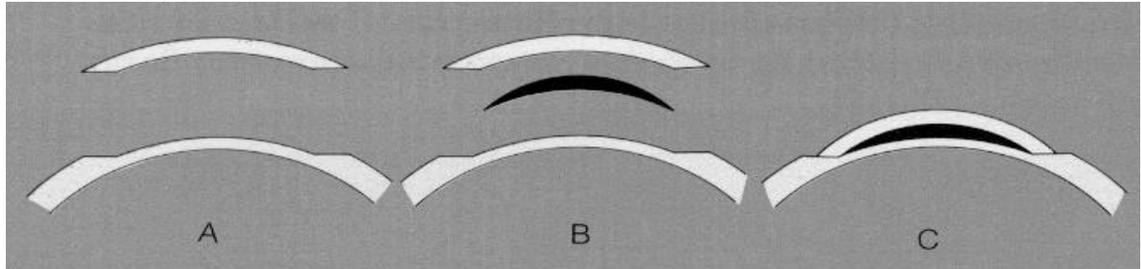
Iniciadas por Sato en 1952. Realizaba un gran número de incisiones radiales en su cara endotelial en casos de grandes ametropías, o en la cara anterior en casos de bajas ametropías. Se abandonó por desgarros y arrancamientos de la Descemet. En 1976 Durnev y en 1977 Fyodorov reportan sus experiencias en queratotomias anteriores, y este último en 1979 confirma la teoría de Bates de 1979 que dice que las incisiones producen más efecto cuanto más cerca del centro óptico de la córnea. En 1983 Waring inicia el estudio "Prospective Study of Radial Keratotomy" (PERK) concluyendo que solo un 64% estaban entre $\pm 1D$ a los 5 años (19). La técnica consta de incisiones radiales con respecto de la zona central con una profundidad del 90% del grosor corneal central. El principio biomecánico es que se aumenta la circunferencia periférica repercutiendo en un aplanamiento central. La complicación más frecuente es la hipo o hipercorrección, así como el deslumbramiento nocturno, la fluctuación diurna de la visión, el astigmatismo irregular leve o microperforaciones. Se ha demostrado una técnica poco estable y poco predecible.



(Reproducido de Barraquer, JI)

- Queratofáquia (lente corneal):

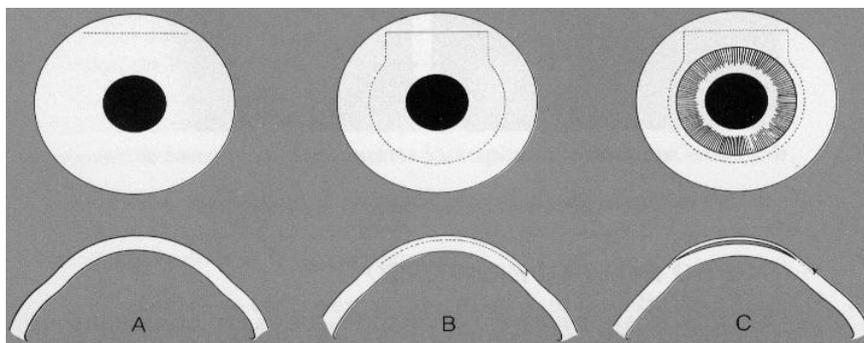
Consta de la interposición de un tejido intracorneal para modificar la curvatura de ésta. Se realiza mediante una queratectomía anterior de un lentículo neutro, la interposición del lentículo de poder dióptrico igual pero de signo contrario al defecto refractivo, y la sutura de la lamela anterior previamente reseca encima del injerto.



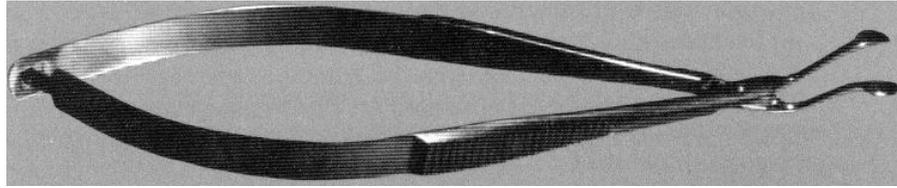
A; Queratotomía
B; Inclusión
C; Reconstrucción
(Reproducido de Barraquer, II)

Este nombre se acuña en 1958, pero desde 1949 que ya se experimenta con la interposición dentro de la córnea de lentes como el lente biconvexo de Flint-Grass, pero provocaba necrosis del tejido lamelar anterior en las zonas de máximo apoyo acabando con la expulsión de la lente. Con casi igual evolución se utilizaron pequeños meniscos del mismo material pero del mismo radio de curvatura corneal para minimizar las zonas de tensión. Estos últimos también se probaron de plexiglás con igual resultado. Al descubrir que el rechazo era por alteración del fluido de nutrientes corneales, se utilizó la piroxilina semihidratada, con la que se consiguió la transparencia corneal, pero se detectó una reacción de cuerpo extraño, por lo que se dedujo que el material implantado debería ser químicamente inactivo.

