

EL OJO HUMANO Y SUS DEFECTOS

Trabajo voluntario “Física aplicada a la farmacia”



19 DE DICIEMBRE DE 2014

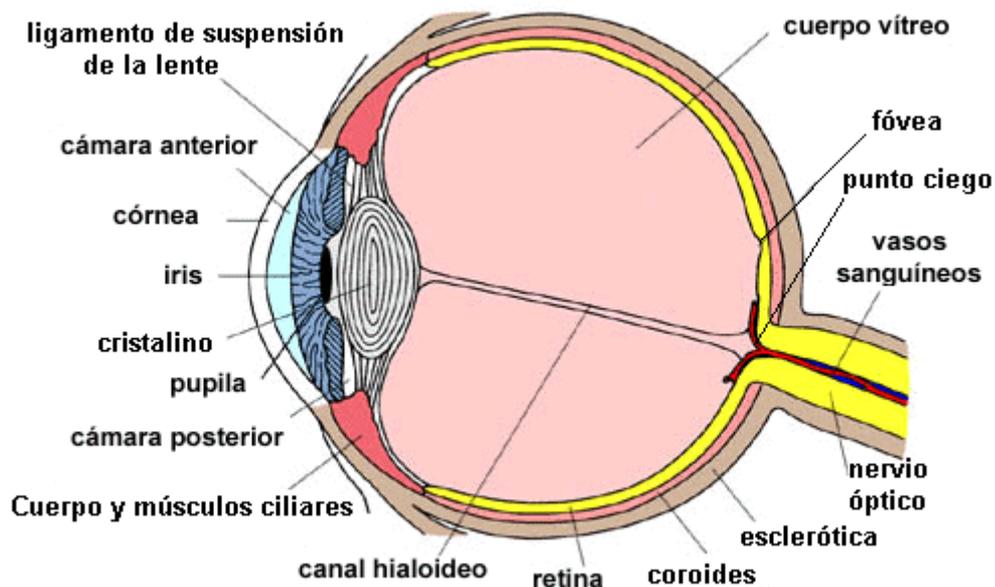
CLAUDIA ARANCÓN; SANDRA MONTANER; ALMUDENA MORAL; BELÉN PEÑALVER; BEATRIZ PLÁ
PROFESORA: DRA. DÑA. CONCEPCIÓN ARIAS GARCÍA

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| Composición del ojo..... | 2 |
| Esquemas de formación de imágenes..... | 4 |
| Defectos fisiológicos | |
| • Miopía..... | 6 |
| • Hipermetropía..... | 9 |
| • Astigmatismo..... | 11 |
| • Presbicia..... | 14 |
| | |
| Defectos de la absorción de la luz..... | 17 |
| Bibliografía..... | 21 |

COMPOSICIÓN DEL OJO

El 50 % de la información que recibimos de nuestro entorno la recibimos a través de los ojos. La ingente información que recibimos en un simple vistazo a nuestro entorno se guarda durante un segundo en nuestra memoria y luego la deseamos casi toda. El ojo humano es un sistema óptico formado por un dioptrio esférico y una lente, que reciben, respectivamente, el nombre de córnea y cristalino, y que son capaces de formar una imagen de los objetos sobre la superficie interna del ojo, en una zona denominada retina, que es sensible a la luz.



En la figura anterior se ven claramente las partes que forman el ojo. Tiene forma aproximadamente esférica y está rodeado por una capa exterior de tejido conectivo llamada esclerótica que por la parte anterior se hace transparente para formar la córnea.

La córnea tiene una estructura convexa, es transparente y es por donde van a llegar los rayos luminosos, de modo que refractan e inciden sobre la retina. En el ojo humano la córnea se comporta como una lente de unas 43 dioptrías.

Tras la córnea hay un diafragma, el iris, que posee una abertura, la **pupila**, que controla la cantidad de luz que pasa hacia el interior del ojo, con mucha luz se hace pequeña y con poca luz se agranda.. El iris es una estructura pigmentada que define el color de nuestros ojos y el que controla

automáticamente el diámetro de la pupila para regular la intensidad luminosa que recibe el ojo.

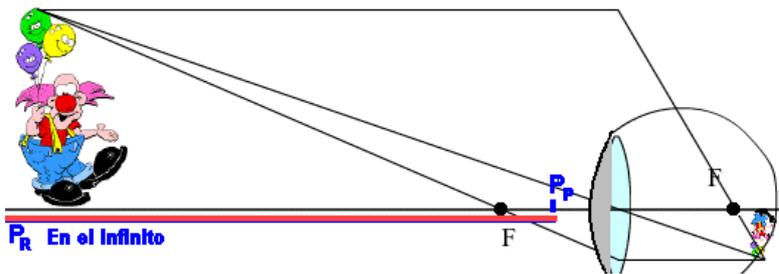
Tras la pupila la imagen atraviesa el cristalino. Esta lente biconvexa tiene una potencia de unas 22 dioptrías pero su consistencia elástica le permite de manera automática variar su poder permitiendo no sólo ver de lejos, sino el enfoque de objetos próximos como hacemos en la lectura. El cristalino está unido por ligamentos al cuerpo ciliar; músculo cuya contracción altera la curvatura del cristalino. De esta manera el ojo queda dividido en dos partes: la posterior que contiene humor vítreo y la anterior que contiene humor acuoso. El humor vítreo es un líquido transparente situado entre el cristalino y la retina que ayuda a mantener la forma del glóbulo ocular. El humor acuoso es un líquido transparente situado entre la córnea y el cristalino que llena la cámara anterior del ojo. El índice de refracción del cristalino es 1,437 y los del humor acuoso y humor vítreo son similares al del agua.

