

en la investigación del remotum y del próximum y en la aplicación de la fórmula  $A = P - R$ . En el emetrope,  $R$ , estando situado en el infinito, iguala á 0, por lo tanto,  $A = P$  y la amplitud de acomodación del emetrope es igual á una lente convexa de foco equivalente al próximum.

En el hipermetrope, que tiene un remotum negativo y hace un primer gasto de acomodación para transportarlo al infinito, la fórmula se transforma en  $A = P + R$ . Por el contrario, en el miope la amplitud de acomodación es tanto más pequeña cuanto más cercano está  $R$  (para un mismo próximum)  $A = P - R$ . Cuando, por consiguiente, el sujeto es miope ó hipermetrope es necesario conocer muy exactamente el grado de su vicio de refracción, conocer el valor de  $R$  antes de buscar el de  $P$ .

Un medio mediocre, pero muy práctico, para conocer la amplitud de acomodación, consiste en presentar al emetrope, colocado á 5 metros de la escala, una serie de lentes cóncavas, hasta que le comiencen á enturbiar la visión; serán neutralizadas por el esfuerzo acomodador mientras el poder negativo de las lentes no sobrepuje el poder positivo de la acomodación. Un niño de diez años podrá, de este modo, ver á través de una lente cóncava de 14 D; la lente 15 comenzará á enturbiar la limpieza de su visión, es evidente que el cambio de curvatura de su cristalino equivale á una lente positiva de 14 D. Este medio no es bueno y nos da tan sólo una aproximación relativa, por causa del poder achicador de los cristales cóncavos, que disminuye de este modo notablemente la agudeza visual y falsea la interpretación de los resultados.

La medición de la amplitud de acomodación con el optómetro de Badal no tiene este inconveniente, por cuyo motivo este instrumento es precioso en la investigación de la amplitud de acomodación. Tendremos ocasión de insistir más tarde sobre este punto.

### § 7.—DE LOS OPTÓMETROS

Los optómetros tienen sobre los cristales de ensayo dos ventajas principales, lo que explica su uso: primera-

mente, al colocar el ojo en el anteojo, el enfermo relaja su acomodación más completa y fácilmente que para leer la escala á cinco metros (1); en segundo lugar, cuando se sospeche una superchería, podemos, maniobrando rápidamente el instrumento y exigiendo contestaciones inmediatas, llegar más fácilmente que con el método de Donders al descubrimiento de la simulación.

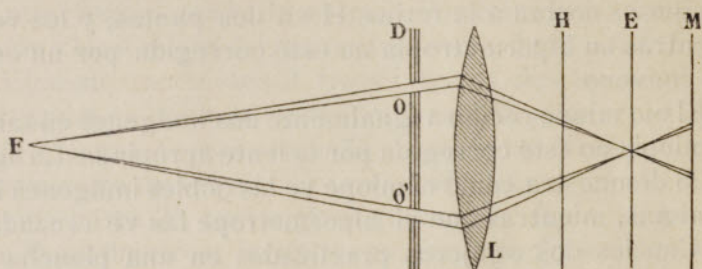


Fig. 27.—Experimento de Scheiner.

Los optómetros imaginados por los oculistas son numerosos, pero hablaremos tan sólo de los que están basados: 1.º, sobre el experimento de Scheiner; 2.º, sobre el principio del anteojo astronómico y las leyes de las lentes convexas, centradas y asociadas.

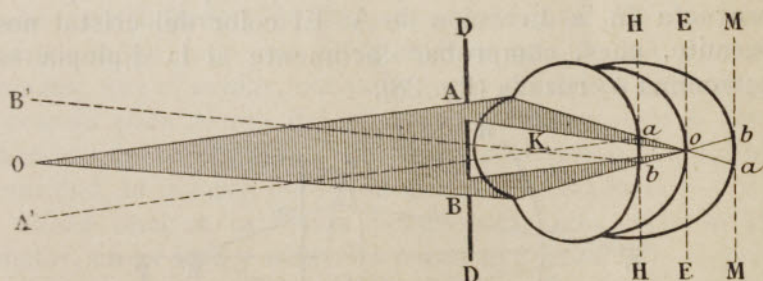


Fig. 28.—(Según Landolt).

**1.º Método de Scheiner.** — En un diafragma cualquiera practiquemos horizontalmente dos pequeños orificios, separados por una distancia menor que la anchura pupilar. Por estos orificios O y O' el sujeto mira un objeto iluminado ó una pequeña llama colocada á 5 metros, para que mande al ojo rayos paralelos (fig. 27). En la figura los

(1) Lo contrario se admite por muchos autores.—*N. d. T.*

rayos emanados del punto F son muy divergentes, porque en el dibujo no ha sido posible situarle más lejos.

Si la acomodación está en reposo, los dos haces luminosos al reunirse sobre la retina forman una imagen única en el ojo emетроpe, cuya retina está en el foco E de los rayos paralelos.

El ojo hipermetrope ve dos imágenes, porque los haces luminosos cortan á la retina H en dos puntos, y los verá mientras su hipermetropía no esté corregida por un cristal convexo.

El ojo miope recibirá igualmente dos imágenes en tanto su miopía no esté corregida por la lente apropiada. La figura 28 demuestra cómo el miope ve las dobles imágenes homónimas, mientras que el hipermetrope las ve cruzadas.

Con los dos agujeros practicados en una plancha de madera ennegrecida y provistos de cristal rojo uno y verde el otro, el miope ve dos imágenes homónimas de la llama, es decir, de igual color que el cristal colocado del lado correspondiente; el hipermetrope las ve cruzadas. En efecto, supongamos en A el cristal verde y en B el rojo; los rayos que pasan por A van á *a* y se proyectan según A' en el hipermetrope, mientras que el miope los proyecta en la dirección de A. El color del cristal nos permite, pues, comprobar fácilmente si la diplopía es homónima ó cruzada (fig. 28).

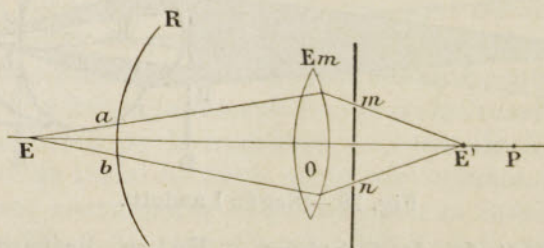


Fig. 29

Con la misma experiencia apreciamos el poder de acomodación; en efecto, al acercar la llama más acá de cinco metros, será vista simplemente hasta el primum; pero si la acercamos más, se producirán, sobre la retina, dos imágenes *a b* (fig. 29).

Del mismo modo puede el miope conocer su remotum, ya que viendo dos imágenes de la vela situada á cinco metros, al acercarla llegará á su remotum y entonces la verá sencilla; si continuamos acercándola y el sujeto acomoda, parecerá sencilla en tanto que esté colocada entre el próximum y el remotum.

La excursión de la bujía indica de este modo la situación del remotum (el grado de miopía), el recorrido de la acomodación y la situación del próximum (poder de acomodación).

Ejemplo: un miope á través de los dos agujeros del diafragma ve doble la bujía á cinco metros; acercando la bujía alcanza á verla sencilla á un metro (remotum); la miopía es de una dioptria; continuando acercándola la ve sencilla hasta 25 centímetros (recorrido de la acomodación 75 centímetros), luego reaparece doble (proximum á 25 centímetros), el poder de acomodación es de tres dioptrias, ya que para ver á 25 centímetros el sujeto necesita 4 dioptrias, de las cuales una está suministrada por la miopía.

**2.º Optómetros basados en el principio del antejo astronómico y sobre las leyes de las lentes asociadas y centradas.**—Sabemos que el antejo astronómico se compone esencialmente de dos lentes convexas. El objetivo forma en su foco una imagen invertida de los objetos lejanos, que el ocular, obrando como cristal de aumento, agranda para el ojo del observador. Acercando ó alejando la lente objetiva, acercamos ó alejamos, de igual cantidad, la imagen invertida que está en su foco.

Esta imagen invertida puede estar, con relación al ocular, en su foco y más allá ó más acá de él. En el primer caso el observador recibe los rayos paralelamente, en el segundo convergentes, y divergentes en el tercero, y se comprende que así podamos medir la refracción del ojo.

Sobre este principio se basan los optómetros de Parent y de Sous, cuya ventaja evidente consiste en que el enfermo mira un objeto colocado á gran distancia, cinco metros por lo menos, la escala ordinaria de agudeza visual, por ejemplo. Pero más sencillo y menos costoso el de Badal, aunque más antiguo, es más comúnmente usado.

El optómetro de Badal se compone de una sola lente convexa que se asocia con el dióptrico del ojo, y cuyo foco principal posterior coincide con K, punto nodal ó centro de la refracción del ojo.

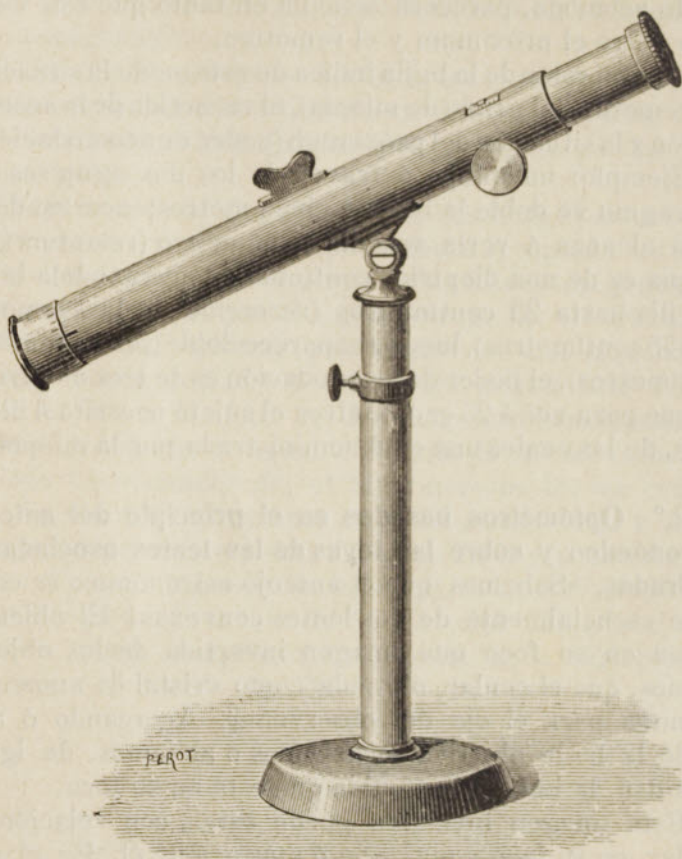


Fig. 30.—Optómetro de Badal.

