

Defectos de refracción

J.A. Durán de la Colina

● PRINCIPIOS DE REFRACCIÓN 733	● ACOMODACIÓN 739
¿Qué es la luz? 733	Acomodación ocular 739
Índice de refracción 733	Presbicia 739
Lentes esféricas 733	● AMETROPIAS 740
Lentes cilíndricas 734	Miopía 740
● SISTEMA ÓPTICO DEL OJO 735	Hipermetropía 742
Sistema de lentes 735	Astigmatismo 743
Diafragma pupilar 735	Anisometropía 744
Imagen retiniana 735	● BAJA VISIÓN 744
● TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN 735	Magnificación 745
Agudeza visual 735	Filtros 745
Sensibilidad al contraste 736	
Retinoscopia 737	
Queratometría 737	
Autorrefractómetros 738	
Refracción subjetiva 738	

Principios de refracción

¿Qué es la luz?

La esencia de la luz continúa siendo una cuestión no cerrada. Por una parte, la teoría ondulatoria propone que la luz se comporta como una onda cuando atraviesa materiales o sustancias transparentes (p. ej., aire). La óptica física estudia este comportamiento. La otra teoría es la corpuscular, y es estudiada por la óptica geométrica. Ambas teorías son necesarias para explicar los fenómenos asociados a la luz.

Cuando la luz incide en el ojo los fenómenos ópticos que tienen lugar pueden ser estudiados desde el punto de vista de un rayo luminoso (óptica geométrica) o de un frente de ondas (óptica física) (Fig. 21.1).

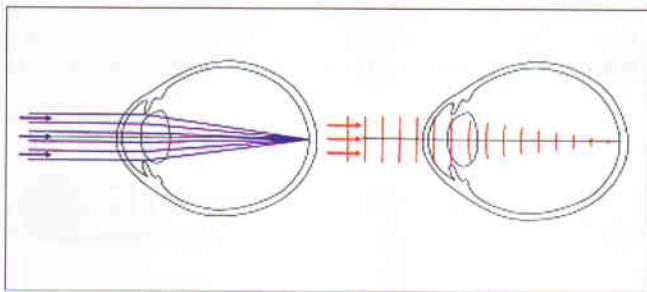


Fig. 21.1
Representación de la entrada de luz en el ojo, según un rayo luminoso (óptica geométrica) y un frente de ondas (óptica física).

Índice de refracción

La luz viaja por el espacio a una velocidad de 300.000 km por segundo, variando según el medio en que se desplaza (Fig. 21.2, arriba). Cuando un haz luminoso incide de forma oblicua sobre una superficie de un medio con mayor índice de refracción, el retraso en la velocidad afectará primero a uno de los extremos, lo que motivará que su dirección varíe. Al volver de nuevo a alcanzar el espacio primitivo, recuperará la dirección tras haber sufrido un desplazamiento (Fig. 21.2, centro). Este desplazamiento dependerá de: 1) el índice de refracción; 2) el ángulo de incidencia, y 3) la longitud de onda de la luz. Cuando la luz incide de forma más oblicua, en vez de penetrar en el cuerpo se refleja. A esto se denomina ángulo crítico. Por causa de este efecto, para ver el ángulo cameral necesitamos anular la interfase interponiendo una lente.

La densidad óptica de referencia es el aire (índice de refracción = 1), y es la cualidad que marca el poder refractivo de una sustancia; por ejemplo, el índice de refracción del agua es 1,33. Por tanto, cuanto mayor sea el ángulo de incidencia mayor será la desviación de la luz. Aunque con menor influencia, las longitudes de onda mayores (azul) sufrirán más refracción que las menores (rojo).

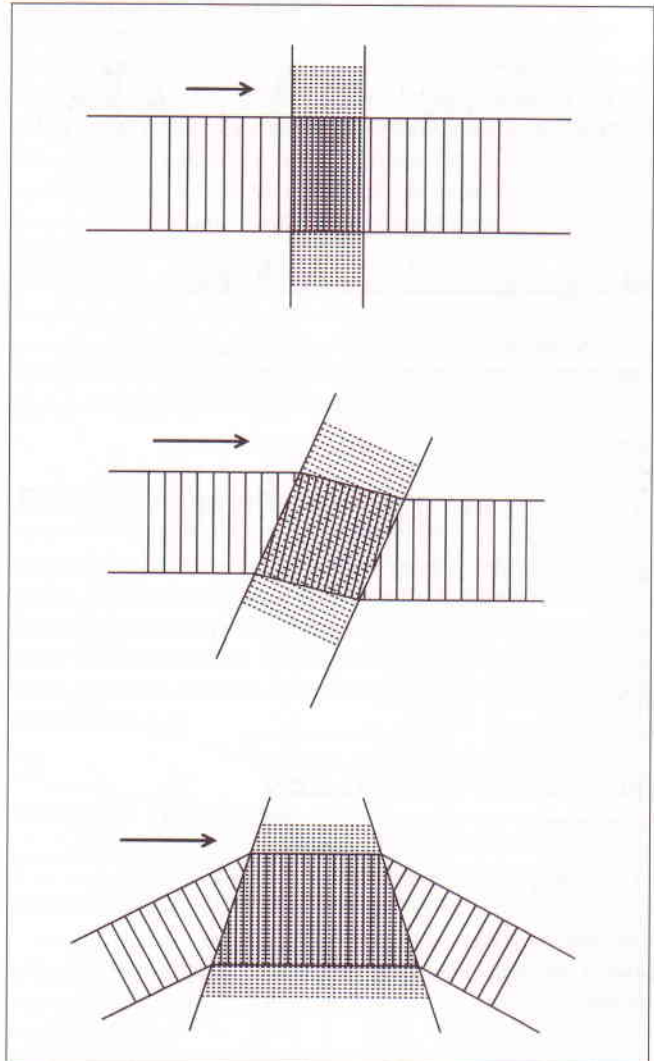


Fig. 21.2
Trayecto de un haz de luz al atravesar un objeto transparente. **Arriba:** incidencia perpendicular en superficies paralelas; **centro:** incidencia oblicua; **abajo:** desviación del haz en superficies no paralelas.

Lentes esféricas

Si el objeto que atraviesa la luz no tiene superficies paralelas provocará un cambio en su dirección, dependiendo de las características antes mencionadas, pues un lado del haz estará menos tiempo afectado que el otro en el interior del cuerpo (Fig. 21.2, abajo). La diferencia entre el rayo incidente y el rayo saliente se denomina ángulo de desviación.

Los prismas son estructuras transparentes de superficies no paralelas que desvían la luz en mayor o menor grado. El término más utilizado para medir su potencia es el de dioptría prismática = desplazamiento de la imagen de 1 cm a 1 m de distancia.

Cuando se realiza la refracción a través de dos superficies curvas, el comportamiento de la luz debe considerarse como si lo hiciera a través de una serie de prismas (Fig. 21.3). Según la disposición de los supuestos prismas, las lentes serán conver-

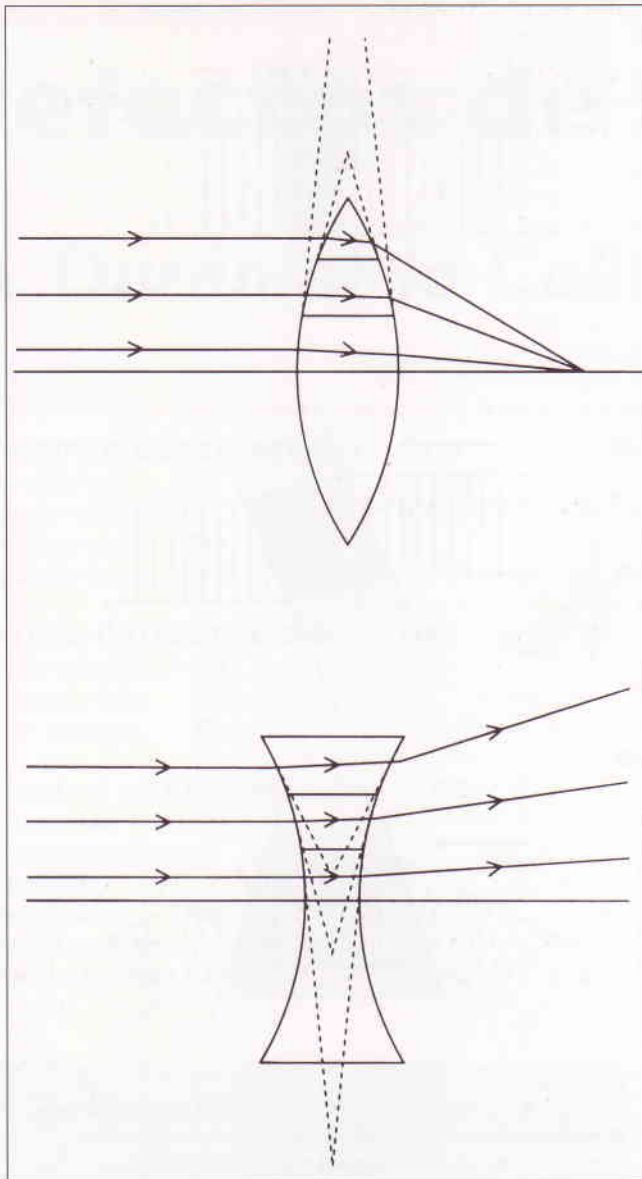


Fig. 21.3
Desdoblamiento de una lente en prismas.

gentes (positivas) o divergentes (negativas), aunque pueden existir varias combinaciones que en la práctica se utilizan para reducir las aberraciones ópticas (Fig. 21.4).