El cristalino enfoca las imágenes sobre la envoltura interna del ojo, la retina. Esta envoltura contiene fibras nerviosas (prolongaciones del nervio óptico) que terminan en unas pequeñas estructuras denominadas conos y bastones muy sensibles a la luz. Existe un punto en la retina, llamado fovea, alrededor del cual hay una zona que sólo tiene conos (para ver el color). Durante el día la fovea es la parte más sensible de la retina y sobre ella se forma la imagen del objeto que miramos.

Los millones de nervios que van al cerebro se combinan para formar un nervio óptico que sale de la retina por un punto que no contiene células receptoras. Es el llamado punto ciego.

La córnea refracta los rayos luminosos y el cristalino actúa como ajuste para enfocar objetos situados a diferentes distancias. De esto se encargan los músculos ciliares que modifican la curvatura de la lente y cambian su potencia. Para enfocar un objeto que está próximo, es decir, para que la imagen se forme en la retina, los músculos ciliares se contraen, y el grosor del cristalino aumenta, acortando la distancia focal imagen. Por el contrario si el objeto está distante los músculos ciliares se relajan y la lente adelgaza. Este ajuste se denomina acomodación o adaptación.

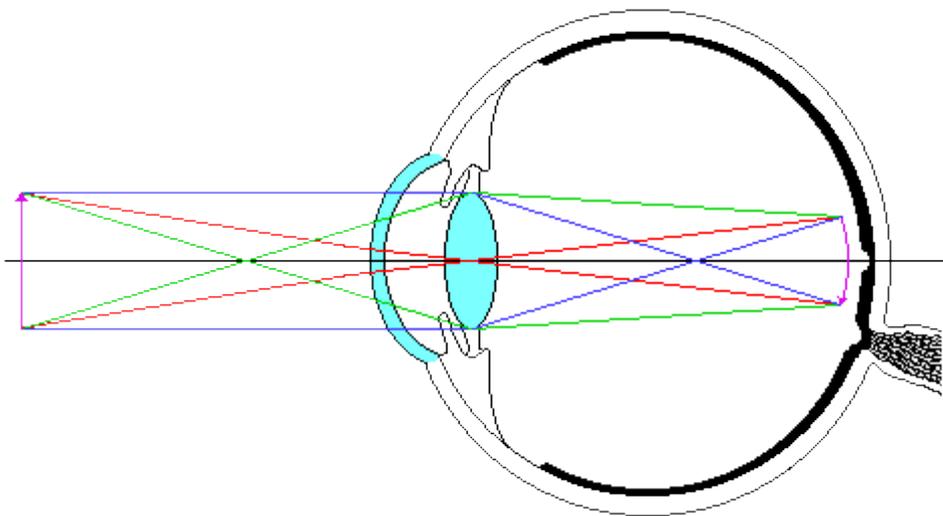
El ojo sano y normal ve los objetos situados en el infinito sin acomodación enfocados en la retina. Esto quiere decir que el foco está en la retina y el llamado punto remoto (Pr) está en el infinito.



Se llama punto remoto la distancia máxima a la que puede estar situado un objeto para que una persona lo distinga claramente y punto próximo a la distancia mínima.

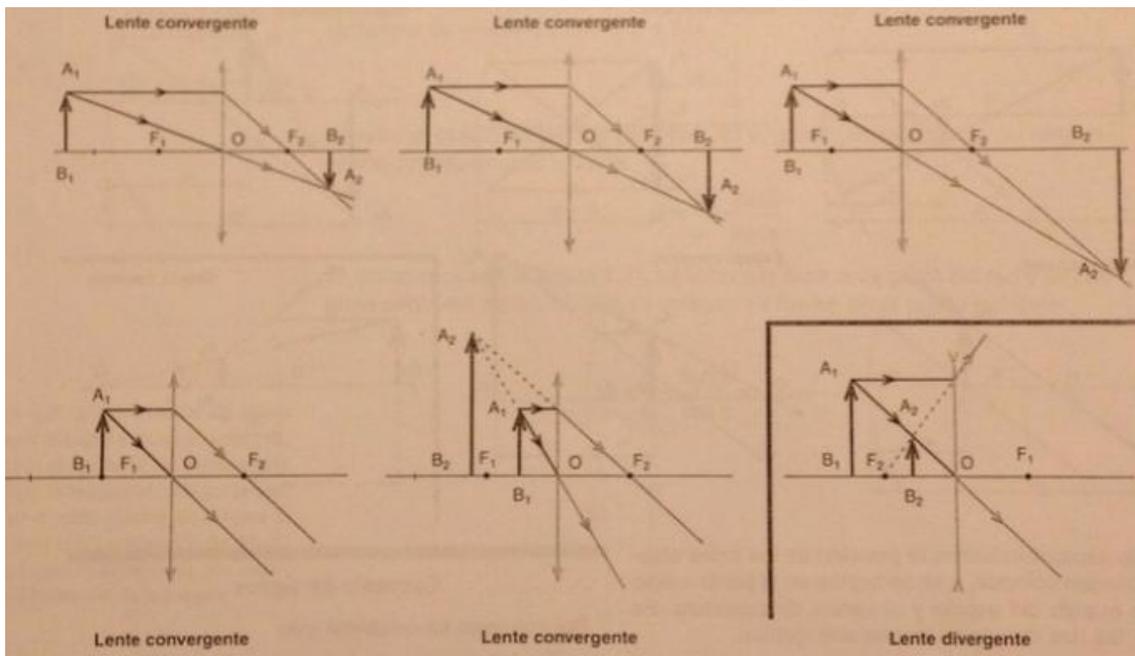
Un ojo normal será el que tiene un punto próximo a una distancia "d" de 25 cm, (para un niño puede ser de 10 cm) y un punto remoto situado en el infinito. Si no cumple estos requisitos el ojo tiene algún defecto.