«Consiste en un tubo cilíndrico de cobre, de 30 centímetros de longitud, que podemos subir, bajar é inclinar en todas direcciones, en cuyo interior hay, á 63 milímetros de la abertura ocular, una lente convexa de 63 milímetros de foco. Por detrás de esta lente se mueve, á beneficio de un piñón dentado y de una cremallera, una placa de cristal deslustrado, que lleva á la izquierda una

reducción fotográfica de la escala de Snellen; á la derecha la figura de varios naipes para los analfabetos, y entre ambas un sistema de líneas para medida de la astigmatia, todo visto por transparencia. Esta pantalla de prueba puede cambiar su sitio, desde la lente hasta el extremo del tubo. Así los rayos luminosos, que lleguen al ojo, pueden presentar todos los grados de convergencia ó divergencia que corresponden á los distintos estados de refracción estática ó dinámica.

»La graduación decimal marcada sobre el tubo, parte de  $+15$  dioptrias y llega á  $-20$  pasando por 0. Para la astigmatia está marcada en la circunferencia de la abertura posterior del instrumento.

»Su construcción se basa en la siguiente proposición: una lente de distancia focal  $f$ , separada del punto nodal del ojo por una distancia igual á  $f$ , hace ver un objeto, cualquiera que sea su situación, bajo un ángulo visual invariable, el mismo que si este objeto ocupara la posición de la lente.

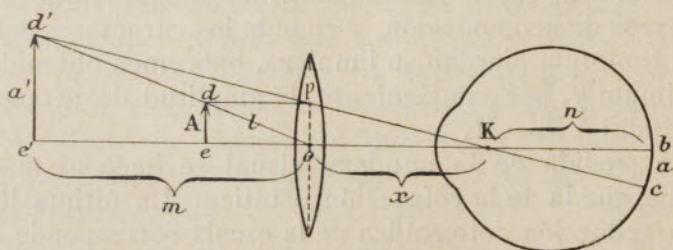


Fig. 31.

»Siendo  $x = f$ , supongamos que  $a$  y  $a'$  son imágenes del objeto A. Para obtener  $a'$ , unamos el punto  $d$  con el centro de refracción  $o$  de la lente. Desde el mismo punto  $d$  tracemos una paralela al eje hasta encontrar la lente en  $p$ ; unamos los puntos  $p$  y  $K$ , este último foco principal de la lente. El punto  $d'$ , en donde se cruzan las dos líneas  $od$  y  $Kp$ , es la imagen del punto  $d$ . La de  $e$ , que debe estar situada sobre el eje y en la perpendicular á él trazada desde  $d$ , se encontrará, por consiguiente, en el punto  $e'$ . Por lo

tanto, si bien el tamaño de la primera imagen  $a'$  varía con la distancia del objeto á la lente, el ángulo  $d'Ke'$  queda invariable, y como el punto  $K$ , foco principal de la lente, es á la vez el centro de refracción del ojo, los ángulos  $d'Ke'$  y  $bKc$ , bajo el cual es vista la imagen  $a'$ , son iguales. La imagen retiniana  $a$  tendrá, por lo tanto, tamaño constante (1).»

Además, el cálculo y la experiencia demuestran que á transportes iguales corresponden iguales variaciones en la refracción del ojo examinado. Este transporte para la unidad de valor de refringencia, la dioptria, es igual al cuadrado de la distancia focal de la lente convexa.

Para diagnosticar la refracción con este aparato, hay que determinar el punto más lejano, donde colocada la pantalla, lea el sujeto los caracteres más finos de la escala, y el índice nos indica en dioptrias el grado del vicio de refracción. Este resultado es siempre exacto, con tal que movamos lentamente la pantalla de prueba.

Una vez obtenido el remotum, acercamos lentamente la pantalla al sujeto examinado, invitándole á que haga esfuerzos de acomodación, y cuando los caracteres leídos en el remotum pierdan su limpieza, habremos obtenido el próximum y, por consiguiente, la amplitud de acomodación igual á  $P - R$ .

La medida de la agudeza visual se hace al mismo tiempo que la de la refracción estática. La última línea de la reducción fotográfica de la escala corresponde á la agudeza visual 1, la penúltima á  $2/3$  y así sucesivamente.

Para lograr con el optómetro las mejores indicaciones es preciso que la pantalla que lleva la escala esté convenientemente iluminada, lo que se logra orientando el tubo hacia una ventana. Comenzamos haciendo formar la imagen más allá del remotum, alejando lo suficiente la pantalla de la lente, y luego la aproximamos hasta obtener el

(1) Hay que observar, no obstante, que la igualdad en tamaño de las imágenes retinianas no puede ser absoluta, toda vez que en las ametropías varía la distancia  $Kb$ , lo que significa que el arco  $bc$  será menor en el hipermetrope, mayor en el emetrope y aun más grande en el miope.—*N. d. T.*

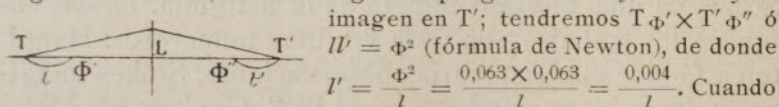
máximo de agudeza visual, tanteando después el punto donde la visión comienza á disminuir por medio de pequeños movimientos de separación.

Es evidentemente indispensable que en este examen la acomodación del sujeto esté tan relajada como sea posible, para lo cual haremos que tenga ambos ojos abiertos; pero si le es imposible conservar abierto el ojo no examinado, lo cubrirá con su mano sin comprimirlo.

¿Cuál es, pues, el mejor método, el de Donders ó el del optómetro? En ambos procedimientos es necesaria la relajación del músculo ciliar, pero lo solicitan de un modo algo diferente cada uno de ellos. El poder dióptrico de las lentes de ensayo que se colocan delante del ojo cambia rápidamente, lo que exige una relajación brusca del músculo, cuyas fibras lisas no están acostumbradas á tal precipitación. Con el optómetro, si movemos el tornillo muy lentamente, el objeto se transporta también muy paulatinamente y la acción del ciliar desaparece con mayor facilidad.

El optómetro de Badal (1) da una medida más exacta de la ametropía, puesto que el foco de la lente coincide con el punto nodal del ojo y obtenemos, gracias á este requisito, la hipermetropía ó la miopía real, mientras que en el método de Donders la lente está colocada siempre á cierta distancia del ojo, dando, por lo tanto, para la hipermetropía, una cifra demasiado baja, y alta para la miopía; pero es éste un inconveniente insignificante en

(1) Relativamente á la graduación del optómetro de Badal, recordemos aquí la demostración clásica. — La lente (16 D) tiene una longitud focal de 0,063. En la figura supongamos el objeto en T y su



el centro óptico del ojo observador coincida con  $\Phi''$ , si el remoto está en T', podremos evaluar el vicio de refracción N por medio de la ecuación  $N = \frac{1}{l} = \frac{l}{0,004}$ ; para que N valga una dioptria es necesario que  $l = 0,004$ ; N valdrá 2 D si  $l = 0,008$  y así sucesivamente; por lo tanto, el instrumento estará graduado de 4 en 4 milímetros, tanto hacia allá como hacia acá de  $\Phi'$ .



la práctica, ya que el sujeto llevará sus lentes á la misma distancia del ojo que las llevaba en el momento del examen.

Sin embargo, el optómetro Badal tiene, sobre el método de Donders, la ventaja incontestable de dar la verdadera agudeza visual del sujeto, cualquiera que sea su refracción.

### § 7.—LA ASTIGMIA

1.º **Historia.**—El estudio de la astigmatia es relativamente muy reciente, pues hace tan sólo treinta y tres años que tal cuestión ha entrado definitivamente en la práctica corriente de la oftalmología.

Young fué el primero que, en 1800, estudió esta anomalía de la refracción: descubrió en sí mismo que la distancia más lejana de su visión distinta era de 7 pulgadas en el plano horizontal y de 10 pulgadas en el vertical. Inmergiendo su córnea en el agua, para suprimir su refringencia, la diferencia de la refracción entre los dos meridianos continuaba siendo la misma. Esta anomalía era, pues, debida al estado de su cristalino. Young estaba afecto de una astigmatia cristalina.

Este descubrimiento pasó durante largo tiempo desapercibido á pesar de que Fischer, en la misma época, señalaba frecuentes anomalías en las curvas de la córnea. Un relojero, Chamblant, usaba cristales cilíndricos, sin darse cuenta, sin embargo, de su manera de obrar.

En 1827, Aíri estudió las lentes cilíndricas; en 1845, Sturm da una teoría completa de la astigmatia. Desde entonces los trabajos son cada vez más numerosos: Hamilton y Goode publican varias observaciones; Stokes imagina su doble lente cilíndrica, y en 1852, Goulver (de Metz) corrige, por medio de los cilindros, numerosos casos de astigmatia.

Finalmente, Helmholtz construye su oftalmómetro, que mide los meridianos de la córnea, y en 1859 y 1862, Knapp demuestra toda su importancia; igualmente, en 1862 Don-

ders publica su inmortal trabajo sobre la astigmatia y las lentes cilíndricas. Desde este momento el estudio de la cuestión estuvo á la orden del día, los trabajos fueron cada vez más numerosos, siendo de justicia citar los de Javal, que describió en 1865 su astigmómetro binocular, y en 1881 imaginó, junto con su discípulo Schiötz, el oftalmómetro práctico que es ahora clásico.

## 2.º **Visión de los astigmicos; de las lentes cilíndricas.**

—La astigmatia está caracterizada por el hecho de que los rayos luminosos que emanan de un punto, no se reúnen, después de sufrir la refracción del ojo, en un solo punto.

Presentando siempre la córnea una forma más ó menos irregular (Knapp), las astigmias son sumamente frecuentes, pero la visión no está manifiestamente perturbada más que en el caso en que la diferencia del valor refringente de los distintos meridianos sea algo considerable. Una córnea absolutamente regular tiene la forma de un elipsoide de tres ejes desiguales; en este caso, los meridianos todos presentan la misma refringencia (1).

(1) Los alumnos comprenderán fácilmente la córnea astigmática distinguiéndola de la bien conformada por medio de una comparación: supóngase que hemos fabricado un globo ocular de yeso, y para dar curvatura perfecta á su córnea, la regularizamos con una muela cóncava que hacemos girar en un torno, con cuya operación quedará tan perfecta en su forma curva, que todos los puntos de la superficie tendrán el mismo radio de curvatura, y podrá representarnos la córnea normal.