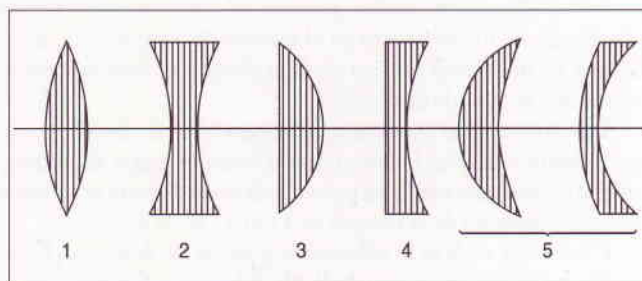


Fig. 21.4
Diferentes diseños de lentes.

En el caso de las lentes esféricas, la potencia será la misma en todos los meridianos del plano de la lente y se expresará en dioptrías = inversa de la distancia focal expresada en metros. Así, una lente convergente de 1 dioptría enfocará rayos paralelos en un punto a 1 m de distancia, mientras que una lente de 4 dioptrías lo hará a 25 cm.

Lentes cilíndricas

En el caso de lentes cilíndricas, los rayos se enfocarán formando una línea (Fig. 21.5), y cuando se trata de una lente esferocilíndrica formarán una imagen tridimensional expresada en el conoide de Sturm. En éste se distinguirán dos líneas que corresponderán a las distancias focales de los dos ejes principales (componentes esférico y cilíndrico) y, entre ambas, la zona más concentrada de la imagen se denomina el círculo de menor difusión (Fig. 21.6).

Las lentes cilíndricas presentan dos meridianos principales situados perpendicularmente entre sí, definiéndose el ángulo en el eje de caras paralelas. El equivalente esférico de una lente

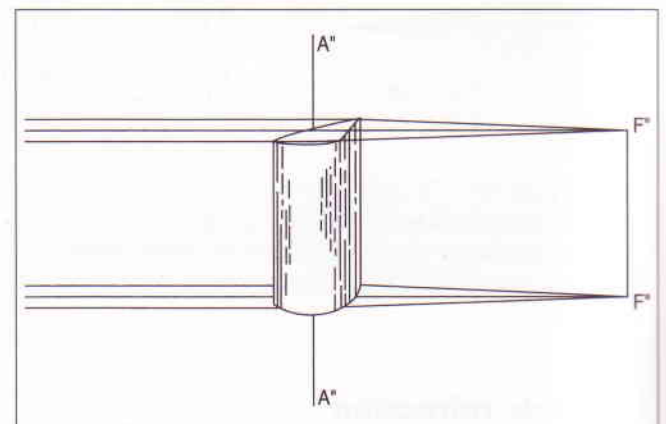


Fig. 21.5
Lente cilíndrica. Sobre el meridiano horizontal el efecto refractivo es máximo, y nulo sobre el meridiano vertical.

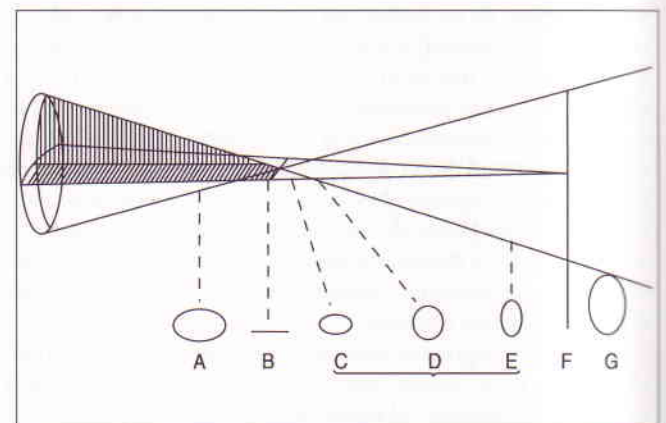


Fig. 21.6
Conoide de Sturm. La refracción no forma un foco puntual sino varias figuras. El círculo de menor difusión está representado por D.

esferocilíndrica será el que pueda llevar el punto focal al círculo de menor difusión, y se calcula por la suma de la esfera más la mitad del cilindro.

La forma de expresar la potencia de una lente esferocilíndrica puede ser: 1) con el cilindro del mismo signo que el esférico; 2) con el cilindro de signo contrario al esférico, y 3) con dos cilindros cruzados.

En la primera situación se asignará el eje de menor potencia como esférico y la diferencia entre ambos ejes como cilindro. Trasponiéndolo a la segunda situación, el esférico sería la máxima potencia y el cilindro la diferencia entre ejes, pero con signo contrario y a 90° del eje anterior. Si se desea utilizar la nomenclatura de dos cilindros cruzados, uno será la potencia menor al eje menor y el otro la potencia total al eje mayor; por ejemplo, serían equivalentes:

$$\begin{aligned} &+2,00 \text{ esférico} + 1,00 \text{ cilindro} \times 90^\circ \\ &+3,00 \text{ esférico} - 1,00 \text{ cilindro} \times 180^\circ \\ &+2,00 \text{ cilindro} \times 180^\circ + 3,00 \text{ cilindro} \times 90^\circ \end{aligned}$$

A su vez, el equivalente esférico de esta lente sería:

$$+2,00 \text{ esférico} + (1/2 \times 1,00 \text{ cilindro}) = +2,50 \text{ dioptrías}$$

Sistema óptico del ojo

Se ha comparado al ojo con una cámara fotográfica, donde la córnea y el cristalino serían el sistema de lentes, la pupila el diafragma y la retina la película (Fig. 21.7). Cuando un ojo no tiene defecto de refracción (emotropía), los rayos que llegan paralelos (del infinito teórico) se enfocan en la retina y forman una imagen nítida.

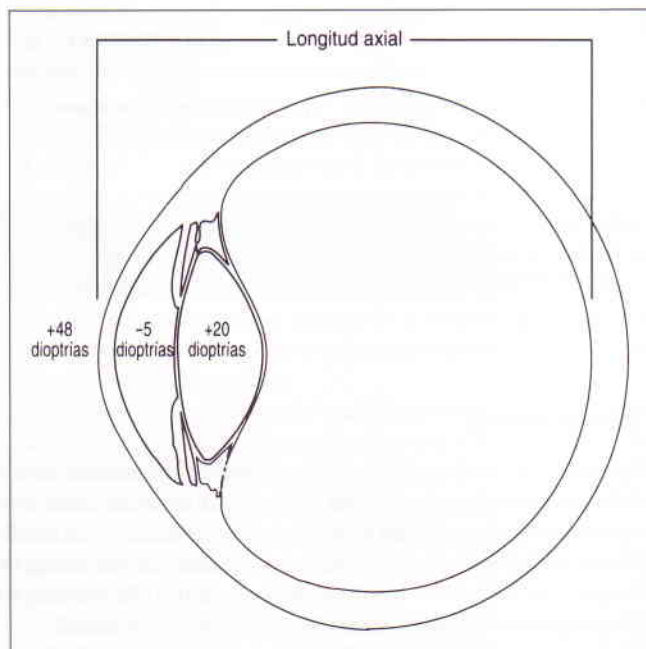


Fig. 21.7
Dioptro ocular.

Sistema de lentes

La córnea actúa como una potente lente convergente debido a que su superficie anterior es muy curva (radio algo inferior a 8 mm) y su índice de refracción es de 1,37. Esto le concede una potencia de unas 48 dioptrías. La superficie posterior es convexa y más curva, pero separa dos superficies de índice de refracción similar, dando lugar a un poder dióptrico negativo aproximado de 5 dioptrías.

El cristalino no puede considerarse simplemente como una lente con dos superficies convexas, pues existen unas capas concéntricas de densidad progresiva hacia el núcleo (entre 1,38 y 1,41). Al tener un radio de curvatura anterior de 10 mm y posterior de 6 mm, el poder total es de unas 20 dioptrías.

Diafragma pupilar

Se puede considerar que el orificio pupilar está situado en un plano perpendicular al eje óptico del ojo. Aparte de limitar la entrada de luz, desde el punto de vista óptico su presencia permite eliminar rayos de incidencia muy oblicua, evitar las aberraciones de la periferia del sistema óptico, y aumentar la profundidad de foco.

Imagen retiniana

Las imágenes, una vez refractadas y transportadas por los medios transparentes, se proyectan sobre la retina de forma invertida. Aunque muy discretamente, la fóvea se encuentra desplazada del eje óptico del ojo (hay que indicar que todo el sistema está levemente descentrado), pero es la zona ópticamente mejor definida.

En la retina periférica, a pesar de su disposición, las imágenes sufren una distorsión, que se puede apreciar clínicamente cuando se explora esta zona.