ESQUEMAS DE FORMACIÓN DE IMÁGENES EN EL OJO



Cuando la forma o tamaño del ojo no sean adecuados se producirán los defectos de graduación, que se corrigen gracias a la utilización de diferentes tipos de lentes. Así, de manera simplificada podemos decir que si el tamaño es grande, hablaremos de miopía, mientras que si es pequeño será hipermetropía. Cuando el ojo no es redondeado hablaremos de astigmatismo, y de presbicia cuando este no enfoca bien.

ESQUEMAS DE FORMACIÓN DE IMÁGENES DE LENTES DELGADAS



En el caso de una lente delgada de índice de refracción n y radios de curvatura r_1 y r_2 se cumple la ecuación fundamental de las lentes delgadas

$$\frac{1}{s_2} - \frac{1}{s_1} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Y la ecuación del fabricante de lentes

$$\frac{1}{f_2} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$
$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{s_2} - \frac{1}{s_1}$$

Los optometristas y oftalmólogos normalmente prescriben lentes graduadas en dioptrías. El poder de una lente, en dioptrías es igual a la inversa de la longitud focal en metros, esto es, $P=1/f$.

MIOPÍA

En la miopía la imagen se forma por delante de la retina, siendo posible trasladarla hacia atrás por medio de una lente divergente.

La función de los distintos medios transparentes del ojo es hacer que la imagen que queremos ver se forme en la retina.

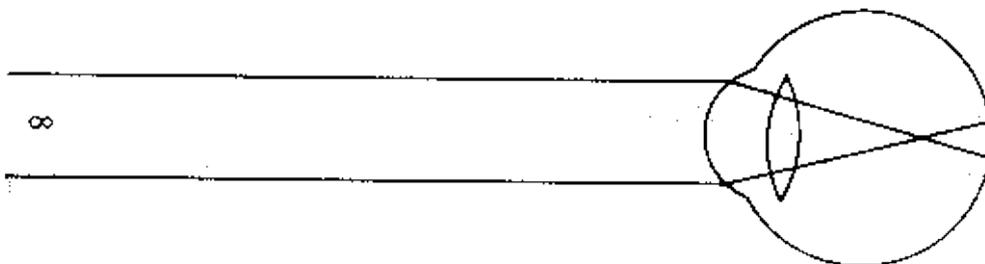
Un ojo miope es aquel que forma las imágenes procedentes del infinito (desde unos 5 metros - igual que en las cámaras de fotos -) antes de la retina. Por lo tanto la imagen que llega a la retina es borrosa, transmitiéndose de esa manera al cerebro.

Puede definirse también como un exceso de potencia de refracción de los medios transparentes del ojo con respecto a su longitud, por lo que los rayos luminosos procedentes de objetos situados a cierta distancia del ojo convergen hacia un punto anterior a la retina.

Una persona con miopía tiene dificultades para enfocar bien los objetos lejanos, lo que provoca déficit de agudeza visual y puede conducir también a dolores de cabeza, estrabismo, incomodidad visual e irritación del ojo.

La miopía es un defecto de refracción o ametropía. Es frecuente pero no es el problema visual más común en el mundo, pues este lugar lo ocupa otra ametropía, la hipermetropía. Esto ocurre aun en países con alta incidencia de miopía, como los Estados Unidos, donde aproximadamente el 25% de la población tiene miopía.

La magnitud de la miopía se mide en dioptrías negativas.



Los rayos de luz paralelos que inciden en el ojo miope en reposo enfocan por delante de la retina.

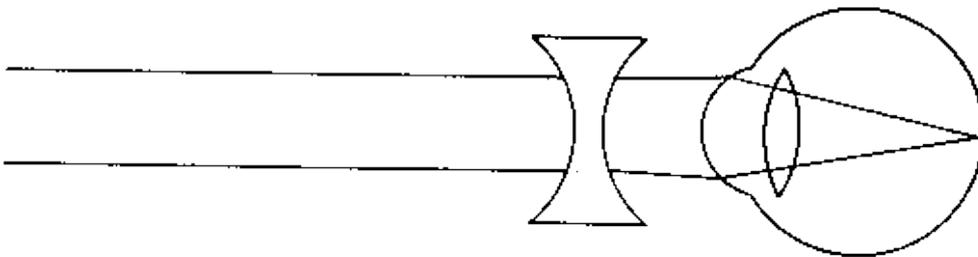
TIPOS DE MIOPIA

Aunque son posibles diferentes clasificaciones, lo más usual es dividirla en dos grupos:

- Miopía simple: La graduación no sobrepasa las 6 o 5 dioptrías y es de evolución limitada hasta los 22 o 24 años.
- Miopía patológica, también llamada miopía magna y miopía progresiva: La graduación sobrepasa las 6 dioptrías, se cree que está causada por una alteración en el desarrollo del segmento posterior del ojo, pueden aparecer diferentes complicaciones como la atrofia coriorretiniana, la maculopatía miópica y el desprendimiento de retina.

CORRECCIÓN

Habría que llevar a la retina la imagen que normalmente se forma antes de ella. Habría que colocar delante del ojo una lente que produzca este efecto. Y esto lo hace una lente divergente, cuya principal característica física es que es más gruesa por los bordes que por el centro. Y es por ello por lo que cuanto más pequeña sea la montura elegida, y más redonda sea (sin picos), más delgados serán los cristales.



La corrección óptica de la miopía se obtiene con lentes esféricas cóncavas.