Tomemos una vesícula ó pelota de caucho y con cortante navaja separemos de ella un casquete que nos representará una córnea elástica como la humana; mojemos con tinta la superficie de sección del casquete esférico y dejémosle sobre un papel, á fin de reproducir su contorno circular; midamos el diámetro de la circunferencia en varias direcciones y veremos que en todas ellas es igual. Si luego comprimimos esta córnea artificial con el pulgar y el índice colocados en los extremos de un mismo diámetro, é impresionamos otra vez el papel mientras dura la compresión, veremos que el diámetro comprendido entre los dedos disminuye y aumenta el perpendicular á él, lo que significa que la curvatura de la córnea ha aumentado en el sentido de la compresión, pues tiene radio menor, y ha disminuído en el perpendicular.

La primera córnea se llama de revolución, su curvatura no puede

Quando estos meridianos son diferentes, el vertical es comúnmente el más curvo, y el horizontal el que lo es menos; la astigmatia es entonces *conforme á la regla ó directa*. Si el horizontal es el más refringente, el más curvo, la astigmatia es *contraria á la regla ó inversa*.

Los meridianos que tienen el *mínimum* y el *máximum* de refringencia, son perpendiculares entre sí, y se llaman meridianos *principales*. El ojo astigmico que presenta dos meridianos principales, está afecto de astigmatia *regular*. En la irregular la córnea es asiento de deformaciones múltiples, resultantes de queratitis crónicas, manchas más ó menos antiguas, etc.; esta variedad de astigmatia tan sólo se mejora con el agujero estenopeico y su corrección presenta á menudo grandes dificultades.

Para darse cuenta del modo como la visión se efectúa en los casos de astigmatia regular, es preciso estudiar la próxima figura esquemática, original de Imbert (fig. 32).

El sólido, colocado á la izquierda, representa una córnea cuyo meridiano vertical  $V'AV$  es más curvo que el horizontal  $H'AH$ ; los rayos incidentes paralelos se reunen en  $F$  cuando se refractan según el meridiano vertical y en  $F'$  en el horizontal.

Supongamos la retina en  $F$ ; el meridiano vertical estará adaptado para los rayos paralelos, será emетроpe. Todos los rayos emanados de un punto colocado más allá de los 5 metros formarán un punto al ser refractados según este meridiano, mientras que los refractados según el meridiano horizontal, formarán sobre la retina una línea horizontal. Un razonamiento análogo nos hace comprender lo que pasará si, por el contrario, la retina está colocada en  $F'$  (1).

ser más perfecta y tiene sólo dos ejes: el de revolución, que se confunde con el óptico, y el diámetro de la curva de la muela. La segunda tiene la misma imperfección que una córnea astigmática regular y, como ella, posee tres ejes: el óptico y los dos diámetros de las curvas de los meridianos de mayor y menor curvatura, perpendiculares entre sí.—*N. d. T.*

(1)  $V'AV$  representan el meridiano vertical de la córnea astigmática y  $H'AH$  el horizontal; aquél más convexo que éste, forma el foco más cerca en  $F$  y el horizontal en  $F'$ .

De este modo, el punto luminoso exterior se pinta por una línea, cuando es visto con ayuda del meridiano no adaptado. En lugar del punto, supongamos una línea luminosa adaptada según el meridiano vertical, la que puede ser considerada como una serie de puntos, y cada

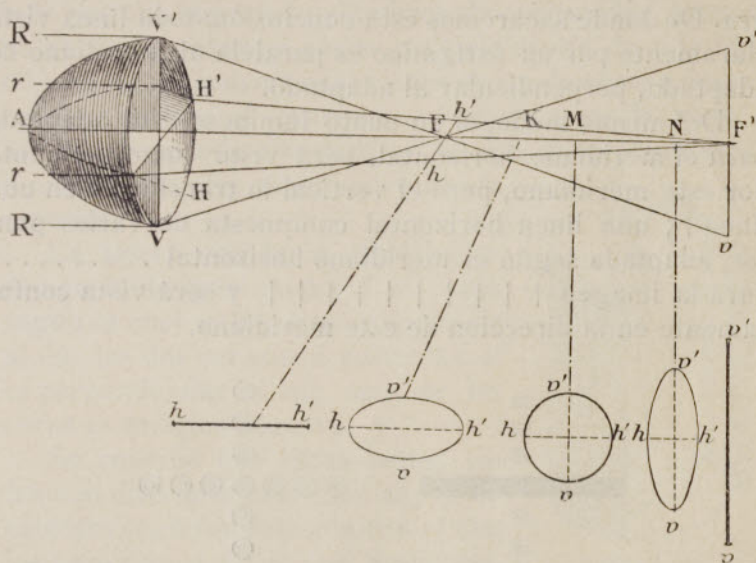


Fig. 32.—(Según Imbert.)

uno de ellos visto por el meridiano horizontal forma una línea que se continúa con las vecinas. La serie de puntos

Se dice que un ojo está adaptado con el meridiano vertical ó con el horizontal según su retina se encuentre en  $F$  ó en  $F'$ .

¿Cómo recibirá la imagen de un punto luminoso una retina situada en  $F$ ? Supongamos que los rayos  $RV'$  y  $RV$  proceden de los extremos del diámetro vertical del punto luminoso; sigámosles por detrás de la córnea, en su camino convergente, y les veremos confundirse en  $F$ . Veamos los  $rH'$  y  $rH$  que emanan de los extremos del diámetro horizontal, sigámosles también y veremos que no coinciden en  $F$ . De modo que el conjunto de los rayos luminosos emanados del punto al llegar á la retina será la línea  $h'Fh$ , como si su forma circular se hubiese convertido en lineal, porque si por arriba y abajo han coincidido todos los rayos, no lo han hecho por los lados. Con un raciocinio análogo, como dice el autor, se comprenderá que la situación de la retina  $F'$  dé á la imagen del punto la forma de una línea vertical; ella resulta de que por los lados coinciden los rayos y no por arriba ni por abajo.—*N. d. T.*

..... dará la imagen -----, y, como en toda línea los puntos se tocan, su imagen sólo se diferenciará de aquélla por su mayor longitud, debida á la transformación en línea de los dos puntos terminales. Esta línea, percibida por el meridiano no adaptado, será limpia, negra. De donde sacaremos esta conclusión: toda línea vista claramente por un astigmico es paralela al meridiano no adaptado, perpendicular al adaptado.

Del mismo modo, si un punto luminoso está adaptado para el meridiano horizontal, será visto como un punto por este meridiano, pero el vertical lo transforma en una línea |; una línea horizontal compuesta de varios puntos, adaptada según el meridiano horizontal ..... dará la imagen | | | | | | | | | y será vista confusamente en la dirección de este meridiano.



Fig. 33.

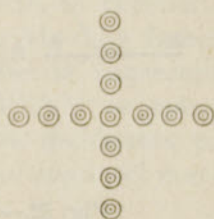


Fig. 34.

Un sencillo experimento demuestra la verdad de la conclusión precedente: delante de un ojo reconocidamente emетроpe, coloquemos una lente cilíndrica, cóncava ó convexa, y mirando una cruz formada de puntos, cuando el cristal está colocado con el eje vertical, los puntos verticales formarán cada uno una línea horizontal más ó menos marcada según la fuerza de la lente; los puntos horizontales sufren igual difusión, y alargándose transversalmente, se confunden mutuamente formando juntos una línea muy negra, difusa tan sólo en sus extremos (figuras 33 y 34). El cristal cilíndrico de eje vertical ha modificado el meridiano horizontal de la córnea, quedando el vertical adaptado: la línea, vista limpiamente, es perpendicular al meridiano adaptado.

¿Qué es, pues, una lente cilíndrica? Es la obtenida por la sección externa ó interna de un cilindro según un plano paralelo á otro diametral (figura 35). Las lentes cilíndricas son convexas ó cóncavas. La convexa está limitada de un lado por una superficie plana, y del otro lado por una superficie cilíndrica de convexidad externa. Si hacemos pasar un plano paralelo al eje de una lente cilíndrica, obtendremos dos superficies de separación paralelas; si, por el contrario, el plano corta la lente cilíndrica perpendicularmente á su eje, este plano estará limitado por una superficie esférica exterior.

La lente cilíndrica cóncava se comporta de igual modo; si el plano según el cual se la corta es paralelo al eje, las dos caras son paralelas; si es perpendicular al eje, una de las caras es esférica-cóncava.

Se concibe que estas lentes refracten diferentemente los rayos incidentes según su relación con el eje; los paralelos á él no son desviados, atraviesan una lámina de cristal de

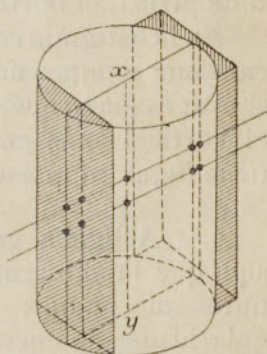


Fig. 35.

caras paralelas; los que llegan siguiendo un plano perpendicular al eje, sufren la misma desviación que si atravesaran una lente esférica.

En suma, las lentes cilíndricas son á la vez neutras y esféricas; es, por lo tanto, posible corregir con ellas uno de los meridianos de la córnea, dejando intacto el otro.

3.º **Astigmatia regular, simple, compuesta, mixta.**—Según la definición, la astigmatia presenta, en estado estático, tales medios dióptricos que uno de los meridianos de la córnea (si es ella la sola causa) posee el foco en  $F$ , que no coincide con el otro  $F'$  del meridiano perpendicular.

Si el  $F$  del meridiano vertical está situado en la retina, este meridiano es emetrope y el otro, el horizontal, es miope ó hipermetrope, según que  $F'$  esté situado por delante ó por detrás de la retina. Esta es la astigmatia *simple*.

Si de los dos focos ninguno está sobre la retina, ambos por delante ó por detrás, la astigmatia es *compuesta*. Los meridianos son ambos miopes ó hipermetropes.

Finalmente, si uno de los focos está por delante y otro por detrás de la retina, un meridiano es miope y otro hipermetrope, la astigmatia es *mixta*.

Cualquiera que sea la variedad de la astigmatia, un meridiano tiene su remotum en R, el otro en R'; su diferencia en dioptrias mide el grado de astigmatia:  $As=R-R'$ . Si, por ejemplo, el meridiano vertical es miope de 3 dioptrias, el horizontal de 2  $As=3-2=1$  dioptria.