Entonces en 1958 nos planteamos el uso de lentículos de tejido corneal, que en primera instancia se colocaban directamente sobre el estroma corneal después de cortar la lamela anterior y epitelizaban en la primera semana, ya fueran lentículos frescos, congelados y silicodesecados. Gracias a esto se descubrió la ley de espesores que dice “la cara anterior de la córnea se incurva al adicionar tejido en su centro óptico, o substraerlo de su periferia, y se aplanan al substraerlo del centro o adicionarlo a la periferia del vértice óptico”. En 1960 se incluyeron los lentículos de metilmetacrilato o de estroma corneal con la técnica de bolsillo, que se obtenía mediante un disector.

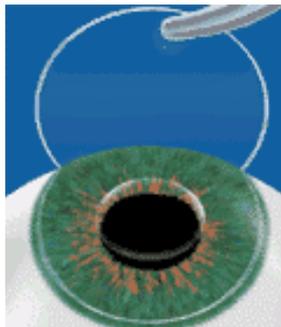


A; Incisión
B; Disección con disector
C; Colocación del lentículo
(Reproducido de Barraquer, II)



Disector de bolsa corneal (Reproducido de Barraquer, JI)

Posteriormente se desarrollan fórmulas para el cálculo de la queratofáquia (1979) y se estudian nuevos materiales de interposición como el Hidrogel (1984), la polisulfona (1985) o colágeno IV (1987). Están apareciendo en el mercado nuevas lentes que reducen el riesgo de reblandecimiento (melting) del flap al no interrumpir el flujo de fluidos, glucosa y oxígeno desde la cornea interna a la externa. Están compuestas por Nutrapore™ que contiene el 78% de agua, con el mismo índice de refracción de la córnea (1,376), evitando el deslumbramiento (glare) y las aberraciones, permiten el paso de 99,8% de la luz entre los 300 y 800nm, y la zona óptica es de 5mm, reduciendo el riesgo de halos. Las medidas varían según la refracción. Se debe insertar debajo de un flap de 200 micras y de 8-8,5mm de diámetro. No debe haber más de una diferencia entre la refracción ciclopléjica y manifiesta. Una ventaja esencial es que es extraocular y reversible, aunque a veces es susceptible de descentramientos.

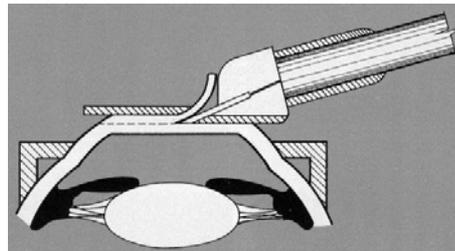


Permalens™

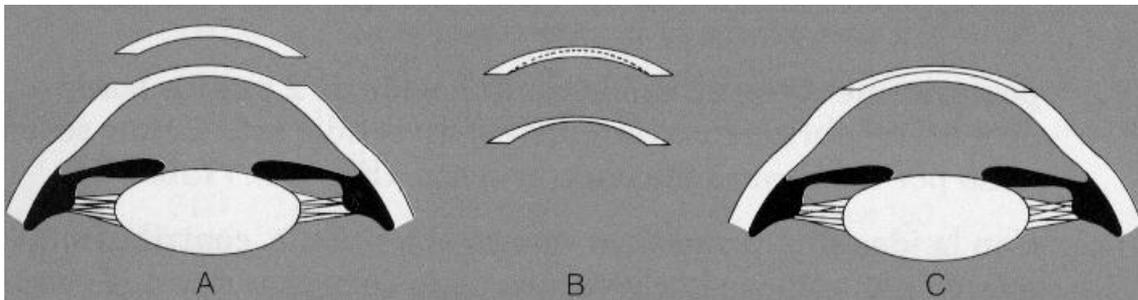
-Queratomileusis (cornea esculpida):

En 1962 aparece el primer microqueratomo que se desarrolló porque se entendía que la disección manual dejaba irregularidades y la conservación de la membrana de Bowman no permitía la incurvación necesaria. Consta de la obtención de un disco corneal de caras paralelas, ya sea de donante o del propio receptor, entonces se congelaba con CO₂ y se tallaba con el crio-torno por el lecho estromal del lenticulo. En el caso de la miopía se adelgaza en su centro. Posteriormente se calienta con solución balanceada o de Hartmann a 37 °C y se limpia la superficie posterior de células epiteliales. El lenticulo se ponía en el receptor mediante una sutura borde a borde con seda virgen. Después se intentó la fijación del lenticulo con la sutura de una lente de contacto. Puede conseguir correcciones miópicas altas (máximo 15D), pero tiene problemas como que es cara debido al precio del criolator y además difícil de aprender, con un bajo índice de predictibilidad. De todas formas el mayor problema radica en la congelación, ya que ésta compromete la transparencia corneal y además nos lleva a resultados inestables, habiéndose demostrado una regresión que es mayor cuanto mayor es la ametropía preoperatoria.

