

R F-C/BAR

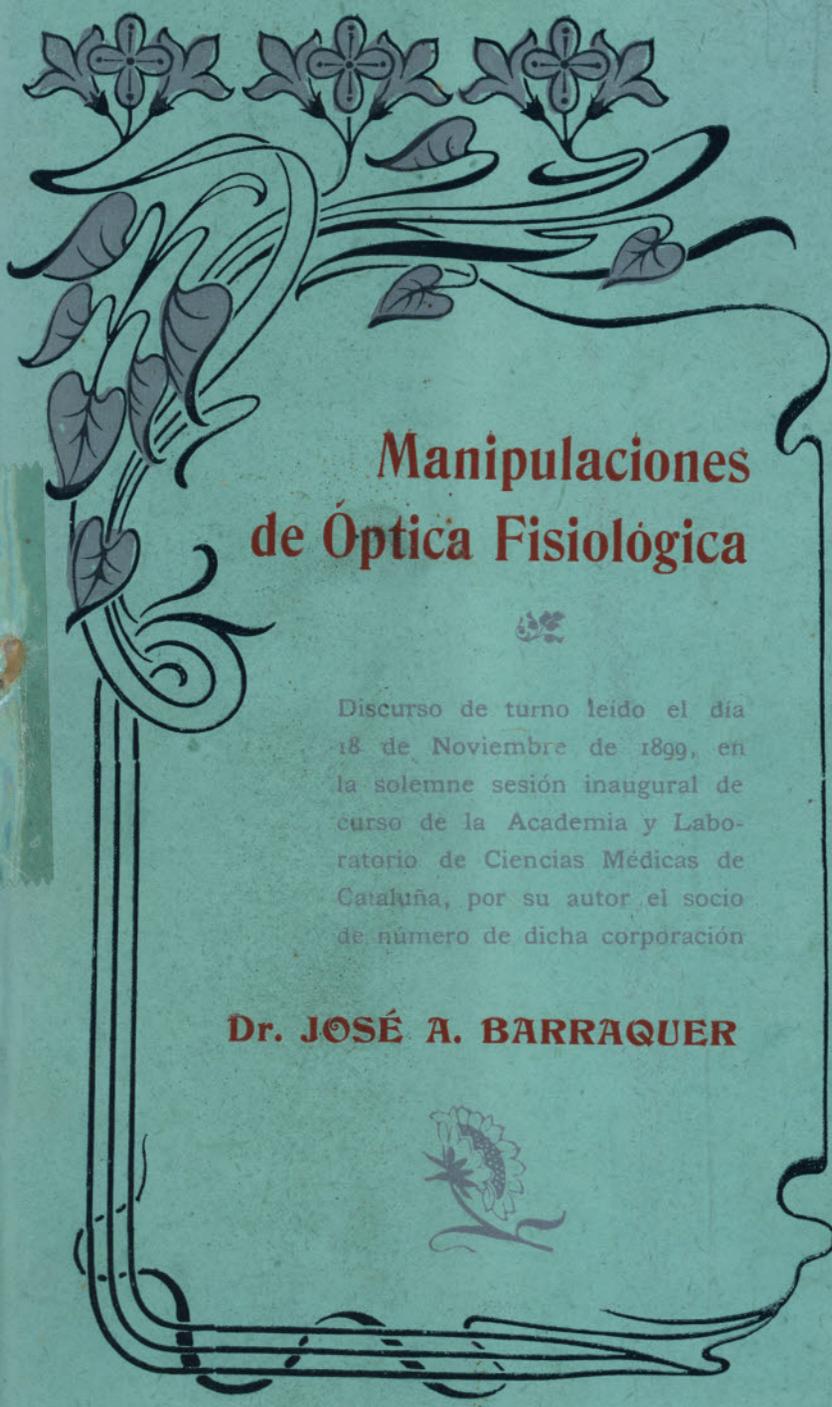
62-53-30

612.84

Sept

S. XIX  
Fulletts  
fims local

B



# Manipulaciones de Óptica Fisiológica



Discurso de turno leído el día  
18 de Noviembre de 1899, en  
la solemne sesión inaugural de  
curso de la Academia y Labo-  
ratorio de Ciencias Médicas de  
Cataluña, por su autor el socio  
de número de dicha corporación

**Dr. JOSÉ A. BARRAQUER**



Asalto: 45, Barcelona

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA



0700678062

MANIPULACIONES  
DE  
ÓPTICA FISIOLÓGICA

Discurso de turno, original del

**Dr. D. JOSÉ A. BARRAQUER**

socio numerario de la

**ACADEMIA Y LABORATORIO DE CIENCIAS MÉDICAS DE CATALUÑA**

y leído por el mismo en la solemne sesión inaugural

que ésta celebró el día 18 de Noviembre de 1899 á las nueve de la noche



BARCELONA  
TIP. LA PUBLICIDAD, DE TOBELLA Y COSTA  
45 • Conde del Asalto • 45  
1900







SEÑORES:

**M**ás de cinco lustros han transcurrido desde que con Cardenal, el malogrado Colomer, Riba, Suñé y Molist, Villar y Viura constituimos, para aprender manipulando, una sociedad que llamamos *El Laboratorio*, la cual posteriormente se reunió con la Academia de Ciencias Médicas, originándose con esta unión la Academia, ante la cual vengo á cumplir un deber reglamentario. Con mis compañeros acabábamos los estudios de Anatomía y Fisiología, saliendo del Anfiteatro y de la Sala de Disección, animados y entusiasmados con los conocimientos adquiridos. En aquellos venerandos lugares, para los cuales sentimos constantemente cariño, respeto y agradecimiento, estudiamos la parte de la naturaleza que nos interesaba, teniéndola siempre presente, por medio de diarias disecciones. Los estudios de Fisiología consistieron en una serie de excelentes discursos, en los cuales admiramos la elocuencia del celoso profesor; pero así como en el aula de Anatomía manipulamos una y mil veces con huesos, músculos, nervios, vasos y entrañas, esperamos en vano hacer otro tanto en la de Fisiología con el esfigmógrafo, contar los glóbulos sanguíneos, observar los efectos de las secciones nerviosas, etc., etc. El desengaño nos decidió á reunir nuestros esfuerzos para ejercitarnos en las prácticas de Materia médica. Hé aquí el origen de *El Laboratorio*.

Procediendo de aquel grupo de partidarios entusiastas de los estudios prácticos, no extrañaréis el tema escogido «Manipulaciones de Optica fisiológica». Éstas son, lo reconozco, poco apropiadas para presentadas ante un auditorio numeroso; pero procuraré por medio de láminas suplir los defectos de su condición al mismo tiem-

po que pido venia á las Autoridades, la Academia y al público. Pero si la naturaleza del tema requiere vuestra benevolencia, mucho más la necesita mi modo de decir: mi vocación para los trabajos experimentales y clínicos me ha desviado de los literarios y de los centros en que luce sus hermosas galas la oratoria; y si bien deploro la inmensa laguna que supone la falta del bien decir, y admiro y envidio aquella perfección de una de las más preciosas joyas de nuestra especie, no me siento, como médico práctico, obligado por ella. Si echo una mirada retrospectiva á mi vida de estudiante, me reconozco obligado deudor de la Sala de Disección, de los Laboratorios y de las Clínicas, y me pregunto: «¿Qué debo á la oratoria de mis maestros? ¿Qué de provecho para la práctica médico-quirúrgica aprendí oyendo discursos, que no hubiese aprendido en los libros? ¿Habría aprendido á curar á mis enfermos oyendo tan sólo elocuentes peroraciones? Perdonad, señores, esta explosión de mi ardiente amor por los métodos prácticos, hija de un convencimiento que me domina por completo: me refiero á la vacuidad, á la falsedad de nociones á que conduce la enseñanza puramente oral de las ciencias médicas.

Trataré un asunto que por lo elemental dudo si corresponderá al respeto y estima que siento por esta Academia. No ha sido empero el capricho mi guía en la elección: deseo significar que conviene al médico la tendencia de abandonar los estudios especulativos en beneficio de sólidos, prácticos y completos conocimientos elementales. Si por lo elemental de mi trabajo consideráis que no satisface la deuda de cortesía contraída al ocupar este sitio en solemne día, tened en cuenta que es mucho mayor el trabajo empleado en llevar á cabo experimentos venciendo las dificultades técnicas que en discurrir sobre asuntos científicos, soltando la imaginación ó narrando la crónica de la Ciencia.

Me complace en tributar un voto de agradecimiento al óptico constructor Sr. Ganzer, que con sus talentos y habilidad ha fabricado esmeradamente los aparatos destinados á esta conferencia.

El origen del globo ocular (fig. 1.<sup>a</sup>) se debe á la conjunción de dos órganos: de la hoja externa del blastodermo brota un foco de viva generación celular,



Figura 1.<sup>a</sup>.—Tres fases del desarrollo del ojo. A, vesícula ocular, hijuela de la cerebral anterior. B, ectodermo dando origen á la córnea y al cristalino. C.

formando abultamiento; y de la vesícula cerebral una hijuela que se prolonga en busca de aquél.