En la astigmatia *conforme á la regla*, el meridiano vertical tiene siempre una curvatura mayor que el horizontal: si éste es emetrope, aquél es miope; si ambos son miopes el vertical lo es en mayor grado. La disposición inversa tiene lugar en la astigmatia *contraria á la regla*.

4.º **Astigmatia cristaliniana.** — Hemos supuesto hasta aquí que la diferencia del valor refringente de los distintos meridianos era debido exclusivamente á irregularidades de curvatura de la córnea; en efecto, así se explican el mayor número de astigmias, pero existe otra variedad, la cristaliniana.

Young, que la señaló el primero, debía su visión anormal á la inclinación del cristalino sobre su eje. Según Tscherning, el eje del cristalino no coincide generalmente con el eje visual, y la posición oblicua de la lente llevaría consigo la existencia de una astigmatia asimilable á la corneal contra la regla.

Algunas veces las contracciones irregulares del ciliar imprimen al cristalino formas anormales, que hacen variar la refringencia del meridiano correspondiente.

Es sobre todo interesante en la práctica estudiar la astigmatia cristaliniana en sus relaciones con la corneal.

Los meridianos de la córnea rara vez son absolutamente iguales, y, sin embargo, la visión es buena, lo que depende evidentemente del trabajo compensador que se efectúa en el cristalino.

Un astigmico joven puede remediar su defecto cor-

neal, aun siendo muy elevado, por medio de una contracción irregular de su músculo ciliar y ver perfectamente todos los radios del cuadrante. Amolda su cristalino á su córnea, haciendo corresponder al exceso de curvatura de ésta el minimum de curvatura de aquél. Es fácil darse cuenta de la existencia de las contracciones irregulares del ciliar paralizándolo por medio de la atropina; el mismo individuo que sin atropinizar no presenta ningún desorden visual, se torna astigmico una vez atropinizado, ya que su cristalino es incapaz de corregir la irregularidad corneal.

Por este motivo muchas veces la astigmia es ignorada, hasta que al reducirse la acomodación por la pérdida de elasticidad del cristalino, se pone de manifiesto. La astigmia latente se transforma entonces en manifiesta, y el sujeto hace grandes esfuerzos acomodadores que le conducen á la astenopia; quiere contraer irregularmente su ciliar para modificar la curvatura del cristalino y compensar con ella la irregularidad corneal; pero el cristalino no obedece, la lucha es inútil, y se traduce por jaquecas y dolores periorbitarios, que imposibilitan bien pronto todo trabajo.

La deformación irregular del cristalino es, en general, una tentativa de la naturaleza para remediar á la deformación inversa de la córnea. Mas á veces sucede que la contracción del ciliar rebasa la meta y la hipercorrección se traduce por una astigmia en sentido contrario, pero es más frecuente que la corrección sea insuficiente y la atenuación del defecto débil ó nula.

A pesar de su importancia, la astigmia cristaliniana no ocupa más que un lugar secundario; domina siempre la corneal, por cuyo motivo es preciso saberla reconocer y medir.

5.º **Diagnóstico de la astigmia, su notación.**—La astigmia puede ser apreciada por medios subjetivos y por medios objetivos.

a. *Determinación subjetiva de la astigmia.*—Puede hacerse según que el ojo haya sido atropinizado ó no: en



el primer caso mediremos tan sólo la astigmatia corneal, en el segundo la total, la que más importa conocer.

En la investigación subjetiva de la astigmatia, deben distinguirse dos casos bien diferentes: *a*, la astigmatia es simple; *b*, la astigmatia es mixta ó compuesta.

*a. Astigmatia simple.*—El sujeto afectado de astigmatia simple ve una línea ó un grupo de líneas más negras que las otras (fig. 36).

Importa entonces que el sujeto indique con mucha exactitud la línea que ve, línea negra, clara, muy limpia

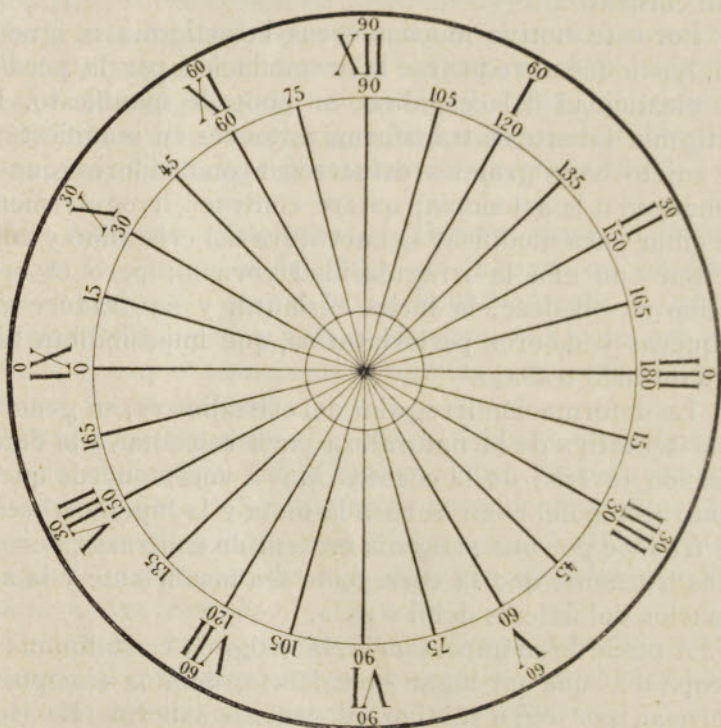


Fig. 36. — Esquema horaria para la determinación de la astigmatia.

y bien limitada. Supongamos que esta línea es la línea horizontal, que va de las nueve á las tres. De esto se deducirá que el meridiano vertical está adaptado: el vidrio cilíndrico deberá ejercer su influencia sobre el meridiano horizontal; el eje del vidrio será perpendicular á

este meridiano, y por lo tanto perpendicular á la línea vista con claridad.

De ahí la conclusión fundamental de que el vidrio cilíndrico deberá, en el anteojo, ocupar una situación tal que su eje sea perpendicular á la línea del cuadrante designada por el enfermo.

Conocida ya la posición del cilindro corrector, nos preguntaremos, ¿debe de ser cóncavo ó convexo? No es posible contestar á esta pregunta más que por tanteos sucesivos; probaremos dos ó tres de estos vidrios cilíndricos; el enfermo nos dirá con cuáles ve mejor, y ensayaremos entonces tan sólo los de la clase que hayan mejorado la vista, escogiendo, finalmente, aquel que haga ver igualmente negras todas las líneas de la esfera. El enfermo leerá las letras de la escala y observaremos mejora en su agudeza visual.

*b. Astigmia mixta ó compuesta.*—En este caso, el sujeto no ve en el cuadrante ninguna línea negra y conviene presentarle primero vidrios esféricos cóncavos ó convexos para adaptar uno de los meridianos de la córnea. Cuando ha podido hacerse la skiascopia, sábese de antemano si hay que utilizar una lente positiva ó negativa; si no se ha hecho la skiascopia, se procederá por tanteos. Se empezará por los cristales convexos, deteniéndonos en el cristal más fuerte que, corrigiendo un meridiano hipermetrope, permitirá ver una línea negra. Decimos el cristal más fuerte porque, en la hipermetropía, el sujeto, sobre todo si es joven, tiene siempre gran tendencia á ocultar su vicio de refracción; es preciso ofrecer al meridiano hipermetrope el cristal más fuerte que permita todavía ver la línea bien negra.

Si el cristal convexo no permite ver ninguna línea negra, se acudirá entonces al cristal cóncavo, no olvidando que en este caso deberemos detenernos en el cristal más debil posible que permita ver al sujeto la línea negra buscada; por lo que respecta al uso de estos vidrios esféricos, remitimos al lector á lo que precedentemente hemos dicho del método de Donders aplicado á la miopía y á la hipermetropía; para la miopía, debemos detenernos en el

crystal cóncavo más debil que dé la mejor agudeza visual, y para la hipermetropia, se va hasta el más fuerte, y del mismo modo hay que obrar respecto á los meridianos miopes é hipermetropes en la investigación de la astigmia.

Cuando mediante el esférico cóncavo ó convexo se ha obtenido la línea negra buscada, y se ha adaptado un meridiano, no hay más que adaptar el otro; entonces volvemos al caso de la astigmia simple, y con un vidrio cilíndrico cuyo eje sea perpendicular á la línea negra, se adapta el segundo meridiano.

Cuando al cristal cilíndrico debemos asociarle uno esférico, es conveniente, después de haber corregido la astigmia, ensayar si un cambio en la fuerza del esférico aumenta la agudeza visual.

Por lo que hemos expuesto, parece, pues, que la determinación de la astigmia sea cosa muy sencilla; desgraciadamente, hay en la práctica una causa de error muy frecuente, que consiste en la contracción irregular del ciliar. El sujeto hace á menudo esfuerzos de acomodación intempestivos, que le hacen ver á veces una línea más clara, á veces otra, é imposibilitan toda indicación sobre la elección de la lente. En este caso es necesario paralizar la acomodación á beneficio de la atropina, pudiendo medir seguidamente la astigmia corneal con la mayor facilidad y escoger la lente correctora, pero así y todo deberemos ensayar nuevamente esta lente, cuando haya reaparecido la acomodación, y á menudo tendremos necesidad de modificarla para hacernos cargo de la astigmia cristalina, á la que el enfermo no puede substraerse fácilmente.

b. *Determinación objetiva de la astigmia.*—Diferentes procedimientos, que más adelante estudiaremos, tales como la oftalmoscopia y la keratoscopia, permiten diagnosticar la astigmia; de momento debemos reducirnos á aprender á diagnosticar la astigmia corneal, con ayuda de las imágenes que se producen sobre la córnea en ciertas condiciones.

La superficie lustrosa de la córnea da una imagen de los objetos brillantes é iluminados que por su posición pueden reflejarse en ella; así vemos, sobre aquella mem-

brana, la imagen de una ventana, de un cuadro luminoso, de un círculo, situado de un modo conveniente. Ahora bien; es evidente que la forma de la imagen depende de la forma de la córnea; una córnea muy regular dará de una circunferencia una imagen más pequeña, pero igualmente regular y bien redonda; de un rectángulo de lados iguales, una imagen en forma de cuadrado perfecto.

Basándose en tales consideraciones, Plácido construyó en 1880 un aparato muy sencillo, compuesto de un disco de cartón ó de zinc, de 23 centímetros de diámetro, en una

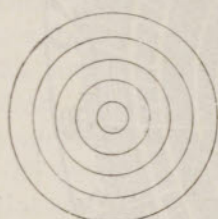


Fig. 37.