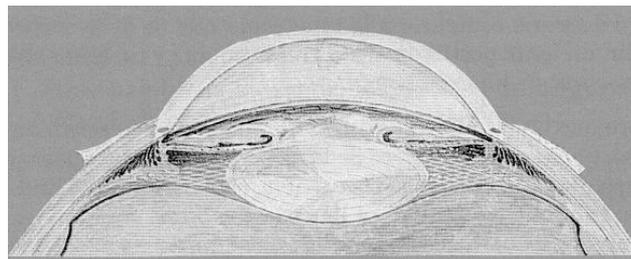
Otra variante de la queratomileusis es la introducida por Swinger y cols. (1986) llamada queratoplastia refractiva lamelar planar, en la que se corta un lentículo de 240-350 micras con el microqueratomo (Barraquer-Krumeich-Swinger), entonces se hace otro paso con el microqueratomo por la banda estromal del lentículo. Con esta técnica se mejoraba la predictibilidad, aunque ésta continuaba no siendo muy alta. Otras complicaciones como el astigmatismo irregular también se reducían, pero no desaparecían.



Queratectomía automática con microqueratomo



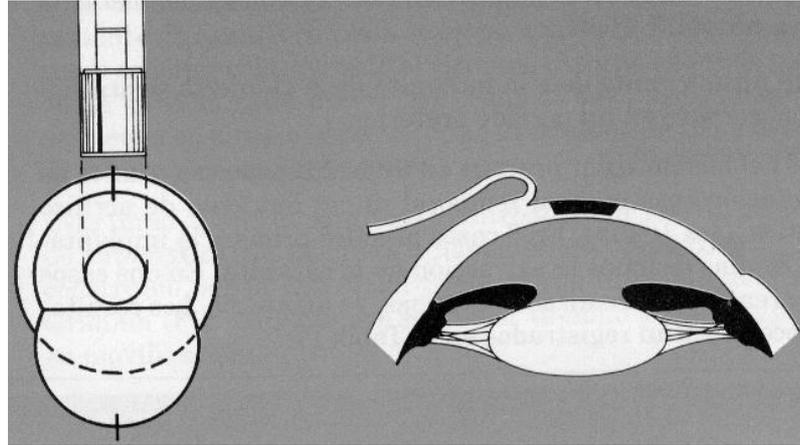
A; Queratectomía con microqueratomo
 B; Lentículo antes y después del torneado de la cara posterior.
 C; Reposición. El cambio de curvatura es evidente.



Aplanamiento central después de queratomileusis miópica
 (Reproducido de Barraquer, JI)

- Estromectomia laminar:

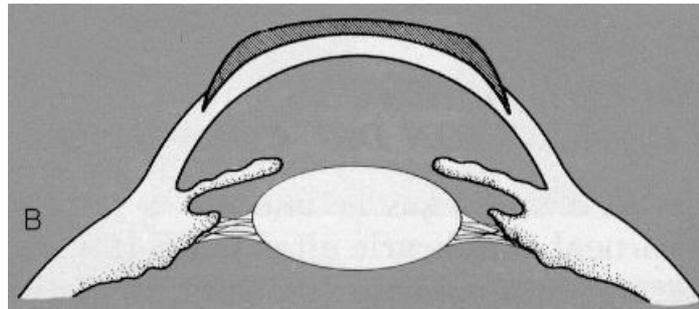
Aparece en 1963 por Krwawicz y se realiza mediante un sacabocados en el lecho estromal. En 1966 Pureskin la realiza después de crear un gran colgajo laminar, y modificando el lecho estromal con un trépano de diferentes dimensiones según el grado de corrección deseado.



A; Trepanación del lecho estromal
 B; Reposición del colgajo laminar
 (Reproducido de Barraquer, JI)

Epiqueratofáquia:

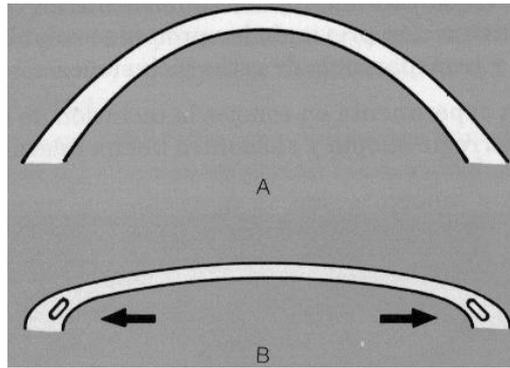
Aparece en 1980 por Werblin y Kaufmann, simplificando las técnicas lamelares. Consta de la aposición del lenticulo sobre la membrana de Bowman. Se realizaban unas cuñas periféricas mediante una trepanación de menor diámetro que el lenticulo y de 0,3mm de profundidad, en las cuales se introducía la aleta del lenticulo. Estos autores también promueven la creación de un banco de lenticulos liofilizados. Esta técnica demostró una alta eficacia pero poca predictibilidad. Al principio solo se indicó para rangos de miopía altos que no se podían hacer con la queratomileusis.



