

OFTALMOLOGIA.

La filtración en el ojo vivo y la naturaleza verdadera del canal de Schlemm. — Por el Dr. Manuel Uribe y Troncoso.

CAPITULO I.

MEDIDA DE LA FILTRACIÓN EN EL OJO VIVO.

Cuando hace algún tiempo traté de investigar la tasa de la filtración en el ojo normal recién muerto, por medio del manómetro de filtración de Leber, encontré que las indicaciones del aparato estaban sujetas á varias causas de error, siendo una de las principales la de aceptar *á priori*, como lo hacía el Prof. Leber, que la cantidad de líquido inyectado por el manómetro dentro de la cámara anterior en un tiempo dado debía corresponder exactamente á la cantidad que salía del ojo por filtración.

Para tener datos enteramente exactos, pensé que lo mejor era recoger cuidadosamente la cantidad de líquido que salía por las venas ciliares anteriores en todo el tiempo de la experiencia, y á este efecto coloqué el ojo, en conexión con el manómetro, en una pequeña cápsula de porcelana, en la cual se junta todo el filtrado, que, por este medio, puede ya medirse con exactitud.

Como el manómetro de Leber da exactamente la cantidad de líquido que se inyecta dentro de la cámara anterior, comparando las cifras de entrada con las de salida, se comprueba fácilmente si las indicaciones del aparato son exactas ó no. Por este medio llegué á demostrar de una manera indudable que una gran parte del líquido inyectado, á veces la mitad, otras casi las dos terceras partes, quedaba retenido dentro del ojo é iba distendiendo más y más la cámara anterior y el vítreo.

El manómetro de filtración de Leber no puede, pues, dar la

cifra exacta de la filtración *real*, es decir, la del líquido que verdaderamente sale del ojo.

Así lo reconoció, por otra parte, el mismo Prof. Leber en la controversia que siguió á la publicación de mi artículo (1) y en su último trabajo en los *Archiv für Ophthalmologie* (2), en el cual asienta que todavía á los cien minutos de experiencia, el volumen del ojo va aumentando á causa del líquido retenido. Por investigaciones numerosas y variadas ha llegado á convencerse el citado Profesor, de que generalmente sólo filtra al máximo la mitad, á veces sólo un cuarto ó un quinto del líquido inyectado á la cámara anterior.

Aun recurriendo á la medida directa del líquido filtrado en el ojo recién muerto colocado en petróleo, y comparándola con las cifras de la filtración aparente (es decir, la cantidad de líquido que inyecta el aparato en la cámara anterior en un tiempo dado), el Prof. Leber no ha llegado á obtener cifras dignas de confianza. He aquí cómo se expresa textualmente en su último trabajo (3): “los resultados obtenidos hasta ahora no son tales que pueda hallarse por ellos la cantidad de la filtración *in vivo* y usarla como medida de la secreción del humor acuoso.” Esto depende de que “los valores de la filtración, en estas experiencias, no son constantes en el curso del tiempo, como no lo son tampoco los de la entrada, pues van aumentando gradualmente.”

De aquí surge otra vez, agrega, “una inseguridad en la crítica de los resultados, y aunque se pueda suponer como probable que debemos considerar más justos los valores máximos de la filtración, queda dudoso si la experiencia duró bastante tiempo para llegar á ellos. Tampoco hemos hecho experiencias á temperatura del cuerpo, lo que es necesario para obtener valores normales, porque la filtración aumenta con la temperatura del líquido de entrada.”

Para evitar estos inconvenientes, el Prof. Leber se ha servido de ojos de conejos en los cuales mide la filtración por medio de su aparato, inmediatamente después de la decapitación, mante-

(1) Annales d'Oculistique. Septbre. 1905.

(2) Neue untersuchungen über den Flüssigkeitswechsel des Auges. Vol. LXIV, pág. 1.

(3) Loco citato.

niendo la presión intra-ocular á la misma altura que la encontrada durante la vida, por inyección de líquido en el ojo con el manómetro grueso y teniendo la cabeza del animal en un recipiente de agua calentada á 32 grados. Con este dispositivo espera que las causas de error dependientes del relajamiento del ojo después de la muerte, el cual es producido por la salida de líquidos y la falta de circulación en los vasos, no sean apreciables, y que la cantidad de líquido que inyecta el aparato á la cámara anterior sea igual á la que sale de ella y por consecuencia mida la filtración verdadera.

En dos únicas experiencias practicadas hasta ahora en estas condiciones, encontró las cifras siguientes: 5,6 mm. cúbicos en un minuto en la primera y 4 mm. cúbicos en la segunda.

Tratándose de ojos muertos, en los cuales por mucho cuidado que se tenga y á causa de las grandes dificultades de la técnica empleada, es muy difícil sostener la presión intraocular á un nivel constante é impedir que el aparato inyecte inmediatamente después de la muerte más líquido dentro del ojo que el que había en él y aumente la presión, con lo cual se falsean los resultados; y como por otra parte nada vale lo que una comprobación directa de la cantidad real de líquido que sale del ojo y no de la que *debiera salir*, dada la proporción que se inyecta en un tiempo dado, me propuse, *abandonando enteramente el método seguido por el Profesor Leber*, encontrar directamente en el ojo *vivo* la manera de recoger y medir la totalidad del líquido que filtra á través del canal de Schlemm.

No me parecía difícil poder observar *in vivo* la salida de los líquidos alrededor del limbo, pues en mis experiencias anteriores con el manómetro de Leber, en el ojo muerto, había podido ver con toda claridad la salida de pequeñas gotas á través de los vasos ciliares anteriores cortados, pero la dificultad estaba en recogerlas y medirlas exactamente para llegar á cifras exactas.

Una circunstancia que facilitó muchísimo mi tarea, fué la facilidad con la cual en el conejo vivo, el ojo puede ser luxado en gran parte fuera de la órbita, sin que sufra nada en su integridad y funcionamiento fisiológico.

Si se desprende la conjuntiva en cierta extensión en toda la periferia de la córnea hasta cerca del ecuador, y se sumerge el

segmento anterior del ojo en un líquido en el cual no sea miscible el humor acuoso ni la sangre, el aceite, por ejemplo, se llega fácilmente no sólo á observar la excreción del líquido endocular á través de los vasos perforantes de la esclerótica, sino á recoger y medir la cantidad que sale de la cámara anterior en un tiempo dado.

La experiencia se dispone de la siguiente manera:

Sujeto un conejo en el aparato de fijación ordinario, con el vientre hacia abajo, se corta el pelo que cubre los párpados y las regiones vecinas en cierta extensión, teniendo cuidado de no producir la más leve herida que pueda dar sangre; después de instilar algunas gotas de cocaína y de hacer la desinfección de los párpados y conjuntiva, se toma con una pinza de garras, fina, la conjuntiva y el músculo recto superior ejerciendo lentamente una tracción continua hacia adelante. Pocos minutos después los músculos se relajan y el globo se luxa fuera de la órbita. Manteniéndolo en esta posición y estirando hacia atrás el borde de los párpados, ligeramente invertidos hacia dentro, se forma una especie de ojal, que ya sea por medio de una pinza, ó mejor aún con una sutura que un ayudante pasa á través de ellos, cerca del ángulo posterior, se estrecha hasta impedir que el ojo pueda por sí mismo volver á la órbita, pero sin que la constricción sea muy fuerte, para evitar la congestión de las membranas intraoculares.