El ectodermo forma la córnea, su abultamiento el cristalino y la vesícula la retina. Este desarrollo ofrece con dos orígenes diversos la formación de órganos con función esencialmente distinta: córnea y cristalino, constituyendo por una parte un conjunto ordenado de lentes, un sistema dióptrico, y la retina representando por otra el órgano receptor de la imagen por aquel sistema formada. Cierta cantidad de humor acuoso conserva la distancia recíproca entre ambas piezas del sistema refringente y una masa de humor vítreo, debida á la inclusión del mesodermo, ocupa, cual gruesa gota de líquido de inmersión, el espacio que separa la lente de la pantalla, el cristalino de la retina. El conjunto de lentes ú objetivo del aparato ocular, órgano de función física, reúne los rayos luminosos en una imagen; la retina, órgano de función fisiológica, impresionase con ella y transforma las ondas luminosas en otras nerviosas, que se propagan por el nervio óptico. Suponiendo en estado fisiológico los diferentes órganos que constituyen el globo ocular, la perfección de la vista dependerá de la correcta construcción de los lentes y del exacto enfocamiento del órgano receptor: será preciso, para la visión clara, que córnea y cristalino sean lentes irreprochables en cuanto á sus caracteres geométricos, y además que la retina, en su capa impresionable de conos y bastoncillos, coincida con la imagen. En tal estado, bien construídos los lentes, perfectamente centrados y la retina situada en el foco, el ojo es de perfecta construcción; los menores defectos de forma ó de posición de los lentes oculares disminuyen la vista, porque producen difusión y deformación en la imagen, y también la menguan el aumento ó disminución de la distancia que separa la retina del cristalino, por desenfocar el aparato ocular y formar el foco, no en la membrana impresionable, sino á distancia de ella. En su consecuencia los factores ópticos de la visión clara son tres: la forma de los lentes que constituyen el objetivo, su centración y la situación de la pantalla en relación con aquél, ó sea la distancia entre el cristalino y la retina.

Prescindo del índice de refracción de los lentes oculares, ya que, igual en todos los individuos, las diferencias de refracción entre los ojos deben referirse tan sólo á divergencias de forma ó de posición de los lentes, no á cambios de su substancia.

La córnea separada del globo ocular representa un menisco, cuya superficie anterior convexa posee fuerte acción convergente, y la posterior cóncava la tiene débilmente divergente; mas, situada en el ojo, queda neutralizada esta última por la escasa diferencia de refracción entre dicha membrana y el humor acuoso, con el cual viene á constituir un solo lente. Bastará, pues, para formarnos

idea de dicha membrana como agente de refracción, estudiar en cada caso su superficie anterior, que, separando el aire del tejido corneal, medios de índice muy distinto, desvía fuertemente los rayos luminosos. La forma de su superficie es elíptica; se parece á la pequeña extremidad de un huevo, en cuyo vértice, no obstante, se modifica la curvatura, haciéndose esférica en una región circular de unos 4 milímetros frente á la pupila. La porción central esférica, llamada óptica (1), única que interviene en la visión, no tiene el mismo valor en todos los individuos, porque en unos es más convexa que en otros. La porción periférica ó córnea basal, de forma elíptica, tiene mucha menos curvatura y otros defectos geométricos, por cuyo motivo las pupilas artificiales periféricas no corresponden, en cuanto á resultados visuales, á las esperanzas que en ellas se fundaron, y estos mismos defectos explican una parte de los trastornos visuales de la midriasis.

Los lentes de cristal tienen exacta regularidad de curvatura, ya que, al girar sobre su eje la muela de superficie curva que los produce, desgasta el cristal de un modo matemáticamente igual en todos sus puntos, resultando con superficie de revolución. La lente corneal, cuyo tejido llama la atención por su perfecta transparencia, debiera, en armonía con tan precioso requisito, hacer gala de exacta regularidad en su curvatura; mas no plugo á la Naturaleza emplear tan cuidadoso esmero en la construcción de dicho órgano. Helmholtz, al estudiar físicamente el ojo, dice que rehusaría por mal construido un aparato de óptica con los defectos del ojo humano; expresión sobrada rigurosa, ya que no están reunidos en cada uno los defectos todos y que la generalidad de bulbos los tienen en pequeño grado, insuficiente para disminuir la visión de un modo considerable. La forma de un órgano en distintos individuos, con igualdad de líneas generales, demuestra variedad infinita en el desarrollo de dichas líneas; y, si la córnea óptica no es exactamente igual en todos los individuos, para hacerse cargo de las diferencias hay que tener en cuenta el distinto grado del desarrollo del cráneo y la compresión de los órganos vecinos: la cabeza braquicefálica no puede alojar las mismas formas oculares que la dolicocefálica, y la escasez del diámetro vertical de la órbita en comparación del horizontal puede oponer obstáculo al desarrollo vertical de la vesícula ocular, así como la compresión que sobre la córnea ejercen los párpados. Si aquella membrana se desarrollase en un medio líquido, ó si existiera á su alrededor un molde perfecto que regularizase el desarrollo, tendría siempre curvatura de revo-

---

(1) Tscherning.

lución. Quien estudie el globo ocular como médico, como anatómico, será indulgente con la naturaleza y admirará el exiguo grado de los defectos oculares, no sorprendiéndole las diferencias que existen en el radio de la córnea, ya sea en los diferentes individuos, ya en los distintos meridianos de una misma membrana transparente.

Dadas las diferencias en la forma de la curva corneal, y por consiguiente en su valor dióptrico, será de gran utilidad práctica un medio sencillo para medirlo: una queratometría ó refractometría corneal. El valor de un lente que podemos manejar aisladamente se determina formando la imagen en su plano focal principal, tomando la medida de la distancia focal principal expresada en centímetros y determinando con qué número se ha de multiplicar la cifra que resulte para producir el metro: el multiplicador será el valor del lente, el multiplicando la distancia focal y 100 el producto.

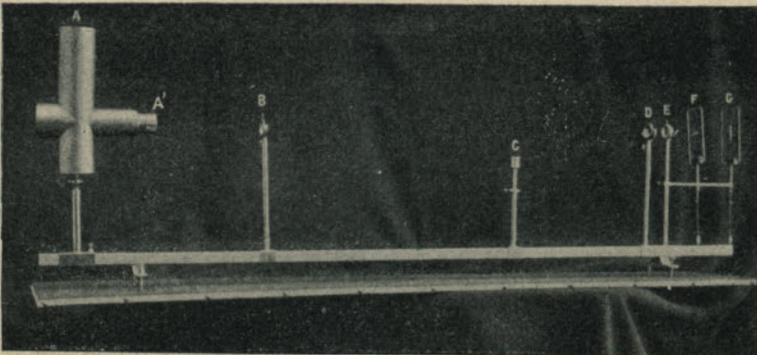


Figura 2.<sup>a</sup>.—Banco de óptica. *A*, lámpara. *A'*, objeto luminoso. *F*, lente de 4 dioptrías que da dirección paralela á los rayos luminosos. *C*, pie para la vela. *B*, anillos destinados á sostener los lentes correctores. *E*, sitio para adaptar los lentes que representan la córnea y el cristalino. *F* y *G*, pantallas.

Determinaré la refracción de varios lentes sirviéndome de mi banco de óptica (fig. 2.<sup>a</sup>), que consta de un carril graduado en centímetros, apoyado en cuatro tornillos, en el cual pueden deslizar las piezas necesarias para varios experimentos. En el extremo izquierdo del aparato hay la lámpara *A*, con reflector, cubierta de tubo metálico, ennegrecido, que sólo deja salir los rayos luminosos por una abertura situada en *A'*, á la cual damos formas variadas por medio de diafragmas que obran como objeto luminoso. A 25 centi-

metros de éste hay el pie *B*, con un lente convergente de 4 dioptrías, que da dirección paralela á la luz emanada del objeto, porque tiene los 25 centímetros de distancia focal. Un segundo pie, *C*, está destinado á sostener una vela para proporcionarnos luz divergente. El manojó luminoso de la lámpara, modificado en su dirección por el lente *B*, representa la luz emanada de los objetos lejanos, y la emitida por la vela *C* será la de los cercanos, cuya dirección podemos variar, como si procediesen de objetos más ó menos cercanos, con sólo correr el pie que sostiene la vela. En el extremo derecho del banco figuran las piezas necesarias para representar el ojo y la montura de los lentes que corrigen sus defectos: en *D* colocaremos los lentes correctores, en *E* los que representan la córnea y cristalino, y, á lo largo del eje horizontal que parte del pie *E*, varias pantallas que representan posiciones distintas de la retina, indicándonos una plomada la distancia en centímetros que las separa del lente.

Para medir un valor dióptrico sólo necesito en el banco las piezas *A*, *B*, *D* y *F*, esta última substituída por una pantalla de cristal deslustrado. Coloco en *A'* un diafragma en forma de cruz, y en *D*, el cristal cuya fuerza voy á determinar, y fórmase la imagen clara de la cruz sobre la pantalla *F* poniendo la lente á 25 centímetros: luego vale 4 dioptrías ( $25 \times 4 = 100$ ). Esta segunda lente forma la imagen desde la distancia de 50 centímetros: vale, pues, 2 dioptrías ( $50 \times 2 = 100$ ). Si otra tercera debe ser colocada á un metro, nos indica un valor de 1 dioptria ( $100 \times 1 = 100$ ). Conociendo el número de la lente conocemos su distancia focal, y con este dato poseemos aquél.