(Reproducido de Barraquer, JI)

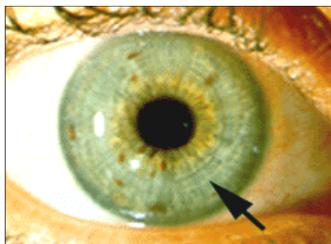
- Inserción de anillos:

En 1987 Fleming introduce anillos intracorneales con diferente diámetro según la voluntad de aplanar o incurvar la córnea.



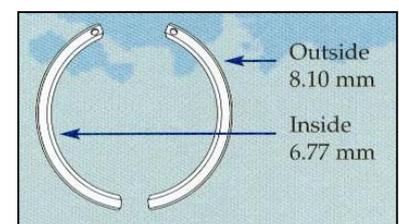
Anillo con gran diámetro para conseguir un aplanamiento central

Han aparecido otras variantes en el mercado como son los INTACS™ o anillos de Ferrara™. Son dos arcos de 150° de un polímero plástico (PMMA) que se colocan seguidos en forma de anillo en media periferia a una profundidad de 2/3 de la córnea guiados por un canal prediseñado con un disector específico que tuneliza. Los cambios inducidos sobre la curvatura corneal central se obtienen cambiando el grosor del anillo, o variando la circunferencia del mismo. Para obtener una córnea más plana se requiere o un anillo más grueso, o un menor diámetro de éstos. Un aspecto muy importante es su reversibilidad. Es útil para miopías leves, de -1 a -4D. Se les está encontrando además, mucha utilidad en caso de queratoconos o ectasias post-LASIK. Sus ventajas es que es aditiva, reversible y reajutable



Intacs Thickness	Predicted Nominal Correction
0.25 mm	-1.30 diopters
0.30 mm	-2.00 diopters
0.35 mm	-2.70 diopters
0.40 mm	-3.40 diopters
0.45 mm	-4.10 diopters

Diferentes grosores según la refracción a corregir



INTACS™

Otra variante es la queratoplastia ajustable mediante inyección de gel, que es similar al concepto de los anillos, pero por el canal prediseñado se inyecta gel, hasta que tengamos la córnea con la curvatura deseada.

- Queratomileusis in situ:

Aparece en 1987 y es introducida por Ruiz, reiniciando la talla sobre el lecho con microqueratomo. La diferencia con la queratomileusis es que la acción en esta última se realiza en el lentículo extraído y no en el lecho estromal. En 1980 el Dr. Ruiz inventa el microqueratomo automático, introduciendo la queratoplastia lamelar automática, desembocando en un seguido de ventajas como fácil uso, recuperación rápida, estabilidad refractiva y eficacia en la corrección de ametropías. A pesar de estas ventajas también tiene desventajas como la alta tasa de astigmatismo irregular (2%) y una predictibilidad reducida (+/- 2D). Consta de dos queratectomías con microqueratomo pero la segunda queratectomía se practica sobre el lecho estromal. El grosor del primer lentículo debería ser de 120-160 micras. El problema principal de ésta técnica es tener que practicar dos queratectomías, ya que es complicado y además tienen que estar bien centrados. Otra desventaja es que no se puede modificar la forma del lentículo con el microqueratomo, no pudiendo cambiar así su poder refractivo.

- Queratomileusis superficial con láser excimer.

Consta de la resección de las capas anteriores de la córnea, membrana de Bowman incluida, para aplanar la superficie corneal. A esta técnica se la denominó queratectomía fotorrefractiva (PRK). Un intento previo con láser de CO₂ fracasó por exceso de coagulación y cicatrización. Otros láseres como el erbio ytrium-aluminum-garnet (Er:YAG) se demostró útil pero dañaba demasiado el tejido circundante. Finalmente se usó del láser excimer de 193nm ya que era preciso y sin daños colaterales.

La PRK fue concebida por Trokel en 1983 y Theo Seiler hizo el primer procedimiento en ojos humanos, haciendo incisiones anastigmáticas en 1987. También en 1987 l'Esperance hizo la primera queratectomía de gran área en humanos. Marguerite B. McDonald hizo todos los estudios previos en animales, y practicó la primera PRK en un ojo con visión normal en 1988. Los resultados fueron por primera vez menos dependientes de la habilidad del cirujano, sino de la respuesta cicatrizal, del sistema del láser y de la técnica específica utilizada (25).