CAUSAS:

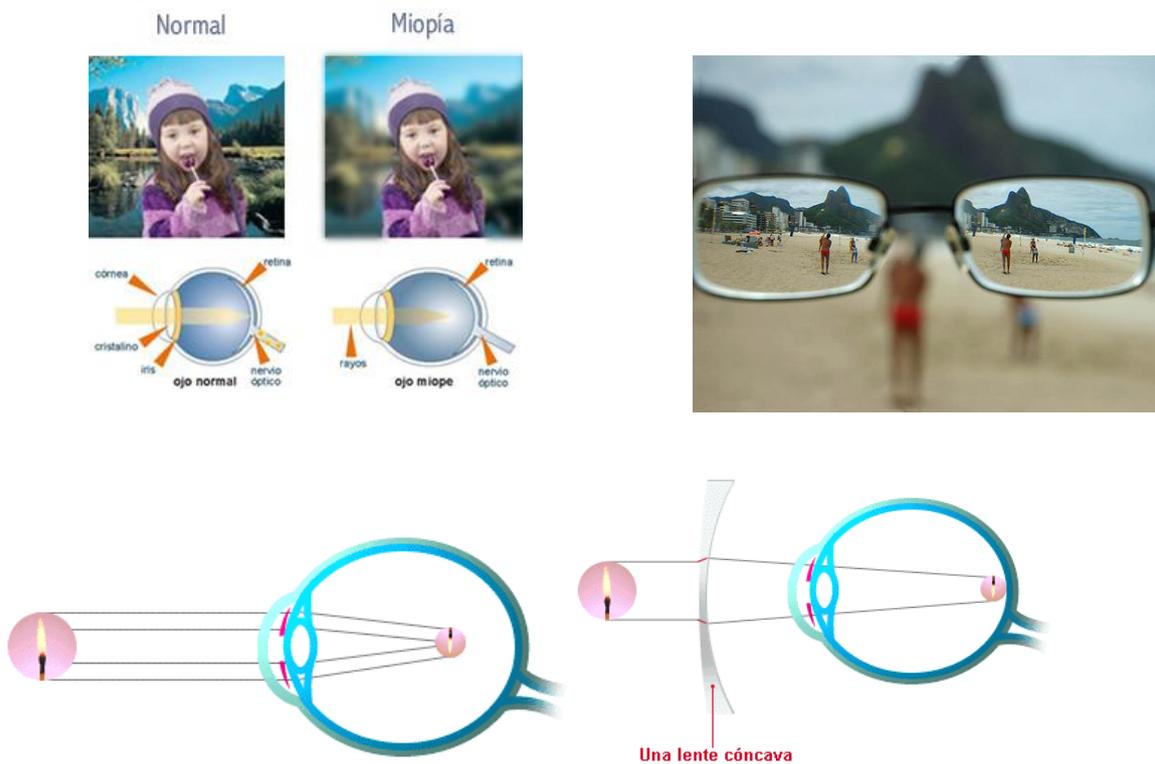
Factores genéticos

La hipótesis más aceptada es que la miopía es hereditaria. La probabilidad de desarrollar una miopía se incrementa si existen antecedentes familiares.

Factores ambientales

No se ha podido demostrar definitivamente la relación entre ciertos hábitos y la aparición de la miopía. Si bien podría ser que la realización de tareas que impliquen una visión cercana continuada durante las etapas de desarrollo del organismo tuvieran influencia en su aparición.

También puede ser causada por el queratoconos, una enfermedad que reduce el espesor de la cornea aumentando su curvatura. Existe también la pseudomiopía, que se asocia a algunas drogas y a ciertas enfermedades como la diabetes tipo 2. La pseudomiopía suele desaparecer cuando cesan las causas.



HIPERMETROPÍA

Un ojo es hipermétrope cuando resulta demasiado corto para la curvatura de la córnea, o cuando la córnea es demasiado plana o “chata” para un determinado largo del globo ocular. En estos pacientes los rayos de luz se enfocan detrás de la retina, pues el ojo no tiene el poder suficiente de modificar la dirección de los mismos y, como consecuencia, la imagen es borrosa.

Es importante recalcar que una persona hipermétrope puede, sin embargo, enfocar la imagen sobre la retina gracias a un músculo intraocular, el músculo ciliar. Este músculo permite modificar la curvatura del cristalino, compensando así la incapacidad del ojo hipermétrope para modificar correctamente el trayecto de los rayos de luz y enfocarlos sobre la retina.

Con el paso del tiempo, la posibilidad de enfoque gracias a este músculo se va perdiendo paulatinamente. Los jóvenes con severa hipermetropía van perdiendo la visión clara de cerca, aunque mantienen buen enfoque de los objetos lejanos, gracias al poder de acomodación que tiene el músculo ciliar.

Sin embargo, los mayores de 40 a 45 años con hipermetropía no necesariamente muy elevada, debido a la fatiga muscular, presentan un escaso remanente acomodativo. Por lo tanto, su visión lejana es defectuosa.

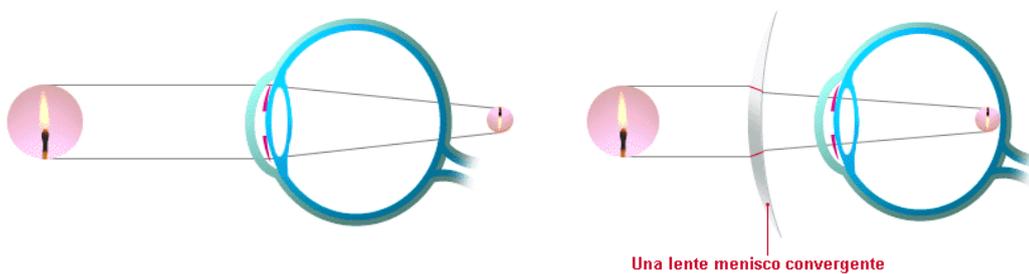
De este modo, a la dificultad en la visión cercana, se le suma la visión borrosa lejana, debido a la fatiga de un músculo ciliar sobre exigido que no alcanza a compensar totalmente el defecto de refracción. Es decir que en los pacientes hipermétropes con presbicia, se asocia la combinación de visión borrosa lejana y cercana, debido a la fatiga muscular de un órgano que fue “sobreutilizado” durante la juventud para compensar una hipermetropía “escondida”.

