



B 5-1-32

617.7(02)

COMPENDIO

DE

OFTALMOLOGÍA





COMPENDIO
DE
OFTALMOLOGÍA

POR
Félix Lagrange

*Profesor agregado á la Facultad de Medicina de Burdeos,
Cirujano de los hospitales, Médico oculista
del hospital de Niños*

TRADUCCIÓN DE LA TERCERA EDICIÓN FRANCESA
CORREGIDA Y AUMENTADA

**Biblioteca Prov^{al} Univ^{ria}
MEDICINA
BARCELONA**

Ilustrada con 310 grabados intercalados en el texto
impresos en negro y en color
y 5 láminas al cromo

BARCELONA

SALVAT Y C.^a, S. EN C, EDITORES

220-CALLE DE MALLORCA-220



OPTALMOLOGIA

Por el Sr. Dr. D. J. G. G.

ES PROPIEDAD

PRÓLOGO

DE LA PRIMERA EDICIÓN

El COMPENDIO DE OFTALMOLOGÍA que hoy publicamos, lo hemos escrito especialmente para los estudiantes. Al redactarlo, nuestro principal objeto ha sido poner á su disposición, en orden lógico y sencillo, los principios fundamentales de la oftalmología tal como está ahora constituida, gracias á los recientes progresos de las ciencias médicas. Siempre hemos tenido en cuenta que los estudiantes son prácticos futuros, y, por consiguiente, nos hemos esforzado en prepararles á hacer clínica en las mejores condiciones posibles. No hemos tampoco olvidado que la oftalmología es la rama más científica del arte de curar, y no hemos retrocedido ante explicaciones rigurosas y niñios detalles de técnica.

Éranos, sin embargo, imposible encerrar en el cuadro naturalmente restringido de esta obra, todo un tratado, aun elemental, de Oftalmología, y forzoso nos ha sido elegir los puntos más importantes, desarrollando más aquellos que conciernen á las afecciones más comunes, cuyo conocimiento importa á todos los médicos, y menos las enfermedades raras, cuyo diagnóstico necesita una especialización cotidiana. Sin embargo, aun en estas últimas las hemos indicado en sus líneas principales, y el lector podrá fácilmente añadir al cuadro que de ellas trazamos, los conocimientos complementarios que pueda adquirir al consagrarse á la oculística.

Las obras análogas á la que ofrecemos al público médico dedican gran espacio á la anatomía y á la fisiología del aparato de la visión. En nuestro COMPENDIO el lector no

encontrará en este punto más que nociones sumarias; nuestra obra está casi exclusivamente consagrada á la patología. Del mismo modo que al comenzar una lección el profesor de cirugía ó de medicina se limita á recordar á su auditorio á grandes rasgos la anatomía normal del órgano cuyos desórdenes morbosos estudia, asimismo, después de un esbozo anatómico, rápido y esquemático, creemos poder remitir al lector á sus conocimientos anteriores ó á las obras descriptivas del ojo normal y sus anexos.

Habiendo así sacrificado en mayor ó en menor grado el estudio anatómico y fisiológico, nos ha sido posible insistir más en el estudio de la patología ocular y en los medios de exploración que constituyen la técnica especial, hoy tan importante, de la oftalmología.

Esta técnica merecería que se le consagrara un largo capítulo. Nos ha parecido, no obstante, más práctico diseminar su estudio en las diferentes partes de este COMPENDIO. Los procedimientos de exploración los hemos descrito sucesivamente, á medida que lo necesitaba el estudio de las afecciones oculares. En el capítulo de los vicios de refracción, el examen oftalmoscópico (imagen derecha, imagen invertida, etc., etc.) ha encontrado su sitio marcado; el examen del campo visual sirve de introducción al estudio de la hemiopia; á la exploración de la córnea sigue la descripción de las queratitis, etc.

Esperamos de este modo haber alcanzado en nuestra obra el mayor grado de concisión posible, y guardando siempre los fueros de la claridad, calidad que debe ser la dominante, nos hemos esforzado en condensar en este único y corto volumen todas las teorías esenciales á la vez que todos los detalles prácticos, es decir, lo que más importa entre las nociones ciertas de la Oftalmología.

FÉLIX LAGRANGE.

PRÓLOGO

DE LA SEGUNDA EDICIÓN

Al someter á la apreciación del público médico esta segunda edición de nuestro COMPENDIO DE OFTALMOLOGÍA, nada importante tenemos que añadir al prólogo de la primera, que desarrolla el plan general del libro.

Nos hemos esforzado en conservar á esta obra la concisión necesaria, y al revisar muchos de sus puntos, y al ponerla por completo al corriente de los progresos de la ciencia, la hemos mantenido dentro del cuadro primitivamente trazado.

Nos limitamos á señalar al lector la adición de 55 figuras nuevas é inéditas y la de un formulario detallado, destinado á prestar verdaderos servicios á los prácticos.

FÉLIX LAGRANGE.

PRÓLOGO

DE LA TERCERA EDICIÓN

La tercera edición de este libro ha sido revisada y corregida con la mayor atención. Se han reducido algunos capítulos; se han alargado algunos otros, en mayor número que aquéllos, y todos han sufrido las modificaciones en relación con las necesidades de aquellos á quienes se dirige este compendio, es decir, á los estudiantes.

En la redacción de un tratado de esta especie, evidentemente hay que ser conciso y breve, y de ahí que hayamos procurado aumentar lo menos posible el volumen de esta obra, con todo y ponerla al corriente de los datos verdaderamente importantes de la oftalmología.

Obligándonos á publicar tan rápidamente esta nueva edición, nuestros lectores nos han dado una prueba de confianza que apreciamos en todo lo que vale, y para seguir mereciéndola, hemos procurado, en la revisión de esta obra, poner de nuestra parte toda la aplicación y todo el cuidado de que somos capaces.

FÉLIX LAGRANGE.

COMPENDIO DE OFTALMOLOGÍA

CAPÍTULO PRIMERO

Método que debe seguirse en el examen de las afecciones oculares

El diagnóstico de las afecciones oculares, y por consiguiente el tratamiento razonable que de él se desprende, dependen esencialmente de un buen método de examen; no se deben estudiar al azar las diversas funciones del ojo y las diferentes partes que lo constituyen, tanto á él como á sus anexos.

El conjunto de los pacientes puede dividirse en dos categorías principales: aquellos que padecen una afección externa, visible sin instrumentos especiales, y aquellos que, con un aparato de la visión aparentemente intacto, presentan una lesión profunda, un desorden funcional más ó menos acentuado.

En ambos casos es conveniente obtener informes sobre la edad, profesión, lugar de residencia del sujeto, y será necesario, casi siempre, estudiar atentamente los antecedentes: *a)* hereditarios, *b)* personales, *c)* de la enfermedad.

En el *primer grupo* de enfermos, en aquellos que están atacados de una afección externa, debe el observador aplicarse, en una investigación completa, en el examen de las cejas, los párpados, las pestañas, la región lagrimal; apreciar el grado de secreción de la mucosa ocular y su coloración, el brillo de la córnea y particularmente la región de su limbo, cuya vascularización anormal es á menudo uno de los primeros síntomas de múltiples afecciones.