El gran inconveniente es que para miopías mayores de -6D, con la técnica de PRK se inducía haze corneal central significativo, que es una opacificación corneal secundaria a una respuesta inflamatoria cicatricial linealmente relacionada con la profundidad de la ablación, regresiones, y poca predictibilidad, además de halos y deslumbramientos. La estabilidad refractiva se alcanzaba a los 18-24 meses de la cirugía. El tratamiento de la regresión es una nueva QFR pero la predictibilidad de esta nueva QFR esta en función de si existe o no opacificación corneal, ya que si esta existe es menos predecible y se observan hasta un 40% de hipocorrecciones. Los avances tecnológicos han mejorado los resultados, aunque no han aumentado el rango de corrección. Entonces se pensó en la combinación de PRK con una queratectomía lamelar anterior, como las realizadas para la queratomileusis, apareciendo la técnica LASIK (Laser Asisted In Situ Keratomileusis).

-LASIK (queratomileusis in situ asistida con láser):

Ésta se introdujo, diseñó y desarrolló en Creta en la universidad de Vardinoyannion por el Dr. Pallikaris en 1990. El término láser in situ queratomileusis (LASIK) se pensó que describía bien la combinación de cirugía lamelar y fotoablación. Inicialmente esta técnica consistía en resección de un disco corneal anterior, la fotoablación del estroma corneal en el lecho y el reposicionamiento del disco con suturas. Posteriormente el mismo autor describió la resección incompleta del disco corneal. La ventaja del flap es que permite reposicionar el colgajo en su lugar original sin suturas, lo que favorece una regeneración más fisiológica del plexo nervioso subepitelial, del cual se conserva una parte y una menor incidencia de astigmatismo postoperatorio, junto con la preservación de la membrana de Bowman.

Esta técnica es el resultado de mas de 100 años de cirugía lamelar y de 50 años de cirugía refractiva lamelar. Combina la precisión de la PRK con las características de cicatrización de la cirugía lamelar, la cual nos aporta una rehabilitación visual mas rápida al actuar sobre el estroma relativamente inerte, preservación de la estabilidad corneal, alto rango de dioptrías tratable, menor dolor postoperatorio, menor riesgo de infección, regularización de la superficie anterior y suavizado de los bordes al reposicionar el flap mejorando el resultado refractivo, y virtualmente no riesgo de haze estromal. Además con el láser excimer se vence el tendón de Aquiles de la cirugía refractiva lamelar hasta entonces que era la baja predictibilidad. A pesar de estas ventajas, el mero hecho de la creación del flap conlleva una serie de posibles complicaciones, como puede ser una formación incompleta de éste, agujeros en el mismo o la inducción de astigmatismo irregular, ya sea en el corte o por la reposición inadecuada, con posible desplazamiento del flap (26). Los primeros estudios en animales fueron en 1987 con un láser excimer Lambda physik y un microkeratomo que fue especialmente diseñado para producir un flap de 150 micras y no un botón corneal libre. La idea original de realizar un colgajo corneal y sacar tejido del lecho estromal nace de Pureskin 1966, pero él lo hacia con un trépano.

En 1992 Buratto realizó botones corneales libres y usó el láser para ablacionar el estroma del botón corneal (laser intraestromal keratomileusis), evitando el posible riesgo de perforación y entrada a cámara anterior del LASIK, pero se pierden la mayoría de las ventajas de éste último.

Los primeros trabajos se presentan en la ESCRS en 1989 y se publicaron en 1990. El primer LASIK en ojos humanos se llevó a cabo en ojos ciegos en junio de 1989 en un protocolo no oficial.

Los parámetros de ablación son distintos de los de la PRK, ya que la ablación es intraestromal, entonces se tienen que tener en cuenta los factores de cicatrización del estroma medio, así como su mayor hidratación. Otro factor a tener en cuenta es la mayor proximidad al endotelio, pudiendo causar cambios endoteliales e inestabilidad corneal en ablaciones excesivas.

Las posibles complicaciones de esta técnica son las de la queratectomía, que se estima como el paso con el 90% de importancia en la técnica LASIK (comentadas arriba), y las realizadas durante la ablación, paso que se estima con una importancia del 10%, como pueden ser descentramientos o creación de islas centrales según el grado de hidratación estromal. El riesgo de éstas es mayor en LASIK que en PRK debido a la mayor hidratación del estroma profundo, por lo cual en los laceres de haz ancho se

utilizan pretratamientos, que es un refuerzo del tratamiento en la zona central. Estas son zonas de tejido que no se han ablacionado lo que debían por el hecho de que estaban hidratadas. Otra mejoría instaurada con el LASIK, aunque también aplicable a la PRK son las multizonas, con las que se consigue una transición suave y regular de la zona tratada a la no tratada, mejorando la calidad visual y disminuyendo las regresiones. Solo necesaria para los láseres de haz ancho. Constan de ablaciones de diámetro ascendente.

Postoperatoriamente se pueden apreciar opacidades o inflamaciones de la interfase o crecimientos epiteliales.

En cuanto a la técnica se deben dejar 250 micras de lecho estromal residual para mantener la estabilidad corneal a largo plazo. La zona óptica no debería ser inferior a 6mm para asegurar una mínima incidencia de alteraciones en la visión nocturna como halos o deslumbramientos.

La entrecara se debe limpiar con suero fisiológico, pero no mucha cantidad sino dificulta la adhesión del flap.

3.2.3.2 *Cirugía no corneal:*

En primer lugar repasaremos unas técnicas quirúrgicas antiguas ya obsoletas:

- Retroinserción de los rectos internos: Se realizaba cuando había exceso de convergencia, ya que se consideraba ésta perjudicial para el desarrollo de la miopía maligna.
- Peritomía: Técnica de Sánchez-Mosquera. Consta de la resección en 360° de la conjuntiva y tenon, para con la retracción producida al cicatrizar esta, se evitara la distensión del globo ocular.

Las técnicas extracorneales actuales para la corrección de la miopía son todas intraoculares. Se pueden dividir en dos:

- Extracción de cristalino transparente:

Tiene su origen en la operación de Fukala. Esta técnica consta de la extracción del cristalino transparente mediante la técnica intracapsular. Es difundida en España por Pérez-Bufill, Vila-Coro y Poyales. Tiene muchas complicaciones y no altera la evolución de la enfermedad miópica. Solo se debería practicar con un fondo de ojo aceptable, sino la mejoría visual tampoco es mucha. Hoy en día la cirugía de extracción de cristalino transparente se realiza con la técnica de la facoemulsificación. Se indica en miopías mayores de 22D, y se recomienda en pacientes mayores de 40 años para minimizar el riesgo de desprendimiento de retina. Este tipo de cirugía permite la implantación de lentes multifocales, refractivas o difractivas, y de lentes acomodativas.

- Lentes fáquicas:

Indicadas en los casos de miopías mayores a -8 dioptrías, o en casos de corneas inadecuadas para la cirugía refractiva corneal, ya sea por grosor o por alteración topográfica. El requisito para su implantación es que la cámara

anterior tenga un mínimo de amplitud de 2,8mm y que el astigmatismo sea inferior a 1D, ya que actualmente las lente fáquicas tóricas aún no están aprobadas. En los casos de altos astigmatismos se puede asociar un LASIK (técnica llamada Bioptics). Se dividen en dos grupos según su localización:

Lentes fáquicas de cámara anterior:

- De apoyo angular:
 - Rígida: NuVita, Z-Sal
 - Plegable: GBR, Vivarte.
- De fijación en iris:
 - Artisan

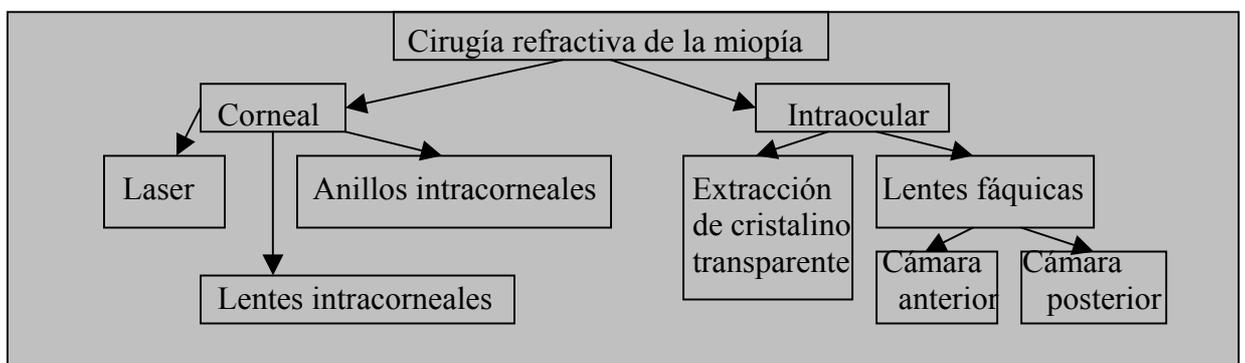
La principal complicación de éstas lentes puede ser la alteración endotelial. Las de fijación angular producen una ovalización pupilar. También pueden dar un bloqueo pupilar.

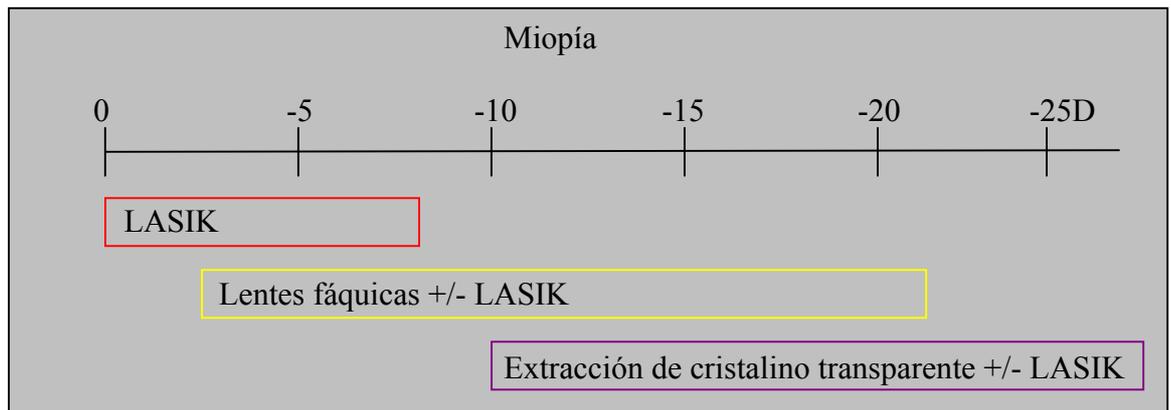
Lentes fáquicas de cámara posterior:

- Rígida: De Barraquer
- Plegable:
 - Lente de contacto implantable (ICL)
 - Lente fáquica refractiva (PRL)

Las posibles complicaciones son dispersión pigmentaria, un bloqueo pupilar, o la inducción de catarata, por esto mejor indicarlas en pacientes mayores de 30 años, aunque en los mayores de 21 años ya están indicadas.

La cirugía refractiva de la miopía se puede representar de la siguiente manera:





Rangos de indicación de las diferentes técnicas refractivas existentes para la corrección de la miopía

3.2.4 El laser excimer

3.2.4.1 Evolución:

Proviene del término dímero excitado (EXCited diMER). Este término ha perdurado a pesar de ser erróneo, ya que no es un dímero excitado al ionizarse sino un compuesto inestable derivado de la reacción entre átomos metaestables y halógenos. Al descomponerse éste, libera un fotón altamente energético. El compuesto que ha demostrado una mayor utilidad clínica ha sido el Argón-fluoruro de 193nm.

Se descubrió en 1960, y se utilizó en la industria electrónica, pero en 1976 se demostró su utilidad terapéutica, aprovechando sus características de ablación precisa a nivel de submicras (a una energía de 160-200mj ablaciona o,25 micras), y una mínima alteración del tejido circundante (0,07 micras) (27). En estas dos características se basa su principal diferencia con el resto de lasers previamente experimentados (CO₂, Ruby, YAG,...)

En 1983 S. Trokel colaboró con Srinivasan realizando los primeros experimentos en córneas bovinas con buenos resultados y recibiendo la patente. El primer prototipo comercial fue construido por Meditec y presentado en la reunión de la American Academy of Ophthalmology a finales de 1985. Fue diseñado para proyectar el láser excimer en la córnea de un paciente sentado, utilizando una lámpara de hendidura como sistema de liberación. La primera aplicación clínica del láser excimer fue llevada a cabo por Theo Seiler en Berlín en abril de 1985. Inició su estudio con incisiones lineales usando su técnica de mascara de contacto seguida por la creación de incisiones transversas (T-cuts) en septiembre de 1985 para corregir astigmatismo en ojos ciegos. Se realizaron con el objetivo de conseguir cortes con una profundidad y forma mas exactamente definida. (con el diamante la precisión es +/- 12% y con el láser excimer de +/- 3%), pero al tratarse de una escisión en lugar de una incisión, a pesar de una mayor precisión, el resultado refractivo es peor, por lo que se desestimó su uso para esta aplicación clínica. Un mes después, Seiler hizo la primera cirugía refractiva con láser excimer en un ojo que veía, donde eliminó tejido corneal superficial enfermo. pero con un melanoma maligno que estaba planeado para enuclear. Este trabajo se presentó

en la sociedad oftalmológica alemana de 1986. La primera fotoqueratectomía refractiva en ojos humanos fue llevada a cabo por l'Esperance en el año 1987 siguiendo las directrices de Serdarevic, quien realizó el primer procedimiento a nivel experimental en 1984. Margueritte B. McDonald verificó las bases teóricas de la PRK en unas series extensas de experimentos con conejos y primates que llevaron a su primer uso en un ojo humano con visión en mayo 1988.

Habiendo demostrado el potencial del láser excimer para alterar topográficamente la superficie corneal, el segundo requisito fue el desarrollo de un algoritmo que relacionara la profundidad de ablación con la corrección dióptrica requerida. Este fue desarrollado por Munnerlyn y cols. en 1988. Calculó que con una zona óptica de 4mm tan solo necesitábamos extraer 5micras de tejido corneal para reducir su poder refractivo una dioptría. Utilizando la ecuación de Munnerlyn, la extracción de 0,22 micras de tejido corneal anterior, cambiaba su poder refractivo en 0,04 dioptrías.

El algoritmo se describe en la siguiente fórmula:

$$S = \frac{(d)^2 \times D \times (n-1)}{8}$$

Donde: S = grosor corneal central

d = zona óptica (en milímetros) diámetro del disco que esculpimos.

D = corrección requerida

n = índice de refracción corneal. (1,367)

La profundidad de ablación aumenta exponencialmente con el cuadrado de la zona óptica, de lo que se extrae que un pequeño aumento de la zona óptica significa un gran aumento en la cantidad de tejido ablacionado.

Sucesivamente se permitió la realización de estudios sobre ojos con visión de 20/50 o peor, y finalmente en ojos con una AV normal. En octubre de 1995 la FDA aprobó la utilización clínica del láser excimer para la corrección de la miopía leve y moderada.

3.2.4.2 Principios básicos:

Las siglas de laser son Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation. La unidad del láser está constituida por una bomba (fuente de energía para energizar electrones), un medio que contenga los átomos que generan los fotones (en el caso del excimer es un medio gaseoso), y una cavidad consistente en espejos que dirigirán la luz a través del medio energizador para permitir que el proceso amplificador crezca hasta el nivel óptimo.

La luz del láser tiene unas propiedades que la hacen diferente de la luz producida por otras fuentes. En primer lugar, su divergencia es considerablemente mas baja que la producida por otras fuentes de luz. Esto permite utilizar haces muy estrechos y enfocarlos en puntos muy pequeños. En segundo lugar es monocromática, es decir, de una única longitud de onda. En tercer lugar es “coherente”, es decir, todas las ondas de los fotones oscilan en fase unas con otras.

La luz del láser tiene unas propiedades que la hacen diferente de la luz producida por otras fuentes. En primer lugar, su divergencia es considerablemente mas baja que la producida por otras fuentes de luz. Esto permite utilizar haces muy estrechos y enfocarlos en puntos muy pequeños. En segundo lugar es monocromática, es decir, de una única longitud de onda. En tercer lugar es “coherente”, es decir, todas las ondas de los fotones oscilan en fase unas con otras.

Los aparatos de láser excimer están formados por una gran caja alargada de aluminio, repleta con la apropiada mezcla de gas. Una descarga eléctrica ioniza el gas y permite la formación del láser excimer. Uno de los primeros problemas para el funcionamiento del láser excimer es la cantidad de energía necesaria para su funcionamiento, ya que se utilizan voltajes de alrededor de 30.000 watios y una corriente de aproximadamente 10.000 amperios en 50 nanosegundos. Otro problema es el mantenimiento de la calidad del gas dentro de la cavidad. La proporción de flúor en el gas es normalmente 0,1-0,2% del volumen total. Sin embargo, el flúor es un gas extremadamente reactivo, y puede reaccionar con la mayoría de los materiales que componen el interior de la cavidad. Reacciona con la mayoría de las impurezas que hayan podido entrar con el gas, o que pueden ser emitidas por materiales del interior de la cavidad del láser. Estas reacciones no solo consumen un a parte del flúor, disminuyendo el efecto del láser, sino que crean productos que pueden absorber parcialmente la radiación y formar depósitos en el sistema óptico del láser.

El láser excimer tiene una alta tasa de absorción (28), lo que le hace un candidato ideal para la cirugía refractiva corneal, ya que se absorbe todo en las capas superficiales conservando un margen de seguridad en relación a estructuras oculares mas profundas como el endotelio corneal o el cristalino. La emisión de 193nm de longitud de onda se sitúa en la porción UVC del espectro electromagnético. Al ser una longitud de onda corta los fotones individuales emitidos tienen unos valores de energía excepcionalmente altos, alrededor de 6,4 electronvolt (e.v). Puesto que este valor excede la energía del enlace carbono-carbono (C-C), que es de 3 e.v, al exponer éstos a la radiación del láser excimer, estos enlaces moleculares se rompen (proceso llamado fotoablación) (26), y los fragmentos resultantes son expulsados de la superficie a una velocidad que supera los 2000 metros/segundo, formando la llamada pluma que no es mas que partículas de tejido y suciedad liberada durante el proceso ablativo. Se parece a un champiñón. El laser excimer emite un pulso individual de fotones de duración entre 10 y 15 nanosegundos con una velocidad de repetición seleccionable de 1 a 200 hercios. La tasa de repetición se puede incrementar, pero se tiene que dejar tiempo para la energía térmica y la disipación de la pluma. La energía está entre 20 y 200 milijulios, aunque por fines refractivos se considera óptima la de 180mj. Volatiliza 0,25 micras por pulso, y los daños colaterales en áreas no expuestas están estrictamente limitadas a una zona de daño térmico y se concentran solo alrededor de 100-300nm más allá del área fotoablacionada.(29). Un factor negativo a tener en cuenta es que el impacto de cada pulso y las fuerzas de retroceso de la pluma producen una onda de choque acústica que es audible y visible con métodos específicos de vídeo. La onda de choque acústica tiene una variedad de implicaciones clínicas que van desde la formación de islas centrales hasta la pérdida de células endoteliales. Otro elemento clave de las radiaciones de láser excimer y que lo hace idóneo para la cirugía corneal es su rayo relativamente ancho, que puede ser configurado de forma variable, por ejemplo rectangular o circular.