Pero este sistema de medición, llamado *facometría* (de la palabra griega *facos lentej*, no tiene aplicación clínica: no podemos, en efecto, manejar la córnea como acabamos de manipular con las lentes de cristal. Por medio de la facometría determinamos á un tiempo el valor compuesto de la refracción de las dos curvas en relación con el índice del cristal; mas para determinar la acción dióptrica de la córnea bastará el estudio de su curva anterior, variable en los diferentes individuos, y no habrá necesidad de inquirir la de la posterior, neutralizada por el humor acuoso, ni en cada caso el índice de refracción, por representar en todos ellos un valor constante; así es que la queratometría clínica queda reducida á una sencilla curvimetría, á la cual traza camino una observación vulgar: examinemos la imagen que de un objeto luminoso se forma sobre los espejos convexos, pues al fin y al cabo, por su brillo y forma, espejo convexo es la córnea; observemos la imagen de una ventana, por ejemplo, reflejada por los clavos metálicos con que

los ebanistas adornan nuestros muebles (para servirme de una conocida comparación); y echaremos de ver que se pinta en imagen, tanto menor cuanto mayor es la curvatura, y tanto mayor cuanto menos convexa es la superficie reflejante. Un perfeccionamiento de esta curvimetría elemental lograríamos con dos llamas separadas por una distancia fija, las cuales, reflejadas vivamente por los espejos y por consiguiente por la córnea, cual puntas muy visibles de un compás, nos indicarían las dimensiones de la imagen del espacio entre ellas comprendido: habría que medir el espacio y su imagen, y la relación entre ambos daría cuenta exacta de la curvatura.

Para comprobarlo experimentalmente he reunido en una tabla tres espejos de 10, 5 y  $2\frac{1}{4}$  centímetros de radio (fig. 3.<sup>a</sup>), á los cuales presento un espacio de 10 centímetros limitado por dos llamas.

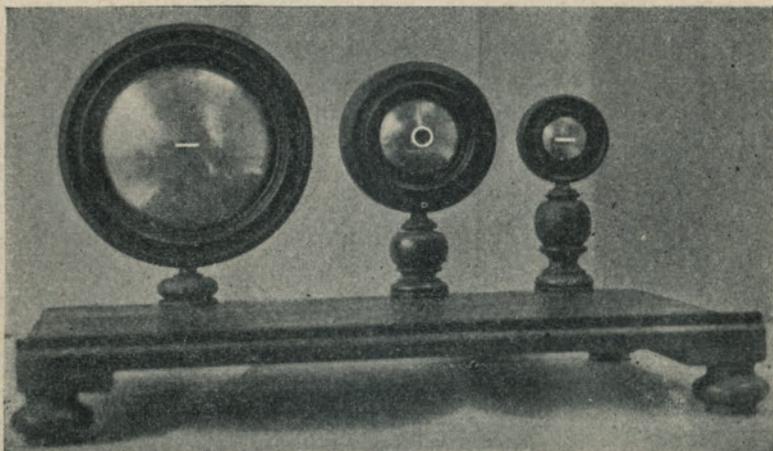
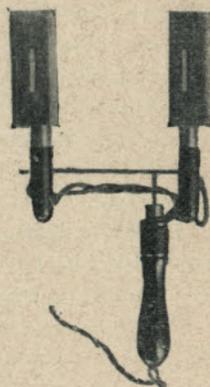
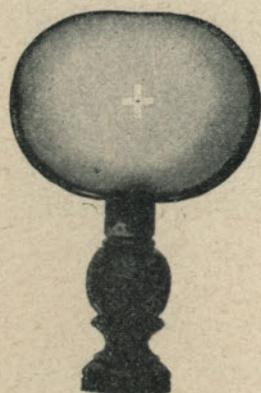


Figura 3.<sup>a</sup>.—Espejos convexos con una medida de 15 milímetros, lineal en el primero y tercero, y circular en el segundo.

Fórmase en el primero una imagen cuya medición arroja 2 centímetros, 1 la del segundo y  $\frac{1}{2}$  la del tercero, existiendo la misma relación entre los radios de los espejos 10, 5,  $2\frac{1}{4}$ , que existe entre las imágenes 2, 1,  $\frac{1}{2}$ , y, estando los radios en razón inversa de la curvatura, las imágenes lo estarán también: el espejo más convexo forma la menor y el menos abombado la mayor. Fácil sería establecer una lista de equivalencias en la que constase la extensión en que varía el radio por cada milímetro que cambia la

imagen de este espacio, haciendo aplicable el procedimiento á todas las curvas reflejantes.

Si, examinando varias superficies esféricas con dos llamas, podemos determinar las diferencias de curvatura, igual procedimiento nos dará á conocer si un espejo ó córnea dada tiene la misma en toda su extensión ó si la posee diferente en regiones distintas, es decir, si representa una superficie de revolución ó tiene defectos de construcción. Tomemos el mayor de los tres espejos (fig. 3.<sup>a</sup>) cuya superficie esférica es perfecta: voy á formar con él la imagen del espacio que separa estas dos miras de cristal deslustrado (fig. 4.<sup>a</sup>), iluminadas con lámparas eléctricas. Las coloco en primer lugar frente al meridiano horizontal y forma imagen de 2 centímetros; luego paralelamente al vertical, y á los oblicuos después, encon-

Figura 4.<sup>a</sup>Figura 5.<sup>a</sup>

trando siempre la misma distancia entre las dos imágenes: por consiguiente tiene el espejo igual radio de curvatura en toda su extensión, su curva es de revolución. Este otro (fig. 5.<sup>a</sup>) en estado de fusión fué comprimido verticalmente para aumentar en éste sentido su curvatura. Examinándolo horizontalmente, hallo 12 milímetros entre las imágenes de las dos miras, y 8 tan sólo verticalmente: prodúcese, pues, imagen menor en el meridiano más convexo; en los oblicuos, la distancia entre miras, que en el horizontal alcanza 12 m. m., disminuye lentamente hasta llegar á 8 en el vertical. Esta superficie no tiene, pues, igual radio de curvatura en todos sus puntos; no es una superficie de revolución; pero tampoco puede llamarse curva irregular, ya que su deformación es sistemática y tiene dos direcciones perpendiculares entre sí, dos meridianos principales, en los cuales, en el vertical, posee la curvatura máxima 8 milímetros, y en el horizontal la mínima 12, pasando en los intermedios ú oblicuos de la máxima á la mínima de una manera lenta y gradual. Con tal construcción tiene este espejo un defecto regular y perfectamente

medible, que puede expresarse diciendo: en el meridiano vertical posee un radio de 8 milímetros, de 12 en el horizontal, y en los oblicuos todos los intermedios. Un tercer espejo ha sido deformado en varias direcciones de un modo irregular. Examinándolo con las imágenes de reflexión, no se presta á una medición exacta en virtud de la deformación de éstas. Se reconoce con el disco de Plácido, el cual hace muy evidente la deformación de la imagen de sus círculos concéntricos (fig. 6.<sup>a</sup>).

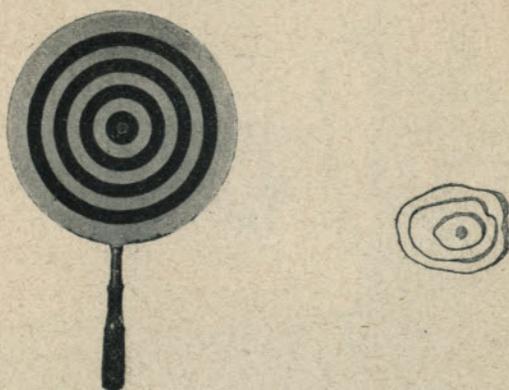


Figura 6.<sup>a</sup>.—Disco de Plácido y su imagen en una córnea irregular.