Hecho esto, el diagnóstico en algunos casos se impone; pero muy comúnmente, es necesario ir más adelante; el

observador debe llevar su atención á la conjuntiva palpebral y á los fondos de saco. Es necesario invertir los párpados; el inferior es fácilmente reclinable hacia abajo, y si el enfermo, durante este examen, dirige la mirada fuertemente hacia arriba, se puede explorar fácilmente el fondo de saco inferior, así como el ángulo externo, tirando de la comisura.

El párpado superior es más difícil de invertir, y de la manera como lo intenta el explorador, se colige inmediatamente su práctica de oftalmología. Para lograr invertir fácilmente este párpado, se invita al enfermo á mirar su mano colocada á nivel del pecho, y después de haber inclinado su cabeza hacia atrás, cójanse las pestañas entre el pulgar y el índice, mientras que el pulgar de la otra mano deprime la piel por debajo del reborde orbitario. Se tira entonces del párpado hacia arriba y adelante, haciéndolo bascular sobre el punto de apoyo suministrado por el pulgar. A veces, especialmente en los granulosos cuyo fondo de saco ha desaparecido, esta inversión es difícil; entonces se puede recurrir al mango de un instrumento, aplicado paralelamente al reborde orbitario, y que sirve de punto de apoyo más eficaz para hacer bascular el velo membranoso.

Si el enfermo mira bien hacia abajo, puede suceder que así se descubra fácilmente todo el fondo de saco, en particular en los sujetos de ojos salientes ó párpados flexibles; más comúnmente la extremidad superior, el fornix, queda escondida, y si es necesario absolutamente explorarla, es preciso introducir un estilete romo, provisto en su extremidad de un tapón de algodón, con el cual se recorre rápidamente toda su extensión.

Este examen muestra el estado de la conjuntiva, el de sus glándulas, la presencia de cuerpos extraños, cuyo punto de elección es el párpado superior, en el surco paralelo al tarso, á dos ó tres milímetros del borde libre; además permite obtener informes preciosos sobre la exoftalmía ó la enoftalmía, la sensibilidad de la córnea, la tensión ocular, que puede apreciarse bien con los dedos y mejor con el tonómetro (véase cap. XII, n.º 3).

Es necesario observar la dirección, la situación de los puntos lagrimales, interrogar, por la presión, la región del saco, cuyo contenido demasiado abundante, mucoso ó purulento, podrá refluir hacia la conjuntiva. El color de la piel á nivel del ángulo mayor, la hinchazón de la región son indicaciones preciosas; en fin, en los casos dudosos, será necesario apreciar la permeabilidad de las vías lagrimales por medio de inyecciones apropiadas. Si es necesario se dilatará el punto lagrimal, que tan sólo excepcionalmente será incindido.

Entre las lesiones aparentes, es aún necesario notar las de los músculos, cuya retracción, parálisis ó contractura están indicadas por desviaciones más ó menos graduadas del ojo. La investigación de la diplopia, el estudio del campo visual, la estrabometría (véase *Estrabismo*) establecerán el diagnóstico juntamente con el estudio de los antecedentes del sujeto y el examen de la refracción.

Detrás de la córnea se hallan el humor acuoso y el cristalino, los cuales se explorarán ventajosamente, como ella, por la iluminación oblicua.

Esta iluminación nos informa del grado de transparencia de los diferentes medios, de la presencia de cuerpos extraños ó productos inflamatorios, la integridad de la pupila, la existencia de sinequias anteriores ó posteriores. Gracias á este examen, se puede apreciar exactamente el valor de la contractibilidad pupilar, cubriendo alternativamente uno de los ojos. Se interrogará sucesivamente el reflejo luminoso y acomodativo, cuya disociación es un signo muy importante (signo de Argyll Robertson).

La *segunda categoría* comprende aquellos enfermos que no tienen ninguna lesión aparente del ojo. El sujeto acusa una ambliopía más ó menos marcada ó dolores consecutivos al mal funcionamiento del órgano.

Es necesario entonces practicar la exploración profunda, recurrir al examen oftalmoscópico, pero no debemos dirigir el enfermo á la cámara obscura, como se hace demasiado á menudo, sin tener informes precisos sobre su agudeza visual, su campo visual y su sentido cromático. Más adelante veremos cómo debe hacerse el estudio de

estas funciones visuales; notemos solamente que es necesario interrogar al enfermo antes de practicar el examen oftalmoscópico, ya que después, fatigado por este examen, podría suministrarnos informes erróneos.

La refracción la apreciaremos en la cámara oscura inmediatamente, gracias al método de las sombras pupilares, que permite ir de prisa, dándonos indicaciones muy exactas. Cuando se sospeche el astigmatismo, no vacilaremos en hacer uso del astigmómetro de Javal, el que en menos de un minuto nos dará el valor de cada meridiano de la córnea.

La oportunidad de la oftalmoscopia ha llegado ahora; nos serviremos primero del espejo plano, después del espejo cóncavo. El espejo plano nos informa de la marcha de las sombras, de la existencia de opacidades colocadas en el campo pupilar, cualquiera que sea su asiento; muchas opacidades finas pasan desapercibidas á los alumnos porque emplean el espejo cóncavo, que da iluminación demasiado intensa.

Cuando el espejo plano ha revelado una opacidad en el campo de la pupila, para determinar su situación es necesario continuar mirando al sujeto directamente, delante de él y ladeándonos un poco; vemos entonces moverse la opacidad, cambiando de lugar con respecto al borde pupilar según el asiento real de la lesión.

Después del espejo plano, el cóncavo tiene su empleo; sirve para practicar el examen con la imagen directa ó con la invertida, según el aumento que se desee obtener (véase cap. IX, párrafo 10: *Teoría del oftalmoscopio, agrandamiento de las imágenes, etc., etc.*).

El examen de las membranas profundas se hace tanto mejor cuanto mayor es la pupila; se puede examinar el fondo del ojo á través de una pupila estrecha, pero á menudo es útil dilatarla por la cocaína ó la escopolamina (1). La atropina presenta algún peligro en los sujetos predispuestos al glaucoma; por lo tanto, está en este caso plenamente contraindicada. Cuando los medios dióptricos son

(1) La cuftalmina al 5 % es preferible á esta última porque la dilatación dura poco tiempo y no molesta ni alarma al sujeto.—N. D. T.

transparentes, el examen del fondo del ojo nos enseña exactamente el estado de la pupila, de la retina y de la coroides.

Una vez terminado este examen, debe el observador conocer todo lo concerniente al enfermo, tanto los signos subjetivos ó funcionales como las lesiones objetivas. Si no los tiene ya completos, puede volver sobre los antecedentes, los anamnésticos, para establecer un diagnóstico etiológico capaz de dirigir una terapéutica razonada.

En suma, el método de examen de las afecciones oculares debe desarrollarse del modo siguiente:

1.º El estudio de los antecedentes: *a)* hereditarios; *b)* del enfermo; *c)* de la enfermedad.

2.º Inspección de la región orbitaria y ocular.

3.º Examen de los párpados, que deberán ser invertidos de modo que permitan explorar los fondos de saco tan completamente como sea posible.

4.º Examen de la región del saco lagrimal; se investigará si es necesario la permeabilidad de las vías lagrimales por medio de una inyección.

5.º Estudio de la pupila, de sus dimensiones, de sus reflejos luminosos y acomodativos, comparación con la pupila del lado opuesto.

6.º Investigación de la tensión ocular con ambos índices, ó mejor con el tonómetro.

7.º Medida del poder de los músculos por medio de prismas; de la desviación por el estrabómetro. Investigación de la diplopia, comprobación de la visión binocular.