Técnicas de exploración

Agudeza visual

La agudeza visual (AV) del paciente, quizá la prueba de función visual más importante y la más utilizada, depende no sólo del sistema óptico del ojo, sino también del estado de la retina y las vías ópticas. Con el fin de discriminar la forma de un objeto, los fotorreceptores contiguos deben recibir estímulos distintos.

El «mínimo visible» no es una prueba válida para conocer la AV, pues la difracción y las aberraciones de alto orden convertirán un punto dado en una imagen difusa. Del mismo modo, el «mínimo discriminable» depende de factores como la luminosidad y el contraste. Para la AV se emplea el «mínimo separable», que consiste en la distancia menor a la que dos objetos pueden observarse separados.

La distancia mínima entre conos en la región foveal es de 0,004 mm, lo que representa la máxima discriminación teórica posible. Así, el ángulo visual menor que se hace perceptible es de 1 minuto.

En la práctica, los estímulos de AV están basados en este principio y se representan en forma de letras o imágenes. La distancia en que se toma la AV ha de ser de 6 m (infinito teórico), y la forma de anotar el resultado varía en diferentes países. Snellen, originalmente, utilizaba metros como referencia, y en Estados Unidos se emplean pies, mientras que en Europa se utiliza preferentemente la escala decimal. Las equivalencias se relacionan en la Tabla 21.1. En las dos primeras columnas, el dividendo señala la distancia a que se está viendo, y el divisor la distancia a la que se deberían distinguir las imágenes de cada tamaño.

Tabla 21.1 Equivalencias de agudeza visual

Metros	Pies	Decimal	Ángulo visual
6/6	20/20	1,0	1,0°
6/9	20/30	0,66	1,5°
6/12	20/40	0,5	2,0°
6/18	20/60	0,33	3,0°
6/24	20/80	0,25	4,0°
6/60	20/200	0,1	10,0°

La toma de la AV es una de las prácticas más habituales en la exploración oftalmológica. Debe realizarse de forma progresiva desde las imágenes más grandes, y se anotará la línea menor que es capaz de distinguir cada ojo. En caso de que el ojo no vea las figuras mayores, se le aproximará hasta que pueda verlas y se anotará la distancia; por ejemplo, de 0,1 a 3 m será equivalente a 0,05. Para grados de AV inferior se determinará la distancia mayor a la que el ojo distingue los dedos o, de forma progresivamente menor, movimientos de la mano y percepción de luz. En este último caso, se determinará si dicha percepción se mantiene en todos los campos de visión (proyección de luz).

La determinación de la AV próxima está menos estandarizada. El método más popular es el de textos de impresos a diferentes tamaños que se sitúan a la distancia de lectura (33 cm), con una buena iluminación.

Sensibilidad al contraste

Los objetos y las imágenes no suelen tener un brillo homogéneo, lo que limita la equivalencia en la práctica de la AV (cuyas imágenes presentan un contraste del 100%). A esta variación en brillo se denomina contraste, y determinar su sensibilidad es muy útil en muchas alteraciones, como cataratas o neuritis óptica.

Para esta prueba se emplean sinusoides con diferente frecuencia espacial y nivel de contraste, siendo los contrastes más visibles en las frecuencias medias (Fig. 21.8). Los resultados se anotan en una gráfica donde se refleja el nivel de contraste que es percibido en cada frecuencia espacial (Fig. 21.9).

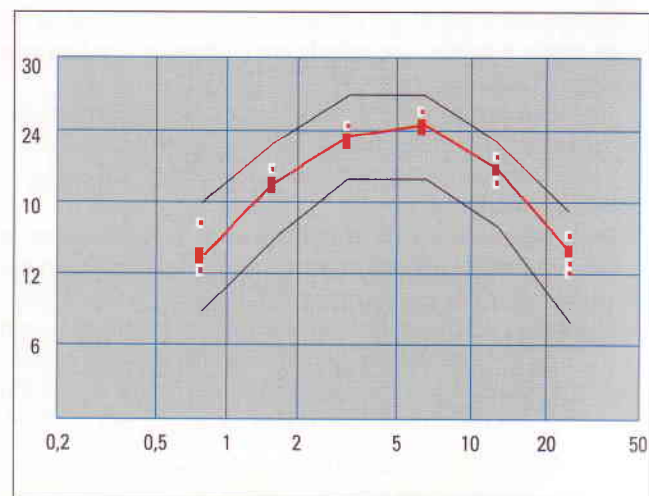


Fig. 21.8

Sensibilidad al contraste. La mayor percepción del contraste se encuentra en los niveles medios de frecuencia.

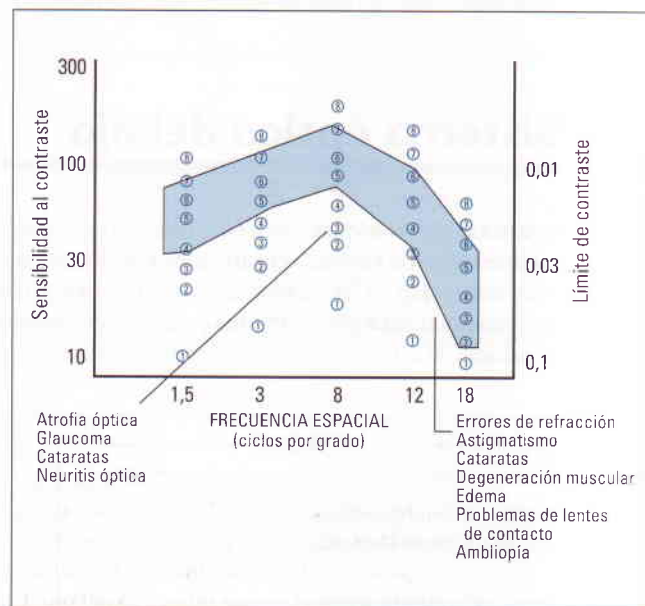


Fig. 21.9

Gráfica para representar los resultados de la prueba de sensibilidad al contraste.

Aberrometría

La prueba de aberrometría permite el análisis del sistema óptico del ojo desde el punto de vista de la óptica física, es decir, que considera a la luz como un frente de ondas (ver Fig. 21.1). La calidad de un frente de ondas se expresa en micras o en fracciones de longitud de onda, y los instrumentos para su medida se basan en dos sistemas: 1) interferometría láser o 2) trazado de rayos.

Las distorsiones se representan por medio de los polinomios de Zernicke (Fig. 21.10), que extraen los componentes característicos del frente de ondas. Así, las aberraciones de primer

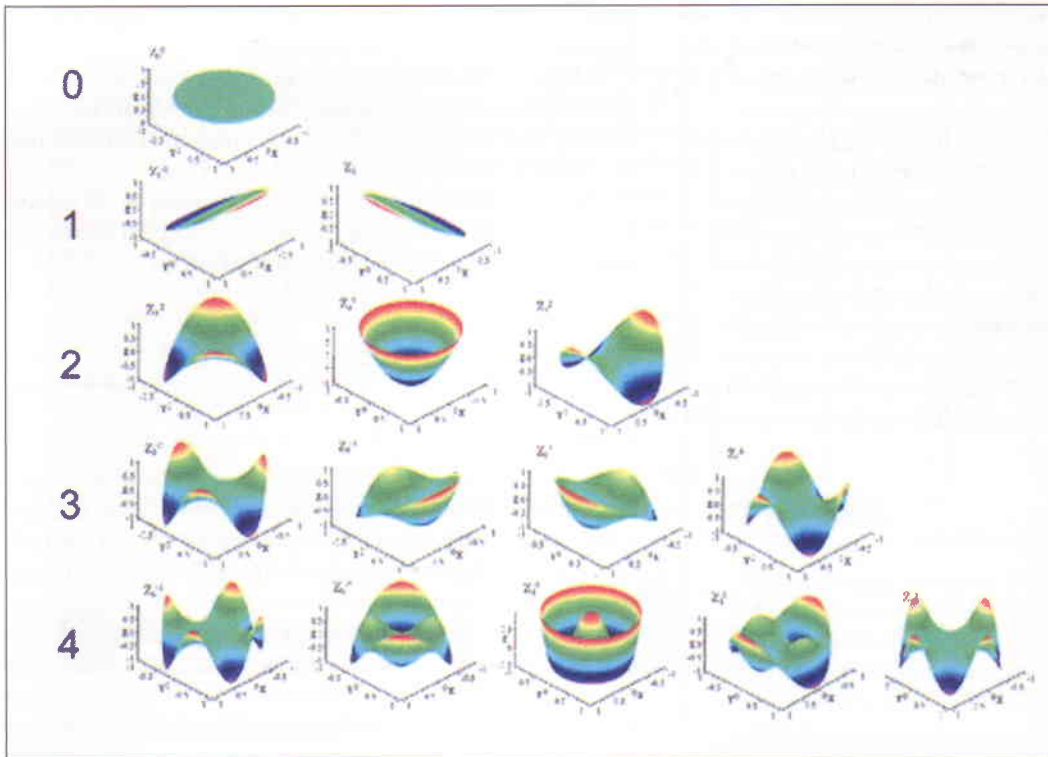


Fig. 21.10
Polinomios de Zernicke.

orden representan inclinación, las de segundo orden incluyen desenfoque y astigmatismo, las de tercer orden representan coma y trébol («trefoil»), y así se pueden expandir hacia las aberraciones de alto orden en formas más complejas. Las gafas solamente pueden corregir las aberraciones de segundo orden pero no las otras.