Estas tres superficies curvas, esférica de revolución, deformada regularmente é irregular, las encontramos al examinar la córnea transparente: por consiguiente, cuanto acabo de decir y hacer con los espejos lo repetimos diariamente en clínica para determinar el valor de la córnea como lente, y su mayor ó menor regularidad de superficie. Una dificultad se presenta, no obstante, consistente en la pequeñez de las imágenes corneales y en la movilidad y sensibilidad del ojo. Debemos medir las formadas en la córnea óptica tan sólo, es decir, en una región que mide 4 milímetros, ya que no nos importa la exploración de la córnea basal, porque el iris le priva de desempeñar papel alguno en la visión, y las imágenes que de nuestras llamas formaríamos con un espejo sensible y móvil de 4 milímetros, no las mediríamos ciertamente á simple vista. Nace de aquí la precisión de asociar al curvímeter especial de la córnea un antejo de aumento, y el aparato que de esta asociación resulta se llama oftalmómetro, siendo el más práctico el de Javal y Schiötz (fig. 7.<sup>a</sup>), que consta de dos miras blanco brillantes *MM'*, las que, reflejando vivamente la luz de las lámparas ó de la atmós-

fera, limitan clara y exactamente el espacio cuya imagen se ha de medir. Están sostenidas por un arco que gira alrededor de su vértice y va dividido en grados de círculo. El anteojo consta de dos objetivos y un ocular (1). Tiene además el oftalmómetro dos piezas de madera unidas en ángulo recto: la horizontal, con una ranu-

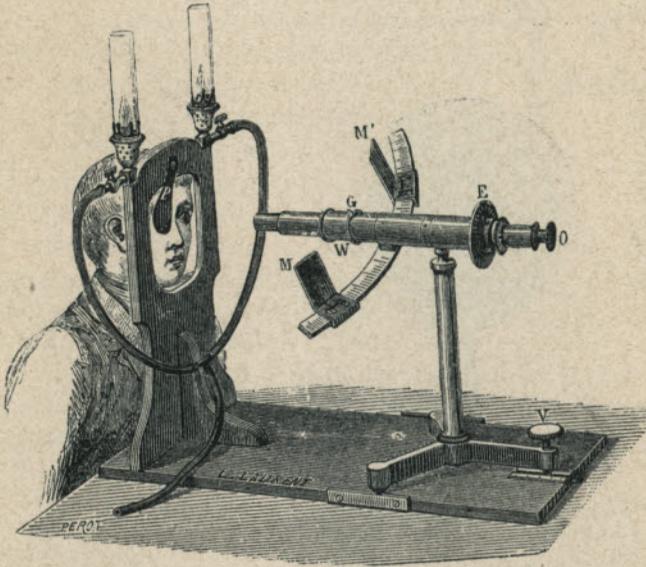


Figura 7.ª.—*M M'*, miras. *O*, ocular. *G W*, pieza que lle va los dos objetivos y el prisma. *E*, círculo graduado. *F*, tornillo.

ra metálica, en la cual desliza el pie que sostiene el arco para enfocar el objetivo; y la vertical, apoyo de la cabeza del observado y de las lámparas. Al reconocer la córnea por medio de este aparato, píntase por reflexión en ella el espacio entre miras en imagen, tanto mayor cuanto menor sea la curvatura de la córnea examinada. Colocaré los espejos en el sitio reservado á la cara del observado, y repetiré con las miras del oftalmómetro el experimento que practiqué con las velas, prescindiendo por razón de las grandes dimensiones de los espejos del uso del anteojo. Un espacio de  $40^{\circ}$  produce la imagen de 4 centímetros en el primer espejo, de 2 en el segundo, y de 1 en el tercero.

Esta medición puede hacerse á la inversa, es decir: así como he considerado fija la distancia entre miras y variable su imagen,

(1) En este momento prescindo del prisma.

puedo invertir la operación observando la variedad de dimensiones que sufrirá el espacio entre miras para obtener con todos los espejos imagen de la misma extensión. Hasta aquí han variado las dimensiones de la imagen: puedo en lo sucesivo cambiar las del objeto conservando aquélla igual. Las diferencias de las imágenes daban el mismo resultado que darán las del espacio: por ambos sistemas obtendré el mismo resultado, determinaré la misma relación. Para medir las imágenes que formaré con los espejos (fig. 3.<sup>a</sup>), he colocado en el centro de la superficie de todos ellos una medida de 15 milímetros, y, reconociéndolos sucesivamente con el oftalmómetro, voy á formar con cada uno una imagen de 15 milímetros del espacio entre miras, para lo cual sólo tendré que separar ó acercar las miras entre sí, corriéndolas por el arco hasta que sus imágenes coincidan con los extremos de dichas medidas. Con el menos convexo tengo que acercar las miras entre sí, y distan tan sólo  $19^{\circ}$  y con el mediano  $38^{\circ}$ , y separarlos de  $76^{\circ}$  con el menor: luego, cuanto más convexo es el espejo, tanto menor resulta la imagen, y hay que dar más extensión al espacio para que iguale á la de los demás.

Examinemos los diferentes meridianos de un espejo para conocer si es ó no de revolución. Me serviré del mediano, con el cual necesitaba un espacio de  $38^{\circ}$  para formar la imagen de 15 milímetros en el meridiano horizontal que acabo de examinar; y si después de este examen doy la vuelta al arco en todas direcciones, reconozco todos los meridianos del espejo y en todos ellos encuentro la misma relación: el espacio de  $38^{\circ}$  forma siempre imagen de iguales dimensiones. Para hacer esta medición he colocado en el centro del espejo una circunferencia blanca, de 15 milímetros de diámetro, en vez de una medida rectilínea; y, en todas las direcciones del arco, las imágenes de las dos miras son tangentes á la circunferencia: una córnea construída con la perfección de este espejo, se llamaría córnea esférica de revolución. Examinaré el deformado sistemáticamente (fig. 5.<sup>a</sup>). Formo en primer lugar la imagen en el sentido horizontal y tengo que dar al espacio  $36^{\circ}$ ; doy la vuelta al arco, y en la posición vertical necesito separar las miras de  $48^{\circ}$  para que la imagen tenga también los 15 milímetros: existe, pues, entre los dos meridianos, una diferencia de  $12^{\circ}$ , que en la córnea se llamaría astigmatismo regular.

Una idea clara de este defecto nos da la fig. 8.<sup>a</sup>, copiada, lo mismo que la núm. 20, del *Traité d'Ophthalmoscopie*, de Rollet. Supone que una semiesfera hueca y elástica como la córnea, representada por las líneas de puntos, ha sido comprimida verticalmente, y, reduciéndose el radio de curvatura en este sentido ha aumentado horizontalmente, como se echa de ver en la semivesícula

representada por líneas llenas. En este caso, en que el meridiano vertical es más convexo, más refringente que los demás de la misma córnea, el astigmatismo se llamaría directo; si la compresión se ejerciese horizontalmente, sería inverso; y oblicuo si supone-

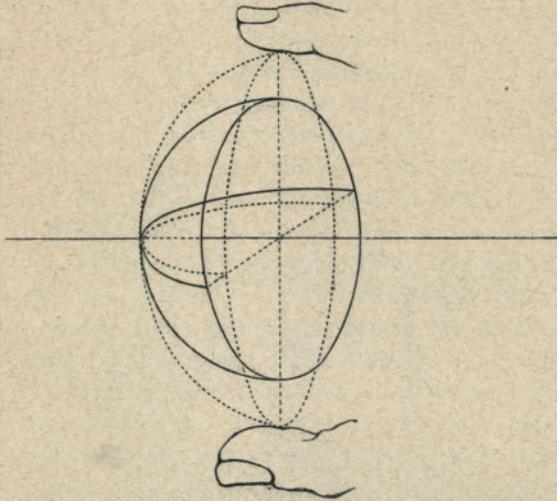


Figura 8.<sup>a</sup>

mos que ha aumentado el valor dióptrico en una dirección distinta de la horizontal y de la vertical. El espejo deformado en la posición que aparece en la fig. 5.<sup>a</sup>, reproduce la córnea, afecta de la primera clase de astigmatismo, que pasaría á la segunda con darle una vuelta de  $90^\circ$  alrededor del eje antero-posterior, y sería oblicuo si la vuelta no fuese tan considerable.

Pero me preguntaráis: «¿Cómo se miden las imágenes corneales? ¿Cómo nos aseguraremos de que en todas las córneas formamos una imagen de las mismas dimensiones? ¿Cómo reemplazaremos en el ojo la medida que he colocado en el centro de los espejos?» Podríamos usar el micrómetro, es decir, un disco de cristal con un centímetro, dividido en 100 partes, situado en el tubo del antejojo, donde se forma la imagen real del espacio, sitio que determinaremos estudiando la sencilla marcha de los rayos luminosos en el antejojo. Colocada la cabeza del sujeto en el marco de madera del aparato, la córnea *A* ocupa el plano focal del primer objetivo *O*, saliendo en su consecuencia los rayos luminosos, en un haz paralelo, por la cara opuesta de dicho lente, y en esta disposición los recibe el segundo objetivo *O'* reuniéndolos en su foco *A'* y for-

ma una imagen real é invertida de dimensiones iguales al objeto. Ya que los dos objetivos son de igual fuerza, la misma distancia separa el primero  $O$  de la córnea  $A$ , que el segundo  $O'$  de la imagen, con lo que tenemos dos objetivos iguales, dos distancias focales iguales y dos imágenes también iguales: la corneal, forma-

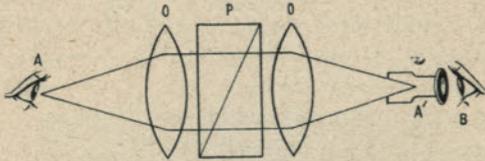


Figura 9.<sup>a</sup>.—Marcha de los rayos luminosos en el oftalmómetro.  $A$ , ojo observado.  $O$ , primer objetivo.  $P$ , prisma.  $O'$ , segundo objetivo.  $A'$ , foco del segundo objetivo.  $B$ , ojo del observador. Para simplificar la figura se ha suprimido el efecto del prisma.

da por reflexión, que obra como objeto luminoso; y la del interior del aparato, que observamos con el ocular, agrandándola; consistiendo el mecanismo de este antejo en formar una imagen real é igual al objeto dentro de la cámara oscura, que representa el tubo del aparato y cerca del ocular, con el cual la miramos como con un lente ordinario. El micrómetro podría colocarse en  $A'$ , en donde coincidiría con la imagen y veríamos, al mismo tiempo que ésta, el número de divisiones que del micrómetro coge.

No ha sido, empero, este el sistema adoptado por los autores del oftalmómetro, y, copiando Helmholtz á los astrónomos, introdujo en Oftalmometría el sistema de medición por medio del prisma, que expondré en breves palabras. Si observamos la imagen del espacio y de las miras con el antejo tal como acabo de describirlo (1), veremos la reproducción de la fig. 10.

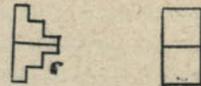


Figura 10.

Añadiendo entre los dos objetivos un prisma birrefringente que duplique la imagen en el sentido del arco, en vez de un espacio con dos miras aparecerán dos limitados por cuatro miras, como en la fig. 11. Si con el primer prisma escogido obtengo entre las dos imágenes de una mira la distancia representada en la fig. 11, con otro más fuerte ó más flojo la obtendré mayor

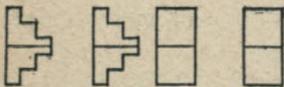


Figura 11.

(1) Prescindiendo del prisma.

ó menor. Y, finalmente puedo escoger uno que separe las dos imágenes en la extensión necesaria, para que la de gradas de un par toque á la rectangular del otro como en la fig. 12, es decir, un prisma que establezca lo que los astrónomos llaman *posición de contacto*. Si por ejemplo lo escogemos de fuerza tal que las dos imágenes de una misma mira disten entre sí 3 milímetros, y con él se establece el contacto, es evidente que la imagen corneal del espacio medirá 3 milímetros; si dicha separación de la imagen duplicada ha trasladado la segunda imagen  $A'$  de la mira de gradas  $A$  hasta tocar á  $B$ , no hay duda que la distancia  $AB$  vale 3 milímetros: luego, siempre que examinando una córnea obtengamos la posición de contacto, estaremos seguros de formar sobre ella imágenes exactamente iguales. Para lograr en un examen clínico dicha posición, tendremos que separar las miras si la córnea es muy convexa, porque formará la imagen tanto menor; y acercarlas si lo es menos, conociendo el observador en cada caso la refracción de la córnea por el número de grados comprendidos en el arco entre las dos miras en la posición de contacto: á cada grado corresponde una dióptrica. Los autores del aparato, valiéndose de las fórmulas algebraicas, determinan esta equivalencia con exactitud matemática; mas, tratando de esquivar en esta conferencia el cálculo, he ideado un medio experimental que me permita convencerlos de la posibilidad de graduar el oftalmómetro de tal manera, que á cada grado de separación entre las miras corresponda una dioptría de refracción en la córnea. Para ello he construido córneas artificiales, consistentes en ampollas semi-esféricas, fabricadas con tubo de cristal soplado en la lámpara, cuya curva ha sido determinada por un molde metálico, y las superficies cuidadosamente pulidas: la anterior en forma esférica de revolución, y la posterior con superficie plana. Llenándolas de agua destilada, cuyo índice puede equipararse al de la córnea y humor acuoso, tenemos un lente comparable al que forman aquellos órganos oculares reunidos.

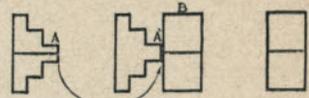


Figura 12.

Me propongo, señores, determinar por medio de la facometría el valor de una de dichas córneas, para aplicarla á la graduación del oftalmómetro. Un pequeño facómetro, construido esmeradamente por el Sr. Ganzer (fig. 13), consta de una pinza  $A$ , que sostiene la córnea y su diafragma; y gracias á una cremallera  $C$ , se desliza sobre una recta graduada, lo que permite acercar ó alejar la córnea

de la pantalla *D*, indicándonos una graduación en milímetros la distancia que separa córnea é imagen. Voy á realizar el experimento, y, acercando la córnea á la pantalla por medio de la cremallera, observad, señores, que se forma clara la imagen del objeto luminoso cuando la regla graduada nos marca una distancia focal de 25 milímetros, lo que significa un valor de 40 dioptrías en la córnea artificial ( $25 \times 40 = 1000$ ). Para que mi oftalmómetro quede graduado de tal modo que á cada grado de círculo corresponda una

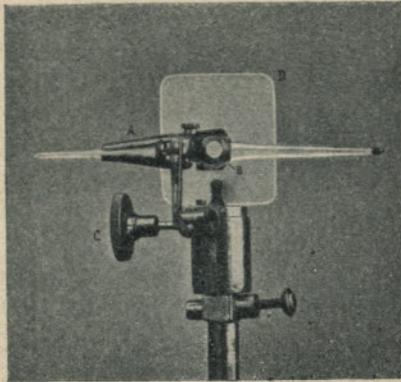


Figura 13.—Facómetro. *A*, pinza que sostiene la córnea artificial *B*. *C*, cremallera *D*, pantalla.

dioptría en las córneas que examinemos con él, supongamos que al construirlo, antes de dotarle del prisma *P*, (fig. 9.<sup>a</sup>), hemos colocado la córnea artificial de 40 dioptrías en el sitio del observado, y una distancia de  $40^{\circ}$  entre las miras (fig. 7.<sup>a</sup>). Así dispuesto el aparato, se escoge un prisma que establezca la posición de contacto, y, provisto de tal prisma, siempre que al examinar la córnea establezcamos aquella posición, á cada grado del arco corresponde en la membrana transparente una dioptría, porque á  $40^{\circ}$  corresponden 40 dioptrías.

En varias ocasiones he comprobado el oftalmómetro con corneas naturales adheridas con gelatina á un porta objetos substituyendo el humor acuoso por medio de agua destilada, y, valiéndome de este facómetro he hallado en ellas el mismo valor que con el oftalmómetro.

En Clínica nos servimos á cada momento del aparato de Gaval y Schiotz para preguntarle si las córneas examinadas son de revolución ó astigmáticas, para lo cual examinamos los diferentes

meridianos, girando el arco sobre su vértice, y presentando por consiguiente las miras en todas direcciones á la córnea. Supongamos que voy á practicar un examen, y que establezco el contacto en la posición horizontal del arco: si aquél no se altera en las demás posiciones, la córnea es de revolución, y astigmática si el contacto deja de existir. En este caso, teniendo la córnea curvatura máxima en un sentido y mínima en otro, la reconocemos en ambos, y restamos los valores, dándonos su diferencia el grado de la anomalía corneal. Los autores del oftalmómetro clínico, deseando evitar al práctico el trabajo de leer en el arco los dos valores y el de restarlos, han dado forma escalonada á una de las miras, y á cada grada la extensión lineal de un grado de círculo; de modo que, establecido en un caso dado el contacto en el meridiano menos refringente, si examinamos el que lo es más, las imágenes de las miras se superponen, porque la del espacio que las separa será menor (fig. 14), y el número de gradas superpuestas indica el valor del astigmatismo, que en el caso representado en la fig. 14 sería de 1'50 dioptrías.

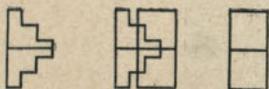


Figura 14.

El disco graduado *E* (fig. 7) indica la dirección de los meridianos principales, que no siempre son perpendiculares entre sí, ni corresponden en todos los casos con la horizontal y la vertical.

Os ruego, señores, me dispenséis esta descripción del oftalmómetro, que, si bien incompleta, resulta en este acto sobrado detallada: he tenido empeño en darlo á conocer por constituir una novedad en Física y Fisiología, y porque su descripción ayuda poderosamente á la exposición del astigmatismo, y da una idea del grado de perfección que alcanza el diagnóstico de los defectos de refracción.

Habiendo tratado de las tres formas principales de la córnea, debo señalar, aunque sólo sea de paso, el defecto de centración. Basta una mirada á la fig. 15 para hacerse cargo de dicha anomalía: el eje de la elipse, á que pertenece la membrana transparente, se confunde con el del ojo cuando la centración es perfecta, y con él forma ángulo en los ojos descentrados. Este defecto puede combinarse con los anteriores, aumentando las variedades de lentes corneales que existen sin dejar de ser fisiológicas: córnea de revolución centrada y descentrada, córnea astigmática é irregular, centradas y descentradas; admitiendo además que las irregularidades pueden haber fijado su asiento sobre córneas de revolución ó sobre las astigmáticas.

Poco diré del cristalino, considerado como lente, ya que su situación le priva del examen rápido y sencillo á que podemos sujetar la córnea. Á mi juicio participa de las mismas deformaciones que aquella membrana, y así parecen confirmarlo las investigaciones de laboratorio; pero su estudio tiene mucho menos interés, porque, situado entre medios de índice elevado, humor acuoso y vítreo, los defectos de curvatura y centración de sus superficies influyen poco en la cifra total de los defectos del ojo (1): un mismo

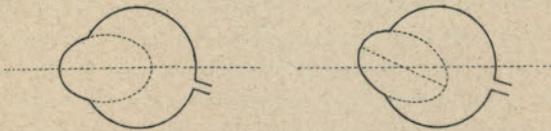


Figura 15.—Córnea centrada y descentrada.

grado de deformación, que en la córnea produciría seis dioptrías de astigmatismo, en el cristalino no llegaría, según Tcherning, á valer una. Conozcamos empero su valor dióptrico, que iguala 16 dioptrías, de las cuales 10 pertenecen á su curva posterior y 6 á la anterior (2).

Dije, señores, al empezar la conferencia, que al ectodermo se debe la formación del objetivo ocular, y que la vesícula óptica destinada al desarrollo de la retina estaba al principio en inmediato contacto con el cristalino, constituyendo un globo de reducidas dimensiones. Á medida que éste crece, insinúase el mesodermo entre retina y cristalino, originando el vítreo, que cada día separa más la membrana nerviosa del lente. Este movimiento de desarrollo excéntrico tiene lugar hasta la adolescencia, y el órgano ocular, al igual que otros, no adquiere forma y dimensiones definitivas hasta pasada la pubertad. Su crecimiento debe compararse al movimiento de expansión centrífuga de una vesícula. Con el desarrollo crece la córnea, y se aleja de ella la retina, convirtiéndose aquélla en un lente mayor, menos convexo, menos refringente, que forma el foco más atrás; y la retina, impulsada por el mismo movimiento centrífugo, retrásase también, ocurriendo que foco del sistema y retina se retiran cada vez en la misma dirección. En este movimiento de desarrollo hay que considerar dos re-

(1) Tcherning.

(2) Parent.

sultados principales. la forma que toman las superficies curvas y la longitud adquirida por el eje ocular: córnea y cristalino pueden desarrollarse con superficie de revolución perfecta ó defectuosa, siendo el astigmatismo, como hemos visto, anomalía que reconoce por causa el defecto de forma en la parte anterior del ojo, y la amb'iofia de las ametropías graduadas defecto análogo en el polo posterior.

Las variedades del eje ocular originan, con córnea esférica de revolución, la emetropía, hipermetropía y miopía, y con la astigmática las diversas clases de ojos astigmáticos.

Examinemos el resultado de combinar la córnea de revolución con ejes oculares de dimensiones distintas. Si el movimiento de expansión ocular se efectúa paralelamente ó con la misma intensidad en la córnea y en la retina; si constantemente, á cada grado de desarrollo corneal, corresponde otro de la misma energía en el polo opuesto que mantenga situada la retina en el foco del sistema; siempre y en todas las fases del desarrollo se cumple la condición del aparato en virtud de la cual la imagen debe coincidir con la pantalla, y en todas las edades el ojo es normal, bien enfocado ó emétrope. Nada importa que, examinándole en épocas distantes de su desarrollo, presente el eje antero-posterior muy diferente, pues con tal que exista la consabida armonía no deja de ser perfecta la construcción del aparato. ¡Cuánto difieren, en efecto, por sus dimensiones, según observa Javal, el ojo de un ratoncillo y el de un elefante!

Si el crecimiento no tiene lugar armónicamente; si entre el valor dióptrico del objetivo y la situación de la retina no existe correlación exacta; el aparato queda desenfocado, es decir, el foco se forma por delante ó por detrás de aquella membrana, conociéndose tan inarmónica construcción ocular con el nombre de *ametropía esférica*, que admite dos variedades: hipermetropía y miopía. En aquélla la imagen es posterior á la retina, porque el eje tiene poco desarrollo para la fuerza del sistema; y anterior en ésta, por razón opuesta: la figura 16 ostenta para un mismo grado de desarrollo corneal tres tipos de expansión posterior y la situación de la retina con relación al foco en la emetropía, hipermetropía y miopía. Si suponemos que el sistema dióptrico de un ojo vale 60 dioptrías, cuya distancia focal es 16'6 milímetros para ser emétrope, debe tener la retina á aquella distancia del centro óptico del sistema, porque  $16'6 \times 60 = 1000$ ; pero si es insuficiente, si el ojo con sistema de 60 dioptrías la tiene menor, será hipermétrope, y miope si es mayor; ó, lo que es mismo, el ojo cuya retina diste 16'6 milímetros del centro óptico será emétrope con sistema de 60 dioptrías, hipermé-

trope si lo tiene más flojo, y míope si es mayor su refracción. Comparando el sistema dióptrico de varios ojos, notamos que disminuye su distancia focal próximamente de  $1/3$  de milímetro por cada dioptria que aumenta el sistema: por esto á cada 3 de diferencia entre dos córneas corresponde en el ojo emétrepe cerca de 1 milímetro de diferencia en la distancia de la retina: suponiendo 3 ojos

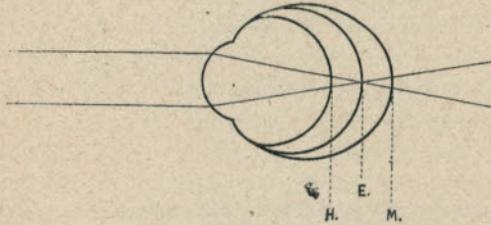


Figura 16

de 57, 60 y 63 dioptrias, deberán tener la retina situada respectivamente á 17'7, 16'6, 15'8 milímetros del centro óptico para ser emétrepe: por esto no puede asignarse valor absoluto al eje antero-posterior del ojo emétrepe, ya que varía según la fuerza del objetivo, resultando la emetropia y ametropia de dos valores y aun diríamos de tres; pues si bien admitimos hoy día que los índices de refracción no varían en los ojos sanos, mañana, con mejores medios de exploración, podremos, yo espero, demostrar diferencias que hoy pasan desapercibidas.

Las variedades de refracción ocular son en cada caso función compuesta de tres valores: refracción del sistema, desarrollo del eje antero-posterior ó índice de refracción, y en estado normal no es rigurosamente admisible la clasificación corriente de ametropías axiales, de curvatura y de índice, descartando, por supuesto, los casos teratológicos y los patológicos, como microftalmia, miopía maligna, queratocono, queratogloba, lenticono, falso lenticono y demás alteraciones patológicas de índice del cristalino.

Examinemos las condiciones ópticas de los tres tipos oculares dotados de córnea de revolución, empezando por el emétrepe (figura 16 E). Con la retina situada en el foco del sistema refringente, y entendiendo por tal el sitio en que forman la imagen los rayos paralelos, es decir, que proceden de lejos, el emétrepe verá claramente los objetos lejanos sin esfuerzo alguno. Consideramos distante todo lo que está separado más de 5 metros de nosotros, porque su visión clara se efectúa por el mismo mecanismo, según demuestra

la fig. 17. Los rayos *a*, que suponemos paralelos entre si y emanados de los astros, se reunen en la cara anterior de la capa de conos *R*, cuyo grueso he exagerado en la figura para mayor claridad; otros *b*, procedentes de un objeto menos distante, como el extremo del hori-

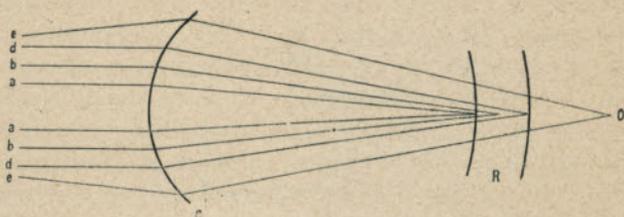


Figura 17.—*a*, rayos luminosos que proceden de los astros; *b*, los emanados del extremo del horizonte; *d*, los procedentes de un objeto situado á 5 metros; *e*, rayos luminosos que emite un objeto cercano; *C*, córnea; *R*, capa de conos; *O*, foco de *e*.

zonte, se reunirían en el espesor de la membrana; y los *d*, desprendidos de un objeto situado á 5 metros, constituyen el foco en el límite posterior de la retina: mientras el objeto transcurre la distancia comprendida entre el infinito y 5 metros, la imagen recorre el grueso de la membrana de conos, cuyo tejido no abandona. Por esto consideramos lejano todo lo situado á más de 5 metros, en oposición á lo que dista menos, cuya luz *e* no se reúne en la retina, siendo su visión imposible sin el concurso de un mecanismo especial que luego citaré. El mismo trabajo cuesta al ojo, el mismo mecanismo emplea para ver un astro que para leer caracteres de 7 milímetros á la distancia de 5 metros: sólo necesita integridad de la retina y del objetivo; porque mientras la distancia á que alcanza fluctúa entre límites tan extensos, el ojo no echa mano de mecanismo alguno que le ponga á foco, éste no sale de los conos, no teniendo en su consecuencia, la vista del emélope, límite lejano con tal que se fije en objetos visibles por sus dimensiones é iluminación; mas si trata de ver los cercanos, el foco abandona la retina, el ojo con los solos recursos que he expuesto se desenfoca, y cuanto más cercano es el objeto más lejos detrás de la retina se forma el foco. Para corregir este defecto con los recursos ordinarios de la organización animal, caben dos soluciones, ambas fundadas en la contractilidad muscular: un órgano contractil alrededor del globo podría, si esclerótica y córnea fuesen blandas, alargarlo á medida que se separa el foco y obligar á la retina á coincidir constantemente con

él. Un músculo así dispuesto tendría acción múltiple: sobre la retina, retrasándola, y sobre la córnea, adelantándola y haciéndola más convexa; pero la rigidez y dureza de los tejidos externos del ojo privan esta solución, y el músculo encargado de ella, el órgano que debe mantener el foco sobre la retina en la mirada próxima se desarrolló al rededor de un órgano pastoso, el cristalino, en el cual son facilísimos los cambios de forma.

Se comprende que un mecanismo contractil ingeniosamente organizado al rededor del cristalino varíe su grueso y la convexidad de sus caras refringentes y le transforme en una lente de más ó menos valor; de modo que, si en estado de reposo del músculo poseía el cristalino 16 dioptrías, engrosado y hecho más convexo debe valer mucho más y tener la distancia focal más corta, oponiéndose así al movimiento de alejamiento que en la imagen produce la mirada de objetos cercanos. Si el emétrope desea ver á un metro aumenta en una dioptría el valor dióptrico de sus cristalinos, es decir, añade á los ojos por medio de la acomodación muscular el valor de un lente que tiene un metro de distancia focal; desea ver á 50 centímetros el esfuerzo muscular es doble y el cristalino aumenta de 2 dioptrías y de 4 si el objeto mirado está situado á 25 centímetros: en resumen, el ojo emétrope por motivo de su armónica construcción está enfocado para las grandes distancias desde el infinito á 5 metros, y por el mecanismo de la acomodación se adapta á las menores, añadiendo automáticamente al cristalino la refracción que le falta. En la fig. 18 representan las líneas llenas el contorno del cristalino en estado de reposo, y las dos punteadas el disposición que adquiere con dos grados distintos de acomodación.

Una dificultad presenta, señores, el mecanismo de la acomodación: la lente cristalino, como otros productos epiteliales, se cornifica, disminuyendo su blandura con el tiempo y haciéndose menos dócil á los cambios de forma, que, mientras duplican su fuerza antes de los 10 años, á los 20 sólo la aumentan en 10 dioptrías, en 7 á los 30 y en 3.5 á los 45; por cuyo motivo á esta edad es preciso ayudar á la acomodación con lentes convergentes que corrijan su insuficiencia, estado que se llama *presbicia*.

En el ojo hipermétrope (fig. 16 II) no se forma imagen de los objetos lejanos: si coroides y esclerótica fuesen transparentes, situaríase aquélla detrás de la retina, y, con mayor motivo, se efectuará este fenómeno al fijarse en lo cercano, tropezando constantemente dicho ojo con la dificultad que sólo sentía el emétrope en la

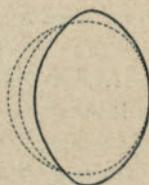


Figura 18

visión próxima; de donde se deduce la imposibilidad de vista clara á cualquiera distancia. Pero, así como el emétrope empleaba el aparato acomodativo para adelantar el foco que se retrasaba en la mirada cercana, el hipermétrepe lo emplea constantemente; y este ojo, cuyo defecto consiste en escasez de fuerza refringente con relación al eje ocular, puede neutralizarlo aumentando la del cristalino por medio de la acomodación. Cada dioptría de refracción que le falta á la córnea para que el foco del sistema, se forme en la retina constituye un grado de hipermetropía, ó, lo que es lo mismo, por cada  $\frac{1}{3}$  de milímetro que le falta al eje antero-posterior para que la retina coincida con el foco del sistema se constituye una dioptría ó un grado de hipermetropía: por esto el médico que no tiene á mano ningún medio que le permita alargar el eje ocular corrige la pobreza de refracción aumentándola por medio de un cristal convexo, añadiendo al sistema dióptrico una pieza artificial que colocamos en armonía geométrica y fisiológica con las naturales con las cuales debe constituir sistema.

El ojo míope (fig. 16 *M*) forma la imagen de lo lejano delante de su retina, siendo con él imposible la visión clara á distancia. El hipermétrepe ó pobre de refracción salía del apuro acomodando, es decir, aumentando la refracción del cristalino; pero el míope, excesivamente refringente, cuanto más acomode más adelantará la imagen, más aumentará su defecto; y careciendo el ojo, como carece, de acomodación negativa, es decir, de un aparato que le permita sustraer refracción, y no pudiendo por otra parte adelantar la retina, la visión á distancia es imposible para él.

De ahí que acerque los objetos valiéndose de la ley de los focos conjugados, y acorte más ó menos su distancia según el grado de miopía. Cada dioptría de refracción que le sobra al míope para que el foco de su sistema se forme en la retina constituye un grado de miopía; ó, lo que es lo mismo, cada  $\frac{1}{3}$  de milímetro que le sobra al eje ocular constituye una dioptría ó un grado de miopía: por este motivo el médico, que no puede cambiar la forma del ojo acortando su diámetro antero-posterior, obra sobre la refracción disminuyéndola, ya sea por medio de cristales negativos, que quitan convergencia, ó bien por un procedimiento heroico de resultados admirables en las miopías elevadas: la extracción del cristalino, la eliminación de uno de los lentes, de una de las piezas del sistema.

La acomodación difiere en las ametropías, y sus diferencias se desprenden claramente del concepto de cada una de ellas. El emétrope para ver á un metro aumentaba de una dioptría su refracción. El hipermétrepe de una dioptría, cuyo ojo tiene relativamente á su construcción una dioptría menos que el emétrope, necesita dos:

una para corregir su hipermetropía y otra para adaptarse á un metro; mientras que el miope de una dioptría está ya adaptado á dicha distancia sin necesidad de acomodarse. Si el emétrope lee á la distancia de 25 centímetros empleando 4 dioptrias de acomodación, el hipermétrope necesita 5, y 3 el miope de una dioptría. Suponiendo un valor de 4 dioptrias á las dos ametropías esféricas, el hipermétrope leerá empleando 8 dioptrias de acomodación: 4 para corregir su defecto y 4 para adaptarse á 25 centímetros mientras que el miope leerá sin usarla.

Por este motivo, si el emétrope empieza á sentirse pobre de acomodación á cuarenta y cinco años, y debe usar cristales convexos para leer, el hipermétrope, que emplea mayor cantidad, hállese en temprana edad con precisión de usar lentes, mientras que el miope, que necesita menos, retarda su uso algunos años por cada dioptría de miopía; y si ésta se eleva á 4 dioptrias ó más, no se encuentra jamás en la necesidad de usarlos, porque su miopía sin acomodación le permite leer á 25 centímetros.

Si en las anomalías que acabo de examinar se forma imagen perfecta del objeto mirado y consiste el defecto tan sólo en error de sitio ó situación del foco, en el astigmatismo es más complicada la anomalía. Supongamos una córnea de mayor fuerza vertical que horizontalmente: los rayos que la atraviesen, según aquella dirección, se reunirán antes que los transmitidos por el meridiano horizontal, como se echa de ver en la fig. 19, que ostenta

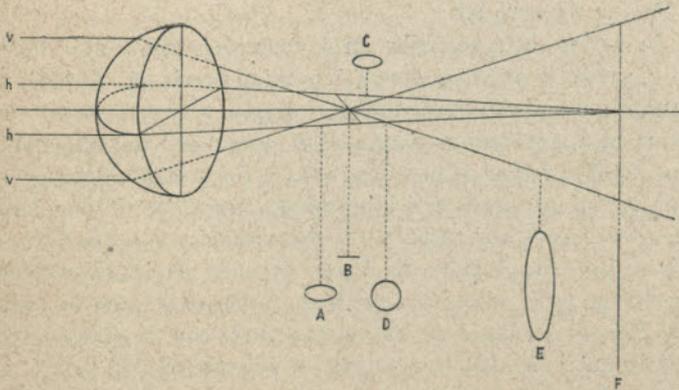


Figura 19

cierta distancia entre los focos de los rayos verticales  $v v$ , y horizontales  $h h$ . Siguiendo el curso de estos dos manojos al salir de

la superficie astigmática, observamos que  $v v$  convergiendo más fuertemente que  $h h$ , se reúnen cerca de la superficie refringente, y divergen después cuando  $h h$  convergen aún para reunirse á mayor distancia, existiendo en su consecuencia dos focos, ninguno de los cuales será perfecto, porque no se reúnen en ellos todos los rayos luminosos. Estudiemos en la fig. 19 la proyección del manajo emergente suponiéndole cortado á distancias distintas: en  $A$  los rayos verticales próximos á su foco distarán menos entre sí que los horizontales, y el conjunto de ambos formará una elipse; en  $B$ , foco de los verticales, obtenemos una línea horizontal más ó menos extensa, según la separación de los rayos horizontales: la disminución del eje vertical de la elipse ha producido la línea horizontal; en  $C$  otra elipse; en  $D$  crúzase los rayos divergentes con los convergentes, y, equidistando todos del centro, su proyección resulta un círculo; en  $E$  una elipse vertical, porque los rayos verticales van separándose mientras se acercan entre sí los horizontales; y, finalmente, en  $F$ , foco de estos últimos, representa la proyección una línea vertical tanto más larga cuanto más divergen los rayos del otro meridiano: la elipse vertical ha producido la línea, disminuyendo el diámetro transversal.

Con tal sistema astigmático, puede la retina hallarse situada á distancias diferentes del cristalino, según el desarrollo del eje ocular; y, así como los distintos grados de expansión ó crecimiento del eje ocular, combinados con una córnea de revolución, producían la emetropia, y las ametropias esféricas combinados con un sistema astigmático producen las ametropias astigmáticas que vemos en la lámina número 20.

Si la retina está situada en 4, foco del meridiano horizontal, el ojo resulta emétrope para él y míope para el vertical, constituyéndose el astigmatismo miópico simple. Si está más allá de los dos focos en 5, será míope para ambos; astigmatismo miópico compuesto. ¿Está la retina al nivel del primer foco, en 2? Hay emetropia para el meridiano vertical é hipermetropía para el horizontal, llamándose este caso astigmatismo hipermetrópico simple. Si suponemos la retina en el número 1 por delante de los dos focos, es hipermétrope para ellos; astigmatismo hipermetrópico compuesto; y, por último, será mixto cuando la membrana impresionable se encuentre entre las dos líneas focales, por ejemplo en 3.

Paso, señores, á practicar los experimentos sobre los diferentes fenómenos ópticos que acabo de exponer. Con el banco de óptica (fig. 2) realizaré en primer lugar la emetropia. Colocaré en el anillo  $E$  una lente de 5 dioptrias en representación de la córnea y cristalino, que escojo débil en obsequio á la magnitud de las

imágenes y de la distancia focal. Ella reunirá los rayos luminosos paralelos á 20 centímetros; y si en vez de las pantallas *F G* coloco otra deslustrada á dicha distancia de *E*, se formará en ella imagen clara del objeto luminoso, con lo cual represento la emetropía. Si apago la lámpara *A* y coloco en *C*, á 33 centímetros de *E*, una vela encendida, no se formará en la pantalla la imagen de objeto tan cercano, pero la encontraré más allá. En efecto, substituyo la pantalla opaca por otra transparente, y á cierta distancia de ésta re-cojo, como veis, la imagen: por consiguiente, acercando el objeto,

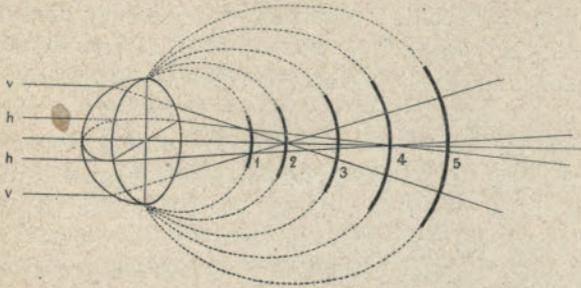


Figura 20

aquella se aleja. Vuelvo á colocar la pantalla opaca á 20 centímetros de *E*, y, para formar en ella la imagen de la vela, adelantaré el foco, como efectúa el ojo, aumentando la fuerza del objetivo. Añado á *E* un cristal convexo de 3 dioptrías, y vemos aparecer clara la imagen. En el ojo se habría producido una contracción del músculo ciliar, de intensidad tal, que aumentaría de 3 dioptrías el valor del cristalino, á menos que por la edad no tuviere el individuo tanta acomodación, en cuyo caso usaría gafas, es decir, añadiría al ojo un cristal de valor igual al que le faltase á la acomodación para llegar á 3. El cristal de 3 dioptrías acomoda el aparato á 33 centímetros, porque, siendo esta su distancia focal, la llama resulta colocada en el foco, lo que transforma la luz divergente emitida por la vela en paralela, para la cual está apropiada la distancia de la pantalla. Por consiguiente, el ojo emétrope es un aparato construido para recibir luz paralela y por esto ve los objetos lejanos; pero se acomoda á los cercanos, convirtiendo antes en paralela la luz que de ellos emane.

Veamos la hipermetropía. Si acerco la pantalla á la lente *E*, obtengo este defecto, y también si, conservando la misma distancia de 20 centímetros entre aquéllas, substituyo el cristal de 5 diop-

trias por otro más débil de 1, por ejemplo. En ambos casos la imagen queda detrás de la pantalla. Este defecto se corrige adelantando el foco del sistema por medio de un cristal convexo: añadamos, pues, en *E*, 4 dioptrias y veis la imagen clara. Por consiguiente, en el ojo hipermetrope no se forma imagen de objetos lejanos sino pide á la acomodación el aumento de refracción que nos acaba de proporcionar la lente añadida á *E*. Si al emétrepe le bastan 3 dioptrias para acomodarse á 33 centímetros, un hipermetrope de 4 necesitará 7, siendo esta la causa de la presbicia prematura de ellos.

Examinemos la miopia. Si en este aparato emétrepe conservamos el mismo objetivo de 5 dioptrias y alejamos la pantalla, obtenemos la miopia, porque dejamos la imagen delante de la retina; y la obtenemos también si, conservando esta retina artificial á 20 centímetros, cambiamos el lente de 5 por otro de 9 dioptrias que adelanta la imagen. Este defecto se corrige alargando la distancia focal del sistema por medio de un cristal divergente, y la imagen alcanza la retina, como se echa de ver añadiendo un lente cóncavo de 4 dioptrias. Los míopes le corrigen acercando los objetos: si quito el cristal cóncavo, que corrige el defecto, y acercó una llama, vemos clara su imagen. Con miopia de una dioptria, el ojo ve á un metro si es de 2 á 50 centímetros y si el defecto alcanzase 4 dioptrias, como en el caso que acabo de representar, el míope vería á 25 centímetros, distancia de la lectura. Para él, y para todos los de mayor grado, no existirá presbicia; mas si la miopia es de una dioptria añadirá 3 de acomodación para leer, en vez de 4 que necesita el emétrepe. Suponiendo 2 dioptrias al defecto ocular, leería el individuo á 25 centímetros, empleando 2 dioptrias de acomodación, que, con las dos de su miopia, suman las necesarias para leer á 25 centímetros. Por este motivo los míopes de menos de 4 dioptrias deben acomodar para la lectura, y con la edad padecen también presbicia; mas su aparición se retarda cierto número de años, según el grado de miopia.

Para estudiar el astigmatismo, reconstituyo la emetropia, colocando la pantalla á 20 centímetros de la lente de 5 dioptrias, á la cual añadido un cristal cilíndrico de 5 dioptrias que aumente el valor del meridiano vertical: así vale el sistema 10 dioptrias verticalmente y 5 en dirección horizontal. Colocando la pantalla á 10 centímetros, encuentro el foco del meridiano vertical ( $10 \times 10 = 100$ ), siendo su imagen, como se ve, una línea horizontal. El foco del meridiano horizontal, que vale 5 dioptrias, estará á 20 centímetros ( $5 \times 20 = 100$ ), y en él obtenemos una línea vertical. Voy á cortar el haz luminoso en varias regiones, y observaréis con la ma-

por claridad las diferentes proyecciones de la fig. 19. Delante de la primera línea focal observamos una elipse horizontal, la que, separando lentamente la pantalla, pasa á ser línea horizontal. Detrás de ésta veis otra elipse parecida, luego un círculo, después la elipse vertical, y, finalmente, la línea vertical. Este defecto se corrige con otro cristal cilíndrico de 5 dioptrías que aumente la refracción del meridiano horizontal ó que disminuya la del vertical.

Para obtener á un tiempo la imagen de las dos líneas focales, he colocado en el aparato las pantallas *F G*, en las cuales se ha deslustrado tan sólo la parte que ocupan dichas líneas; la anterior, no obstante, en extensión más escasa, á fin de que permita, el paso á una parte de la luz: de otra manera no se formaría la posterior. Observad, señores, claramente iluminadas las dos líneas focales: menos vivamente que en el experimento anterior la primera, porque una parte de la luz atraviesa la pantalla para formar la segunda, y ésta porque le falta la que origina aquélla. Si suponemos la retina en la segunda pantalla, el astigmatismo será miópico simple: para un solo meridiano el ojo es miope, y sería miópico compuesto si la membrana impresionable distase más del objetivo. Representándola por la primera pantalla, obtenemos el astigmatismo hipermetrópico simple, y compuesto si la suponemos más cerca del cristalino. Entre *F G* se producirá un caso de astigmatismo mixto.



Figura 21.—Anillo *E* del banco de óptica. *A*, anillo graduado rotatorio para sostener los cristales cilíndricos. *C*, ranura para cristales esféricos. *D*, ranura que permite la descentración horizontal.

Antes de terminar, presentaré la refracción con un lente irregular en su curvatura: veis que á ninguna distancia de dicho

lente obtengo imagen clara del objeto luminoso. Fáltame tan sólo demostraros los efectos de la descentración, que por cierto son sorprendentes. Para ello formaré nuevamente la imagen perfecta del punto luminoso con el lente de 5 dioptrias y una pantalla situada á 20 centímetros de aquélla. Observad, señores, cómo se deforma la imagen al girar la lente sobre su eje vertical, y ved que la deformación no es caprichosa, toda vez que, adelantando la pantalla, tránsformase la imagen circular en línea vertical, y horizontal al separarla. Si descentramos horizontalmente el objeto, obtengo las mismas imágenes lineales situadas en orden inverso, consistiendo, según veis claramente, los efectos de la descentración, en dar efecto astigmático á la refracción esférica.

HE DICHO.