8.º Estudio de la agudeza visual de lejos y de cerca; si es defectuosa, antes de proseguir el examen, medición de la córnea con el oftalmómetro de Javal y Schiotz.

9.º Estudio del sentido cromático, particularmente cuando existan temores de afección del sistema nervioso central.

10.º Examen campimétrico.

11.º En la cámara oscura. *Iluminación oblicua:* para examinar la córnea, el humor acuoso, el iris y el cristalino. *Espejo plano:* medida de la refracción por el método de Cuignet, exploración de los medios transparentes, cuyas finas opacidades sólo son visibles con el es-

pejo plano y débil iluminación. *Espejo cóncavo*: examen de la imagen *directa*. 1.º, puede poner de manifiesto todos los vicios de refracción, pero es sobre todo recomendable para medir la hipermetropía débil ó mediana; 2.º permite estudiar las finas lesiones de las membranas profundas con fuertes aumentos. Examen de la imagen *invertida*, viendo á la vez una gran parte del fondo del ojo, la región papilar ó macular por ejemplo.

A veces sucede que no es necesario que el examen sea hecho con todos estos detalles. Cuando se trata de una afección externa evidente, el diagnóstico puede ser hecho más pronto; de igual modo el aumento de la agudeza visual por la corrección de la refracción indica suficientemente la naturaleza de la enfermedad, evitándonos ir más adelante; pero en los casos difíciles ó dudosos, es necesario siempre recurrir á la serie de exámenes é investigaciones que acabamos de exponer.

Estas diferentes maniobras deben conocerse detalladamente; hubiéramos podido exponerlas aquí en un primer capítulo sobre la *técnica de la exploración ocular*; pero este capítulo hubiera sido largo en demasía, y este método de exposición, método por otra parte racional, nos ha parecido incompatible con la naturaleza de esta obra.

Los procedimientos de exploración serán explicados á medida que estudiemos cada una de las afecciones á las que sirven de guía para conocerlas; la técnica en nada sufrirá y la rapidez de exposición ganará con ello.

En la división de nuestra obra hubiéramos podido seguir el mismo orden indicado por el método de examen que hemos expuesto, principiando por los párpados y acabando por las membranas profundas; pero nos ha parecido más en armonía con el interés de los estudiantes, para los cuales hemos escrito este libro, comenzar con el estudio de las anomalías de la refracción, pues además de ser éste el capítulo más difícil y complejo de la oftalmología teórica, tiene la ventaja de ponernos en aptitud de exponer los procedimientos de investigación (eidoptometría, optometría, oftalmoscopia, etc.), á cada momento necesarios para el estudio de las afecciones oculares.

CAPÍTULO II

Propiedades físicas del ojo normal Dióptrica elemental

El aparato refringente del ojo normal se compone de la córnea, el humor acuoso, el cristalino y el humor vítreo.

La córnea es una membrana elástica resistente de 0^{mm},8 de espesor en su centro y de 1^{mm} en su periferia.

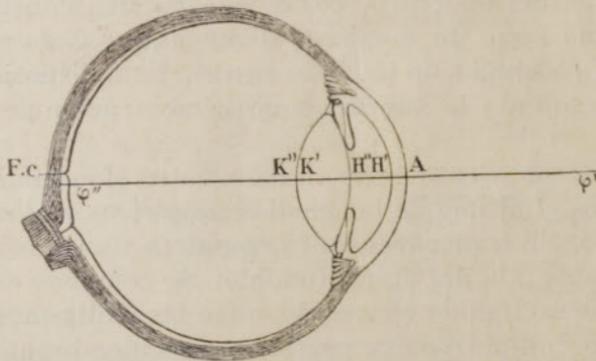


Fig. 1.—Ojo esquemático.

φ' , foco anterior ó primer foco principal.—A, superficie anterior de la córnea.—H' y H'', puntos principales.—K' y K'', puntos nodales.— φ'' , foco posterior ó segundo foco principal.—F. c., fosa central.— φ' φ'' , eje óptico.

Su contorno tiene la figura de una elipse, cuyo eje mayor se dirige horizontalmente de dentro á fuera. La longitud de este eje varía de 11 á 12 milímetros; el eje menor, en sentido vertical, tiene 10 milímetros. El radio de curvatura de la cara anterior convexa es, en estado normal, de 7,7; el índice de refracción de la substancia propia de la córnea, es de 1,3365.

Detrás de la córnea se encuentra el humor acuoso, es decir, el líquido que llena la cámara anterior del ojo, y cuyos caracteres son: incoloro, muy límpido y fluido como el agua. Su cantidad es de 40 centigramos, su peso específico de 1,005 y su índice de refracción de 1,3365.

El cristalino está colocado entre el humor acuoso y el cuerpo vítreo. Su convexidad anterior llena el espacio pupilar limitado por el esfínter iridiano. Su superficie posterior se aloja en una excavación, situada en la cara anterior del cuerpo vítreo (*fossa patellaris*). Su forma general es la de una lente biconvexa de contorno esférico. El radio de curvatura de su cara anterior es de 10^{mm},8, el de la cara posterior de 8^{mm},2. Su índice de refracción es de 1,43.

El cristalino no es un órgano homogéneo; se compone de una serie de capas superpuestas, cuya curvatura aumenta de fuera adentro, capas que pueden considerarse como una serie de meniscos divergentes, cada vez más fuertes, rodeando un núcleo central. Esta disposición da como resultado la supresión de la aberración de esfericidad.

El cuerpo vítreo está situado entre el cristalino y la retina, es el último de los medios dióptricos y el más voluminoso. Su transparencia es completa y su consistencia comparable á la del vidrio fundido. Se compone esencialmente de un líquido contenido entre las mallas apretadas de tejido conjuntivo que parten de una membrana envolvente llamada hialoides. El índice de refracción del cuerpo vítreo, así como el de la córnea y del humor acuoso, es de 1,3365.

Este aparato refringente está mal centrado, pero los ejes de sus tres superficies forman entre sí ángulos comúnmente muy pequeños. Uno de estos ángulos tiene, no obstante, grande importancia: el ángulo α , formado por el eje mayor de la elipse corneana, y la línea visual, que pasa por la fovea y el punto nodal.

La línea visual OF une el objeto fijado á la fosa central: la línea EL representa el eje de la córnea; el ángulo OXE es el ángulo α , cuyo vértice está situado casi á nivel

del punto nodal del ojo, aunque sin dependencia entre ellos (fig. 2).

Este ángulo es variable, lo que se explica fácilmente por la variedad misma de la forma de la córnea. Es positivo cuando la parte anterior del eje corneal está situada del lado externo de la línea visual; es éste el caso más frecuente. Cuando el eje de la córnea y la línea visual coinciden, el ángulo α es igual á o ; es negativo cuando el eje corneal pasa por dentro de la línea visual (véase capítulo del *Estrabismo*).

Cualquiera que sea el defecto de centración de la córnea, en relación á las demás potencias dióptricas del ojo, todos estos dióptricos están asociados para un fin común, que es el de formar en el polo posterior del ojo una imagen limpia, y aquí debemos estudiar el papel de cada uno de los dióptricos oculares, mostrando su papel particular en el resultado definitivo.

Nos bastarán para ello algunas explicaciones destinadas á recordar fenómenos conocidos y demostrados en física.

La primera ley que debemos invocar es la siguiente:

Al pasar de un medio menos refringente á otro más refringente, el haz de rayos luminosos se acerca á la normal, mientras que en condiciones inversas se aleja de ella, proporcionalmente en ambos casos al índice de refracción de cada medio.

Supongamos un dióptrico convergente que separe dos medios, cuyos índices de refracción son n' y n'' ($n'' > n'$) y cuyo centro esté en C y el polo en P (fig. 3).

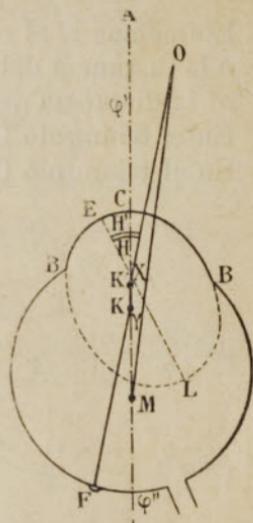


Fig. 2.

AA', eje óptico.— φ' , foco anterior.— φ'' foco posterior.
 —HH', puntos principales.—
 —KK', puntos nodales.—M, centro de rotación.—C, centro de la córnea.—BB, base de la córnea.—EL, eje mayor de la elipsoide corneal.—F, fosa central.—O, punto de fijación.—K'O, línea visual.—M O, línea de la mirada.—O X E, ángulo α .—O M A, ángulo φ .

Un rayo incidente LI conducirá un rayo refractado IL', conforme á la ley general de refracción $\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{n''}{n'}$; relación que podemos representar bajo la forma de $\frac{i}{r} = \frac{n''}{n'}$.

Llamemos R al radio de curvatura del dióptrico:

p la distancia del objeto al polo P;

p' la distancia de la imagen L' al polo.

En el triángulo LIC tenemos $i = \alpha + \beta$;

En el triángulo ICL', $\beta = r + \gamma$ ó también $r = \beta - \gamma$.

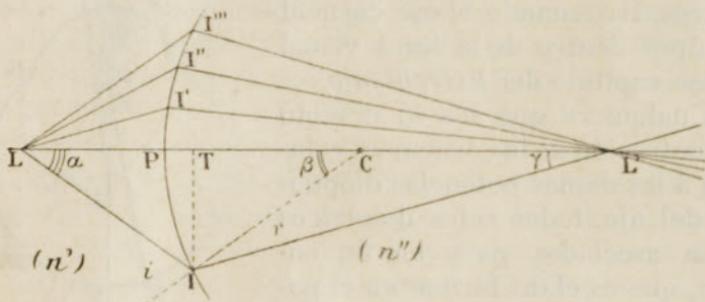


Fig. 3.—(Según Sigalas.)

Bajemos una perpendicular IT al eje mayor, y haciendo caso omiso de PT podremos escribir:

$$\text{tang. } \alpha = \alpha' = \frac{IT}{p}.$$

$$\text{tang. } \beta = \beta' = \frac{IT}{R}.$$

$$\text{tang. } \gamma = \gamma' = \frac{IT}{p'}.$$

Substituyendo estos valores de α , β , γ , á i y r en la ecuación precedente $\frac{i}{r} = \frac{n''}{n'}$ ó sea $in' = rn''$ tendremos:

$$n' \left(\frac{IT}{p} + \frac{IT}{R} \right) = n'' \left(\frac{IT}{R} - \frac{IT}{p'} \right),$$

y

$$\frac{n'}{p} + \frac{n'}{R} = \frac{n''}{R} - \frac{n''}{p'},$$

ó sea

$$\frac{n'}{p} + \frac{n''}{p'} = \frac{n'' - n'}{R},$$

Pero si llevamos L al infinito, $p = \infty$; la imagen L' está entonces en el foco del dióptrico y la fórmula que sirve para calcular este foco se deduce fácilmente de la precedente.

Esta fórmula se transforma en la siguiente:

$$\frac{n'}{\infty} + \frac{n''}{p'} = \frac{n'' - n'}{R},$$

de donde $\frac{p'}{n''} = \frac{R}{n'' - n'}$ ó bien $p' = \frac{R n''}{n'' - n'}$; pero p' es una distancia focal, uno de los focos del dióptrico, por consiguiente $\Phi' = \frac{R n''}{n'' - n'}$; del mismo modo, haciendo $p' = \infty$ y el otro foco $\Phi'' = \frac{R n'}{n'' - n'}$.

Nos serviremos seguidamente de estas fórmulas para calcular la longitud focal del dióptrico corneal.

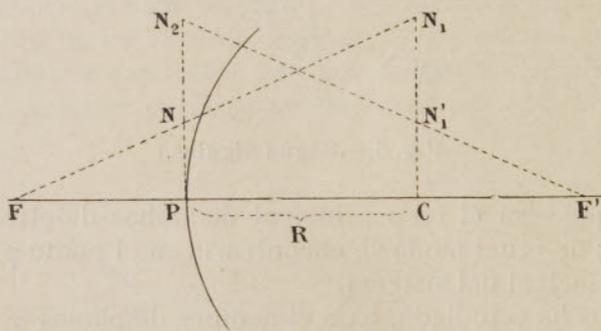


Fig. 4.—(Según Sigalas.)

En una figura como la figura 4 se puede hallar geoméricamente la posición de los focos del dióptrico; para ello nos basta con trazar perpendiculares en P y en C, y tomando sobre estas perpendiculares las distancias PN, PN² y CN¹, CN¹ iguales á n' y n'' , los dos índices de refracción, uniendo N á N¹ y N² á N¹; las rectas obtenidas de este modo y prolongadas cortan el eje del sistema en F y F', que son los dos focos. (Sigalas. *Curso de física médica, Óptica*, pág 12.)

Varios dióptricos pueden asociarse de manera que constituyan un sistema centrado, es decir, una serie de

dióptricos cuyos ejes principales estén situados en una misma recta, que recibe el nombre de eje del sistema.

Consideremos dos dióptricos que tengan un eje común XY cuyos polos son P y P'. El punto luminoso L colocado en el primer medio, tendrá con relación al dióptico P, un punto conjugado L'. Con relación á P', el punto virtual L' tendrá un punto conjugado L'', el que será á su vez el punto conjugado de L á través de los dos dióptricos (fig. 5).

Si llevamos el punto L al infinito, los rayos que emite son paralelos al eje y se encuentran en F', foco del dióptico P; F' virtual con relación á P' tendrá un conjugado

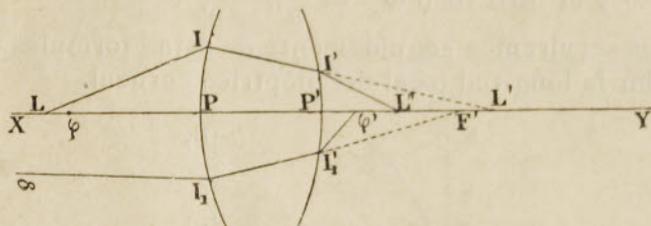


Fig. 5.—(Según Sigalas.)

en φ' que será el foco principal de ambos dióptricos reunidos; de igual modo se encontraría en el punto φ el otro foco principal del sistema.

Gaus ha estudiado, bajo el nombre de planos y puntos principales, los puntos y planos que se determinan de la siguiente manera:

Un rayo paralelo al eje LI, llega á I', y luego φ ; la prolongación de este rayo refractado contra LL' en h' ; por h' se puede trazar un plano perpendicular al eje XY; H' es el punto principal y $h'H'$ el plano principal; de igual modo se encuentra el punto principal H y el plano principal hH (fig. 6); demostrando que los puntos h y h' son conjugados, así como los puntos H y H', resulta que un rayo incidente cualquiera y el rayo refractado correspondiente, cortan á los planos principales en puntos situados á igual distancia del eje. *Esta es una propiedad sumamente importante de los planos principales.*

En este sistema existen igualmente los puntos nodales estudiados por Listing. Estos puntos son tales, que, cuando un rayo incidente prolongado pasa por uno de ellos, el rayo refractado correspondiente parece venir del otro

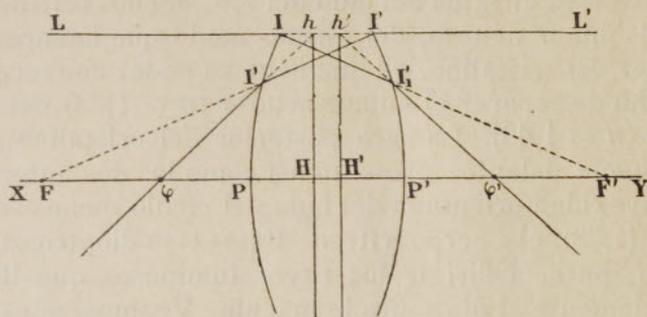


Fig. 6.—(Según Sigalas.)

y es paralelo al rayo incidente (fig. 7). En el caso que las dos distancias focales de un sistema sean iguales, los puntos nodales se confunden con los puntos principales.

Las nociones precedentemente expuestas nos permiten

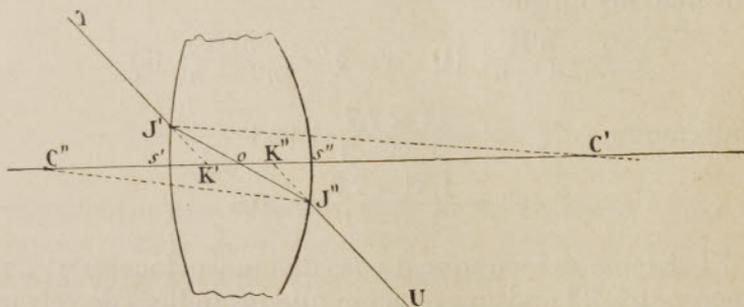


Fig. 7.

comprender la marcha de los rayos luminosos en el ojo, que está esencialmente compuesto por un primer dióptrico, análogo al representado por las figuras 3 y 4, y de un sistema de dos dióptricos (sistema cristalino), análogo también al que representan las figuras 5, 6 y 7.

Estudiemos y reunamos estas distintas constantes oculares.

El ojo es un aparato dióptrico compuesto de tres superficies refringentes; la primera está constituida por la córnea, las dos restantes por el cristalino. El dióptrico formado por la córnea es convergente, ya que su superficie convexa está dirigida del lado del aire, menos refringente que el humor acuoso, del mismo modo que la superficie anterior del cristalino, ya que debe su poder convergente al hecho de separar el humor acuoso ($n = 1,33$) del cristalino ($n = 1,43$). La cara posterior del cristalino, cóncava hacia delante, presenta así como las dos anteriores su convexidad orientada del lado del medio menos refringente (1,33), el cuerpo vítreo. Estos tres dióptricos concurren, pues, á dirigir los rayos luminosos que llegan paralelamente al ojo sobre la mácula. Veamos, pues, qué partes les corresponden: primero al dióptrico corneal; segundo á los dos dióptricos que forman la lente cristalina.

1.º *Primera constante del aparato ocular; valor del dióptrico corneal.*—Recordemos que el radio de curvatura de la córnea $R = 7,7$, que su índice de refracción $n'' = 1,33$, que el índice de refracción del aire $n' = 1$; aplicando las fórmulas

$$\varphi' = \frac{n'R}{n'' - n'} \quad (1) \quad \text{y} \quad \varphi'' = \frac{n''R}{n'' - n'} \quad (2)$$

tendremos $\varphi' = \frac{1 \times 7,7}{1,33 - 1} = 23,1$

y $\varphi'' = \frac{1,33 \times 7,7}{1,33 - 1} = 30,8.$

El sistema es inequifocal y las distancias focales φ' y φ'' tienen entre sí la misma relación que los índices de refracción de los dos medios:

$$\frac{\varphi''}{\varphi'} = \frac{30,8}{23,1} = \frac{1,33}{1} = \frac{n''}{n'} = \frac{4}{3}.$$

Se observa que las ecuaciones 1 y 2 dan $\varphi' = \frac{1 \times R}{1,33 - 1} = \frac{1 \times R}{0,33}$ y que multiplicando los dos términos de la fracción por 3, resulta $\varphi' = \frac{3R}{1} = 3R$; del mismo modo $\varphi'' = \frac{1,33 \times R}{1,33 - 1} = \frac{1,33 \times R}{0,33}$, y multiplicando siempre por 3, re-

sulta $\varphi'' = \frac{R4}{1} = 4R$. Reemplazando R por su valor 7,7 encontramos del mismo modo que antes los valores $\varphi' = 23,1$ $\varphi'' = 30,8$.

El punto principal del dióptrico corneal está en p ; el punto nodal C en el centro de curvatura (fig. 8).

2.º *Constantes ópticas del cristalino; segundo componente dióptrico.*—El cristalino no es más que una lente biconvexa, los puntos principales coinciden con los pun-

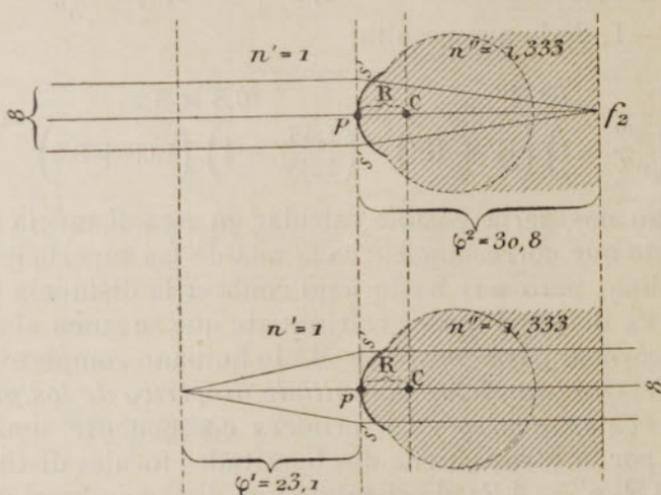


Fig. 8.—(Según Parent.)

tos nodales, y como están respectivamente muy próximos, se pueden considerar los dos puntos nodales y principales confundidos en uno solo. Podemos también admitir, sin error sensible, que todos estos puntos se confunden con el centro óptico.

Desde Helmholtz conocemos los radios de curvatura de las dos superficies cristalinas.

El radio de curvatura de la superficie anterior $R' = 10^{\text{mm}},8$; el de la superficie posterior $R'' = 8^{\text{mm}},2$.

Por otra parte, el índice de refracción $n'' = 1,43$.

Colocado en el aire, el cristalino tiene una distancia focal sumamente pequeña, diez milímetros aproximadamente, pero está colocado entre el humor acuoso y el

cuerpo vítreo y su distancia focal debe aumentarse considerablemente, llegando á 62 milímetros. De ello podemos convencernos aplicando al cristalino en el aire la fórmula de las lentes biconvexas.

$$F = \frac{R' R''}{(n-1)(R' + R'')} = \frac{10,8 \times 8,2}{(1,43-1)(10,8+8,2)} = 10^{\text{mm}},8.$$

Colocando el cristalino en un medio cuyo índice sea 1,33, debemos cambiar $n-1$, ó $\frac{n}{1}-1$, por $\frac{n'''}{n''}-1$, ó $\frac{1,43}{1,33}-1$, de lo que resulta:

$$F = \frac{R' R''}{\left(\frac{n'''}{n''}-1\right)(R' + R'')} = \frac{10,8 \times 8,2}{\left(\frac{1,43}{1,33}-1\right)(10,8+8,2)} = 62,5.$$

Aun nos sería posible calcular en esta distancia focal la parte que corresponde á cada una de las superficies del cristalino; pero nos basta aquí conocer la distancia focal total, es decir, el poder refringente que se suma al dióptrico corneal para constituir el ojo humano completo.

3.º *Ojo completo. Resultado dióptrico de los precedentes componentes.*—La primera componente suministrada por la córnea tiene dos longitudes focales distintas: $\varphi' = 3 R$, $\varphi'' = 4 R$; el cristalino una distancia focal única f ; consideremos que un intervalo $d = 5,8$ separa los puntos principales de los dos componentes, y tendremos, en virtud de las fórmulas conocidas (cuya demostración no hemos de hacer aquí), los valores siguientes:

$$\Phi' = \frac{\varphi' f}{\varphi'' + f - p} = \frac{23,1 \times 62,5}{30,8 + 62,5 - 5,8} = 16^{\text{mm}},5;$$

$$\Phi'' = \frac{\varphi'' f}{\varphi' + f - d} = \frac{30,8 \times 62,5}{30,8 + 62,5 - 5,8} = 22.$$

No nos resta más que saber desde qué punto es necesario medir las distancias Φ' y Φ'' ; es decir, dónde se encuentra el punto principal resultante de la fusión de los puntos principales de los dos componentes. Pero admitimos con Parent, que en semejante caso los puntos principales de los componentes, van el uno hacia el otro con

una velocidad inversamente proporcional al poder dióptrico de los componentes. En realidad, este punto, situado sobre el eje del sistema, de modo que divide la distancia en partes inversamente proporcionales al poder refringente de los dióptricos asociados, es el centro óptico del sistema equivalente (véase Helmholtz: *Optica física*,

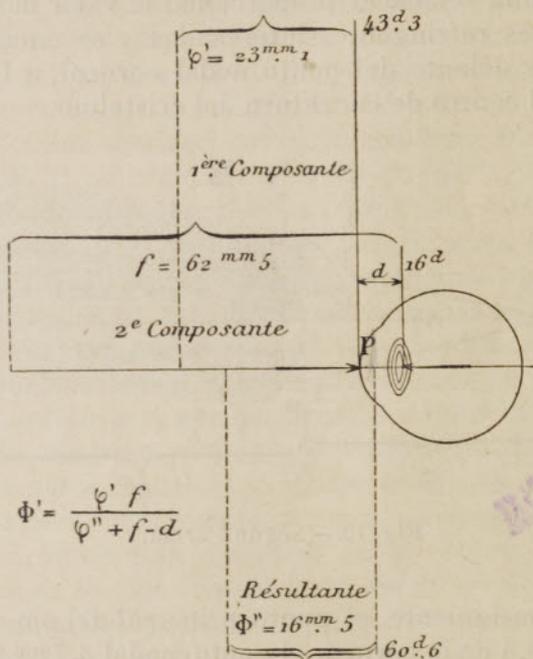


Fig. 9.—(Según Parent.)

Parte superior de la figura: poder dióptrico respectivo 43 D 3 y 16 D de los dos componentes dióptricos (córnea y cristalino) del ojo.

Parte inferior de la figura: poder dióptrico total = 60 D 6 del ojo completo.

pág. 77, fig. 33, y Gariel: *Optica geométrica*, pág. 77, fig. 51); pero cuando se trata de dióptricos muy próximos y potentes, puede admitirse, sin error notable, que el centro óptico y el punto principal coinciden. De aquí resulta que, en el caso presente, el punto buscado está aproximadamente á 1^{mm},5 del punto principal de la córnea y á 4^{mm},1 del punto principal (que es á la vez el centro óptico del cristalino).

Igual razonamiento indica el punto nodal del ojo completo. El punto nodal de la córnea se encuentra á $7^{\text{mm}},7$ de la superficie (en el centro de curvatura); el del cristalino á $5^{\text{mm}},8$ de la córnea; su separación es, por lo tanto, de $1^{\text{mm}},9$, estando el de la córnea situado más hacia la derecha ó hacia atrás. Estos dos puntos van uno hacia el otro con una velocidad proporcional al valor dióptrico de los poderes refringentes interesados y se encuentran á $0^{\text{mm}},5$ por delante del punto nodal corneal, á $1^{\text{mm}},4$ por detrás del centro de curvatura del cristalino.

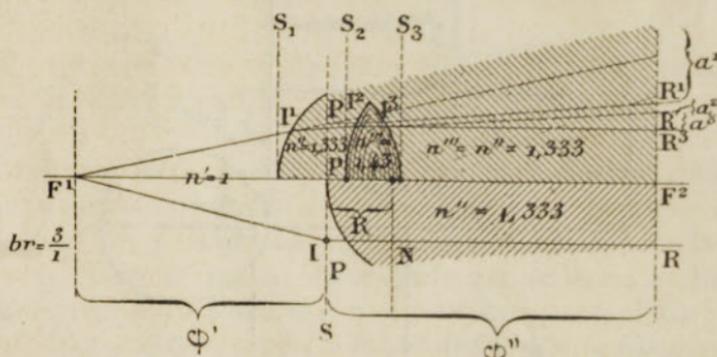


Fig. 10.—(Según Parent.)

Por consiguiente, el punto principal del ojo completo está á $1^{\text{mm}},5$ de la córnea, el punto nodal á $7^{\text{mm}},2$, el primer foco ó foco anterior Φ' , colocado á $16^{\text{mm}},5$ del punto principal, está á 14^{mm} de la córnea; el segundo foco ó foco posterior Φ'' , colocado á 22^{mm} del punto principal, está á $23^{\text{mm}},5$ de la córnea.

Estos cuatro puntos son los puntos cardinales, las constantes fundamentales del ojo completo.

Ojo reducido.—Para construir el ojo reducido es necesario transformar las tres superficies refringentes en una sola, de modo que se obtenga un dióptrico simple equivalente al ojo completo.

Para obtener este ojo reducido es necesario colocar la curvatura á nivel del punto principal P, que ya conocemos, situado á $1^{\text{mm}},7$ de la córnea, y dar á esta curvatura

un radio PN, igual á la diferencia de las dos longitudes focales principales $PN = \Phi'' - \Phi'$. Lo cual es, en suma, igual á tomar la córnea, llevar su punto principal á $1^{\text{mm}},7$ más atrás y acortar el radio de $2^{\text{mm}},2$.