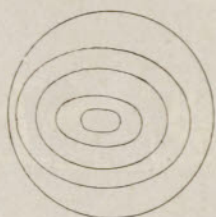


Fig. 38.



Fig. 39.

de cuyas caras se encuentra trazada una serie de círculos concéntricos, alternativamente blancos y coloreados, con una abertura circular de un centímetro en el centro, que permite introducir en ella un tubo provisto de una lente para agrandar la imagen.

El instrumento, sujeto por un mango, se coloca de modo que el ojo del enfermo mire á corta distancia dentro del tubo central, y estando el observado de espaldas á una ventana, sus ojos quedan en la sombra y el disco de Plácido está bien iluminado, viéndose entonces sobre la córnea todos los círculos del disco en imágenes regulares ó irregulares, según lo sean las curvaturas de la córnea examinada, reproduciéndose las figuras 37, 38 y 39.

Este sencillo aparato permite reconocer la existencia de la astigmia corneal sin graduarla; el queratómetro de Wecker y Masselon la gradúa imperfectamente, y con toda precisión el oftalmómetro práctico de Javal y Schiotz (fig. 40).

Este oftalmómetro se compone esencialmente de un anteojo formado por dos objetivos de igual distancia focal

y de un ocular. Entre aquéllos está colocado un prisma birrefringente, que da dos imágenes de todo objeto mirado á través del anteojo.

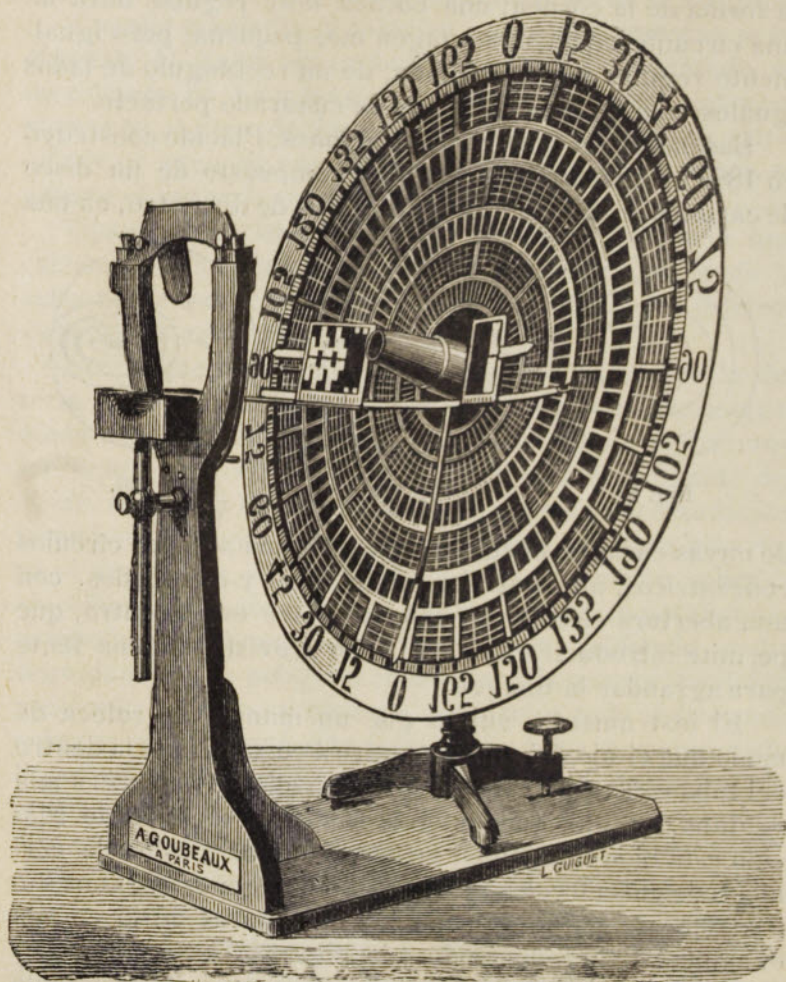


Fig. 40.—Oftalmómetro de Javal y Schiotz.

El ojo que se examina se coloca en el foco del primer objetivo, detrás de un marco que sirve para mantener inmóvil, la cabeza; la imagen que da este ojo forma en el foco del segundo objetivo una imagen igual al objeto é

invertida, vista á través del ocular del antejo. De este modo se observa lo que ocurre en la córnea, de tal suerte que en ella se ve muy distintamente la imagen de las dos miras blancas, situadas á cada lado del antejo en un eje que gira por delante de un gran disco graduado.

Estas miras de esmalte blanco están formadas, la una de un rectángulo cortado en su centro por una línea negra, la otra de una figura de peldaños de escalera, igualmente divididos por una línea media. Cada una de estas miras forma sobre la córnea una imagen y cada imagen es desdoblada por la acción del prisma birrefringente de tal suerte que se obtiene la figura 41.

El gran disco permite leer los ángulos sin apartar el ojo del ocular, y la aguja fijada perpendicularmente al eje giratorio permite ver, sin calcular, si los meridianos principales son perpendiculares entre sí. Este disco lleva una graduación regular desde  $0^{\circ}$  á  $180^{\circ}$ , escrita con cifras invertidas, de tal modo que al reflejarse en la córnea se ven directas, permitiendo leer la dirección exacta de los meridianos principales.

En la práctica se ha reconocido la inutilidad del gran disco representado en la figura 40, y ha sido suprimido en los nuevos modelos, reemplazándolo por otro mucho menor con una serie de circunferencias que, al reflejarse en la córnea, permiten enfocar con facilidad y colocar las miras en el sitio conveniente.

Entre las modificaciones más recientes que ha sufrido el instrumento de Javal y Schiötz, conviene mencionar las miras de color complementario verde y rojo. La yuxta-

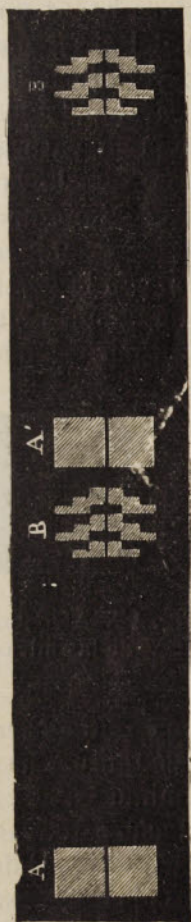


Fig. 41.

posición de las miras es más limpia porque en todos los puntos en que el rojo y el verde se encubren, se tiene el color blanco. Otras modificaciones concernientes á la facilidad de manejar el instrumento han sido introducidas por Pfister (de Berna) cuyo modelo es también muy práctico y recomendable.

Para hacer una determinación es preciso penetrarse bien del siguiente principio, á saber: que las miras dan sobre el ojo una imagen rectangular cuando sus lados son paralelos á los planos de los meridianos de máxima y mínima curvatura. Por lo tanto, deberemos hacer girar el arco que lleva las miras hasta que obtengamos imágenes rectangulares, como A y A'. Si los meridianos de máxima y mínima curvatura concordasen, en todos los casos, con la vertical y la horizontal, obtendríamos siempre imágenes rectangulares en dirección vertical y horizontal; pero siendo á veces oblicuos, tan sólo en posición



Fig. 42.—Afrontamiento de las miras.



Fig. 43.—Cabalgamiento de las miras.

oblicua obtendremos figuras rectangulares y nos será preciso tantear hasta que las obtengamos: esta precaución preliminar es de capital importancia.

Hecho esto, vamos acercando las miras hasta poner en contacto A' y B de modo que las líneas de fe queden bien afrontadas. Se establece luego el contacto para el meridiano menos refringente, es decir, en general, para el horizontal. Hacemos luego girar de  $90^\circ$  el arco que lleva las miras, y si no hay astigmatia, la figura girará sin modificarse (fig. 42); mas si la curvatura de este nuevo meridiano es mayor, las dos imágenes A' y B cabalgan una sobre otra, y el número de peldaños de la escalera que

cabalgan, y resaltan por su color más blanco, expresa en dioptrias el valor del astigmatismo; así la fig. 43 corresponde á un astigmatismo de una dioptria y media.

Al mismo tiempo que leemos el grado de la astigmatismo, se lee su ángulo sobre el disco y se anota la dirección del eje y el grado.

Obtenemos de este modo completa y fielmente el valor de la astigmatismo corneal y nos es fácil llegar rápidamente á un resultado definitivo por medio del ensayo subjetivo con las lentes de ensayo.

c. *Notación de la astigmatismo.*—Un método usual consiste en medir los grados de  $0^\circ$  á  $180^\circ$  yendo de izquierda á derecha del observador. Colocando el anteojito sobre la nariz del observador y estando graduado el semicírculo inferior, el 0 está, para el ojo derecho, colocado del lado temporal y el  $180^\circ$  del lado nasal, mientras que para el ojo izquierdo el 0 es nasal y el  $180^\circ$  temporal.

Para mayor claridad, aconsejamos dibujar en la receta los semicírculos de los anteojitos é indicar, por una línea, la dirección del eje del cilindro prescrito.

Inscribimos seguidamente el nombre del ojo, la inclinación del cilindro, el signo y el número del cristal en dioptrias, terminando por la indicación de la lente esférica si es necesaria.

Así  $0\text{ D } 45^\circ + 3 + 3,50$  significa que el eje del cilindro destinado al ojo derecho debe estar inclinado á  $45^\circ$ , que es convexo de 3 dioptrias y que va combinado con una lente esférica convexa de 3 D y  $1/2$ .

Nosotros usamos esta notación, recomendada por Parent y conocida con el nombre de *notación idéntica*.

Hay, además, otra usada por muchos oftalmólogos que consiste en colocar el 0 en la parte superior del meridiano vertical é inscribir la división en ambos lados hasta  $90^\circ$ , indicando con las palabras *nasal* y *temporal* el lado hacia el cual se inclina el eje del cilindro.

Así se escribe  $0\text{ G } 20^\circ \text{ nasal} + 1,50 + 3$ , lo que quiere decir que á la izquierda debemos colocar una lente cilíndrica de  $+ 1,50$  inclinada  $20^\circ$  del lado de la nariz, y combinarla con otra esférica de  $+ 3$ .



Todas las anotaciones son buenas, pero es de lamentar que existan varias. Sería muy conveniente ponerse bien de acuerdo sobre este particular.

6.<sup>o</sup> **Astigmia irregular.**—En los individuos afectos de esta imperfección óptica, la refracción no presenta ya ninguna regularidad. Las diferentes porciones de un mismo meridiano pueden variar y las imágenes retinianas presentar un grado tal de deformación que desaffien todo análisis.