Retinoscopia

La retinoscopia o esquiascopia es el método de refracción objetivo más utilizado hasta la aparición de los autorrefractómetros. Su funcionamiento consiste en el desplazamiento que sufre un haz luminoso en la pupila según el estado refractivo del ojo. Un haz de luz en un ojo hipermetrope sufrirá desplazamientos en el sentido del movimiento de la luz, al contrario que el miope. Debido a que la prueba se realiza normalmente a 1 m del ojo, la imagen estará fija en los miopes de 1 dioptría o cuando se ha colocado delante de un ojo una lente que corrija el defecto, añadiendo 1 dioptría positiva.

El paciente es examinado con una montura de prueba en una habitación con poca luz y mirando a una distancia lejana, proyectando el foco sobre la pupila y ejerciendo un movimiento en varios ejes. Si el reflejo de la pupila sigue la dirección de la luz, se irán colocando lentes positivas hasta que el desplazamiento quede neutralizado. A esta lente se restará 1 dioptría positiva para tener la refracción final.

En caso de no coincidir el mismo resultado en todos los ejes, es indicación de astigmatismo. Por ello, es más útil el retinoscopio que proyecta una luz en forma de franja (Fig. 21.11), pues destaca mejor los ejes principales.

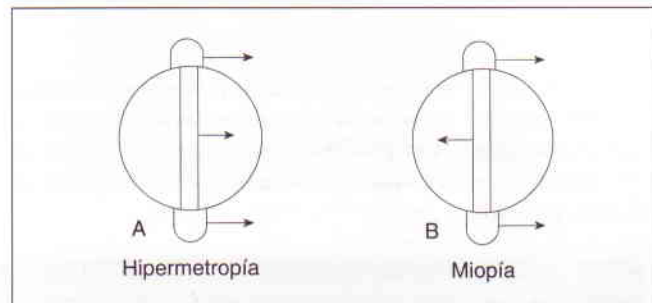


Fig. 21.11
Imágenes retinoscópicas en la hipermetropía y en la miopía.

Queratometría

Es la medida de la curvatura corneal, que puede ser expresada en dioptrías o en milímetros de radio de curvatura. Existen varios métodos basados en la propiedad de la córnea de actuar como espejo. El instrumento de Javal proyecta dos imágenes, una de ellas escalonada, que miden el área central de la córnea (Fig. 21.12). Una vez se han alineado ambas y se han puesto en contacto, se gira 90°. En caso de no desplazarse, no indicará astigmatismo. Cuando se superponen las dos imágenes, cada escalón representa 1 dioptría. Si se separan, de nuevo se aproximarán en el segundo eje, y se repetirá la operación.

Cuando la curvatura del eje horizontal es menor que la del eje vertical, es indicación de astigmatismo directo o «a favor de la regla». Al contrario, será inverso o «en contra de la regla». Entre ambas situaciones prevalecerá el astigmatismo oblicuo.

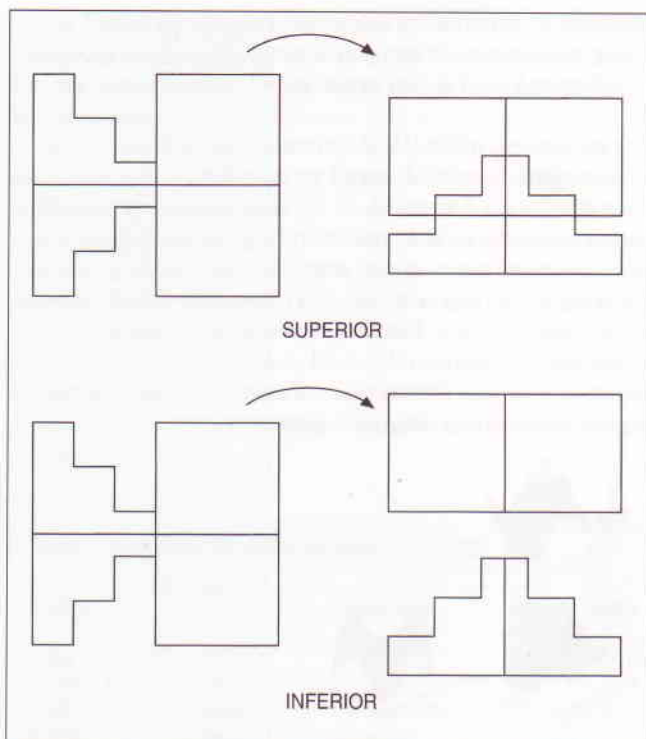


Fig. 21.12
Imágenes del oftalmómetro de Javal. **Arriba:** astigmatismo a favor de la regla; **abajo:** astigmatismo en contra de la regla.

En caso de astigmatismo irregular se observarán las imágenes deformadas o que no coinciden en ejes perpendiculares.

Con instrumentos más sofisticados (topografía corneal computarizada) se puede conocer de forma precisa la topografía corneal (Fig. 21.13).

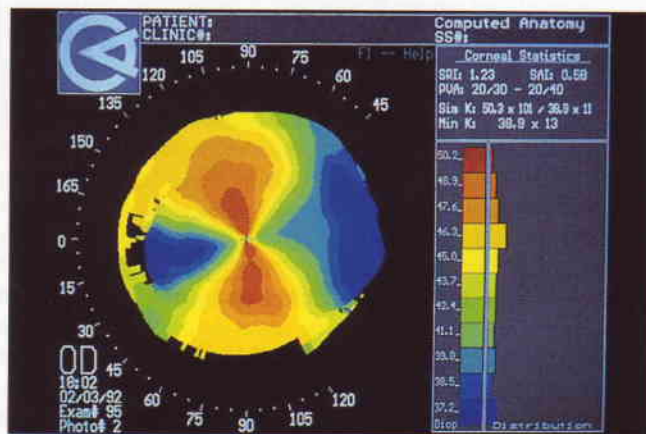


Fig. 21.13
Topografía corneal computarizada: astigmatismo.

Autorrefractómetros

Son instrumentos que funcionan según los principios de la retinoscopia. Hoy día son automáticos y objetivos, sin precisar la

cooperación del paciente ni tampoco que sean manejados por expertos, lo que supone una gran ventaja.

Su grado de precisión es máximo en pacientes mayores o en el postoperatorio de una catarata, siendo poco fiable en niños o si existe opacidad de medios. Los instrumentos actuales ofrecen, además, lecturas queratométricas muy fiables.

De cualquier forma y a pesar de la precisión de las exploraciones objetivas, la prescripción de la corrección óptica debe comprobarse siempre con las pruebas subjetivas.

Refracción subjetiva

Agujero estenopeico

Cuando un individuo tiene una buena AV se puede descartar la presencia de miopía o de astigmatismo significativo. La hipermetropía o un astigmatismo leve son compatibles con buena AV, según la capacidad de acomodación (*ver* más adelante). En caso de mala AV, se repetirá la prueba con agujero estenopeico, que, al disminuir la dispersión de la imagen, mejorará la AV en caso de ametropía, especialmente en situaciones de miopía o astigmatismo irregular (p. ej., queratocono). En situación de opacidad de medios (p. ej., catarata incipiente) ocurrirá un fenómeno similar. Al contrario, no mejorará si existe una enfermedad retiniana o de la vía óptica.

Montura de pruebas

Se trata de la forma más precisa de conocer el defecto de refracción y la que más ha de influir en la prescripción final. Tras realizar las exploraciones objetivas, se irán colocando lentes hasta lograr la AV óptima.

Para lograr la máxima precisión, una vez determinada una graduación esférica aproximada se antepondrán esféricos de 0,50 dioptrías, positivo y negativo, hasta que no exista mejoría. La mayor dificultad en la graduación de los ojos radica en el componente cilíndrico. La determinación del eje de astigmatismo se precisa mejor con un cilindro de potencia marcada, por lo que puede ser conveniente utilizar una potencia algo mayor de la que el paciente requiere en los casos de defecto astigmático bajo.

Una vez conocido el eje y con el fin de precisar la potencia del cilindro, es de utilidad el cilindro cruzado de Jackson, que consiste en una lente con un cilindro positivo (0,25 o 0,50 dioptrías) en un eje y otro negativo en el eje perpendicular. Se alternan de forma rápida la posición de estos cilindros sobre el eje de astigmatismo y se incrementa o disminuye la potencia de la graduación, según exista mejoría visual; por ejemplo, si en la montura de prueba hay un cilindro de 2 dioptrías positivas a 90° y el paciente ve mejor cuando el eje positivo del cilindro cruzado se encuentra a 90°, necesitará incrementarse el cilindro en la montura. Esta maniobra se repetirá hasta que no existan modificaciones en la AV al mover el cilindro cruzado.