La figura 10, copiada, como las dos precedentes, de Parent, nos muestra cómo se puede construir, geométricamente, el ojo reducido; hacemos partir del punto F_1 , un rayo $F_1 I_1$; este rayo, antes de volverse paralelo al eje, sufre tres refracciones en el ojo completo (parte superior de la figura), según las rectas R^1 , R^2 y R^3 . Si prolongamos en sentido contrario el rayo incidente $F_1 I_1$ y el refractado $R^3 I^3$, se encuentran en el punto P, de donde se puede trazar una perpendicular al eje del sistema. Esta perpendicular es el plano principal, el punto P el punto principal del ojo reducido. Con un compás colocado en N, trazamos con un radio de $5^{\text{mm}},5$ una curva (parte inferior de la figura), que resulta el dióptrico buscado.

La longitud $5^{\text{mm}},5$ debe de ser el radio de curvatura del ojo simplificado, porque en el ojo reducido, formado de un solo dióptrico, el centro de curvatura debe coincidir con el punto nodal, y el punto nodal del que deseamos construir, equivalente á un ojo completo, debe de estar colocado á una distancia de la córnea igual á la diferencia de los dos focos de este ojo $\Phi'' - \Phi' = 5^{\text{mm}},5$.

Este dióptrico único tiene, pues, $5^{\text{mm}},5$ de curvatura y distancias focales $\Phi' = 16,5$; $\Phi'' = 22$, iguales á las del ojo esquemático. Es el equivalente del ojo completo.

Este es el ojo reducido de Listing. Donders ha introducido en óptica fisiológica un ojo reducido más corto, pues tiene 5^{mm} de radio; este ojo es demasiado corto en $\frac{1}{10}$. Para obtener cálculos exactos con el ojo de Donders, es necesario multiplicar los resultados por 1,1; pero en la práctica nos podemos contentar con los números redondos del ojo reducido indicado por el fisiólogo holandés y admitir las constantes fáciles de recordar: $R = 5$, $\Phi' = 3 R = 15$, $\Phi'' = 4 R = 20$.

CAPÍTULO III

Anomalías de la refracción y de la acomodación

Expondremos en este importante capítulo los vicios de refracción, es decir, todo lo concerniente á la hipermetropía, miopía y astigmatismo. Al mismo tiempo, de paso, estudiaremos con cuidado, los diversos procedimientos de exploración (imagen invertida, imagen derecha, etc.) que son necesarios para el diagnóstico de estas afecciones y que sirven también para el estudio de las lesiones de las membranas profundas, de las que nos ocuparemos más adelante. Las anomalías de la acomodación tienen también su lugar marcado en este capítulo.

§ 1.—DEFINICIÓN DE LOS DIVERSOS ESTADOS AMETRÓPICOS. SU CORRECCIÓN POR LAS LENTES

El sistema colectivo que constituye el dióptrico ocular, reúne los rayos incidentes en la retina en una imagen real. Según el cálculo y la experiencia, esta imagen se forma 23 milímetros por detrás de la superficie de la córnea, en el foco posterior del sistema; para ello es, sin embargo, preciso que la acomodación esté en reposo y los rayos sean paralelos, para lo cual, en la práctica, es necesario vengan de una distancia mínima de 5 metros.

Al ojo estático, ó sea con la acomodación en reposo, se le llama emetrope cuando reúne los rayos luminosos en la retina; si así no sucede, el ojo es emetrope: miope, hipermetrope ó astigmico.

1.º **Emetropia.**—El ojo emetrope es aquel que, en estado de reposo, está adaptado al infinito, es decir, que reúne en su retina los rayos emanados del infinito. Posee entonces por consiguiente su *mínimum* de refringencia, está adaptado á la mayor distancia posible; el punto más lejano de la visión, el *punctum remotum*, está en el infinito.

Cuando este ojo emetrope sale de su inacción, varía la curvatura del cristalino, su poder refringente aumenta y el ojo se adapta entonces á una menor distancia.

El ojo esquemático emetrope debe tener $22^{\text{mm}},8$ desde el vértice de la córnea, primera superficie refringente,

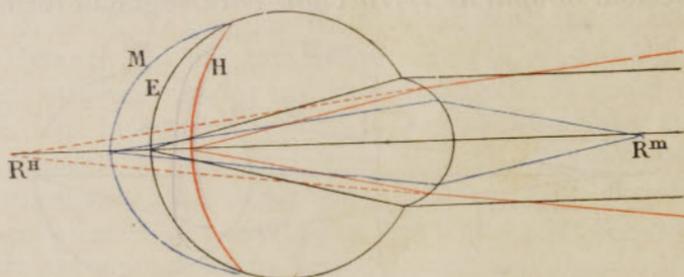


Fig. 11.—Definición de la emetropía, de la hipermetropía y de la miopía.

hasta la fosa central de la retina, segundo foco. Añadiéndole el espesor de la coroides y de la esclerótica, llegamos á $24^{\text{mm}},1$ como longitud total del ojo emetrope.

Hay otra propiedad característica de la emetropía; todos los rayos que emanen del fondo del ojo, de un vaso iluminado de la retina, por ejemplo, salen de la córnea paralelamente. Esta propiedad, corolario de la primera, es muy importante que la recordemos; ya la encontraremos al hablar de la imagen directa.

2.º **Miopía.**—La miopía, que Donders quiso llamar braquimetropía, es aquel estado del ojo en el cual la retina se halla situada por detrás del foco del sistema dióptrico. Los rayos paralelos se reúnen por delante de la retina, siguen su marcha divergente y van á formar sobre esta membrana un círculo de difusión.

Si el objeto colocado en el infinito lo acercamos hasta R, por ejemplo, se aleja la imagen del foco principal y llega hasta la retina.

Este vicio de refracción puede depender de dos causas muy distintas:

1.º El ojo es más largo que en estado normal, la imagen se forma á $22^{\text{mm}},8$ de la córnea, pero por delante de la retina: *miopía axial*.

2.º El aparato dióptrico es demasiado potente por modificación: a) de las superficies del cristalino y de la córnea: *miopía de curvatura*; b) del valor de los índices de refracción: *miopía de refracción*. Esta segunda forma es

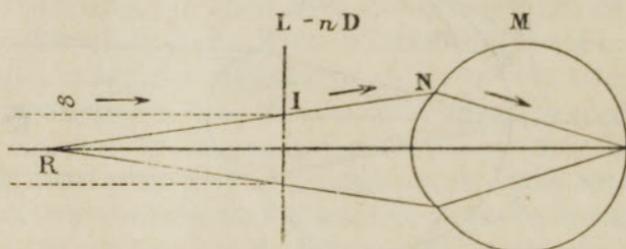


Fig. 12.

rara; la miopía de curvatura es algo más frecuente, pero la que existe con mayor frecuencia es la miopía axial.

La miopía alcanza grados sumamente variables según la distancia á que es necesario colocar el objeto R para obtener su imagen sobre la retina. El ojo es tanto más miope cuanto más debamos acercar el objeto; si éste se acerca á 1 metro, la miopía es $\frac{1}{1}$; si á $0^{\text{m}},50$, la miopía será de $\frac{1}{0,50}$ y designando en general para todos los casos por R la distancia del *punctum remotum* al ojo, el grado de miopía estará representado por $\frac{1}{R}$.

La expresión del grado de miopía es, pues, idéntica á la del poder refringente de una lente; una lente que tenga un metro de distancia focal, tiene un poder refringente de 1 dioptria ó $\frac{1}{f}$, es decir, igual á la inversa de la distancia focal expresada en metros; si la longitud focal es

de 0,50, tiene un poder refringente de $\frac{1}{0,50} = 2$ dioptrias; si el foco es de 0,25, un valor de 4 dioptrias, etc.