Tratamiento:

Para corregir la hipermetropía se pueden usar gafas con lentes convexas, que es un método muy eficaz y el más económico. También se pueden emplear lentes de contacto.

La cirugía refractiva es una medida más costosa que puede utilizarse en los pacientes que resulten aptos para someterse a esta intervención, según la indicación del médico. En este caso, se pueden operar los dos ojos a la vez, y la cirugía se realiza con anestesia local.

Existe además otro método, la ortoqueratología. Es una técnica especializada de lentes de contacto que tiene como objetivo la reducción temporal de los defectos visuales por la aplicación de unas lentes de contacto con alta permeabilidad al oxígeno especialmente diseñadas para dicho fin. Estas lentes, denominadas de geometría inversa, por su geometría producen un modelado de la superficie corneal que tiene como consecuencia el cambio de la geometría de la misma y, por tanto, de sus propiedades ópticas. Al cambiar las propiedades ópticas de la córnea (una de las lentes que forman el sistema óptico ocular) se consigue modificar el defecto de refracción.



ASTIGMATISMO

El astigmatismo es un defecto refractivo, por el cual el ojo produce una imagen con múltiples punto o líneas focales, lo que provoca que la persona que lo sufre, vea borroso tanto de cerca como de lejos.

Para poder comprender este defecto, primero hay que tener en cuenta:

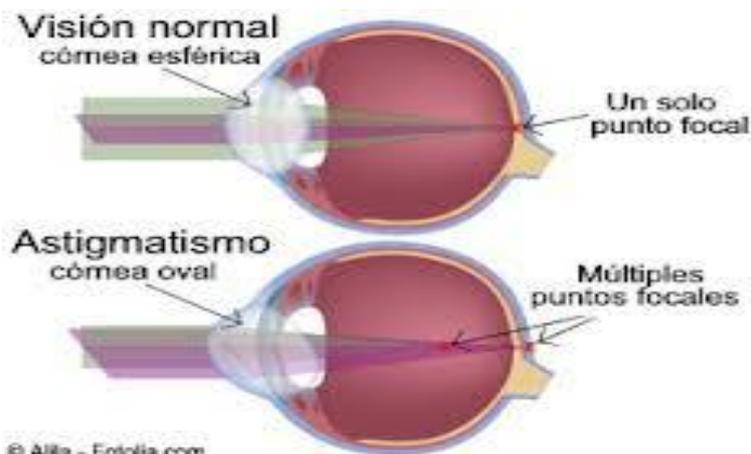
1. Partes intervienen en la refracción de la luz.
2. Cómo se refracta la luz en un ojo sin astigmatismo.

En un ojo sano tanto la córnea como el cristalino refractan la luz sobre los meridianos del ojo (horizontal y vertical) con la misma intensidad y en una única dirección para poder formar la imagen en la retina. Para que esto suceda así es necesario que ambas lentes presenten una forma esférica.



Meridianos del globo ocular.

El astigmatismo se produce cuando una de las dos lentes mencionadas anteriormente se achatan por los polos perdiendo su forma esférica. Esta modificación en la morfología de las lentes hace que la luz incidente no se refracte en ninguno de los meridianos por igual ni en la misma dirección, por lo que la imagen no se forma en la retina adecuadamente, por ello el individuo no es capaz de ver nítidamente.



Atendiendo a distintos criterios los tipos de astigmatismo se pueden clasificar según:

1. El punto en el que se enfoca la imagen:

- **Astigmatismo puro :**

Uno de los meridianos enfoca sobre la retina y el otro según la curvatura puede incidir:

- delante de la retina (astigmatismo miópico)
- detrás de la retina (astigmatismo hipermetrópico)

- **Astigmatismo mixto:**

Un eje enfoca delante de la retina y el otro detrás.

2. Sus causas :

- **Astigmatismo regular:**

Suele ser congénito y no crónico. Se debe a que se forman dos ejes en el ojo que refractan la luz con distinta intensidad, debido a que la curvatura de la córnea está muy modificada.

Según se refracta la luz en los meridianos podemos distinguir los siguientes tipos de astigmatismo regular:

- Astigmatismo frecuente: la luz se refracta con mayor intensidad en el meridiano vertical.
- Astigmatismo poco frecuente: se refracta más la luz en el eje horizontal.

-**Astigmatismo irregular:**

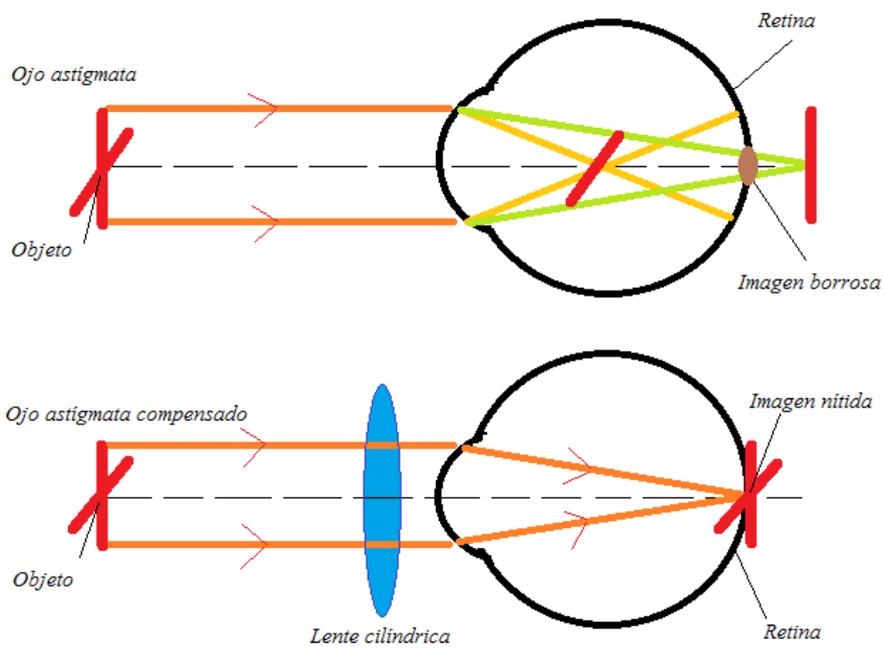
Se debe a que se ha modificado la curvatura de la córnea por lesiones, intervenciones quirúrgicas, etc. En este caso se forman dos ejes irregulares que refractan la luz con una intensidad y dirección muy variada.