Una vez sujeto de esta manera el globo, se desprende por medio de tijeras finas la conjuntiva de todo el limbo corneano, procurando cortarla exactamente en su inserción á dicha membrana y en seguida introduciendo hacia atrás las tijeras cerradas y abriéndolas después, se separa la conjuntiva y el tejido episcleral de toda la superficie de la esclerótica hasta cerca del ecuador. (1)

En la mayoría de las experiencias he cortado los músculos en su inserción esclerótica y en dos los he conservado, sin que hubiere diferencia en los resultados.

Una vez descubierta la esclerótica, se procura detener la he-

(1) He preferido siempre hacer la peritomía de la conjuntiva ya luxado el globo y no antes, porque si se cortan también los músculos, resulta después muy difícil la luxación, por no haber punto donde ejercer la tracción.



FIGURA 1. Disposición de la experiencia.

hemorragia por una compresión ligera con una torunda de algodón; se limpia y se seca el ojo é inmediatamente se sumerge en un pequeño recipiente de vidrio lleno de aceite de olivo puro. Para lograr el objeto es necesario colocar el aparato de fijación verticalmente (Fig. 1), y hacer girar un poco el freno y la cabeza, de manera que el globo, con la córnea hacia abajo quede enteramente vertical. Es útil sostener el vientre del animal que tiene tendencia á caer, por medio de una faja de lienzo que se sujeta al borde superior de la tabla del aparato. (1)

Obtenida esta posición se sumerge el ojo en el recipiente de aceite, que tiene la forma de un embudo colocado en posición vertical, de diámetro interior poco mayor que el ojo y terminado en un tubo horizontal. Este embudo desliza en un tallo metálico vertical por medio de un anillo y puede subir ó bajar más ó menos para adaptarse al ojo, de manera que éste quede sumergido hasta cerca del ecuador. Se fija entonces el embudo en esta posición, por medio de un tornillo, en tal forma que su borde descansa por toda su periferia sobre la órbita del animal. En algunas de las experiencias de la primera serie y en todas las de la segunda, he hecho uso de una membrana de caucho ligada al borde del embudo, la cual se perfora en el centro de manera que el globo pueda pasar á través de ella hasta cerca del ecuador.

Esta disposición tiene la ventaja de aislar enteramente el ojo é impedir la caída de sangre ó líquidos de los párpados y la conjuntiva al aceite, pero en cambio dificulta la observación directa del limbo esclerótico á causa de la interposición del borde de la membrana.

Pocos minutos después de que el ojo ha permanecido en el aceite, la pequeña hemorragia que viene de las asas vasculares del limbo corneano se detiene. Por los grandes vasos ciliares anteriores perforantes sigue saliendo sangre, que va coagulándose hasta formar dos ó tres gotas gruesas en los bordes de los

(1) Cuando el animal es dócil se puede acostarlo de lado sobre el aparato, ligando juntas las dos manos, por una parte, y las dos patas por la otra; su postura es entonces menos incómoda, pero es necesario usar para el aceite un recipiente plano provisto de membrana de caucho y la observación directa del ojo es entonces más difícil. Además, el animal puede, por un movimiento brusco, hacer fracasar la experiencia.

músculos cortados; á los diez minutos, debajo de cada gota de sangre se forma una zona de líquido claro en todo su espesor, el cual deslizándose por la acción de la pesantez, al mismo tiempo que aumenta de volumen, llega á convertirse en una gruesa gota, apenas rosada, suspendida en el aceite y que á veces se adhiere por su base á la córnea. Así se forman alrededor del limbo, cuatro ó cinco gruesas gotas, que caen por sí mismas al fondo del embudo al cabo de cierto tiempo. Otras veces basta para ello algún movimiento del animal.

Pero no sólo es por las gruesas venas ciliares por donde sale el humor acuoso; examinando con atención el limbo escleral, se nota *en toda su periferia* y casi tocándose unas á otras, pequeñas gotas de líquido transparente, apenas rosado, que ya al cabo de diez minutos de permanencia del ojo en el aceite pueden observarse con facilidad en forma de un collar de perlas claras que circunda la córnea. (Fig. 2). En ciertos animales el fenómeno es desde luego perfectamente marcado; (1) pero en otros, para observar las gotitas, es necesario introducir un pequeño estilete dentro del aceite y con él frotar suavemente el ojo. Se ve entonces desprenderse y caer en el seno del líquido en forma de lluvia, gotas finísimas de linfa, enteramente transparentes unas, teñidas ligeramente de sangre otras. Con ellas descenden también gruesas gotas de linfa rojiza, provenientes de los grandes vasos ciliares de los bordes de los músculos. En los lugares de donde se han desprendido, vuelven á formarse poco después nuevas gotas, y transcurrido mayor tiempo, el collar de perlas se vuelve más y más visible, hasta que fusionándose las gotas finas entre sí y con las grandes de las venas musculares, todas juntas caen al fondo en un glóbulo á veces casi transparente, otras rojizo, según su mezcla con la sangre endocular.

Si se quiere medir exactamente la cantidad de humor acuoso excretado á través del canal de Schlemm, basta recoger cuidadosamente en un tiempo determinado (media ó una hora por lo general en mis experiencias), todo el producto de la filtración

(1) Valiéndose de un espejo colocado detrás del embudo es fácil observar cómo se forman también las gotitas en la parte del globo opuesta al operador.

que se ha reunido en el vértice del embudo y el principio del tubo horizontal, al cual se agregará, además, el líquido y los coágulos que han quedado adheridos al ojo y que se pueden desprender ya estando el ojo en el aceite ó ya fuera de él, por medio de suaves frotamientos con un estilete encorvado ó una fina espátula de metal. En caso necesario debe hacerse uso de unas pinzas para desprender los coágulos y aun bañar el globo con aceite limpio, para agregarlos al filtrado.

La maniobra del estilete produce, como he dicho antes, la separación y caída en el seno del aceite de innumerables gotas sumamente finas, que quedan en suspensión durante mucho tiempo. Las gotas más grandes del fondo del embudo no se unen entre sí, por lo cual es imposible medir exactamente toda la cantidad filtrada haciendo uso de la graduación que lleva el tubo horizontal, como pretendí hacerlo al principio. Es necesario por lo tanto vaciar cuidadosamente el contenido del embudo en una probeta graduada, agregando, si es necesario, nuevo aceite, y aun sirviéndose del estilete para desprender los coágulos y el líquido que, por lo general, quedan adheridos á las paredes de vidrio y en seguida centrifugar, para obtener con exactitud la cantidad real del filtrado, cuyos diversos componentes se calculan con facilidad, según se verá después.

No entraré á detallar cada una de las experiencias practicadas, cuyos resultados se encuentran resumidos en la tabla número 1, pues la descripción anteriormente dada se aplica en sus líneas generales á la mayoría de ellas, que forman, por decirlo así, los casos normales. Relataré sólo la experiencia número 2, que consta de dos partes, para compararlas una á otra, y las 9 y 11, en las cuales la cantidad de la filtración fué excesivamente pequeña.

Experiencia núm. 2.—Conejo albino de 1,900 gramos de peso. —Con la técnica indicada se hace la peritomía de la conjuntiva y corte de los músculos, sumergiendo el ojo en el aceite á las 6.51 p. m. En el limbo aparece poco después, sobre la abertura de una de las venas ciliares anteriores musculares, una gota de sangre que va haciéndose más y más gruesa. Al cabo de algún tiempo se nota ya debajo de la sangre una zona de líquido transparente que va aumentando hasta unirse con el vértice de la córnea, de donde se desprende toda la gota á las 7.17 p. m.

Otras dos gruesas gotas rojizas se observan en la parte posterior del limbo.

A las 7.50 existe adelante otra gran gota, casi toda formada de líquido transparente, la que se hace caer por medio del estilete; se frota con el mismo instrumento la circunferencia del limbo, haciendo descender multitud de gotitas finas transparentes; se desprenden también los coágulos de la parte posterior del limbo y se saca el ojo, limpiándole perfectamente con nuevo aceite que se hace correr encima con una pipeta.

Se centrifuga el filtrado, obteniéndose 425 milímetros cúbicos, de los cuales 75mm³ cúbicos son de coágulo y 350 de líquido.

Después de limpiar la superficie toda del ojo con algodón y de quitar perfectamente los coágulos, se seca con papel filtro el ojo y se introduce de nuevo en un recipiente con aceite limpio á las 8 p. m.

A las 8.10 se han formado tres gruesas gotas rojizas en el limbo; una en la parte anterior, dos en la parte posterior. Poco después, abajo de la gota anterior, se observa un líquido transparente. En el contorno del limbo son ya notables numerosas gotitas claras que forman un collar y que casi se tocan unas á otras.

8.17 p. m. La gota gruesa anterior se ha prolongado y va á caer. A las 8.37 p. m. el animal hace un movimiento brusco; se desprenden dos gruesas gotas y una gran cantidad de gotitas finas, que se pueden observar muy claramente en el seno del aceite. Se suspende la experiencia; se limpia el ojo y se centrifuga todo el filtrado, obteniéndose 200 milímetros cúbicos, de los cuales casi todo es líquido, pues el coágulo se reduce á un punto del tamaño de la cabeza de un alfiler, en el fondo de la probeta.

Deduciendo de la cantidad del filtrado en la primera parte de la experiencia, la proporción de suero de la sangre (según el cálculo de que hablaremos después), se encuentra para la filtración en un minuto, 5.1 milímetros cúbicos.

Despreciando en la segunda parte de la experiencia la pequeñísima cantidad de coágulo, se llega á una filtración de 5.4 milímetros cúbicos en un minuto.

Cómo se ve, estas cifras concuerdan notablemente entre sí y

demuestran la constancia de la filtración en el mismo ojo, en diversos períodos de tiempo.

De la experiencia número cuatro hablaremos más tarde en detalle, cuando nos ocupemos del contenido del canal de Schlemm.

En cuanto á las 9 y 11 se caracterizaron por la escasísima cantidad del filtrado. En la número 9 las gotitas finas se observaron en pequeño número en todo el contorno del limbo, y la filtración total llegó sólo á 200 mm. cúbicos en bruto, durante los 60 minutos que duró la experiencia. No se pudo, desgraciadamente, medir la cantidad de coágulo, pues por un accidente la probeta que contenía el filtrado se rompió al hacer la centrifugación. De todas maneras, la cantidad de este último fué la más baja que se obtuvo en todas las experiencias.

En el conejo núm. 11 se presentaron en la parte posterior del limbo tres gruesas gotas de linfa rojiza y una pequeña en la parte anterior, pero no se observaron gotitas finas sino en un pequeño sector de la parte posterior del limbo, faltando enteramente todo el resto.

Para cerciorarme de este hecho, pasé varias veces el estilite por los lugares secos del limbo, sin lograr desprender las gotitas que siempre existen en circunstancias normales. La pequeña cantidad de filtración obtenida fué casi la que dieron las gruesas venas ciliares anteriores.

Estos dos ojos deben, pues, ser considerados como anormales. (1)

Las cantidades del filtrado en todos los ojos, el tiempo que duró la experiencia, el peso del animal, etc., se encuentran consignados en la tabla núm. 1.

La columna cuarta da la cantidad total de líquidos (sangre y

(1) Con objeto de determinar en qué consistía esta anomalía, los dos globos fueron enucleados y enviados para su estudio histológico al Dr. Edgar S. Thomson, de Nueva York. Según el informe que he recibido, el Dr. Thomson no encontró ninguna lesión patológica marcada, ni en el ángulo de la cámara anterior, ni en el canal de Schlemm; pero hace algunas reservas acerca de la posibilidad de existir alteraciones en los espacios de Fontana, pues los ejemplares llegaron en mal estado de conservación y muy retraídos. Son, pues, necesarias nuevas investigaciones acerca de este punto, que es de gran interés.

TABLA NUMERO 1.

Resumen de las experiencias.

Número de orden.	Peso del conejo.	Tiempo que duró la experiencia en minutos.	Cantidad de filtrado y sangre obtenida en mm. cúbicos.	Cantidad de coágulo en mm. cúbicos.	Cantidad de suero sanguíneo que corresponde al coágulo.	Cantidad total de humor acuoso puro.	Cantidad de humor acuoso filtrado en un minuto, en mm. cúbicos.	OBSERVACIONES.
1	1900 gr.	45	250	50	31	169	3.7	El líquido centrifugado tiene un color rojizo, pero en el fondo de la probeta el coágulo es un punto. En este animal se tocaron con el termocauterio las aberturas de los vasos ciliares anteriores. La cantidad del filtrado representa sólo el de los finos vasos perforantes. Este animal dió mucha sangre al comenzar la experiencia. Este animal dió poquísima sangre. Se rompió la probeta en la centrifuga y no es posible medir el coágulo. De todas maneras la cantidad de filtrado y sangre es la más baja que se ha obtenido en una hora. El ojo es anormal. En este ojo no se presentaron gotitas finas en la parte anterior del limbo; sólo unas pocas en la posterior. La filtración se hacía casi únicamente por las venas ciliares anteriores gruesas.
2	2000	{ 59 37	425 200	Inapreciable	46 -----	304 200	5.1 5.4	
3	1840	30	30	100	62	138	4.6	
4	1840	65	175	35 de coágulo fibroso.	-----	140	2.1	
5	1992	60	603	203	124	276	4.6	
6		60	350	50 de coágulo fibroso.	31	300	4.4	
7	1743	60	400	125	77	198	3.3	
8	1840	59	300	59	31	219	3.7	
9	1542	60	200					
10	2100	60	616	150	93	373	6.2	
11	2300	60	300	75	46	179	2.9	
12	2703	45	400 2.ª Serie.	103	62	238	5.2	
13	1900	45	500	63	35.9	411	8.9	
14	1700	47	475	109	99	266	5.6	
15	2021	62	610	100	49	450	7.2	

linfa) salidos á través del limbo durante todo el tiempo de la experiencia, después de someter el líquido á la centrifugación.

Por lo general, después de esta última operación, se forman en la probeta tres capas: la inferior, constituida por coágulo sanguineo rojo; la media, formada por un líquido rosado ó á veces rojizo; y la superior, por una fina membrana fibrinosa blanca, que separa el líquido del aceite. (1)

Por una simple lectura sobre la probeta de la proporción de estos diversos componentes, ó, cuando el coágulo no está exactamente limitado, absorbiendo el líquido con una pipeta finamente graduada, se determina:

TABLA NUM. 2.

Número de orden.	Cantidad total de sangre venosa en milímetros cúbicos.	Volumen del coágulo en milímetros cúbicos.	Volumen del suero en milímetros cúbicos.	Proporción del suero en la sangre.
I	300	150	150	1/2-50%
II	500	334	166	1/3-33%
III	300	200	100	1/3-33%
IV	240	140	100	1/2,4-41%

2a. Serie.

13	200	127.4	72.6	1/2,7-36%
14	420	220	200	1/2,2-47,6%
15	240	160	80	1/3-33%

(1) Esta capa superior blanca está formada por una red de fibrina que á veces engloba pequeñas gotas de linfa entre sus mallas, por lo cual la centrifugación, por más activa que sea, no puede reunir las con el resto del líquido. Cuando se note que la capa fibrinosa es gruesa, será conveniente disociarla por medio de un estilete y volver á centrifugar, para evitar, en lo posible, esta causa de error.

1º La cantidad de coágulo sanguíneo globular.

2º La cantidad de humor acuoso y de suero de la sangre, unidos.

3º La cantidad de coágulo fibrinoso (que en general es muy pequeño).

Para hallar la cantidad de humor acuoso puro, bastará sustraer de la lectura de la parte líquida la proporción de suero que corresponde al coágulo sanguíneo encontrado.

Para ello es indispensable conocer antes los volúmenes relativos de los glóbulos y el plasma ó suero que contiene la sangre de conejo, lo cual se consigue por varios procedimientos. El más sencillo y práctico es el del *hematócrito*, que consiste en someter la sangre á la centrifugación mezclada con un volumen igual de licor de Müller, para fijar los glóbulos. Este método, cuyos resultados son suficientemente exactos en fisiología, no puede aplicarse en el caso de mis experiencias en toda su integridad, pues como la sangre que sale del ojo se encuentra desde luego en contacto con el aceite, las condiciones son distintas de las de la sangre que se mezcla con el licor de Müller. Como por otra parte, lo que yo necesitaba era simplemente cifras comparativas y no absolutas, creí más acertado determinar los volúmenes relativos del coágulo y del suero de la sangre del conejo, en las mismas condiciones en que se encuentra la que sale del ojo; así es que abriendo la vena marginal de la oreja del animal, recibía la sangre directamente en una probeta graduada llena de aceite, que sometía luego á la centrifugación.

Debe tenerse cuidado de que esta operación no sea demasiado rápida, pues entonces la precipitación inmediata de los glóbulos da origen á un abundante coágulo fibrinoso blanco, colocado arriba del coágulo rojo, que englobando gran parte ó todo el suero, impide la medida exacta de los volúmenes respectivos.

No habiendo hecho en mis primeras experiencias la determinación simultánea de la filtración y de la proporción del suero en la sangre del animal, hubo necesidad de aplicar á los resultados de la primera serie de experiencias el promedio de las cantidades obtenidas para los volúmenes del coágulo y del suero en la sangre de los cuatro últimos conejos (tabla núm. 2); pero en la segunda serie, con objeto de tener mayor exac-

titud, se determinó ya al mismo tiempo la filtración ocular y la riqueza globular de la sangre.

Como lo que nos importa conocer es la cantidad de suero que corresponde al coágulo tomado como unidad, sumando separadamente los volúmenes del coágulo y del suero en los cuatro animales de la primera serie para sacar el promedio, obtendremos 100 de coágulo para 62 de suero. Con estas cifras se calcularon los valores del suero en el filtrado de las 12 primeras experiencias. En cuanto á las de la segunda serie, se tomó individualmente el valor del suero obtenido en la sangre del animal, para calcular la cantidad real del humor acuoso puro.

Como se ve en la tabla núm. 1, la cifra de la filtración ha variado mucho, siendo el máximo de 8.9 mm. cúbicos por minuto y el mínimo de 3 milímetros cúbicos; sin tener en cuenta las experiencias 4, 9 y 11; la primera por haberse cauterizado, con otro objeto, las venas perforantes gruesas, y las otras dos por existir anomalías de la zona de filtración.

El promedio de las doce experiencias en ojos normales es de 5.2 milímetros cúbicos por minuto. Esta cifra no es, como todas las medias semejantes, sino un dato general, pues *la excreción es muy variable en los distintos individuos*, como lo son, por otra parte, todas las otras excreciones del organismo.

El cambio de líquidos en el interior del ojo, es por lo tanto (ateniéndose á este promedio general), más lento de lo que se había supuesto anteriormente. Las mediciones de Leber y Bentzen, por medio del manómetro de filtración en ojos muertos, dieron, para el conejo, una filtración de 6 milímetros cúbicos por minuto; Niesnamoff encontró después 7 mm³ en el mismo tiempo.

Las dos últimas experiencias de Leber, con una técnica más perfeccionada, se acercan más á la realidad, pues dieron 5.6 mm³ una y 4 mm³ la otra; pero no se puede tener en ellas la confianza plena que da la medición en el ojo vivo, por las razones que he expuesto anteriormente.

*
* * *

Las experiencias relatadas son interesantes desde muchos puntos de vista, pues vienen á poner en claro numerosas cues-

tiones que se refieren tanto á la filtración ocular misma, como á la naturaleza del contenido del canal de Schlemm en el animal vivo, la cual ha sido objeto de tantas investigaciones y promovido discusiones tan largas como apasionadas.

Desde luego y concretándose por lo pronto al primer punto, estas investigaciones demuestran la *realidad de la filtración en el ojo vivo*, que, cosa extraña, después de tantas comprobaciones de orden experimental, todavía acaba de ser puesta en duda por Otto Weiss, en Alemania, y en seguida por M. Abadie en Francia, que adoptó desde luego las ideas del primero para llenar las necesidades de su teoría nerviosa del glaucoma.

Según Weiss: "La concepción de la existencia de una corriente continua en el humor acuoso, no tiene razón de ser." (1)

Según Abadie: "No está de ninguna manera demostrado que en condiciones fisiológicas, el humor acuoso se escape por filtración de la cámara anterior."

"La disposición anatómica de la región, espacios de Fontana, canal de Schlemm, no hablan de ninguna manera en favor de esta hipótesis. En realidad es más bien lo contrario lo que sucede: los líquidos penetran más fácilmente en el ojo que salen de él; testigo de ello la acción de la atropina, de la cual algunas gotas en instilación llegan rápidamente al humor acuoso."

"Nada demuestra que el humor acuoso sea secretado de una manera continua y que se escape continuamente del ojo, ya sea por filtración, ya por escurrimiento á través de aberturas finas. Es igualmente probable que haga parte constitutiva del ojo, como los otros medios transparentes: cristalino y cuerpo vítreo, y que haya entre él y los tejidos vecinos simples cambios nutritivos, como en cualquiera otra región de la economía. No se trata, pues, ni de filtración, ni de escurrimiento, sino de simples fenómenos endosmo-exosmóticos....." (2)

Para echar por tierra todas las ideas clásicas acerca de la secreción continua del humor acuoso, eran necesarias experiencias concluyentes; Weiss, sin embargo, sólo se apoya en datos generales acerca de las relaciones entre la presión sanguínea y la presión intraocular, las cuales han sido ya expuestas, hace tiempo, por varios autores.

(1) Pflüger's Archives. Vol. CXV. 1906. pág 602.

(2) Archives d'Ophthalmologie. Septiembre de 1908.

Niega la existencia de una corriente intraocular constante, suponiendo que las cavidades del ojo y la red de vasos sanguíneos intraoculares representan vasos comunicantes, en los cuales hay corriente, en uno ú otro sentido, sólo cuando la masa de líquido contenido en ellos varía más ó menos en una de las cavidades por diferencias de presión.

De sus experiencias concluye:

1º Cuando los vasos del ojo son recorridos por una solución de Reinger, á cada presión positiva intra-vascular, el líquido entra de los vasos al ojo. Por el contrario, cuando la presión intra-vascular es nula, á cada presión interior positiva el líquido sale del ojo.

2º A cada presión intra-vascular corresponde una presión intra-ocular determinada. El aumento ó disminución de la presión intra-vascular, provoca el aumento ó disminución de la presión intra-ocular.

3º La corriente líquida se dirige de los vasos al interior del ojo, ó del interior del ojo á los vasos, en el sentido de la presión más débil.

Weiss supone, además, que una corriente constante no es necesaria para la nutrición del ojo.

Conforme á estas ideas, la presión intra-ocular variaría incesantemente en relación con la presión vascular; no podría haber, propiamente hablando, constancia de la presión intra-ocular y los elementos nobles del ojo, las delicadas estructuras nerviosas, estarían constantemente sujetas á compresiones y decompresiones. Por fortuna, no sucede así, pues la existencia de un aparato excretor particular, el canal de Schlemm, permite la regularización inmediata de la tensión en el interior del ojo.

Las pruebas de orden simplemente físico y las experiencias post-mortem, caen desde luego por su base ante los irrefutables resultados de mis experiencias en el ojo vivo.

Las ideas clásicas acerca de las corrientes líquidas intra-oculares, son enteramente exactas, y queda directanente comprobada, no sólo la salida constante de los líquidos endo-oculares á través del ángulo de la cámara anterior, sino también la cantidad de la excreción en el ojo vivo, en la unidad de tiempo.

Creo, por otra parte, que mis investigaciones están al abrigo de todo reproche, desde el punto de vista fisiológico. El ojo su-

fre únicamente un pequeño traumatismo, que no altera en nada sus funciones fisiológicas y que es perfectamente soportado como lo comprueba el hecho de que pocos días después de la experiencia, ha recobrado ya su aspecto enteramente normal á tal grado, que sólo se puede saber si un ojo ha sido operado ó no, buscando con las pinzas si existe conjuntiva sobre el limbo esclerotical, pues como esta membrana cicatriza más atrás de su inserción primitiva, el limbo queda desnudo y las pinzas no pueden ya hacer presa sobre él.

La sumersión del ojo en el aceite, no tiene tampoco acción sobre su perfecto funcionamiento fisiológico, pues no se absorbe nada de este líquido á través de la córnea y la esclerótica.

Se ha comprobado, en efecto, desde hace tiempo, que la osmosis á través de las membranas animales no se ejerce entre el aceite y los líquidos con los cuales no puede mezclarse, á menos que se haga intervenir una presión. Según una antigua experiencia de física, ésta última debe ser de 30 á 40 centímetros de mercurio, para que el aceite llegue á pasar á través de la membrana.

Así, pues, en el caso actual, el aceite sirve únicamente para aislar el ojo y hacer visible la excreción del humor acuoso, que no se mezcla con él.

En lugar de aceite he empleado otros líquidos, pero ninguno presenta sus ventajas. El petróleo, por ejemplo, altera las membranas del ojo vivo; la esclerótica se ennegrece como cuando se deseca al aire libre después de la muerte; la córnea se enturbia un poco, y todo el órgano es sitio de una fuerte inyección que lo pone en condiciones patológicas.

Al despegar la conjuntiva y los músculos de la esclerótica, se cortan:

- 1º Las asas vasculares del limbo corneano;
- 2º Las venas y arterias ciliares anteriores perforantes;
- 3º Ramos de la red vascular episcleral. (1)

Todos estos vasos sanguíneos sangran bastante al principio; después, se detiene sucesivamente la hemorragia en las asas del borde corneano, en la red episcleral posterior y, por último, en

(1) Véase la fig. 3, que aunque representa esquemáticamente un ojo humano, puede aplicarse en sus líneas generales al conejo.

las arterias ciliares anteriores, de tal manera, que sólo las venas ciliares anteriores gruesas y los numerosísimos ramitos perforantes que comunican el canal de Schlemm con la red venosa episcleral anterior, en el limbo de la esclerótica, continúan dando, las primeras sangre muy diluída y las últimas, linfa casi pura. El aceite recoge y hace visible la excreción linfática del ojo, realizando el *desideratum* de comprobar todo lo que sale, sin poner traba ninguna á la entrada de líquidos al organo. Sólo queda impedida la llegada de la sangre por las arterias ciliares anteriores perforantes, que contribuyen á formar el *circulus arteriosus iridis major*; pero esto no tiene gran importancia para la circulación del órgano, pues la fuente principal de irrigación está en las arterias ciliares posteriores cortas y largas.

Se ve, pues, que con este método se obtienen todas las garantías para una perfecta medición del líquido filtrado por el canal de Schlemm: La continuidad de la salida demuestra *que existe realmente una corriente de líquido intra-ocular, que renueva el contenido de la cámara anterior de una manera incesante.*

LA EXCRECIÓN OCULAR Y LA SECRECIÓN DEL HUMOR ACUOSO.

La proporción de la excreción del humor acuoso varía con la presión intra-ocular, la cual, así como la secreción de los procesos ciliares, está bajo la dependencia de la presión intra-vascular.

Siendo la salida de los líquidos oculares por el canal de Schlemm, resultado de una verdadera filtración á través de la membrana que forma la pared interna de este último, es originada principalmente, como toda filtración, por la presión del líquido filtrante y está directamente en relación con las variaciones de la presión intra-ocular.

Esta á su vez es el resultado de dos factores:

- 1º La presión sanguínea de los vasos uveanos y retinianos;
- 2º La secreción del humor acuoso.

La influencia de la primera sobre la presión intra-ocular ha sido demostrada, tiempo hace, por numerosos autores: Adamuk, V. Hippel y Grunhagen, Schulten, Wessely, etc., y no es necesario insistir en su importancia. En cuanto á la influencia de la secreción del humor acuoso sobre la presión en el interior del ojo, es incontestable, pues aunque ésta última se halla siem-

pre en relación directa con la presión arterial, su dependencia no es absoluta y el ojo conserva cierta autonomía de tensión, debido á la mayor ó menor cantidad de líquido que contiene.

He insistido ya, en otro lugar, (1) acerca de las perturbaciones que las lesiones inflamatorias, esclerosas del cuerpo ciliar, producen en la tensión del ojo. A pesar de que la llegada de sangre á las arterias de la uvea sea normal, si el órgano de la secreción del humor acuoso está alterado, la tensión intra-ocular bajará inmediatamente. Es lo que se observa en el período terminal de las irido-ciclitis plásticas ó serosas, por ejemplo.

Por el contrario, en los ojos normales la secreción y la excreción se contrabalancean una á otra, á tal punto, que la presión intra-ocular se conserva casi constante á pesar de las variaciones de la tensión sanguínea. Así, pues, si se llega á determinar la cantidad exacta de la excreción total, puede tomarse esta cifra como medida de la secreción del humor acuoso. Así lo han hecho Leber y Niesnamoff, quienes experimentando con el manómetro de filtración del primero, suponían que la filtración obtenida en el ojo muerto, podía servir de punto de partida para llegar á determinar la tasa de la secreción en el animal vivo. Como la filtración aparente en este último era sólo de 1 milímetro cúbico por minuto con el aparato de Leber, mientras que en el ojo muerto, en el cual toda secreción falta, es de 7 mm³ á la presión de 25 milímetros de mercurio, la diferencia, ó sean 6 milímetros cúbicos, representaría la secreción verdadera de los procesos ciliares.

A consecuencia de las críticas que formulé respecto al funcionamiento del manómetro de filtración y de las experiencias por las cuales llegué á demostrar que la cantidad de líquido que sale realmente fuera del ojo es mucho menor que la que el aparato inyecta en la cámara anterior en la unidad de tiempo, quedando retenida una parte considerable en el interior del globo, el Prof. Leber hizo nuevas investigaciones, de las cuales deduce que la retención depende tanto de que la cápsula ocular posee cierto grado de elasticidad propia, como de que su capacidad aumenta al aproximarse á la forma esférica, por lo que puede almacenar cierta cantidad extra de líquido que compen-

(1) Annales d'Occulistique. Tomo CXXXVII.—Febrero de 1907.

sa, hasta cierto grado, las diferencias de la presión sanguínea, que son la causa principal del aumento ó disminución de la secreción. A pesar de estas variaciones en la capacidad de la cápsula ocular, el Prof. Leber, en su último trabajo, persiste en creer que en el ojo vivo la excreción y la secreción son cantidades iguales.

Aun aceptando esta manera de pensar y despreciando las pequeñas variaciones de la excreción que debe producir el cambio de volumen de los líquidos intraoculares, hay que tener en cuenta que la salida de los líquidos fuera de la cámara anterior no sólo se produce por el canal de Schlemm, sino también por la superficie anterior del iris, que desempeña cierto papel en la reabsorción del humor acuoso, según lo han demostrado Nuel y Benoit.

Nos es imposible actualmente valorizar la importancia de esta excreción por el iris; pero puede admitirse, sin embargo, con grandes probabilidades, que la mayor parte del humor acuoso se escapa á través del canal de Schlemm y sólo una parte poco considerable es reabsorbida por los vasos de la cara anterior del iris. Esto es tanto más probable, cuanto que siendo el aparato excretorio, representado por los espacios de Fontana y el canal de Schlemm, una vía de filtración anatómica y fisiológicamente especializada para realizar esta función, por ella debe producirse, en condiciones normales, la casi totalidad de la excreción.

Si así es, y habiendo llegado á encontrar un método por el cual puede medirse con toda exactitud la cantidad de la excreción del humor acuoso á través del canal de Schlemm, pueden considerarse aproximativamente, como equivalentes, la excreción y la secreción, y tomar la primera como medida de la última. Según las experiencias antes relatadas, la tasa media de la secreción de los procesos ciliares en un minuto, en el ojo del conejo, es de 5.2 milímetros cúbicos.

Como ya se ha dicho, sin embargo, la cifra de la excreción del humor acuoso es muy variable de un individuo á otro y por consiguiente debe serlo también la tasa de la secreción.

CAPITULO II.

ACERCA DE LA NATURALEZA VERDADERA DEL CONTENIDO DEL
CANAL DE SCHLEMM EN EL OJO VIVO.

Desde que Arnold y Huschke descubrieron que el canal de Schlemm estaba en comunicación con las venas ciliares anteriores, y Rouget demostró su carácter de plexus, hecho que fué confirmado posteriormente por Leber, se pensó en la naturaleza venosa de este canal; pero fué principalmente el éxito de las inyecciones por la arteria y vena oftálmicas, el que pareció confirmar la naturaleza del círculo venoso ó seno venoso de Schlemm, como se le llamó entonces.

Posteriormente, sin embargo, Schwalbe, en el curso de sus estudios á cerca de los linfáticos oculares, observó que inyectando azul de Prusia en la cámara anterior, se llenaban no sólo los espacios de Fontana y los tejidos adyacentes, sino también el canal de Schlemm y las venas intraesclerales vecinas, y que, por último, la materia colorante penetraba á las venas ciliares anteriores, escapándose fuera del ojo. De ahí dedujo Schwalbe que existía una comunicación libre entre la cámara anterior, el canal de Schlemm y las venas ciliares anteriores, por las cuales el humor acuoso escurría fuera de la cámara anterior. En su concepto, el canal de Schlemm era un seno linfático, provisto en su pared interna de estomas que daban paso á la corriente líquida.

En 1873, Leber, haciendo inyecciones con una solución de carmín, demostró igualmente que la materia colorante salía fuera del ojo á través del canal de Schlemm y las venas ciliares anteriores; pero negó rotundamente que existiera una comunicación libre entre la cámara anterior y el canal de Schlemm, sosteniendo que únicamente las sustancias difusibles podían atravesar la pared interna de este último, mientras que las no difusibles, como el azul de Prusia, quedaban detenidas y sólo aparecían en las venas ciliares anteriores cuando sus corpúsculos, gracias á la presión producida por la inyección, atravesaban la membrana en los intersticios de las cel-dillas endoteliales.

Leber combatió también la opinión de que el canal de Sch-

lemm fuera un canal linfático, afirmando que se trataba de un verdadero seno venoso cerrado, semejante á los de la dura madre.

Después de una controversia que duró 15 años, y en la que tomaron parte numerosos observadores: Waldeyer, Geisrath y Gutmann en apoyo de Schwalbe; Königstein, Angelucci, Brugsch, Merian, Merkel, etc., en favor de Leber, las investigaciones histológicas de Rochon-Duvigneaud acerca del canal de Schlemm de las gallinas, por una parte, y los resultados de las inyecciones con materias colorantes hechas en la cámara anterior, previamente vaciada, por el mismo Rochon-Duvigneaud y después por Leber y Bentzen, llegaron á demostrar que no hay comunicación libre entre la cámara anterior y el canal de Schlemm, y que la excreción del humor acuoso se realiza por medio de cambios osmóticos, ó más propiamente por filtración, puesto que interviene en ellos la presión intraocular, la cual hace pasar el líquido á través de la pared interna del canal, cuya estructura es la de una membrana continua.

Las divergencias entre los resultados de Rochon-Duvigneaud, Gutmann y Leber, acerca de la inyección de las venas ciliares anteriores por la cámara anterior, se debió á que se colocaban en condiciones experimentales distintas, pues los primeros vaciaban totalmente la cámara anterior antes de la inyección y el segundo nó.

Por otra parte, el primero de estos observadores comprobó que el paso de la materia colorante al interior del canal de Schlemm, se verificaba únicamente cuando á causa de la presión desarrollada por la inyección, se producían desgarraduras en la pared interna del referido canal.

Las ideas acerca de la naturaleza del líquido contenido al estado normal en el interior del canal de Schlemm, han sufrido, como era de esperarse, variaciones en consonancia con los resultados de las investigaciones llevadas á cabo por los distintos observadores.

Oculto bajo el limbo esclerotical é inaccesible á la observación directa durante la vida, era imposible comprobar directamente la naturaleza de su contenido. Los exámenes histológicos no dieron resultados concluyentes. En la mayor parte de los cortes de ojos enucleados, normales ó patológicos, no se han

encontrado, por muy rápida que sea la fijación, glóbulos sanguíneos en bastante cantidad para considerar como sangre normal el líquido que contiene el canal. Varios observadores (Rochon-Duvigneaud) lo han encontrado enteramente vacío de sangre en ojos humanos, enucleados por lesiones lejanas del segmento anterior.

En los ojos normales, cuando hay una estasis sanguínea, por ejemplo, en los ahorcados, se encuentra casi siempre sangre en el canal de Schlemm. Lo mismo pasa si se usan ojos de cadáveres en los cuales se inclina la cabeza hacia abajo por algún tiempo.

Leber, para justificar la naturaleza sanguínea del contenido, hizo investigaciones microscópicas en 17 ojos humanos sanos, encontrando sangre en 15 y en 2 no; pero no se crea que en los primeros la luz del canal estaba ocupada por completo por la sangre: sólo lo llenaban parcialmente grupos de glóbulos rojos.

En ojos patológicos, especialmente en el glaucoma, el canal sí se ha encontrado francamente lleno de sangre.

La cuestión no estaba, pues, enteramente definida, ni parecía que pudiera serlo fácilmente, cuando en el curso de mis investigaciones acerca de la filtración en el ojo vivo, pude notar que la linfa endocular se escapaba no sólo por las venas ciliares anteriores cortadas, sino también por todo el contorno del limbo corneano, por el cual salían numerosas gotitas finas, casi enteramente transparentes, que, como he dicho al relatar las experiencias, podían desprenderse con facilidad del globo por medio de un estilete, reproduciéndose en la misma forma al cabo de poco tiempo.

Esta comprobación, totalmente en desacuerdo con las ideas aceptadas acerca de la anatomía y la fisiología de la región del ángulo de la cámara anterior, hacía patente la necesidad de precisar los datos anatómicos que poseemos sobre el sistema de las venas perforantes, su número y sus relaciones con el canal de Schlemm, así como resolver el lado fisiológico de la cuestión y determinar exactamente la composición del líquido contenido en el canal de Schlemm.

Según las ideas clásicas (Leber) los vasos de la región escleral anterior, son los siguientes:

Las arterias ciliares anteriores (c. Fig. 3) en número de dos

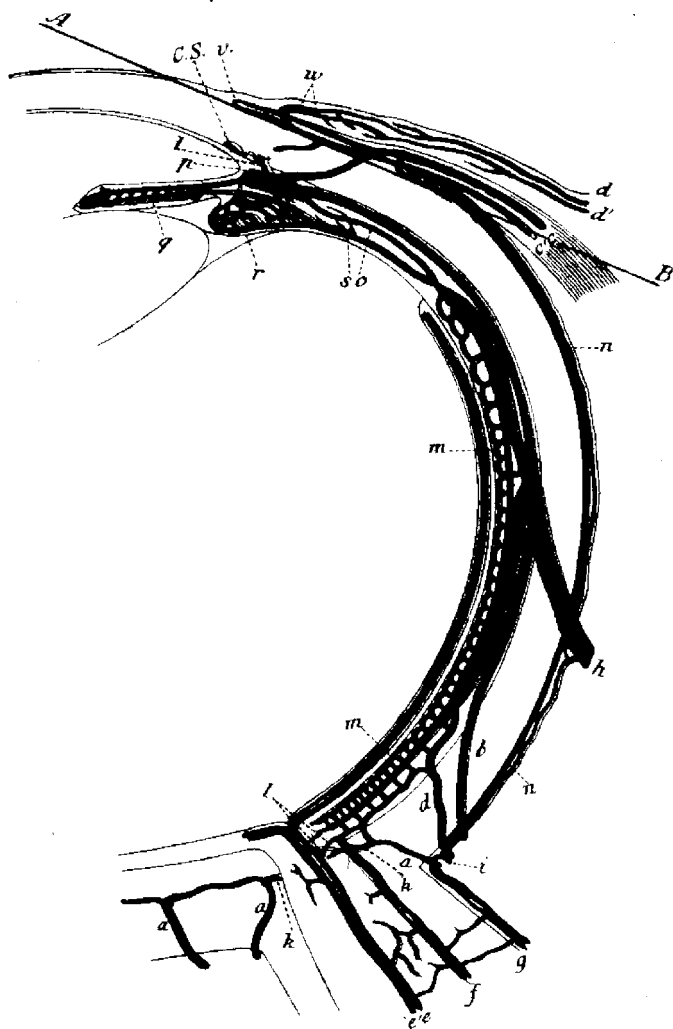


Fig. 3.—Esquema de la distribución de los vasos sanguíneos en el ojo, según Leber. Corte horizontal. Arterias en rojo. Venas en azul.

C. S. Canal de Schlemm; *d, d'*, arteria y vena conjuntivales posteriores; *w*, arteria y vena conjuntivales anteriores; *v*, asa vascular del borde corneano; *c, c'*, arteria y vena ciliares anteriores cuyas ramas perforantes atraviesan la esclerótica. La arteria se dirige al gran círculo arterial del iris; la vena *t*, nace de la parte externa del músculo ciliar; *q*, vasos del iris; *r*, procesos ciliares; *s*, rama de la vena vorticosa que nace en el músculo ciliar; *o*, arteria corioidea recurrente; *m, m'*, red coriocapilar; *n*, ramas episclerales; *h*, vena vorticosa; *b*, arteria ciliar posterior larga ó iriana; *a, a'*, ciliares cortas posteriores; *i*, vena ciliar posterior corta; *l*, anastomosis de los vasos corioideos con los ópticos; *k*, rama de la arteria ciliar posterior, corta al nervio óptico; *e, e'*, arteria y vena central de la retina; *f, g*, vasos de las vainas ópticas internas y externas.

AB, línea que indica los vasos que se separan del ojo al hacer la experiencia.

para cada uno de los músculos rectos (frecuentemente los músculos laterales poseen sólo una en el hombre), las cuales acompañan los bordes de los tendones sobre la esclerótica y al llegar á cierta distancia de la córnea se dividen en dos ó tres ramas: la más gruesa perfora la esclerótica y se distribuye en el cuerpo ciliar, contribuyendo á formar el gran círculo arterial del iris, y las otras, continuando su trayecto, llegan al borde de la córnea, adonde se encorvan, uniéndose unas á otras para formar arcos, de los cuales se desprenden finas ramitas que forman las asas vasculares del borde corneano.

Las venas ciliares anteriores (c') siguen el curso de las arterias, pero son generalmente en mayor número (dos ó tres para cada músculo recto) y su calibre es más pequeño. Comprenden: 1º, ramas perforantes muy finas que reciben la sangre venosa del músculo ciliar (*t.* Fig. 3); 2º ramas de la red vascular episcleral (*n*); 3º las venas conjuntivales anteriores (*w*) que provienen de la conjuntiva, y 4º, ramas venosas de las asas vasculares del borde corneano.

El número de vasos arteriales y venosos que perforan la esclerótica en el limbo, sería, pues, de 6 á 8 arterias y de 8 á 12 venas, en total, al máximo 20 vasos perforantes anteriores.

Esta descripción, probablemente exacta para las arterias, no lo es para las venas. Como he observado en mis experiencias, el número de ramitos venosos perforantes que se encuentran en el limbo es tal, que se tocan casi unos á otros; su número no baja de 30 á 40 y su desembocadura sobre la esclerótica está muy próxima al borde de la córnea.

En confirmación de la experiencia fisiológica viene un trabajo anatómico hecho hace pocos meses por el Dr. Thomson Henderson (1), quien estudiando minuciosamente, en serie, dos ó tres mil cortes histológicos de ojos humanos normales y reconstruyendo el trayecto de cada vaso, corte por corte hasta su terminación, ha encontrado que en cada milímetro de circunferencia esclerótica interior (40 cortes=1 mm.) hay siempre un vaso perforante y á veces dos ó tres. Estima que su número total en el ojo humano llega á 50.

(1) Transactions of the Ophthalmological Society of the United Kingdom. Tomo XXVIII, 1908.

Todas estas venas perforantes *están en comunicación con el canal de Schlemm* por una ó varias ramas, y, además, conectadas unas con otras, ya sea directamente por anastomosis, ó indirectamente por un gran número de pequeños ramos que no llegan á atravesar completamente la esclerótica. (Fig. 4).

Henderson nunca pudo encontrar un solo vaso perforante que no estuviese conectado ya directa, ya indirectamente, con el canal de Schlemm. Dicho autor llega hasta asegurar que todos estos vasos comunican directamente con el gran círculo arterial del iris, el cual sería en realidad un *círculo venoso* y no un círculo arterial. No creemos que esta última aseveración sea fundada; pero lo que sí es un hecho fuera de duda, porque tiene la sanción de la experimentación fisiológica, es que el número de venas perforantes es mucho mayor del que se había creído hasta la fecha y que sus ramitos casi se tocan unos á otros en la región del limbo.

Esta disposición anatómica explica por qué en mis experiencias se ve salir humor acuoso, no sólo por las grandes aberturas de las venas ciliares anteriores, sino por todo el derredor del limbo. El líquido que se escapa de las primeras está muy cargado de sangre, el de las venas finas del limbo apenas teñido.

Queriendo darme cuenta de la relación que existe entre la cantidad de linfa que escurre por las venas ciliares anteriores y las que dan las perforantes finas, practiqué la experiencia siguiente:

Experiencia núm. 4.—Conejo de 1,840 gramos de peso. Ojo izquierdo.—Previo instilación de cocaína en el ojo y asepsia de la región, se procedió á hacer la sección de la conjuntiva alrededor de la córnea y en seguida la de los músculos, en la forma usual. Se determinaron los lugares correspondientes á las aberturas de los gruesos vasos ciliares anteriores en el borde de los tendones, y se cauterizaron con la punta fina del termocauterio al rojo obscuro, habiendo necesidad de tocar no sólo los bordes, sino toda la inserción de los rectos superior é inferior, que daban bastante sangre por sus capilares.

Se tocaron también lateralmente dos ó tres gruesos vasos que sangraban. Inmediatamente se sumergió el ojo en el aceite, provisto el embudo de una membrana de caucho para aislarlo perfectamente (7.17 p. m.); poco tiempo después se hacen ya

visibles en la circunferencia de la córnea numerosas gotitas enteramente transparentes.

A las 7.47 el animal hace un movimiento fuerte y se desprende de la córnea una gruesa gota, apenas teñida, y numerosas gotitas finas transparentes. A las 8.17 p. m. se saca el ojo del embudo con las precauciones ordinarias. Se recoge todo el filtrado y se centrifuga, obteniendo 175 milímetros cúbicos de linfa en 65 minutos ó sea $2,1 \text{ mm}^3$ por minuto. (Véase la tabla núm. 1). Como casi no había coágulo de sangre, pues apenas se notaba un punto rojo en el fondo de la probeta, puede tomarse la cifra de 2.1 milímetros cúbicos como valor exacto del humor acuoso que filtró *exclusivamente por las finas venitas perforantes de la circunferencia del limbo*, con exclusión de las gruesas venas ciliares anteriores.

Comparando esta cifra con el promedio de filtración total 5.2 mm^3 , se puede ver que una buena porción, casi la mitad del humor acuoso, se escapa por todo el contorno del limbo y no sólo por las gruesas venas perforantes, como se creía antes.

Esta experiencia nos da á conocer también un hecho notable: *excluidas las venas ciliares anteriores gruesas, apenas sale sangre con el líquido filtrado, el cual está constituido por linfa casi pura.*

El canal de Schlemm no contiene, pues, al estado normal, sangre, como lo afirman Leber y otros autores, sino humor acuoso, casi puro.

¿Cómo es entonces que estando en comunicación libre con las venas el canal de Schlemm no se llena de sangre? El hecho depende de varios factores: 1º La presión intraocular es mayor que la de la sangre de las pequeñas venas intraesclerales (hecho indudable, puesto que existe una corriente en este sentido que se puede observar directamente); 2º El humor acuoso que filtra á través de la pared interna del canal, conserva, al llenar la cavidad de este último, cierta presión, que se aumenta por las nuevas cantidades de líquido que incesantemente penetran en él; 3º Las venas ciliares anteriores no se abocan directa, sino indirectamente con el canal de Schlemm. Todos los autores, incluso Leber, están de acuerdo en reconocer que el canal no es sino un *divertículo lateral* de la circulación sanguínea.

Además, Schwalbe había hecho notar desde hace tiempo, que

las ramitas venosas que unen el canal de Schlemm con las venas ciliares anteriores perforantes son *extremadamente delgadas* (0^{mm}024 milésimos de milímetro de diámetro), de lo que resulta que la entrada de la sangre al canal de Schlemm es mucho más difícil que la continuación de la corriente por las venas ciliares, cuyo calibre es bastante mayor y ofrece menos resistencia al líquido sanguíneo.

En los ahorcados, cuando se inclina la cabeza de los cadáveres hacia abajo, en una palabra, siempre que haya estasis y congestión y que la presión aumente en las venas, cierta cantidad de sangre penetrará al canal. Lo mismo tendrá lugar en ciertos estados patológicos, como el glaucoma, por ejemplo; pero al estado normal, el contenido del seno escleral es humor acuoso casi puro.

En las venas ciliares anteriores, y más aún en los vasos perforantes finos del limbo escleral, la sangre se encuentra muy diluída, como lo comprueban mis experiencias, pues la cantidad proporcional del coágulo sanguíneo en el líquido filtrado es muy inferior al de la sangre pura.

*
* *

El método antes descrito para medir la cantidad de la filtración en el ojo vivo, podrá aplicarse en lo de adelante, no sólo á la resolución de los numerosos problemas de fisiología del ojo normal, sino también en ojos patológicos y suministrará valiosos datos para aclarar las múltiples cuestiones de patología ocular relacionadas con la excreción á través del ángulo de la cámara anterior.

Réstame, para terminar, dar las gracias al Sr. Secretario de Instrucción Pública, Lic. Don Justo Sierra, y á su ilustrado colaborador el Sr. Lic. Don Ezequiel A. Chávez, que bondadosamente me facilitaron los recursos del laboratorio de fisiología de la Facultad, para hacer mis experiencias; á mi buen amigo el Dr. D. Vergara Lope, que tuvo la bondad de ayudarme personalmente en varias de ellas, y por último, al Dr. Edgard S. Thompson, de New York, que se encargó del estudio histológico de los ojos anormales en el laboratorio que es á su cargo.