No se debe olvidar que según se incrementa el valor del cilindro en la montura debe disminuirse el de la esfera. La dinámica de graduación subjetiva varía con la experiencia personal, y también es variable la importancia que se concede a los diferentes métodos.

Cicloplejía

La refracción manifiesta es la realizada sin ayuda de fármacos que actúen sobre la acomodación o la pupila. La parálisis de la acomodación por medio de fármacos permite una exploración más exacta y precisa de la refracción. Su empleo está indicado en: 1) niños; 2) personas jóvenes en primera graduación, y 3) personas de cualquier edad que presenten alteraciones de la refracción difíciles de precisar. Habitualmente se utilizará ciclo-pentolato, cuya acción es máxima entre 30 y 60 minutos tras la instilación. En niños con estrabismo es imprescindible la utilización de sulfato de atropina 0,5%, cada 8 horas, durante al menos 3 días, para asegurar una buena acción ciclopléjica.

La prescripción final para las gafas se debe efectuar según las indicaciones mencionadas, solamente tras la graduación sin y con cicloplejía. Esto permitirá una aproximación a la corrección que favorezca tanto la mejor AV como la mayor tolerancia.

Acomodación

Acomodación ocular

La acomodación es la capacidad del sistema óptico del ojo para cambiar su poder dióptrico mediante un aumento en la curvatura del cristalino. Esto se debe a la contracción del músculo ciliar, que relaja la zónula y permite que el cristalino se abombe (Fig. 21.14). Se conoce como amplitud de acomodación la capacidad

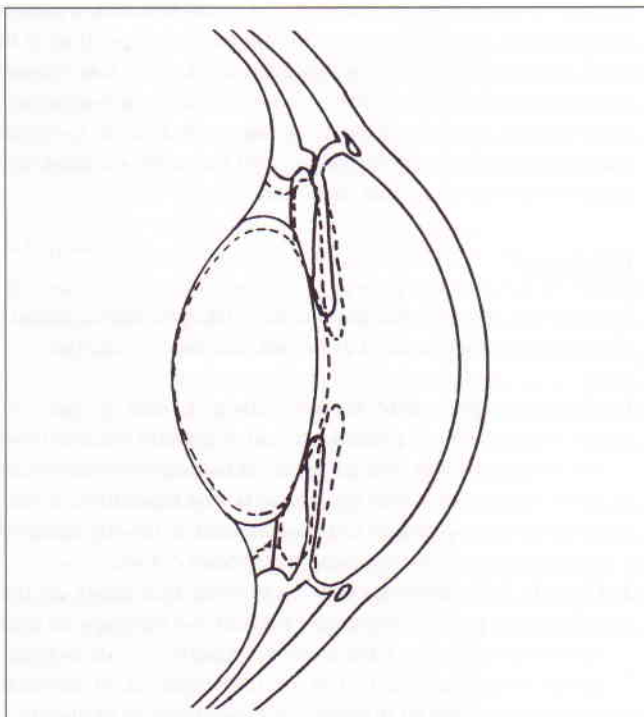


Fig. 21.14
Relajación de la zónula e incremento de la curvatura del cristalino durante la acomodación.

total de incrementar la potencia, disminuyendo con la edad a medida que el cristalino se incrementa de tamaño y se endurece.

De forma conjugada a la acomodación, tienen lugar dos fenómenos: 1) convergencia y 2) miosis. La convergencia permite mantener los objetos próximos enfocados en la fovea, mientras que la miosis aumenta la profundidad de foco. Ciertos tipos de estrabismo pueden ser consecuencia de alteraciones en la coordinación de la acomodación y la convergencia (Capítulo 16).

Debido a la enorme amplitud de acomodación en el niño, la refracción debe hacerse siempre mediante cicloplejía. Dado que el músculo ciliar y el esfínter del iris tienen control parasimpático, al paralizarse la acomodación también se provoca una midriasis, lo que facilita la realización de retinoscopia (no es conveniente que la midriasis sea excesiva).

Presbicia

En condiciones normales, es suficiente que la acomodación permita enfocar los objetos entre el infinito y la distancia de lectura (33 cm). Esto quiere decir que cuando la amplitud de la acomodación es inferior a 3 dioptrías pueden existir dificultades en la visión próxima. Esta situación es normal a partir de los 45 años y progresa aproximadamente hasta los 55-60 cuando la dinámica de la acomodación se pierde de forma definitiva (Fig. 21.15).

45 años	+1,00D a +1,25D
50 años	+1,50D a +1,75D
55 años	+2,00D a +2,25D
60 años	+2,50D a +3,00D

Fig. 21.15
Progresión de la presbicia con relación a la edad.

Los síntomas de la presbicia son muy típicos: 1) alejamiento del plano de lectura; 2) dificultad para el trabajo de cerca; 3) retraso en el reenfoque de lejos tras el uso continuado de la acomodación, y 4) los síntomas anteriores se acentúan con poca luz y al final del día. En general, las molestias de los pacientes se centran más en la dificultad que en la fatiga visual. Es posible que los ancianos mejoren la visión próxima como consecuencia de la miopía inducida por la esclerosis del cristalino y la miosis senil.

La corrección de la presbicia se realiza con lentes convexas para suplir la falta de acomodación. Para ello es necesario determinar previamente el defecto que presenta para visión de lejos, y tener en consideración la edad y las ocupaciones del individuo.

Sobre la corrección de lejos se deberán añadir las lentes positivas que permitan una correcta visión a 33 cm. Como datos promedio, se inicia a los 45 años con +1,00 a +1,50 dioptrías, incrementándose a razón de 1,00 dioptría cada 3 años.

Un dilema no siempre bien resuelto es la forma de corrección del defecto. Cuando es preciso corregir el defecto de lejos y de cerca, la prescripción de dos gafas (de lejos y de cerca) tiene la

ventaja de la facilidad de adaptación, pero su inconveniente es la propia limitación de cada una de ellas, que obliga a su cambio frecuente, lo que es inaceptable en muchos casos. Las gafas bifocales son una buena alternativa, pero desestiman la distancia intermedia (0,50 a 1,00 m), y su uso no es adecuado en ciertas ocupaciones. Los cristales multifocales progresivos tienen la capacidad de poder enfocar cualquier distancia, pero su mayor problema es el período de adaptación a ellos, ya que obligan a un desplazamiento de la cabeza para mirar por la zona adecuada. Es aconsejable prescribir unas gafas de lejos para conducir, pasear, etc., y otras progresivas para el trabajo, casa, etc.

La corrección de la presbicia con lentes de contacto puede hacerse con lentes progresivas, lo que disminuye en cierta medida la calidad de visión, o añadiendo unas gafas positivas como si se tratara de un individuo emétrope. Algunos pacientes que no desean el uso de las gafas pueden adaptarse de forma satisfactoria al empleo de la corrección de lejos en un ojo y de cerca en el otro («monovisión»). Esta alternativa no siempre es bien tolerada, y es necesario efectuar un período de prueba mínimo de 3 semanas.

Ametropías

Miopía

Se trata de un defecto de refracción por el que los rayos que inciden en el ojo paralelos (del teórico infinito) se enfocarán por delante de la retina. Los rayos que entran divergentes formarán el foco más cercano a la retina. Por ello, el sujeto verá mal los objetos situados a partir de cierta distancia, pero siempre existirá un punto próximo donde su visión será correcta (Fig. 21.16).

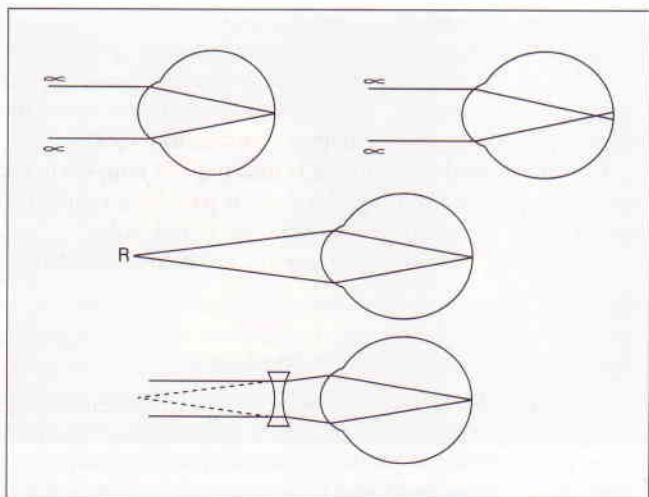


Fig. 21.16
Situación óptica en la miopía.

Clasificación

Desde el punto de vista óptico, la miopía puede ser:

1. **Axial:** por aumento del diámetro anteroposterior del ojo; es el tipo más frecuente.
2. **De curvatura:** por el incremento de la curvatura de la córnea o del cristalino, como ocurre en el queratocono o en la esferofoquia. Individuos jóvenes sometidos a una acomodación frecuente (p. ej., hipermétropes) pueden desarrollar una falsa miopía por espasmo del músculo ciliar.
3. **De índice:** por el aumento de la potencia dióptrica del cristalino; muy típico de la esclerosis nuclear (Fig. 21.17) del cristalino.