En este caso, aconsejaremos el uso del agujero estenopéico, que limita la extensión del dióptrico ocular mal conformado y disminuye, por consiguiente, el número de rayos luminosos dispersados. Los cristales de contacto pueden también prestar grandes servicios.

La causa de esta astigmia tiene comúnmente su asiento en la córnea, que puede adquirir forma cónica (queratocono), aplanarse irregularmente ó distenderse bajo la influencia de una inflamación crónica, que le priva de resistir igualmente en todas sus partes al empuje de la presión intraocular.

Pero la astigmia irregular es también á veces debida al cristalino, cuyos diversos sectores mal dispuestos refractan separadamente la luz, produciendo cada uno su imagen: si la diferencia entre las distintas porciones cristalinas es grande, el sujeto puede ver varios objetos en lugar de uno solo; entonces existe la poliopia monocular.

#### § 9.—ILUMINACIÓN DEL OJO POR MEDIO DE LOS ESPEJOS

En estado normal la pupila parece negra, cualquiera que sea la intensidad de la luz colocada delante de ella. Sin embargo, el ojo está iluminado por dicha luz, y si no vemos los rayos de ésta en el interior del ojo es debido á que la fuente luminosa no se halla bien dispuesta. Veremos si el observador está situado en el trayecto de los rayos reflejados y si el objeto iluminado está convenientemente situado.

El experimento de Brucke hará comprender el alcance

de estas proposiciones. Habiendo, en 1848, colocado una bujía delante de su ojo de modo que mandara un cono luminoso sobre la parte central  $a b$  de la retina, cuyos rayos exteriorizados forman una imagen en  $a' b'$ , Brucke colocó una pantalla entre la luz y su ojo, la cual escondía casi del todo el foco luminoso, y por sobre la pantalla vió coloreada en rojo la pupila observada. Si quitaba dicha

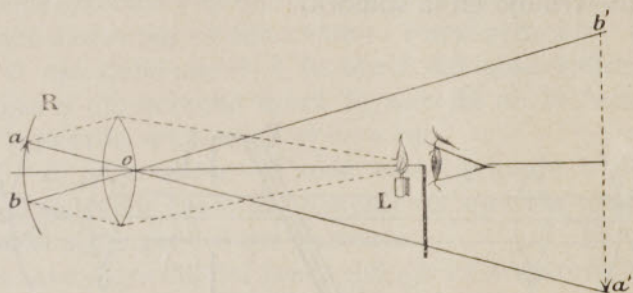


Fig. 44.—Experimento de Brucke.

pantalla, esta coloración rojiza desaparecía; la iluminación de su ojo por la bujía borraba el brillo, por otra parte muy débil, de los rayos exteriorizados por el ojo del sujeto.

Helmholtz (1851) comprendió los defectos de tal disposición, y en lugar de iluminar directamente el ojo observado, obtuvo un haz de rayos de luz iluminante por medio de placas de cristal paralelas que forman de este modo como un espejo, que representado por P (fig. 45), ilumina una parte  $a' b'$  de la retina; en O, detrás del espejo, está el ojo examinador; los rayos emanados de  $a' b'$ , pasando á través de la placa transparente P, llegan paralelos al ojo del observador, y si ambos ojos son emetropes, la retina de éste recibirá en  $a b$  una imagen clara de  $a' b'$ , la que será más limpia si interponemos entre el ojo y la placa una lente biconcava L, que haciendo diverger los rayos luminosos, solicita la acomodación. Prescindiendo de dicha lente sólo es posible ver en el caso que observador y observado, ambos emetropes, no hagan ningún esfuerzo de acomodación.

Pero las placas transparentes de cristal tienen el in-

conveniente de dejar pasar tan sólo una parte de los rayos luminosos, siendo la otra reflejada, y es preferible, por lo tanto, emplear una placa metálica que refleje en el ojo todos los rayos luminosos que recibe, para lo cual bastará practicar un agujero circular en el centro de un espejo. Con el espejo, al mismo tiempo que iluminamos la pupila del enfermo, y la observamos por el agujero, mantenemos nuestro ojo en la sombra.

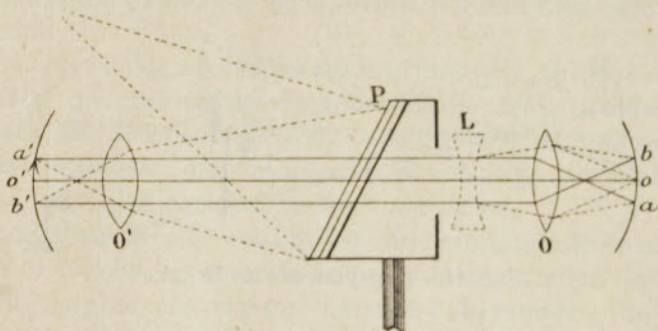


Fig. 45.—Oftalmoscopio de Helmholtz.

Generalmente nos servimos de espejos cóncavos y planos, siendo excepcional el uso de los convexos.

Los planos reflejan paralelamente los rayos que reciben paralelos; los rayos incidentes divergentes suministran rayos semejantes, los que forman en el punto diametralmente opuesto al manantial luminoso una imagen virtual de igual dimensión que éste.

El espejo cóncavo refleja, hacia el foco colocado delante de él, los rayos luminosos que recibe paralelos y los reúne á una distancia igual á la mitad de su radio de curvatura, y los divergentes se reúnen, después de su reflexión, entre el centro de curvatura y el foco del espejo. Estos rayos reflejados forman un cono luminoso que, proyectado en la pupila, ilumina el interior del ojo.

El plano da iluminación más débil que el cóncavo; por tal motivo se le emplea preferentemente en la queratoscopia ó investigación de las sombras pupilares. El espejo cóncavo es, á pesar de todo, el más usado.

Véase en qué condiciones debe de ser practicado el examen del ojo:

1.º *Medio de observación.*—Es necesario estar colocado en una cámara obscura ó poco iluminada para que la luz difusa no venga á alterar la formación de la imagen.

2.º *El observado.*—El sujeto debe de estar sentado junto á una mesa, el cuerpo erguido, la cabeza fija, los ojos bien abiertos y el ojo observado debe seguir las indicaciones dadas por el observador. Para presentar la pupila, el ojo debe mirar á la oreja del observador; si se examina el ojo derecho fijará la mirada en la derecha y en la izquierda si examina el otro ojo.

3.º *El observador.*—Puede estar sentado ó de pie, pero en todos los casos es conveniente que sus ojos estén algo más altos que los del paciente.

La investigación del fondo del ojo es asunto de hábito y se llega muy pronto á verlo con el ejercicio, pero en este punto todos los consejos del mundo no pueden reemplazar la experiencia; no se ve, fácil y completamente, el fondo del ojo hasta después de varios meses de tanteos (1).

4.º *Manantial de luz.*—El mejor es una buena lámpara de aceite ó de petróleo. El gas tiene el inconveniente de producir llama rojiza y vacilante. La lámpara debe estar colocada sobre la mesa en la que se apoya el paciente, de modo que el mechero esté á la altura de sus ojos.

Pero, ¿qué oftalmoscopio debemos escoger? ¿Qué lente? ¿En qué condiciones, finalmente, se producirá la imagen del fondo del ojo?

Es preciso tener á nuestra disposición espejo plano y cóncavo. El primero, con su iluminación menos intensa, mostrará mejor las débiles sombras pupilares, las opacidades parciales del cristalino, enturbiamientos del cuerpo vítreo, desprendimientos de la retina, etc.

(1) A pesar de lo que dice el autor, no deben asustarse los principiantes, pues con método en el estudio y en la observación se aprende rápidamente: comiencese á ejercitarse en el examen oftalmoscópico con un ojo artificial, examínense luego sujetos que tengan la pupila dilatada y así en pocos días adelantarán mucho.

Por el contrario, el espejo cóncavo, que proyecta sobre el ojo un cono luminoso en lugar de un haz de rayos paralelos, ilumina mucho más intensamente, y es preciso esta intensidad de iluminación para ver á través de las ligeras opacidades del cristalino ó del cuerpo vítreo. Pero muy á menudo, cuando se trata de estudiar las finas lesiones de la papila, la débil iluminación del espejo plano es preferible, á condición de obtener gran ampliación de la imagen, que se logra con el examen de la imagen directa, y es de 8 á 14 veces en los ojos emetropes é hipermetropes y de 20 á 40 en los miopes.

Helmholtz, con sus tres placas de cristal, sólo obtenía estas últimas condiciones. Su oftalmoscopio y los espejos planos en general, son tan sólo utilizables para la imagen directa, mientras que el cóncavo es preferible cuando se examina con la imagen invertida.

La concavidad generalmente adoptada es la del oftalmoscopio de Follin, que tiene un espejo de 25 centímetros de distancia focal, ó sea 50 de radio. Algunos oftalmoscopios llevan superpuestos los espejos plano y cóncavo de cristal azogado, ya que el metal bruñido se raya con facilidad extremada.

Con el espejo cóncavo dirigimos sobre el ojo del enfermo, convenientemente colocado, un haz que lo ilumina abundantemente; el ojo del observador, colocado detrás del espejo, mira por el agujero central; pero si ambos son emetropes sólo se observa un reflejo rojo, y para producir la imagen del fondo del ojo es necesario interponer una lente entre el espejo y el ojo del enfermo y en el foco de ella se forma la imagen invertida.

La lente de que nos servimos puede tener de 20 á 10 dioptrias; la primera se llama de foco corto, la segunda de foco largo, y podemos también muy útilmente servirnos de una de 14 á 15 dioptrias, que debe estar colocada delante del ojo de tal modo que su eje principal se confunda con el del cono iluminante, que es al mismo tiempo la línea visual del observador. Se sujeta la lente entre el índice y el pulgar de la mano izquierda, y los últimos dedos se apoyan sobre la frente ó la mejilla del enfermo.

Los reflejos luminosos de la córnea y del cristalino nos molestarán sobre todo en los ojos llorosos, pero con un poco de costumbre es fácil hacer caso omiso de ellos.

La lente debe colocarse próximamente á cinco centímetros del ojo, de modo que el iris y la córnea estén en su foco principal y no formen imagen, y en esta posición obtendremos, además, mayor intensidad de iluminación. Se acerca ó aleja la lente según veamos mejor la imagen, que, hallándose situada por delante de la lente, entre ésta y el ojo del observador, no debemos empeñarnos en buscarla dentro del ojo, como hacen los principiantes.