El miope está, pues, colocado en las condiciones de un emetrope que ayudado por una lente convexa aumentase el poder refringente de su aparato dióptrico. Colocando delante del ojo de un emetrope una lente convexa de 1 dioptria, el *remotum* se coloca á 1 metro, el ojo por lo tanto es miope de 1 dioptria; con una lente de 3 D, el *remotum* estará á 33 centímetros y el ojo será miope de 3 D y así sucesivamente. La expresión 1, 2, 3, 4 D de miopía, indica, pues, que la fuerza refringente del ojo es de 1, 2, 3 ó 4 D excesiva. Resulta de aquí que si colocamos delante del ojo una lente cóncava, disminuimos el poder refringente de una cantidad igual al poder de la lente. Una lente cóncava de 1 D suprimirá el exceso de refringencia de un ojo miope de 1 D; el individuo adquiere entonces las condiciones generales de la ametropia. Esta lente, que corrige la ametropia, recibe el nombre de lente correctora.

3.º Hipermetropia.—El hipermetrope, hablando con toda propiedad, carece de *punctum remotum*; este punto es virtual, por detrás de la retina, los rayos que van á for-

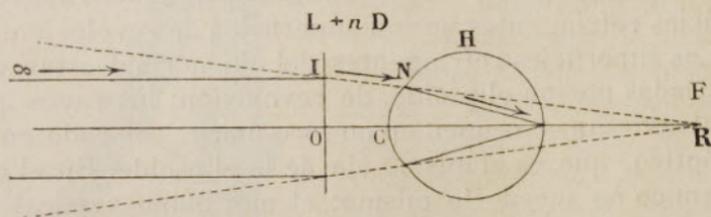


Fig. 13.

mar una imagen retiniana llegan convergentes; de aquí resulta que ningún objeto es visto limpiamente, porque no existe ningún objeto que emita rayos convergentes. Para obtener una imagen limpia, el hipermetrope debe remediar esta convergencia aumentando la fuerza de refracción de su ojo.

En la práctica obtenemos este resultado colocando de-

lante del ojo un cristal convexo, que reúne sobre la retina los rayos emanados del infinito; este cristal mide el vicio hipertrópico. Suponemos aquí que el ojo está en reposo y que su aparato acomodador no entra en juego.

La hipermetropia es tanto más fuerte cuanto más cerca del ojo está el remotum é inversamente. De igual modo que para la miopía, su grado puede evaluarse por la fórmula $\frac{1}{R}$. Si $R = 25$ centímetros, la hipermetropia es de 4 dioptrias. Teóricamente, si colocamos una lente convexa de 4 D en su punto principal, debemos corregir su vicio de refracción, pero el cristal se coloca en la práctica á 15 milímetros de la córnea, ó sea, en este caso particular, á 26^{mm},5 del remotum; la lente correctora tendrá, pues, 26^{mm},5 de foco, ó sea un valor $\frac{1}{26^{\text{mm}},5} = 3$ dioptrias 75.

Por consiguiente, en la hipermetropia, el cristal corrector es siempre más débil que el grado verdadero del vicio de refracción.

Como en la miopía, la hipermetropia es comúnmente de origen axil.

4.º Astigmia (1).—El ojo astigmico es aquel cuyas superficies refringentes no son superficies de revolución.

Las superficies refringentes del ojo normal están engendradas por un elipsoide, de revolución; los rayos que las atraviesan se reúnen en un foco único, colocado en el eje óptico, que es el mismo eje de la elipsoide. En el ojo astigmico no sucede lo mismo; el meridiano vertical de la córnea, por ejemplo, posee un radio más corto que el meridiano horizontal, la curvatura del primero estará más acusada, y, por consiguiente, su refringencia será mayor. Esta diferencia de curvatura de los meridianos constituye, propiamente hablando, la astigmia (véase capítulo III, párrafo 7).

(1) A las voces *astigmatismo* y *astigmático* prefiere el autor las voces *astigmia* y *astigmico* por ser más sencillas; términos que han sido empleados por primera vez por G. Martín (de Burdeos).

La astigmatia es regular ó irregular: regular cuando en un mismo meridiano el poder refringente es siempre igual; irregular cuando en un mismo meridiano se encuentran diferentes curvaturas. Puede suceder que la córnea esté deformada hasta tal punto que desafíe todo análisis, la formación de las imágenes no ofrece entonces nada preciso, y puede suceder que á veces tengamos que renunciar á remediar este vicio de refracción por medio de cristales correctores.

El cristalino desempeña á veces

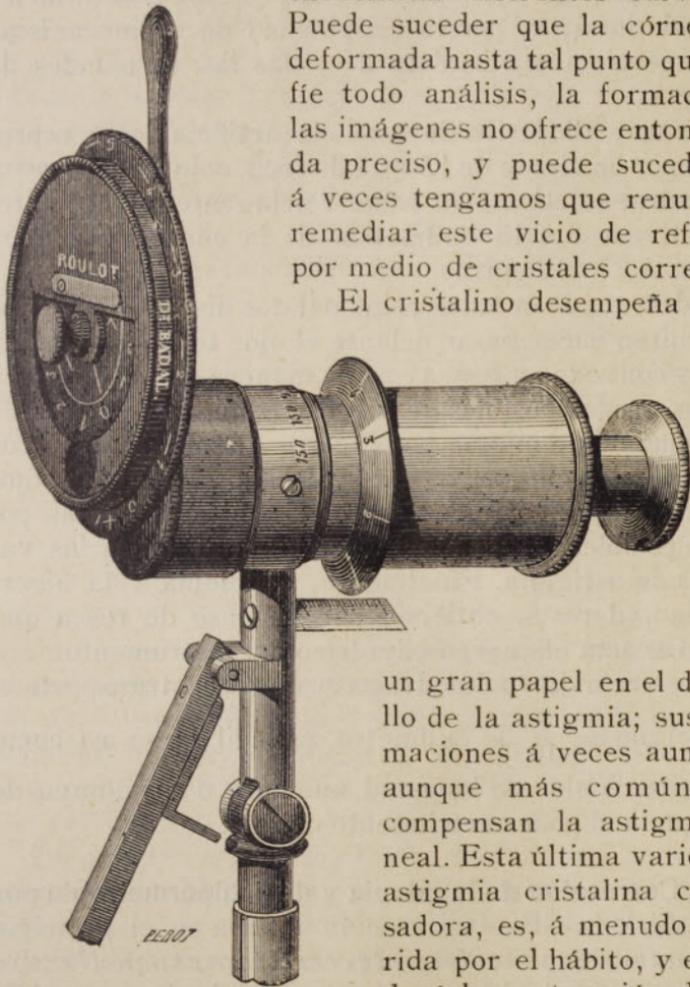


Fig. 14. — Ojo artificial del profesor Badal.

un gran papel en el desarrollo de la astigmatia; sus deformaciones á veces aumentan, aunque más comúnmente compensan la astigmatia corneal. Esta última variedad de astigmatia cristalina compensadora, es, á menudo, adquirida por el hábito, y es debida á la contracción desigual del músculo ciliar, que ejerce así sobre el cristalino una influencia irregular. Ya insisti-

remos en ello más adelante (véanse págs. 41 y siguientes).

Estos distintos estados del ojo humano, emetropia y vicios ametrópicos, pueden ser representados por apar-