-**Astigmatismo temporal:**

Debido a una intervención quirúrgica se puede ver retraída la capa de la córnea, lo que provoca modificaciones en la refracción de la luz que suelen ser temporales y arreglarse de manera espontánea.

Corrección del astigmatismo.

El astigmatismo se puede corregir mediante cristales correctores tóricos o lentes de contacto. En ambos casos el grosor de la lente será mayor en el centro. Además será mayor el grosor cuanto más fuerte sea el astigmatismo.



PRESBICIA

El ojo dispone de una lente natural, el cristalino, el cual realiza de manera automática el enfoque del ojo para cualquier distancia. A partir de los 35-45 años de edad el automatismo empieza a fallar y el enfoque de cerca se hace con dificultad.

Con el nombre de presbicia o vista cansada se entiende la disminución de la capacidad de acomodación del ojo para formar una imagen retiniana nítida de los objetos situados a distancia próxima.

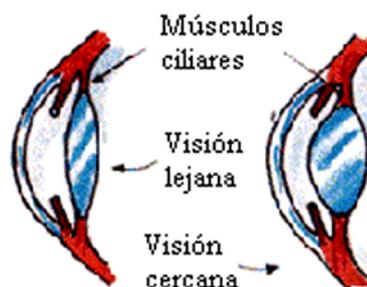
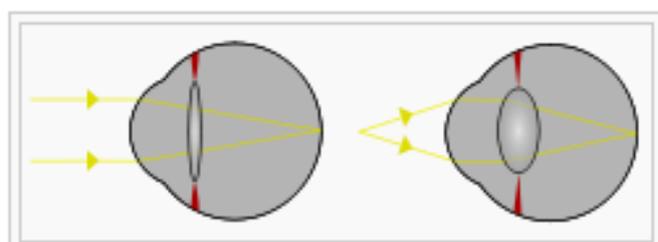
La causa de la presbicia radica en la disminución fisiológica de la capacidad del cristalino para adoptar una forma esférica y adaptarse a la visión de objetos próximos.

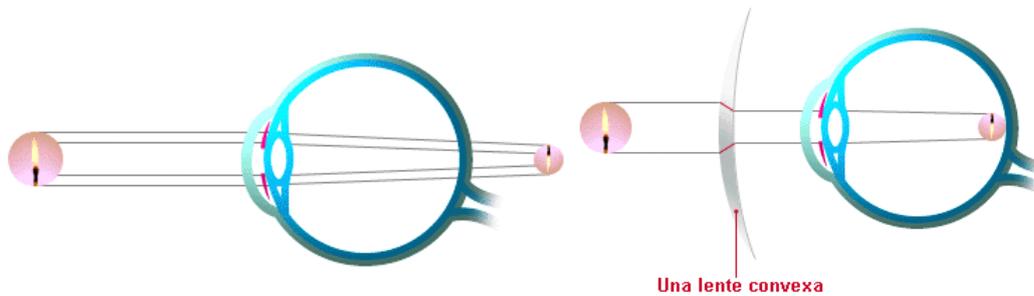
Es notable la gran capacidad de adaptación (capacidad de ver correctamente a diferentes distancias) en los individuos jóvenes. Es de 14 dioptrías a los 5 años de edad, desciende a 7,5 a los 35 años. A los 45 se tienen todavía 4,5 dioptrías y a los 50 solamente 2. A los 60 años el valor se aproxima a 0.

Algunas personas de más de 50 años pueden leer sin ayuda de gafas, ello se debe generalmente a que presentan algún grado de miopía o astigmatismo miópico, o a que están desarrollando una catarata que altera la forma del cristalino, lo que paradójicamente les permite ver de cerca sin necesidad de lentes

La vista cansada conduce a la incapacidad del ojo a fijar un punto próximo. Uno de los primeros incidios de la vista cansada es la visión borrosa a distancias cercanas, necesitando alejar los objetos (móvil, periódico, etc..) para poder verlos con claridad. La presbicia puede originar dolor de cabeza al fijar la vista durante mucho tiempo en un libro o en la pantalla del ordenador.

El fallo de enfoque de cerca va aumentando progresivamente hasta los 60 años de edad en que se estabiliza en un tope. Hasta entonces, cada dos o tres años hay que ir ajustando la graduación de cerca para un correcto enfoque.





Tratamientos:

La presbicia no se cura, aunque existen diferentes métodos para compensar la pérdida de acomodación o capacidad de enfoque del cristalino. Habitualmente la presbicia se corrige con gafas.

Existen tres tipos de gafas según las necesidades de cada paciente:

- Bifocal: graduación para corregir la visión de lejos y de cerca
- Trifocal: enfoque de lejos, distancia media y cerca
- Progresiva: la parte superior del cristal sirve para la visión de lejos, la inferior para la cercana, y la central tiene una graduación progresiva abarcando todas las distancias

Además de las gafas también se pueden utilizar lentes de contacto monofocales: se utilizan dos lentillas diferentes, la de un ojo se adapta para enfocar de cerca y la del otro ojo se utiliza para enfocar de lejos, consiguiendo, después de un periodo de adaptación, ver a ambas distancias.

En la actualidad, dentro de las técnicas que preservan el cristalino, la corrección quirúrgica con excimer laser mediante un nuevo sistema de optimización de aberraciones es el tratamiento que cuenta con los mejores resultados.

Para determinar el tratamiento o cirugía adecuados, es muy importante realizar un estudio personalizado del paciente para detectar otros factores clave como la edad, la profesión o las preferencias personales.

Ya sea si utilizamos una gafa o unas lentillas, como si realizamos un tratamiento láser de la presbicia, conseguimos una solución temporal para la

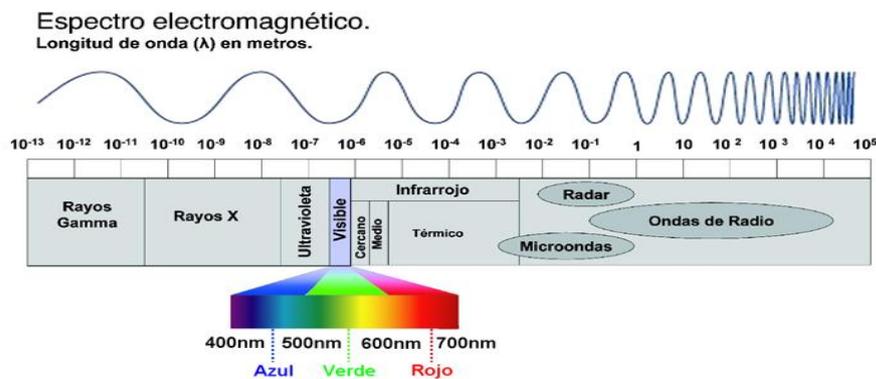
pérdida de visión o vista cansada, siendo necesario volver a compensarla con una nueva graduación de las gafas después de un tiempo.

Los tratamientos permanentes para la presbicia se basan en la sustitución de la lente natural del ojo (cristalino), por una lente intraocular multifocal. Estos procesos se conocen como la Cirugía Multifocal Intraocular.

DEFECTOS EN LA ABSORCIÓN DE LA LUZ

Radiación electromagnética

En física, el término luz incluye todo el campo de la radiación conocido como espectro electromagnético. La **fotorrecepción** es la recepción de fotones, que son cuantos de radiación electromagnética. Los animales solo detectan fotones con longitud de onda comprendida en un rango restringido, definida como luz visible, capaz de ser percibida por el ojo humano y cuya frecuencia determina su color. Esta estrecha banda varía entre 400nm (violeta) a 700nm (rojo).



Por ello, para excitar la retina es necesario un estímulo luminoso cuya longitud de onda se encuentre dentro de este espectro. Ese estímulo ha de superar un cierto umbral de intensidad. El umbral de intensidad tiene una gran amplitud. Es mínimo en un ojo adaptado a la oscuridad, y hasta 20 millones de veces más elevado en un ojo adaptado a fuerte luminosidad. Así mismo el umbral de intensidad es más bajo para la luz blanca que para estímulos coloreados.

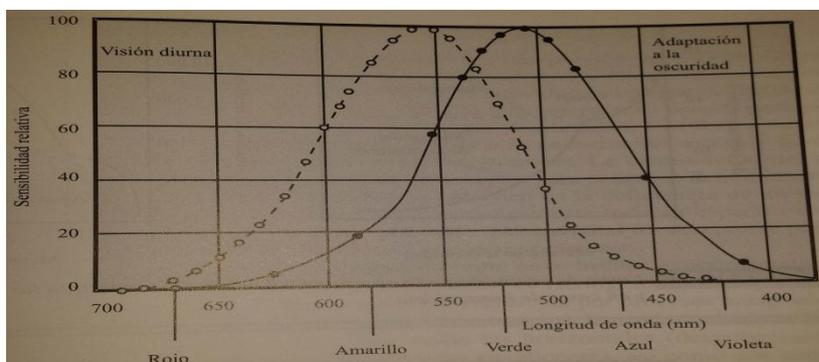
Mecanismo de excitación luminosa.

La retina posee células especializadas conocidas como fotorreceptores, los conos y los bastones, que a su vez están compuestos por pigmentos.

La existencia de estos dos dispositivos fotorreceptores permite la visión nocturna y diurna.

- Bastones: Son muy sensibles, un solo fotón puede activarlos. Permiten la visión con escasa iluminación o en la oscuridad, es decir, a poca intensidad. Contienen sólo un tipo de pigmento visual por lo que perciben en blanco y negro. Cuando existe débil intensidad luminosa se ven formas pero no colores. **Visión escotópica.**
- Conos: Presentan sensibilidad más baja y actúan a mayor intensidad umbral, por lo tanto requieren de luz brillante para activarse. Esto permite visión con fuerte intensidad luminosa, y con ello son responsables de la visión diurna y de los colores. **Visión fotópica.**

Esto se refleja en una curva de sensibilidad espectral doble, es decir con dos máximos, uno a 550-560nm para la visión diurna y otro a 496-510nm para visión nocturna.

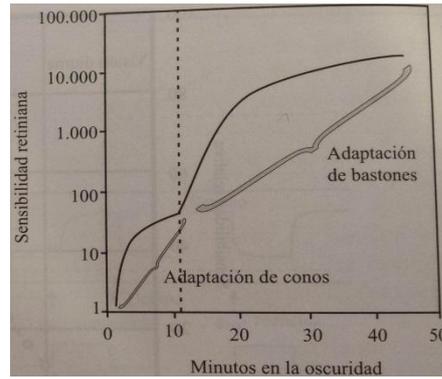
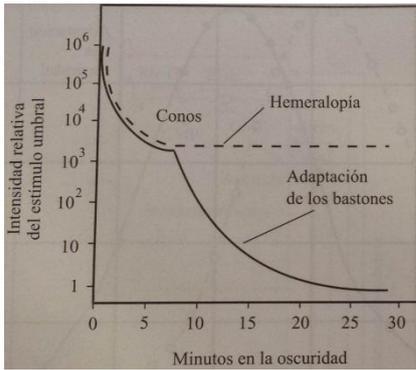


Curvas de luminosidad escotópica y fotópica

Adaptación a la oscuridad

El ojo tiene un poder de adaptación grande, pero requiere un tiempo relativamente largo para adaptarse a intensidades luminosas pequeñas. Hay un máximo de adaptación a la oscuridad a los 30-40 minutos.

Como hemos dicho, los conos, al presentar menor sensibilidad, actúan ante estímulos con mayor intensidad umbral. Por ello son los primeros en actuar y lo hacen más rápidamente, adaptándose aproximadamente a los 8 minutos y aumentando su sensibilidad de 20 a 50 veces. Posteriormente actúan los bastones, que tardan más pero se adaptan en mayor grado, ya que presentan mayor sensibilidad y actúan ante estímulos con menor intensidad. Continúan adaptándose disminuyendo el umbral llegando a elevar la sensibilidad unas 2.000 veces.



Curva de adaptación a la oscuridad del hombre. Se muestran las curvas del ojo sano y en caso de hemeralopía

Hemeralopía: Ceguera nocturna. Se produce si falla la capacidad de adaptación de los bastones.

Visión de los colores

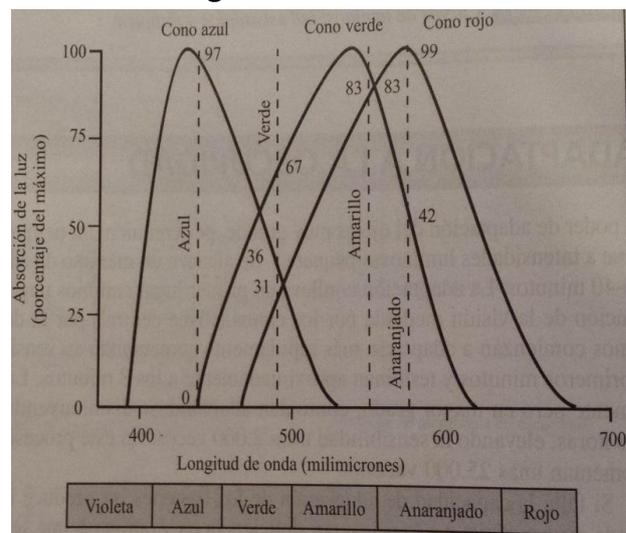
Los conos son los responsables de la visión de los colores. Existen tres tipos de conos cuyos pigmentos presentan máximos de absorción en:

- Azul-violeta (450nm)
- Verde (525nm)
- Rojo-amarillo (555nm)

Young y Helmholtz propusieron la teoría tricromática de la visión. La sensación de cualquier color depende de la proporción relativa de la estimulación de los tres tipos de conos. El blanco resulta de la estimulación de los tres tipos simultáneamente.

Así mismo, por ejemplo, la luz monocromática de longitud de onda:

- 580nm estimula:
 - 99% los conos para el rojo
 - 42% los conos para el verde
 - 0% los conos para el azul.
- 450nm estimula:
 - 0% los conos para el rojo
 - 0% los conos para el verde
 - 97% los conos para el azul.



Curvas espectrales de los pigmentos de los conos. Demostración del grado de estimulación de los diferentes conos sensibles al color por las luces monocromáticas de cuatro colores separados: azul, verde, amarillo y naranja.

Ceguera a los colores

Consiste en la incapacidad de percibir una porción del espectro o para distinguir entre colores que una persona normal reconoce como diferentes. Cuando falta un grupo de conos receptores de colores o su número está disminuido, el individuo es incapaz de distinguir estos colores de otros.

Las personas **dicrómatas** son aquellas que tienen deficiencia en de un solo receptor.

- **Protanopía:** Faltan los conos para el rojo (525-625nm). La persona solo puede percibir verdes, que son los que se estimulan.
- **Deuteranopía:** Faltan los conos para el verde. El espectro de esta persona son los colores amarillos y azules. Menos común.
- **Tritanopía:** Faltan los conos para el azul.

Aquellas personas **monocrómatas** carecen de dos receptores y no ven los colores.

BIBLIOGRAFÍA

- Prof. Dr. Med. FRITZ HOLLWICH. *Augenheilkunde (Oftalmología)*. (Ed. Salvat) Trad: Dr. Alejandro Palomar Gómez. Barcelona (1978) ISBN 84-345-1422-2
- MARTÍN CUENCA, Eugenio. *Fundamentos de la fisiología*.(Eds. Paraninfo) Universidad Complutense de Madrid (2006) ISBN: 9788497323406
- C. GIANCOLI, Douglas. *FÍSICA. Principios y aplicaciones*. (Ed. Reverté) California State Polytechnic University, Pamosa. Trad: Dr. Julián Fernández Ferrer. Barcelona (1985). ISBN: 84-291- 4302- 5
- E. ROLLER, Duane. BLUM, Ronald. *PHYSICS: electricity, and light volume two (FÍSICA: Electricidad, magnetism y óptica volumen 2)* (Ed. Reverté) Trad: Prof. Juan de la Rubia Pacheco y Prof. José Aguilar Peris. Barcelona (1986) ISBN: 84- 291- 4340- 8
- CROMER, Alan H. *Física para las ciencias de la vida* (ed. Reverté). Barcelona (2001) ISBN: 9788429118087
- <http://www.botanical-online.com/medicinalsmiopia.htm> (2014)
- <http://www.tarso.com/Miopia.html> (2014)
- <http://www.imo.es/patologia/presbicia/> (2014)
- <file:///C:/Documentos/Downloads/cientifico1.pdf>(2014)
- <http://www.cirurgiaocular.com/index.php/la-vision.html>(2014)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Presbicia>(2014)