§ 10. — DE LA IMAGEN INVERTIDA Y DE SU VALOR SEMIOLÓGICO

La imagen invertida de la papila es mayor que ella, como se ve examinando la figura 46.

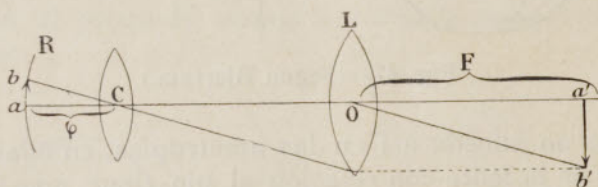


Fig. 46.

La ampliación es la relación de la imagen  $a' b'$  al objeto  $a b$ . Los dos triángulos  $aCb$  y  $a'Ob'$  son semejantes, de donde se deduce la proporción  $\frac{a' b'}{a b} = \frac{Oa'}{Ca}$ ; en donde, reemplazando  $Oa'$  por su valor  $F$ , distancia focal de la lente, y  $Ca$  por su longitud invariable  $\varphi$ , tendremos:  $\frac{a' b'}{a b} = \frac{F}{\varphi}$  luego la ampliación  $G = \frac{F}{\varphi}$ .

El examen de esta fórmula demuestra que la ampliación  $G$  es tanto mayor cuanto más largo sea  $F$ , foco de la lente, es decir, cuanto mayor sea su distancia focal, y también tanto mayor cuanto más pequeña sea  $\varphi$ , distancia focal del ojo, y viceversa; pero las variaciones de esta ampliación merecen, por su gran importancia, que las estudiemos detalladamente.

1.º **Ampliación de la imagen invertida.**—En el ojo emетроpe, la ampliación producida en la imagen invertida es independiente de la posición que ocupa la lente con relación al ojo.

En efecto, en la figura 45, la imagen tendrá siempre la misma dimensión  $a' b'$ , ya que debe formarse siempre en el mismo foco de la lente bajo el mismo ángulo  $a'Ob'$ . Cualquiera que sea la longitud de la línea  $CO$ , un rayo emanado de  $b$ , deberá pasar siempre por el punto  $O$ , y este rayo, siendo el ojo emетроpe, debe necesariamente ser paralelo á  $bC$ .

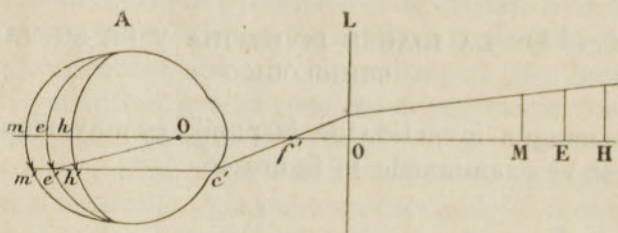


Fig. 47.—(Según Bjerrum.)

Pero no sucede así en las ametropías; en ellas la situación de la lente con relación al ojo tiene una importancia capital. Comúnmente se coloca de tal modo, que la córnea queda más acá de su foco (*primera posición*), por la necesidad de eliminar el reflejo corneal; pero también puede coincidir su foco con el anterior del ojo (*segunda posición*) ó hallarse situado por delante de éste (*tercera posición*). La ampliación de la imagen varía en estas diferentes situaciones de la lente, como vamos á ver.

1.º Supongamos la lente colocada de tal modo que su foco de la izquierda caiga por detrás de la córnea (fig. 47), es decir, que la lente esté á una distancia del ojo más corta que su distancia focal; tendremos con ello la figura precedente, en la que suponemos la ametropía axil; los puntos  $m' e'$  y  $h'$  mandan un rayo luminoso, que saliendo del ojo por  $c'$ , debe necesariamente pasar por  $f'$ , foco anterior del ojo.

Este rayo luminoso, para la lente  $L$ , parece provenir

de  $f'$ , y siendo  $f'o$  menor que la distancia focal de dicha lente, el rayo luminoso que emerge en ella será divergente. La imagen más cercana de la lente será la más pequeña; la más lejana, será la mayor. La primera será evidentemente la que se forme en la miopía, ya que el fondo del ojo miope manda á la lente rayos convergentes,

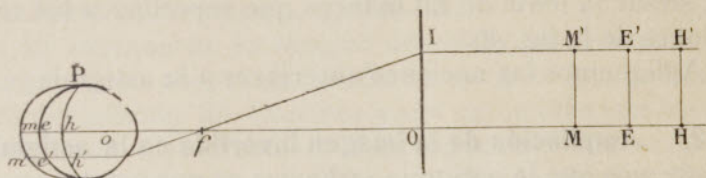


Fig. 48.—(Según Bjerrum.)

que se reúnen antes de su foco, mientras que el hipermetrope, exteriorizando rayos divergentes, los reúne más allá del foco de la lente; en tal caso el foco debe estar situado en el punto E, donde se forma la imagen del ojo emетроpe.

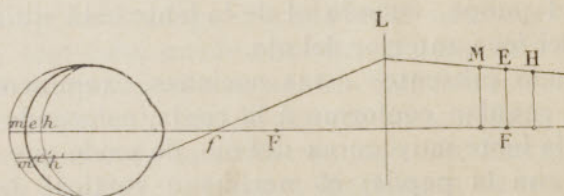


Fig. 49.

2.º Supongamos que el foco de la lente coincide con el anterior del ojo (fig. 48): el examen de la figura demuestra que la imagen es igual en todos los casos y que puede formarse en el foco, por delante ó por detrás de él. La imagen estará necesariamente circunscrita por las dos paralelas OH é IH', resultando una igualdad absoluta entre MM', EE' y HH'. Por consiguiente, siempre que coloquemos la lente en segunda posición (coincidencia de su foco con el anterior del ojo), la imagen invertida tendrá siempre iguales dimensiones.

3.º El examen de la figura 48 explica que, teniendo la lente muy alejada del ojo, la imagen invertida en la



miopía será mayor que en la hipermetropía. La lente en esta tercera posición, tiene su foco por delante del foco anterior del ojo; el rayo que pasa por  $f$  sale de la lente  $L$  en convergencia.

No insistiremos más en ello, porque para practicar el examen de la imagen invertida es conveniente, en general, situar la lente de tal manera que reproduzca las condiciones de la fig. 46.

Apliquemos las nociones anteriores á la astigmatia.

## 2.º Ampliación de la imagen invertida en la astigmatia.

—Sabemos que la astigmatia ordinaria es una ametropía de curvatura, pero la imagen invertida se comporta en ella como en una ametropía axial, y hemos demostrado (figura 47) que en este caso la imagen en un ojo miope es más pequeña que en uno hipermetrope, cuando la lente tiene su foco situado por detrás del foco anterior del ojo; que las imágenes son iguales cuando ambos focos coinciden, y, finalmente, que en el hipermetrope es más pequeña que en el miope, cuando el de la lente está situado por delante del foco anterior del ojo.

Teniendo presentes estas nociones, examinemos una astigmatia regular conforme á la regla, colocando primeramente la lente muy cerca del ojo, de modo que su foco coincida con la pupila; el meridiano vertical dará una imagen más pequeña que el horizontal y la pupila tendrá la forma de una elipse horizontal; alejemos la lente y hagamos coincidir su foco con el foco anterior del ojo: la pupila será redonda porque los meridianos, cualesquiera que sean, producen imágenes iguales; en fin, alejemos aún más la lente y el meridiano más refringente dará una imagen mayor que el que lo es menos y la pupila tomará la forma de una elipse vertical.

Con el movimiento de separación de la lente observamos un cambio de forma en la imagen de la pupila, que se presenta sucesivamente como una elipse horizontal, un círculo y una elipse vertical. Javal ha insistido sobre el valor de este signo patognomónico, que será bien perceptible teniendo la lente paralela al plano que pasa por

la base de la córnea, ya que su inclinación puede modificar la refracción en los diferentes meridianos.

No existen, generalmente, diferencias muy considerables entre las imágenes invertidas del miope, del emетроpe y del hipermetrope; no obstante, la de éste es á veces tan pequeña que Donders ha aconsejado el uso de una lente convexa para agrandarla.

El examen de la imagen invertida puede servir para diagnosticar objetivamente la ametropia. Las indicaciones del método de Donders y del optómetro son buenas, pero están subordinadas á la inteligencia y á la buena voluntad del enfermo, mientras que, siendo objetivo el examen de la imagen invertida puede proporcionarnos datos de exactitud absoluta practicándolo con toda precaución.

En efecto, la imagen invertida puede recibirse en una pantalla, y según la posición que ésta ocupe con relación á la lente, es posible apreciar la refracción estática del ojo observado. Si es emетроpe, la pantalla estará situada exactamente en el foco de la lente, en el hipermetrope más allá y en el miope entre la lente y su foco.

Un solo tubo puede contener la pantalla y la lente, y estando las posiciones de aquélla indicadas sobre el tubo, el observador sólo tendrá que cerciorarse de la formación de la imagen y de la indicación marcada. Los aparatos de Snellen, Landolt, Loiseau y Warlomont se basan en este principio.

Todos ellos son poco usados, pues la iluminación del ojo por el espejo recae también sobre la pantalla y debilita la imagen. Si para evitarlo colocamos el espejo entre la lente y la pantalla, es preciso que sea transparente y la iluminación del ojo disminuye. En virtud de estas dificultades prácticas, el procedimiento es menos usado que los otros métodos que vamos á exponer.

La lente, sea de foco largo ó corto, no es necesaria para la producción de imágenes del fondo del ojo, ya que el espejo reflector por sí solo, da una imagen directa cuya importancia es muy grande. Cuando se ha adquirido la costumbre de buscarla y percibirla, se posee el mejor método de examen objetivo.

Pero la iluminación del ojo por el espejo solo, no produce solamente imágenes directas: en la miopia puede darla invertida, real, aérea, que permite el diagnóstico de dicha afección.

3.º **Imagen invertida en la miopia; su valor semiológico.**—En efecto, cuando el miope no acomoda, el fondo de su ojo iluminado produce evidentemente su imagen real é invertida en el remotum. El observador que sepa reconocerla podrá, pues, diagnosticar la ametropía; sin embargo, las miopías débiles, cuyo remotum está á un metro ó más allá, escapan á este modo de reconocimiento, ya que el observador se coloca forzosamente en el campo mismo de la visión del miope, entre R y el ojo.

La figura 50 enseña bien los fenómenos esenciales, sobre los cuales se basa este método.

La parte bien iluminada *a b*, por ejemplo, forma en *a' b'* una imagen invertida, que el observador emетроpe colocado en E debe reconocer, situándose á la distancia conveniente.