Fig. 21.17
Opacidad nuclear del cristalino que produce miopía de índice.

Otra clasificación de la miopía hace referencia al defecto como una mera anomalía de la refracción o como una situación de verdadera patología ocular. Al primer tipo, denominado miopía simple, no se asocian lesiones degenerativas y la cuantía del defecto no supera las 5-6 dioptrías. La segunda forma, o miopía degenerativa, suele hacerse evidente antes de los 10 años de edad, y progresa hasta incluso pasados los 30 años. Las lesiones degenerativas se inician a partir de los 50 años, y son anteriores en el tiempo las de la periferia retiniana que las de la región macular. Esta forma de miopía es más frecuente en mujeres y tiene un carácter altamente hereditario.

Etiología

La etiología de la miopía no se conoce en el momento actual y algunas de las teorías clásicas no han podido confirmarse:

1. **Hipertensión ocular:** no demostrada. A pesar de que algunos estudios apuntan hacia una mayor presión intraocular en individuos miopes que en sanos, el uso de hipotensores no influye en el desarrollo de la miopía. Por añadidura, el adelgazamiento escleral no es consecuencia de un estiramiento, sino que parece un fenómeno metabólico activo.
2. **Uso de la acomodación:** es posible que tenga alguna influencia, pero el empleo de bifocales o atropina no hace variar su evolución. Parece ser que es el efecto de la proximidad, y no la acomodación o la convergencia, el elemento que puede influir en la aparición y evolución de la miopía.
3. **Deprivación visual:** se puede inducir una miopía en animales produciendo deprivación visual y, en ocasiones, puede tener una expresión clínica (opacidades corneales o cataratas).

infantiles), pero no explica la mayor parte de los casos en los seres humanos.

- 4. Factores hereditarios:** no hay duda de que intervienen de forma sustancial en el desarrollo de la miopía, existiendo un tipo de herencia variable.

Los datos obtenidos a partir de los estudios clínicos y experimentales indican que la retina es el lugar donde se encuentra la clave de la miopía. El metabolismo de la dopamina en las células amarillas parece estar involucrado en el proceso de miopización.

Epidemiología

El porcentaje de individuos miopes varía entre diferentes estudios, según la población en estudio. Así, es mayor en la raza oriental y más aún en individuos con estudios superiores, lo que la asocia a un trabajo de lectura intenso. En cualquier caso, existen evidencias de que la prevalencia de la miopía crecerá en las próximas décadas.

La miopía es responsable del 5 al 10% de todas las causas de ceguera legal en los países desarrollados.

Progresión

El pronóstico para conocer el defecto dióptrico final en una miopía es difícil de establecer, pero algunos datos pueden ser de utilidad. En contra de lo esperado, muchas miopías congénitas no progresan de forma apreciable. Los antecedentes familiares y el incremento rápido del defecto durante la primera década de la vida indican un pronóstico hacia la miopía magna.

En contra de lo comúnmente aceptado, el progreso del defecto puede continuar incluso hasta pasados los 40 años de edad, de forma más evidente en aquellos casos con mayor defecto.

La miopía de inicio tardío se debe casi invariablemente al incremento de la densidad del núcleo cristalino, y es un signo de catarata incipiente (ver Fig. 21.17). En esta situación los pacientes dejan de precisar corrección para la visión próxima y, muy a menudo, conservan una aceptable agudeza visual con lentes negativas.

Clínica

El síntoma típico de la miopía es la mala visión de lejos. Por esta razón, el miope se acerca a los objetos o entorna los párpados para hacer el efecto estenopeco. La buena visión de cerca y mala de lejos tiende a crear en el miope un carácter más retraído con más afición a la lectura que a las actividades al aire libre, y hace más complicada la controversia en torno al papel del trabajo de cerca como causa o como efecto de la miopía.

La visión empeora al anochecer por tres motivos: 1) dilatación de la pupila (efecto contrario al estenopeco); 2) la refracción en la zona periférica del cristalino es más miopizante, y 3) las longitudes de onda cercanas al azul tienden a refractarse más. Por añadidura, en la miopía magna la función de los fotorreceptores está alterada.

Complicaciones

La miopía simple cursa sin otras anomalías oculares. Ciertas patologías del ojo (anomalías de la papila, retinopatía de la pre-

maturidad, etc.) se acompañan de miopía elevada. También es frecuente que opacidades corneales sufridas en los primeros años de la vida se asocien a elongación del globo ocular.

Las enfermedades que pueden ocurrir en ojos con miopía elevada son fundamentalmente: 1) glaucoma, 2) catarata, 3) maculopatía y 4) desprendimiento de retina. El glaucoma puede ser de tipo pigmentario o crónico simple (Capítulo 9). La catarata del miope aparece en edades anteriores a la senilidad, y su localización es sobre todo subcapsular posterior (Capítulo 8). El desprendimiento de la retina se debe a degeneraciones periféricas vitreoretinianas (Capítulo 12). Uno de los síntomas que más ansiedad produce en muchos miopes es la visión de moscas volantes, consecuencia de las alteraciones que sufre el vítreo. La maculopatía miópica es más frecuente en mujeres adultas, con miopía superior a 10 dioptrías (Capítulo 13).

Por estos motivos el individuo con miopía superior a 5 o 6 dioptrías debe ser sometido a revisiones periódicas que incluyan la medida de la presión intraocular y el estudio detallado del fondo de ojo.

Corrección óptica

El tratamiento de la miopía está basado en la corrección del defecto con gafas o lentes de contacto. Una de las cuestiones más debatidas es la forma en que esta corrección se lleva a cabo, especialmente en niños. La prescripción de la corrección completa es mejorar la visión al máximo y desarrollar una relación acomodación-convergencia normal. Esto permitirá un mejor desarrollo educacional y mental. El uso de bifocales para relajar la acomodación no ha demostrado ser eficaz, aunque continúa contando con partidarios. Incluso se defiende la teoría contraria, es decir, hipercorregir al individuo miope para controlar mejor su progresión.

En miopías superiores es útil la prescripción de unas segundas gafas hipocorregidas para trabajos prolongados de cerca. No se debe despreciar la capacidad de los miopes altos para ver pequeños objetos a distancias muy cortas.

El uso de lentes de contacto, aparte de las ventajas cosméticas y físicas, mejora la capacidad visual con relación a las gafas en proporción al grado de miopía y permite la corrección de anisometropías (diferencia de dioptrías entre ambos ojos).

El déficit visual que provoca la maculopatía miópica puede mejorarse por medio de ayudas ópticas para baja visión, con mayor eficacia si el tamaño del escotoma es reducido.

La corrección quirúrgica de la miopía ya ha sido abordada en el Capítulo 6.

Prevención y medidas generales

La tendencia del niño miope es la de evitar situaciones que requieran una buena visión de lejos. Por tanto, tienen tendencia a refugiarse en la lectura o los juegos de ordenador, y prescindir del deporte o de actividades al aire libre. La corrección óptica adecuada evitará estas situaciones.

La iluminación apropiada durante el trabajo de cerca parece relevante si se considera que la ausencia de contraste (por cataratas o por opacidad corneal) es un estímulo para la miopización. En cuanto al tiempo de lectura, no se debe limitar, pero es aconsejable un descanso periódico, durante el cual se tratará de relajar la acomodación mirando a lo lejos.

Hipermetropía

La hipermetropía (hiperopía) es una forma de defecto refractivo en el que los rayos que inciden en el ojo desde el infinito forman el foco por detrás de la retina. Se trata de un defecto muy frecuente, pero en su mayoría alcanza pocas dioptrías (Fig. 21.18). A diferencia de la miopía, no es un defecto progresivo y carece de tan graves complicaciones, con la excepción de casos extremos cercanos a la microftalmía.

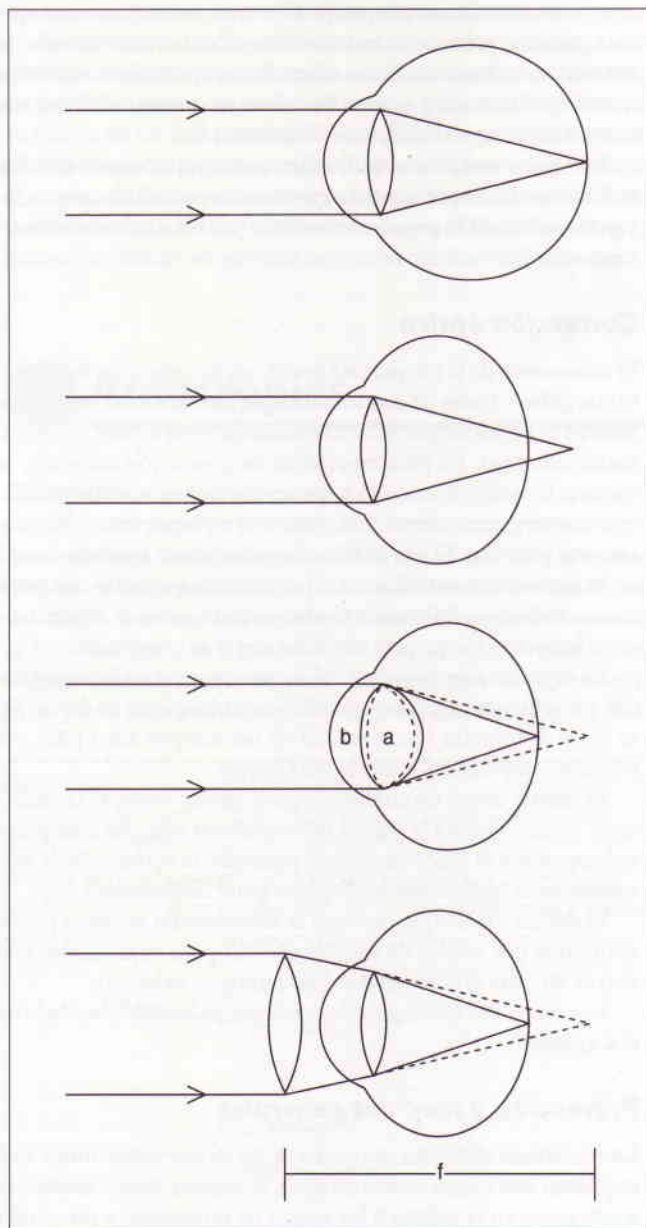


Fig. 21.18
Situación óptica de la hipermetropía.

Etiología

En la mayor parte de los casos existe un desajuste en el sistema óptico del ojo, con longitud axial normal. La hipermetropía se

asocia a veces con ojos pequeños en los que no sólo el diámetro del ojo es menor, sino que la córnea puede ser más pequeña de lo normal. De cualquier forma, raramente la longitud axial es menor de 20 mm. El acortamiento puede aparecer de forma patológica por un tumor orbitario que comprime al globo desde fuera, o por un edema que desplace la mácula anteriormente.

Menos frecuente es la hipermetropía de índice (por cambios cristalinos), de curvatura (por córnea plana) o por desplazamiento posterior del cristalino.

Clasificación

Aparte de la etiológica, la hipermetropía se puede clasificar según el comportamiento de la acomodación. Considerando que un ojo hipermetrope puede compensarse por efecto de la acomodación, existirá una forma de hipermetropía latente, en la que esta compensación es total y, por tanto, no se puede medir si no es bajo el efecto de un ciclopléjico.

La hipermetropía manifiesta tiene dos formas de presentación: aquella en que la acomodación se relaja al utilizar lentes correctoras (facultativa) y la que no puede ser corregida por la acomodación (absoluta).

Puede existir solapamiento entre una y otra forma clínica, siendo común el paso de hipermetropía latente hacia la absoluta con el transcurrir de los años y el déficit consecuente de la capacidad de acomodación.

Clínica

Debido a que ocupa un lugar clave en la hipermetropía, el estado de la acomodación determinará los síntomas. Los niños no suelen mostrar déficit visual, y las manifestaciones más importantes son las cefaleas o el cansancio relacionados con el esfuerzo visual (astenopía acomodativa) y el estrabismo acomodativo. Algunos casos de hipermetropía elevada cursan con retraso en el aprendizaje o con dislexia falsa.

En adultos jóvenes pueden presentarse síntomas de astenopía e incluso de mala visión próxima intermitente por claudicación del músculo ciliar. Ciertos casos, por el contrario, manifiestan una falsa miopía por espasmo muscular.

La mayor parte de las hipermetropías no se manifiestan hasta poco antes de la edad correspondiente a la presbicia. Los síntomas entonces son de mala visión de cerca, y al cabo de unos años también se afecta la visión de lejos.

Los ojos con hipermetropía elevada presentan una cámara anterior poco profunda, con riesgo de glaucoma de ángulo estrecho, y en el fondo de ojo un característico aspecto de pseudopiledema.

Tratamiento

Aquellos individuos que presentan un defecto bajo, sin síntomas oculares y en ausencia de desequilibrios musculares, no deben ser corregidos. Los niños con esotropía, por el contrario, deben utilizar la corrección completa tras atropina.

Al existir una hipermetropía fisiológica en los niños, solamente aquellos que presenten síntomas y los errores superiores a 3 dioptrías requerirán corrección óptica. La cantidad de diop-

trías a corregir oscilará, por norma general, entre 1 y 2 dioptrías menos que la refracción bajo ciclopléjico. Se debe aconsejar la utilización de gafas, según la necesidad de cada caso. Aunque la evolución natural de la hipermetropía en el niño es hacia su disminución, en ocasiones pueden observarse incrementos del defecto. Esto obedece a un desenmascaramiento de una fracción latente de la hipermetropía por el propio uso de las gafas.

La corrección en adultos dependerá de los síntomas y éstos, a su vez, no sólo del defecto sino también del tipo de trabajo. En estas circunstancias y en edad prepresbíta, se les debe prescribir la máxima corrección que toleren sin cicloplejía. En aquellos casos en que las gafas no mejoren los síntomas, se deberá efectuar el estudio de la refracción bajo ciclopléjico para precisar la cuantía del defecto. Por regla general, a mayor edad menor deberá ser la hipocorrección de las gafas.

En edades de presbicia la situación se hace complicada al requerir corrección adicional. En estos casos, las lentes multifocales presentan una buena indicación. Es aconsejable que desde el primer momento se prescriba este tipo de gafas con adiciones leves para que la adaptación sea lo más satisfactoria posible.

La utilización de lentes de contacto en la hipermetropía es posible, pero presenta tres inconvenientes con relación a la miopía: no mejora la visión con respecto a las gafas; la manipulación de la lente es más difícil por la mala visión de cerca, y el grosor central de la lente es mayor para las mismas dioptrías.

En cuanto al tratamiento quirúrgico, el LASIK corrige satisfactoriamente hasta 5 dioptrías. Una de las alternativas, en defectos elevados, es la extracción del cristalino transparente con implante de lente intraocular. Esta indicación solamente es válida en pacientes a partir de los 40 años de edad, y presenta como ventaja un bajo riesgo de desprendimiento de la retina, en todo caso muy inferior al de los miopes.

Astigmatismo

Es una entidad en la que los rayos de luz no llegan a formar un foco, pues el sistema óptico no tiene la misma capacidad refractiva en todos los meridianos. El fenómeno óptico se ha explicado por medio del conoide de Sturm (*ver* Fig. 21.5). Prácticamente todos los individuos presentan algún grado de astigmatismo, pero el concepto se refiere a aquellas situaciones en que el defecto se hace significativo.

Clasificación

Se divide en dos grandes formas: regular e irregular.

El astigmatismo regular es aquel en que se producen, en vez de un punto focal, dos líneas focales, perpendiculares entre sí. Entre ambas se encuentra un intervalo focal con una zona en que los rayos se encuentran más concentrados (círculo de menor difusión). Este tipo de error puede corregirse con lentes cilíndricas.

A su vez, el astigmatismo regular, según su relación con la retina, puede ser de varias formas (Fig. 21.19):

1. **Simple:** uno de los focos se encuentra en la retina, por lo que se corregirá con un cilindro.
2. **Compuesto:** asociado a un defecto esférico.
3. **Mixto:** uno de los focos es hipermetrope y el otro miope.

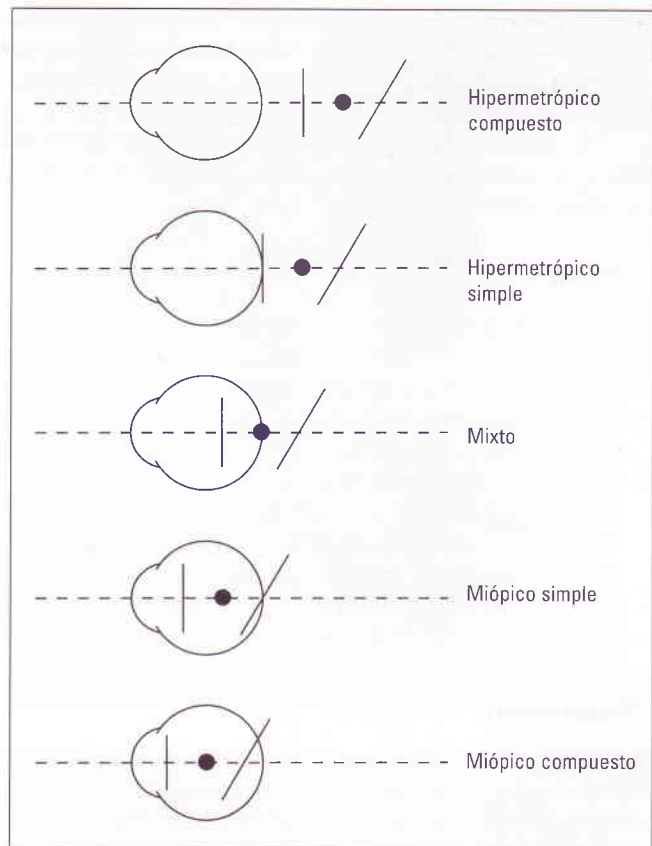


Fig. 21.19
Tipos de astigmatismo.

Tanto la forma simple como la compuesta puede ser miope o hipermetrope. Según la localización de los ejes principales, el astigmatismo puede ser: 1) directo o a favor de la regla (eje más positivo vertical); 2) inverso o en contra de la regla (eje más positivo horizontal), y 3) oblicuo. Es más frecuente la primera forma en individuos jóvenes, y la segunda en individuos mayores.

En el astigmatismo irregular no existen unos focos definidos ni es posible la corrección con lentes convencionales. Este defecto aparece sobre todo en casos de patología corneal, como queratocorno, queratoplastia o cicatrices. Es necesaria la utilización de lentes de contacto rígidas con el fin de regularizar la superficie corneal.

Etiología

El origen del astigmatismo regular se sitúa la mayoría de las veces en la córnea, de ahí el valor de las pruebas queratométricas. Se trataría de un astigmatismo de curvatura. También el cristalino puede dar lugar a efectos similares, pero con menor frecuencia e intensidad.

El astigmatismo es un defecto que aparece en edades tempranas de la vida y no tiende a evolucionar. Una forma adquirida, con gran relevancia en la actualidad, es el astigmatismo posquirúrgico, especialmente referido a la cirugía de la catarata y la queratoplastia. Una incisión quirúrgica será tanto más astigmatógena cuanto mayor y más cercana esté de la pupila. Los puntos de sutura tensos incrementarán la curvatura en ese eje y la incisión relajada provocará un aplanamiento. De esta forma, es

habitual la existencia de un astigmatismo directo tras la cirugía, que tiende a hacerse inverso una vez se han retirado los puntos de sutura. La cirugía con pequeña incisión en la catarata (facoemulsificación) disminuye este riesgo.

Tras la queratoplastia el astigmatismo puede ser modulado por la extracción selectiva de suturas o por el deslizamiento de la sutura continua hacia el eje positivo.

Clínica

Los síntomas de astigmatismo varían según la cuantía y el tipo. Los defectos altos cursan con una mala visión que puede ser mejorada con el entorno palpebral tanto de lejos como de cerca. El uso de la acomodación en las formas hipermetrópicas puede permitir enfocar uno de los meridianos en la retina, y provocar síntomas de astenopía acomodativa.

En los astigmatismos inferiores la agudeza visual puede ser buena, y predominan la astenopía y los episodios de visión borrosa pasajera. Debe resaltarse que estos síntomas no siempre están en proporción con el defecto, por lo que es difícil interpretarlos cuando existen defectos menores.

Tratamiento

La prescripción de gafas debe acercarse al máximo valor que es bien tolerado por el paciente. La tolerancia dependerá de las dioptrías, el eje (peor si es oblicuo), la relación binocular y el defecto esférico asociado. En astigmatismos altos la corrección parcial mejorará la visión, pero puede provocar síntomas de astenopía acomodativa.

Las lentes de contacto tóricas permiten la corrección del defecto, pero no siempre totalmente. Las lentes rígidas se adaptan mejor en formas a favor de la regla y son la indicación en astigmatismos irregulares. Las lentes blandas tóricas son una buena alternativa cuando se trata de defectos algo menores.

Las técnicas quirúrgicas que permiten corregir el astigmatismo no son tan satisfactorias como las de la miopía. Básicamente son de dos tipos: 1) relajantes, que pretenden aplanar el eje en que se actúa, y 2) traccionales, con el fin de aumentar la curvatura. Las primeras han sido más desarrolladas y existen múltiples descripciones y tablas. Las segundas consisten en reseca una cuña corneal en semiluna y suturar a tensión. Tanto unas como otras presentan una gran variabilidad en los resultados.

También existen posibilidades de actuar sobre la superficie corneal por medio de LASIK, realizando una ablación tisular de acuerdo con el defecto astigmático a corregir.

Anisometropía

La anisometropía consiste en una diferencia en el error refractivo de los dos ojos. Las combinaciones presentan un gran número de posibilidades tanto en el tipo de defecto como en la cuantía. Se trata con frecuencia de un trastorno congénito, pero no siempre se detecta precozmente.

La anisometropía en la infancia es un factor predisponente de ambliopía y estrabismo. También plantea problemas peculiares en la corrección óptica.

No se pueden definir los límites de la anisometropía. Se ha indicado que 2 dioptrías de diferencia entre ambos ojos sería el límite, pero esto no es satisfactorio pues los síntomas y los inconvenientes pueden aparecer con menor diferencia. Otros factores que influirán son: capacidad de fusión, correcciones ópticas previas, tipo de defecto, edad y cambios refractivos.

Clínica

La visión en estos individuos puede ser monocular, binocular o alternante. En la primera situación los síntomas dependerán del ojo dominante.

La visión binocular en sujetos anisométricos es posible cuando las diferencias no son muy marcadas. En condiciones desfavorables para el ojo dominado dicha visión binocular puede desaparecer. En estas circunstancias aparece ya algún grado leve de ambliopía que debe ser detectado.

La visión alternante posiblemente es muy frecuente en anisometropías miópicas durante la infancia. Esto explicaría que grandes miopías monolaterales cursen con visiones muy aceptables una vez son corregidas. Por el contrario, las situaciones de anisometropía hipermetrópica o astigmática tienen mayor tendencia a la ambliopía por carecer de alternancia.

Tratamiento

La prevención de la ambliopía es el primer problema a resolver ante un paciente anisométrico. Las medidas clásicas como la oclusión y el uso de la corrección adecuada son especialmente importantes en los casos de anisometropía. Debido a la diferente prescripción en cada ojo, el tamaño de las imágenes no es homogéneo, lo que se denomina aniseiconía. Esto provoca síntomas que van desde la astenopía a la diplopía o la visión borrosa. Para disminuir este fenómeno, la elaboración de las gafas requiere unas consideraciones especiales: 1) máxima proximidad de la lente más potente al ojo; 2) máxima distancia de la lente menos potente al ojo, y 3) mínima curvatura en la cara anterior de la lente más positiva (o menos negativa). Otra posibilidad de corrección en niños con ambliopía moderada es la penalización del ojo con menor defecto, lo que puede permitir compensar la corrección.

En adultos la corrección estará basada en la tolerancia de la refracción subjetiva, lo que puede hipocorregir el ojo con mayor defecto. En estos casos las lentes de contacto permiten evitar el inconveniente de la aniseiconía y suponen una solución muy satisfactoria. Asimismo, la cirugía refractiva, que depende del defecto, tiene un buen campo de aplicación en individuos con anisometropía de difícil corrección por los métodos habituales.

Baja visión

Se define baja visión a la AV menor de 0,1 o a un campo visual inferior a 20°. De manera más práctica, la baja visión es aquella pérdida visual que no permite una actividad normal a quien la sufre.

Las causas de baja visión son múltiples, pero destacan DMAE, miopía magna, retinopatía diabética, problemas congénitos, etc. En estas situaciones no vamos a conseguir que el paciente vea más, sino «mejor» por medio de ayuda óptica. El incremento de la edad de vida propicia un mayor número de pacientes con baja visión, y la exigencia de calidad de vida obliga a proporcionar soluciones a estos casos. Cada vez hay una mayor oferta de objetos para personas con déficit visual: naipes con letras grandes, relojes, pantallas de ordenador, etc.

Magnificación

El medio que se emplea para lograr mejorar su rendimiento visual es básicamente el incremento de la imagen. Son recomendaciones básicas usar rotuladores de trazo grueso, ampliar en lo posible los textos e intensificar la luz, que ha de ser blanca continua. La adaptación de sistemas ópticos para baja visión depende mucho del grado de afectación visual, del tipo de déficit y de la actitud del paciente.

Los sistemas de ampliación varían según la distancia a que se indiquen. En la distancia de lectura se emplean lentes para enfocar el objeto de 10 a 20 cm, con una potencia entre 5 y 10 dioptrías. También se pueden emplear microscopios y prismas, así como lupas manuales para consulta ocasional. Los casos con déficit visual profundo necesitarán lupas televisión o escáneres, que, aparte de poder modular el contraste, permiten incrementos importantes del aumento. Existen sistemas de telescopios que se adaptan a la función necesaria cuando no es posible variar la distancia (teatro, clase, etc.) (Fig. 21.20). En general, cuanto mayor es el aumento más numerosos son los inconvenientes colaterales (incomodidad, adaptación, peor campo visual, etc.).

Filtros

Los filtros polarizados reducen y eliminan la imagen especular, y los no polarizados absorben la longitud de onda responsable del brillo. Existen varios tipos de filtro, cuyas cualidades son reducir el paso de luz, evitando la fotofobia, y mejorar la sensibilidad al contraste (Fig. 21.21). Esto permite mejorar sustancialmente el rendimiento visual de personas con fotofobia, opacidad de medios, albinismo, etc. Se pueden emplear conjuntamente con los sistemas de ampliación.



Fig. 21.20
Telescopio de mano para visión lejana.



Fig. 21.21
Filtros fotocromáticos para mejorar el contraste y reducir el deslumbramiento.