Después de haberla percibido, se acercará y alejará sucesivamente para determinar exactamente su sitio, que comprobará acercándose á ella hasta hacerla pasar más acá de su próximum, lo que reconocerá por la vaguedad de sus contornos y, finalmente, por su desaparición completa.

Cuando la imagen del sujeto miope coincide con el próximum del observador, bastará medir la distancia que separa M de E, es decir, la del ojo observado al observador, y restando de esta medida la longitud conocida del próximum del observador, el resto representará la distancia exacta del remotum del ojo observado, es decir, la medida de su miopia.

Se llega rápidamente á practicar este examen, ya que le es fácil al observador acomodar al máximun para colocar la imagen invertida en su próximum.

Se puede también medir la miopia sirviéndose el observador de su remotum, siempre que sea miope; esto no puede hacerlo el emетроpe ni el hipermetrope, cuyo re-

motum está respectivamente situado en el infinito y más allá de él.

El observador miope situará, pues, la imagen real é invertida en su punto remoto, y de la distancia total que separa los dos ojos, deducirá la de su remotum, indicándole la diferencia el valor de la miopia.

Utilizamos muy raramente este procedimiento, pues la skiascopia nos proporciona mejor y más rápidamente el diagnóstico (véase *Skiascopia*).



Fig. 50

En el diagnóstico de la miopia por la imagen invertida, una sencilla maniobra debe venir á corroborar las conclusiones obtenidas; se apoya en el transporte de la imagen invertida, mientras que el espejo reflector se mueve y el observador con él. Si éste inclina la cabeza hacia la derecha ó hacia la izquierda, la imagen se transporta en sentido inverso. Este fenómeno es característico de la miopia.

Ello es fácil de explicar fijándose en que el cono luminoso que ilumina el fondo del ojo, sucesivamente de derecha á izquierda ó viceversa, parece llevar con él, en igual dirección, el vaso iluminado que fija el observador. Pero lo que sucede en el fondo del ojo aparece en el exterior absolutamente á la inversa, pues que la imagen es real, aérea é invertida. Si el objeto parece seguir al haz luminoso del lado nasal al lado temporal, su imagen sigue la dirección completamente opuesta.

Para hacer comprender á nuestros alumnos el movimiento de la imagen en un ojo iluminado con el espejo plano simplemente ó con el cóncavo, les recomendamos la sencilla maniobra representada en la figura 51. Si el observador inclina la cabeza á derecha ó á izquierda,

crea ver su dedo, mantenido inmóvil, moverse en la misma dirección. Esto es lo que pasa en el fondo del ojo observado; el vaso parece marchar en la misma dirección que el espejo. Así sucede, en efecto, siempre que veamos lo que sucede en el interior del ojo en *imagen directa*. Sucede lo contrario, es decir, que el vaso parece marchar en dirección contraria, cuando examinamos el ojo con la *imagen invertida*, es decir, cuando su remotum,

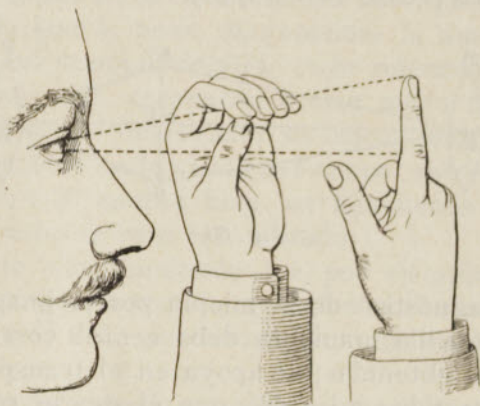


Fig. 51.

donde van á formarse las imágenes *reales é invertidas* de los vasos iluminados, está situado entre el observador y el observado.

Por otra parte, es fácil comprender, sin recurrir al experimento mnemotécnico representado en la figura 51, por qué en la emetropia y en la hipermetropia el vaso observado en el fondo del ojo parece trasladarse en el mismo sentido que el observador.

Sea, en la figura 52, el iris I con su abertura pupilar, la retina R, y M el espejo utilizado: cuando éste ocupa la situación *o*, está iluminada la porción *a b* de la retina, y cuando el espejo pasa á *o'*, se ilumina la porción *a' b'*; el cono iluminante se ha trasladado en el fondo del ojo, en la dirección marcada por la flecha; pero durante el examen el observador tiene fija su atención en el punto V, que representa un vaso, el cual está inmóvil mientras el

punto  $b$  se acerca á él, y le parece al examinador que  $V$  se ha dirigido hacia  $b$ , siendo, por el contrario,  $b$  que se ha dirigido hacia  $V$ ; es lo mismo que sucede cuando en ferrocarril nos parece que los árboles se mueven en sentido inverso al del tren.

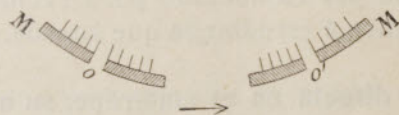
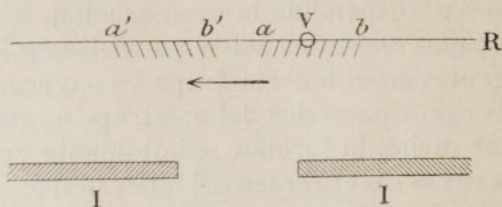


Fig. 52

Si esto es lo que se ve en la emetropia y en la hipermetropia, se comprende que en la miopia pase todo lo contrario, ya que todo en este caso se ve *invertido* en el remotum del ojo miope.

#### § 11.—DE LA IMAGEN DIRECTA Y SU APLICACIÓN Á LA MEDICIÓN DE LAS AMETROPIAS

La iluminación del ojo por el espejo solamente, prescindiendo de la lente, puede darnos una imagen directa, útil de estudiar. ¿En qué condiciones sucede?

El ojo iluminado debe tener su acomodación completamente relajada, para lo cual el sujeto mirará al fondo de la cámara oscura.

El observador debe situarse muy cerca del observado para percibir la mayor parte posible de la retina, é iluminarla convenientemente; se halla, por consiguiente, entre

el ojo del sujeto y su próximum, y así no es solicitada la acomodación.

Pero, de todos modos, en los casos dudosos, y sobre todo en los jóvenes, será conveniente paralizar el músculo ciliar por medio de la atropina.

Estando así suspendida la acomodación, los rayos exteriorizados por la retina salen paralelos en los emetropes, divergentes en el hipermetrope y convergentes en el miope. Los rayos paralelos del emetrope no forman imagen ó, mejor dicho, la forman infinitamente grande en el infinito; los rayos divergentes del hipermetrope se reúnen detrás del ojo observado en el remotum virtual, y los convergentes del miope forman una imagen real é invertida, por delante, en el remotum.

Pero suponiendo que el ojo emetrope del observador se coloca delante del examinado para recibir sus rayos emergentes, vamos á estudiar lo que sucede.

### 1.º Imagen directa en el emetrope; su ampliación.—

En caso de emetropía, el observador recibe sobre su retina en  $o' m'$  la imagen de la retina observada  $m o$ , que es invertida en virtud del principio de la inversión de las imágenes retinianas; pero como tenemos la costumbre de enderezarlas, el observador enderezará  $o' m'$  de modo que vea  $m'$  en M y  $o'$  en O, obteniendo así en MO una imagen directa virtual y agrandada de la superficie  $m o$  de la retina.

Parece *a priori* que esta imagen debe de ser infinitamente grande y alejada, por estar formada por rayos que llegan paralelamente al ojo del observador; mas, en realidad, parece bastante próxima, situada á 30 centímetros, según Landolt, á pesar del estado inactivo de la acomodación.

Mauthner explica el hecho diciendo que los medios dióptricos del observador amplifican dicha imagen. Para impresionar una superficie retiniana de extensión de  $m o$ , es necesario un objeto MO colocado á la distancia ordinaria de la visión, 22 centímetros; este objeto es mucho mayor que la imagen retiniana. Tenemos la costumbre

de ver, para una superficie retiniana, los objetos ampli-  
 ficados en la relación de proporción que indica la figura 54,  
 y esto es lo que sucede cuando se mira la imagen directa,  
 que está proyectada en el espacio y adquiere las dimen-  
 siones del objeto cuya imagen retiniana subtendiera un  
 ángulo igual á  $mco$ .

¿Cuál es, pues, la ampliación de esta imagen directa?

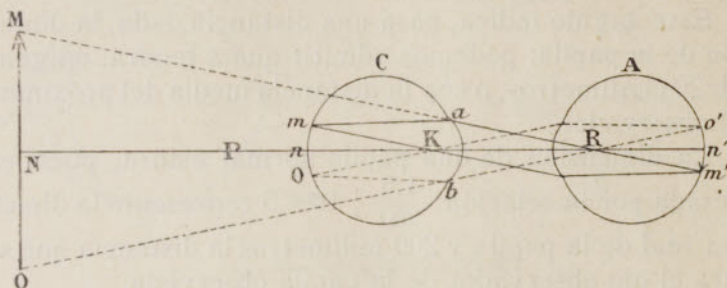


Fig. 53.

La relación que existe entre los triángulos  $mco$  y  $McO$ , da  
 la ecuación siguiente  $\frac{MO}{mo} = \frac{cA}{cB}$ ;  $A$   $c$  es igual á 22 cen-  
 tímetros,  $cB$  es igual á 15<sup>mm</sup>; por lo tanto  $\frac{MO}{mo} = \frac{22}{1,50}$ ; la  
 ampliación es, por consiguiente, de unas 14 veces pró-  
 ximamente.

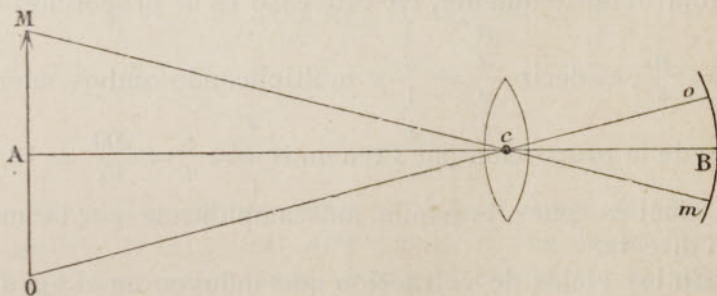


Fig. 54.

Esta explicación de Mauthner no da, tan exactamente,  
 cuenta del fenómeno de la ampliación como la siguiente  
 teoría, imaginada por Bjerrum.

Consideremos los dos ojos, observador y observado: