

ALGUNAS CAUSAS DE ERROR POCO TOMADAS EN CUENTA EN LA TONOMETRIA OCULAR *

Por el Dr. ANTONIO TORRES ESTRADA,
académico de número.

El ojo es un órgano hueco constituido por un continente, o sean las paredes formadas por tres membranas superpuestas, y un contenido que en parte es fluido, o sea el humor acuoso, que ocupa la cámara anterior, y en otra por un tejido de consistencia de gel, o sea el cuerpo vítreo, que llena en su mayor parte la cavidad ocular.

Dicho contenido está sometido a una presión que es la resultante entre la cantidad del humor acuoso generado y la cantidad que se elimina a través del aparato de filtración del ojo, más la resistencia que opone la elasticidad de las paredes del globo ocular.

De esta primera consideración se desprende la necesidad de rectificar un primer error que consiste en considerar al ojo como una cavidad herméticamente cerrada e inextensible. Indudablemente que desde el punto de vista de la anatomía el concepto de ser un órgano cerrado es exacto; pero desde el punto de vista de la fisiología no lo es, si se tiene en cuenta que la producción y la eliminación del humor acuoso se verifican de una manera continua, como continua es la circulación sanguínea de donde éste deriva. Por tal motivo debemos considerar al ojo, y en particular la cámara anterior, como un remanso de la corriente continua del acuoso, como lo es la pelviscilla renal para la orina engendrada en el riñón y eliminada a través del uréter.

En cuanto a la generación de la corriente de humor acuoso aún no sabemos a ciencia cierta si se verifica en el cuerpo ciliar, en el iris, en la coroides, o en varias de estas partes. Lo más probable es que sea en el cuer-

* Trabajo reglamentario de turno, leído en la sesión del 18 de agosto de 1948.

po ciliar donde se forme, dada la estructura glandular que en parte tiene este órgano.

Con relación al aparato de eliminación del humor acuoso conocemos un poco más, pero aún existen varias incógnitas por eliminar.

Dicho aparato lo podríamos esquematizar en cuatro porciones:

1) El tejido trabecular o trabéculum, constituido por un tejido esponjoso atravesado de innúmeros espacios y canales anastomosados entre sí, y revestidos de endotelio, de manera que dicha estructura al final de cuentas viene a constituir un filtro. 2) El canal de Schlemm, que es el colector de todos los espacios y canales del tejido trabecular. 3) Un sistema de canales linfáticos eferentes que comunican el canal de Schlemm con la red venosa de la circulación periquerática o ciliar, que se haya incluida en el espesor de la túnica escleral alrededor de la córnea; y 4) la misma red venosa que se pone en comunicación con la circulación exterior del ojo, a través de las venas ciliares anteriores, que atraviesan dicha envoltura escleral hacia el segmento anterior.

Existen algunas dudas con relación a la filtración del ojo, que se basan en la estructura del canal de Schlemm alojado en su mayor parte en el espesor de la esclera y en el cual se consideran dos paredes, una externa, fibrosa, que está constituida por el tejido escleral, y otra interna, membranosa, y que está formada por un tejido que histológicamente es la continuación del tendón de inserción del músculo ciliar y que pasa a la cara posterior de la córnea convirtiéndose en la limitante posterior, o membrana de Descemet. Esta disposición ha motivado la hipótesis de que la eliminación del acuoso sea un fenómeno en parte activo y no pasivo exclusivamente. En consecuencia, dicha eliminación puede ser acelerada por la contracción de las fibras del músculo ciliar que distienden la pared membranosa y por la contractura del iris, ocasionando el borramiento de sus pliegues en la raíz y distendiendo los espacios trabeculares al mismo tiempo que se amplía el ángulo iridocorneal. En cambio, la relajación y la midriasis podrían obrar retardando la filtración, debido a que los pliegues que se forman en la raíz del iris al dilatarse podrían comprimir el trabéculo, o relajarían las paredes de los espacios trabeculares reduciendo su amplitud y disminuyendo la filtración, al mismo tiempo que se estrecha el ángulo de filtración. Por otra parte, las alteraciones bioquímicas del humor acuoso pueden influenciar acelerando o retrasando su eliminación. También la presencia de elementos extraños en suspensión en el acuoso,

pueden retardar y aún suprimir la filtración, como acontece con los exudados purulentos, hemorrágicos y fibrinosos de la cámara anterior y aún por la diseminación de celdillas de pigmento o de la descamación de la cápsula del cristalino. Finalmente, los procesos inflamatorios y los estados degenerativos que de ellos derivan, a su vez pueden provocar la impermeabilidad más o menos exagerada del trabéculo y ser una de las causas más frecuentes de hipertensión. Más adelante del trabéculo y del canal de Schlemm pueden existir causas que aún dificulten la filtración del ojo, como acontece en aquellos pacientes que han sufrido quemaduras en la conjuntiva, los afectados de simblefaron total y en aquellos en que, a consecuencia de un tratamiento prolongado de inyecciones subconjuntivales, se ha provocado la adherencia de la conjuntiva en el segmento anterior. En todos estos pacientes la proliferación del tejido conjuntivo fibroso sobre la superficie escleral ahoga la salida de las venas ciliares anteriores y degenera la delicada red venosa de la circulación perique-rática.

Como se ve por lo anteriormente expuesto, todos los obstáculos interpuestos a la filtración del ojo determinan un aumento de su tensión. Una experiencia sencilla nos permitirá comprender fácilmente este concepto. Si hacemos salir agua u otro líquido contenido en una jeringa de inyecciones a través de agujas de diferente calibre, se verá que el paso será más fácil y con menos presión por las de mayor calibre y será más difícil, y habrá que ejercer mayor presión para forzar el paso del líquido, a través de las de menor calibre.

En la clínica tal parece que los trastornos en el aparato de filtración son la causa más importante en los estados hipertensivos del ojo y muy particularmente en el glaucoma crónico simple, en donde una mayor degeneración de su estructura corresponde a un grado más avanzado del padecimiento. Sin embargo, es muy digno de tenerse en cuenta que en las crisis de glaucoma inflamatorio, que habitualmente se desarrolla en el curso de glaucomas crónicos, una inyección retrobulbar de adrenalina o de pivina abaten la tensión de una manera efectiva en pocos minutos, y la explicación de este fenómeno radica principalmente en la isquemia producida en el polo posterior del ojo, inhibiendo en gran parte la penetración del aflujo sanguíneo hacia la uvea. Este hecho tiene su equivalencia en la hipotensión que se observa en un ojo glaucomatoso después de haber sido enucleado, no obstante haber estado antes en un grado máximo de hipertensión.

Es indudable que en el ojo sano la generación del humor acuoso y su eliminación deben estar regularizadas de manera que su cantidad sea una cifra constante. Y, por otra parte, su excreción a través del aparato de filtración también debe estar regularizada dentro de límites más o menos precisos y constantes; en consecuencia, debe existir una relación determinada entre la producción y la eliminación del acuoso y el resultado deberá ser una tensión constante.

Esta hipótesis se robustece por la circunstancia de que la tensión arterial, el pulso, la composición química del plasma sanguíneo, así como la de los demás líquidos de la economía, arrojan cifras constantes, incluso la composición misma del humor acuoso que es derivado del plasma por un proceso osmótico. El hecho de verificarse este fenómeno en el ojo sano, en tejidos normales y entre líquidos de composición constante, hace pensar que la tensión normal del ojo debe estar comprendida dentro de una cifra determinada y constante, apenas variable dentro de límites muy estrechos, pero de ninguna manera en una latitud tan grande como la considerada actualmente, y que comprende cuatro veces a la cifra más baja. En efecto, teniendo en cuenta todas las cifras señaladas por diversos autores se ha considerado como medida normal del tonus ocular cifras comprendidas en 10 y 40 milímetros de mercurio. Estos valores han sido fijados por la tonometría, pero no por experimentos fisiológicos, únicos que deberían de ser tomados en consideración para fijar la media de la tensión normal. Dicha latitud siempre me ha parecido tan inadmisible, como inadmisible y aún imposible sería aceptar como normales cifras tres y aún cuatro veces más grandes en el número de pulsaciones, en las respiraciones, en la tensión arterial y en la temperatura del cuerpo. Así lo he manifestado varias veces y afortunadamente ahora estoy en condiciones de refutar dichos conceptos erróneos, no con las deducciones ni con las teorías a que antes me refiero, sino con hechos experimentales de fisiología de indiscutible valor y que espero ver comprobados por otros investigadores.

En fisiología conocemos en forma más o menos precisa la tensión de la corriente sanguínea y aún la del líquido cefalorraquídeo, porque ha sido posible medirlas directamente por un manómetro, y partiendo de esta base ha sido posible construir aparatos de fácil manejo para el uso del clínico, como es el esfigmomanómetro para la medida de la tensión arterial y el manómetro de Claude para la medida de la tensión del líquido cefalorraquídeo.

En el ojo, dada la pequeñez de la cámara anterior y la delicadeza de los tejidos y órganos alojados en él, como son el iris y el cristalino, se ha considerado como imposible practicar en forma usual una medición manométrica de la cámara anterior sin correr el peligro de ocasionar graves e irreparables daños. Por esto es que estas mediciones hasta ahora no se han practicado, ni menos en serie en un grupo grande de individuos, para obtener las medidas fisiológicas teniendo en cuenta la edad, sexo y demás circunstancias, que sí se han podido precisar para la tensión arterial y la raquídea en las personas sanas, así como las alteraciones en los estados patológicos.

Sin embargo, para tener una medida exacta o cuando menos muy aproximada de la verdadera tensión normal del ojo, era indispensable medirla por medio de un manómetro. Esta idea la venía incubando hace mucho tiempo y por fin me decidí a construir un manómetro graduado en milímetros lineales de mercurio, para aplicarlo a los pacientes en condiciones especiales, es decir, en la mesa de operaciones y como un tiempo preliminar a la intervención quirúrgica que se les iba a practicar. El manómetro fué ensayado previamente en los animales para corregir sus defectos, eliminar las causas de error y para adiestrarme en el manejo; y una vez que hube conseguido dominar todos los problemas y dificultades inherentes lo apliqué al paciente. Los resultados han ido más allá de lo que me había imaginado, no obstante ser muy reducido el número de pacientes en quienes ha sido empleado el aparato hasta ahora. Dichos resultados están condensados en los cuadros que más adelante figuran en este trabajo e insistiré en ellos en su oportunidad. Creo ser el primero en haber realizado estas mediciones manométricas en la cámara anterior del hombre o por lo menos ignoro que alguien las haya practicado antes. Por lo general, las mediciones manométricas de la cámara anterior habían sido practicadas en ojos enucleados del cadáver, o en el cadáver mismo; en ojos enucleados de animales y cuando mucho en ojos de animales anestesiados.

Las mediciones manométricas practicadas en ojos enucleados y en el cadáver mismo no conducen a ningún resultado práctico. En dichos ojos falta desde luego el factor del aflujo sanguíneo, y la fuerza osmótica que engendra el humor acuoso; y, por otra parte, está cambiada la resistencia del sistema linfático y venoso eferente del canal de Schlemm. En el cadáver de pocas horas, dichos sistemas son relativamente permeables; la deficiencia puede depender únicamente de la falta de la elasticidad de los

vasos y de la tensión de la sangre contenida en la corriente venosa. En el ojo del cadáver de más de 12 horas he podido observar una mayor dificultad en la filtración, que indudablemente es debida a las alteraciones del sistema a causa de la descomposición cadavérica, que tal vez altera en forma prematura el endotelio y la estructura del trabéculum.

Experimentando en animales he podido observar que el ojo del conejo desprovisto de la conjuntiva filtra 1 c.c. de suero fisiológico a la presión de una columna de este líquido de 1.10 M y durante las primeras 2 horas de muerto el animal. Y también he podido comprobar que la filtración disminuye a medida que es mayor el tiempo que ha transcurrido entre la muerte del animal y la verificación de la experiencia. En el gato muerto la misma columna de suero descendió a $3\frac{1}{4}$ cc. en dos horas, sin disecar la conjuntiva. Por otra parte, en el conejo anestesiado el descenso de la misma columna es menor que en el conejo muerto y es aún menor cuando la tensión del ojo es mayor. Aumenta la filtración si la tensión del ojo disminuye por la narcosis, a medida que es más profunda, y aumenta más con la muerte del animal. En el gato, que es extraordinariamente sensible a los barbitúricos y que casi siempre lo he visto morir en las experiencias, el aumento de la filtración es más ostensible a medida que el animal entra en agonía. Sin embargo, son estas experiencias, completamente apartadas de las condiciones del ojo humano, las que han servido de base para graduar los aparatos hasta ahora contruídos para la medición de la tensión ocular.

Apenas se hubo comprendido la importancia de las alteraciones de la tensión ocular en los padecimientos del ojo y muy particularmente en el glaucoma, se impuso la obligación de explorarla por la palpación; después se tuvo la idea de construir algún aparato que marcara en cifras usuales los valores de dicha tensión, a fin de eliminar el factor personal susceptible de error y de difícil apreciación de la palpación digital. No obstante la existencia del tonómetro, la palpación digital del ojo por ser un procedimiento sencillo se ha venido practicando desde antes como hasta ahora, para la apreciación del tonus ocular. El procedimiento en manos del clínico experimentado ha sido de gran utilidad, porque al final de cuentas, lo que importa saber es cuándo un ojo tiene su tensión normal, cuándo está aumentada y cuándo está disminuída. Desgraciadamente, el resultado del uso de los tonómetros ha sido contraproducente, porque todos los conocidos hasta ahora están muy lejos de dar medidas exactas, o aproximadas a la verdad, de ser precisos y fáciles de manejar, y en cambio son res-

ponsables de que el oftalmólogo inexperiencedado que posee un aparato de éstos, se crea en la obligación de usarlo y con el derecho para confiar en sus indicaciones. Lo más grave del caso es que al mismo tiempo ha descuidado la educación y el refinamiento de sus dedos para la apreciación del estado tensional del ojo, lo cual equivaldría a que el internista no educara su oído para la apreciación de los delicados signos auscultatorios, o que el cirujano o el ginecólogo no educaran sus dedos para percibir detalles más fáciles de conocer por el tacto que por otro método de exploración. Las discrepancias de las mediciones del tonómetro en comparación con las mediciones manométricas son tan grandes y tan ostensibles, que bastará compararlas en los cuadros que resumen las observaciones que he practicado, para tener una comprobación evidente de la inexactitud del tonómetro. Es indudable que de esta inmerecida confianza al tonómetro derivan los más numerosos y más graves errores de diagnóstico que se cometen en oftalmología, y precisamente el más frecuente es el desconocimiento de un estado hipertensivo del ojo, sobre todo cuando dicho estado es ligero y por lo tanto queda comprendido dentro de los límites admitidos como normales por el tonómetro.

En el Hospital de Nuestra Señora de la Luz varias veces se han llevado a efecto trabajos de tonometría por diferentes personas y en todas estas veces la exploración digital ha venido a rectificar mediciones tonométricas que evidentemente eran incongruentes y erróneas; también hemos podido comprobar cómo dichos errores son más frecuentes en los centros oftalmológicos y entre los especialistas que hacen reposar de una manera casi exclusiva el diagnóstico de los estados hipertensivos en las mediciones tonométricas. Esto lo digo sin la intención de hacer una crítica ni alusión a ningún grupo ni a persona alguna. Señalo simplemente el hecho tal como es y por la importancia que encierra. Por otra parte, y en descargo de los oculistas mexicanos, debo manifestar que no es entre nosotros únicamente donde estos errores se cometen y donde se observan con más frecuencia, sino que son universales. Así lo he podido comprobar en diferentes países que he visitado del Continente Americano y aún en las clínicas más prestigiadas. La mejor prueba de que este mal existe es la intensa campaña encauzada contra el glaucoma en los países más adelantados, en donde los oftalmólogos del más elevado prestigio ponen su fé, su empeño y sus actividades para suprimir esta temible y traidora enfermedad, que generalmente es conocida cuando está ya bien declarada en el enfermo, es decir cuando la hipertensión es claramente manifiesta al tonómetro y al tacto,

y cuando ha causado en el ojo estragos graves e irreparables. En efecto, en el estudio diario de los enfermos y en los tratados clásicos sólo encontramos datos positivos y confirmatorios de esta grave dolencia cuando los síntomas observados corresponden a lesiones constituidas, y el resultado es que conocemos de la tragedia del glaucoma únicamente los actos finales. Ciertamente que existen bastantes datos clínicos para conocer y sospechar un estado hipertensivo del ojo, precursor del glaucoma, y aún sus comienzos mismos; pero estos datos se encuentran dispersos y confundidos en otros cuadros clínicos y seguramente todos los especialistas estaríamos en la actualidad acordados en recogerlos de aquí y de allá para formar ese cuadro clínico que corresponde a la iniciación del padecimiento y que los oculistas del Hospital de la Luz hemos convenido en llamar glaucoma funcional o glaucoma prodrómico, y que en cierto modo corresponde al estado que la Escuela Americana designa con el nombre de pre-glaucoma; pero la base principal que debería mantener unidos todos los componentes de este cuadro clínico sería, por una parte, el conocimiento exacto del tonus ocular y, por otra, una manera exacta y precisa de apreciar sus más pequeñas variaciones; pero muy lejos de esto está la latitud tan grande y absurda de las cifras tensionales que se admiten como fisiológicas y la imprecisión y falta de la sensibilidad necesarias en el tonómetro.

Todos los tonómetros reposan en el principio de provocar una depresión en las paredes del ojo aplicando sobre ellas un vástago o superficie que soporta un peso conocido. Después esta depresión es medida en forma indirecta y traducida de gramos a milímetros de mercurio, y esto se verifica valiéndose de las medidas manométricas, a que antes he hecho referencia, en ojos enucleados de animales y en los de animales anestesiados.

A mi modo de ver, teniendo en cuenta la cifra relativamente baja del tonus ocular, como se desprende de las mediciones manométricas, que he verificado, una de las causas más importantes de error de los tonómetros es fundarse precisamente en la depresión de las paredes del ojo, porque la mayor o menor extensión y la mayor o menor profundidad de dicha depresión no depende de la tensión a que están sometidas aquellas, que según se verá es relativamente pequeña, sino del mayor o menor espesor de ellas y por la mayor o menor resistencia y elasticidad de los tejidos que las forman. Para tener una mejor idea de esta causa de error bastará tener en cuenta una consideración trivial sobre el espesor de los tubos de goma que usamos en el laboratorio, y aún en algunos aparatos de medicina y cirugía. En efecto, sabemos que son los tubos de paredes gruesas

y más o menos rígidas los apropiados para los aparatos de succión y de presión, y que son impropios para estos usos aquellos de paredes blandas. De la misma manera, si consideramos diversos tubos de diferentes espesores de las paredes y de diferente elasticidad soportando todos ellos una columna líquida con una tensión determinada, se verá que para verificar la misma depresión en sus paredes será necesario hacer una presión tanto más grande cuanto mayor sea la dureza de dichas paredes. Ahora bien, es un hecho perfectamente conocido que la elasticidad y espesor de la esclera del niño, la del adulto y del anciano son muy diferentes entre sí. Lo mismo acontece con relación al sexo y a los diferentes estados patológicos del ojo. Así, los miopes tienen una esclerótica más delgada y menos resistente y lo contrario acontece en los hipermetropes; la esclera de los pacientes que han sufrido escleritis también es más delgada; y en el queratocono una sonda delgada de Bowman deprime por su peso el vértice del cono en forma muy apreciable; en cambio, aplicada en la porción marginal de la córnea, o sobre la esclerótica, no verifica ninguna depresión.

No obstante ser tan importante el factor elasticidad y espesor de la envoltura fibrosa del ojo, ningún tonómetro ha sido construido hasta ahora con un coeficiente de rectificación relativo a las variaciones mencionadas. Pero hay algo más importante todavía, y es que los tonómetros generalmente son graduados en ojos de animales muertos o anestesiados y principalmente en el conejo. Ahora bien, en este animal el espesor de la córnea es menor que la cuarta parte del espesor de la córnea del hombre; y todavía hay que añadir otras causas de error, como son el tamaño y una curvatura distinta en dichas córneas; el apoyo del ojo en la grasa retrobulbar también es muy distinto en el hombre y en el conejo; y finalmente, la media de las mediciones manométricas que he realizado en este animal es de 32 mm. de mercurio, es decir muy aumentada con relación a las medidas encontradas en el hombre, cuya media encontrada por mí es de 18.8 mm. Hg., como se verá más adelante.

A continuación señalo las causas de error generalmente admitidas en los tonómetros. A) Diferencia de curvatura y tamaño de la córnea de un individuo a otro; B) Mala posición del aparato; C) Presión de los párpados; D) Movimientos y mala posición del ojo; E) Acción de los músculos extrínsecos sobre las paredes del ojo; F) Efectos de la capilaridad en el vástago que deprime el ojo; G) Espesor y forma que tiene el extremo inferior del vástago; H) Adherencias por suciedad y oxidación del mecanismo; I) Mal ajuste e imperfección mecánica; J) Emotividad,

temor y mala cooperación del paciente; K) Finalmente la mayor o menor resistencia que ofrece al ojo el cojín grasoso en que reposa y que está constituido por la grasa retro-ocular.

Esta causa de error, no obstante ser de mucha importancia, tampoco se le ha dado la atención debida. Dimitry la trataba de eliminar en la exploración digital apoyando el ojo con uno de los dedos exploradores contra la pared interna de la órbita, al mismo tiempo que recibía la onda fluida impulsada por el otro dedo explorador. Uno de los jóvenes médicos que colaboran conmigo en el Hospital, el Dr. Mario Salcedo, ha construido un ingenioso tonómetro que registra en una gráfica las vibraciones transmitidas a una varilla de acero y las modificaciones que éstas pueden sufrir al ser amortiguadas por el tonus ocular; pero el detalle más importante del aparato es que ofrece un apoyo rígido al globo ocular por medio de una especie de cucharilla que se introduce en el fondo del saco inferior (Figs. 1, 2 y 3). Cuando una de estas cucharillas está aplicada en su sitio y sin ejercer ninguna presión sobre el ojo, sorprende grandemente el cambio de tensión que se aprecia por la exploración digital, diferencia que es más ostensible si se compara con la del otro ojo que carece del apoyo. En el hombre el colchón grasoso en que reposa el globo ocular puede ser muy variable en tamaño y en su elasticidad por su resistencia o su flaccidez, en consecuencia este factor de error puede influir en forma muy variable en las mediciones tonométricas. También palpando el ojo por el procedimiento de Dimitry parece más duro.

Convencido de la necesidad de conocer la tensión del ojo partiendo de una base firme como es la medición manométrica, me he decidido a practicarla en tres grupos de individuos: uno, formado por aquellos que habían manifestado tener una tensión normal, como acontece por lo general en los cataratosos libres de toda complicación; el segundo grupo, que comprende a pacientes afectados de estados hipertensivos diversos, y el tercero los que manifestaron hipotensión. Estas mediciones las he verificado en las condiciones antes mencionadas, es decir, como tiempo inicial de una intervención quirúrgica.

Además, durante el mismo acto he practicado sucesivamente la exploración digital, la tonometría y la medición manométrica, a fin de hacer un estudio comparativo de los datos arrojados por dichas mediciones, y el resultado ha sido haber encontrado enseñanzas que han sobrepasado los propósitos que tenía al iniciar estos trabajos.

El aparato de que me he servido es un manómetro libre formado por un tubo de cristal calibrado en milímetros lineales, el cual está conectado por medio de un tubo de goma del mismo calibre o muy semejante al de una aguja de inyecciones. El aparato lleva un indicador para marcar el cero, o sea el punto de partida para contar la altura de la columna de mercurio en el momento de verificar la lectura de la tensión, y tiene además una llave que interrumpe la comunicación con la cámara anterior, a fin de inmovilizar la columna mercurial antes y después de la observación. (Fig. 4). La transmisión de la presión del humor acuoso al mercurio se hace por medio de una columna de suero fisiológico. El manómetro para ser usado deberá ser esterilizado, totalmente armado, pero vacío. Después se llena de suero fisiológico que se aspira por medio de una jeringa a través de un pequeño tubo de goma aplicado entre la aguja del manómetro y el pivote de la jeringa, como lo indica la figura 5. Una vez que ha sido cebado el aparato con el suero, se aspira una cantidad de mercurio suficiente para ocupar la mayor parte de la porción en U del tubo de cristal (Fig. 6). En seguida se lleva a su posición normal para que la columna de mercurio ocupe la porción en U y se procede a poner a nivel las dos extremidades de la columna, lo cual una vez conseguido se cierra la llave para inmovilizar la columna. Esta operación se hace ajustando el tubo de goma que conecta el manómetro con la llave interruptora, estando ésta cerrada, de manera que si se hace entrar un poco más el tubo de cristal dentro del de goma, la columna mercurial sube y lo contrario si se le saca ligeramente. Esta maniobra también permite ajustar el nivel de la columna una vez aplicada la aguja del manómetro dentro del ojo, sobre todo en aquellas veces que se desea o se juzga necesario repetir la medición. Después de haber puesto al mismo nivel las ramas de la columna de mercurio, se marca la altura por medio del índice corredizo que lleva la porción recta del tubo de cristal. El índice una vez fijado indicará el cero de la columna de mercurio que se ha de medir durante la observación. A partir de este momento el aparato está listo para ser usado. Se retira la jeringa que sirvió para llenar el aparato y se punciona el ojo a dos milímetros afuera del limbo esclero-corneal con el bisel de la aguja dirigido hacia abajo, a fin de evitar la pérdida del humor acuoso ó del líquido del tubo y la entrada del aire en él. Es preferible comenzar la punción con la punta del queratomo ó del cuchillo de catarata, dividiendo la conjuntiva y la esclera cuando mucho en la mitad del espesor de las láminas de ésta. Después, por la pequeña incisión se introduce la punta de la aguja del manó-

TONOMETRIA OCULAR

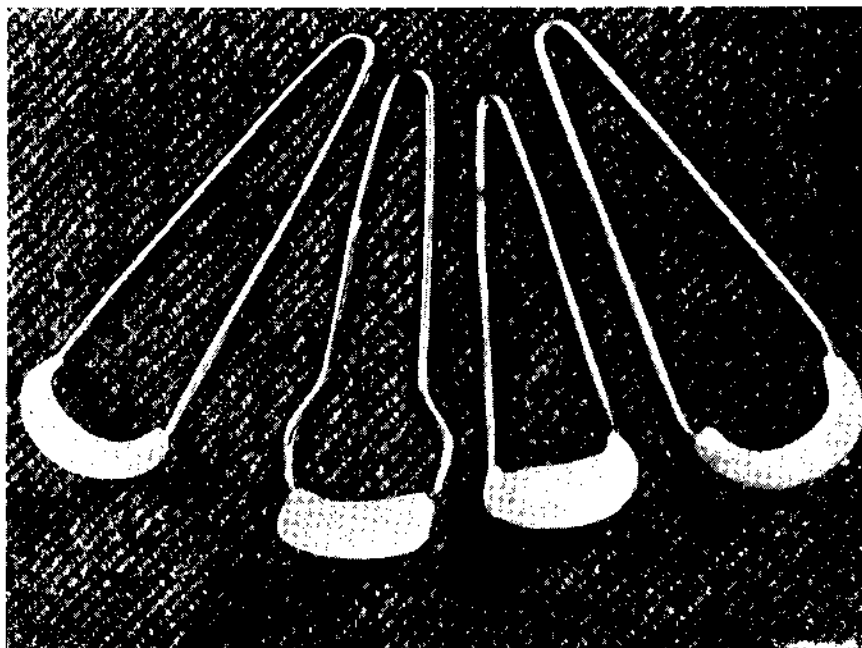


Fig. 1. Tonómetro registrador del Dr. Mario Salcedo. Cucharillas de plástico que se introducen en el fondo del saco inferior para dar apoyo al ojo.

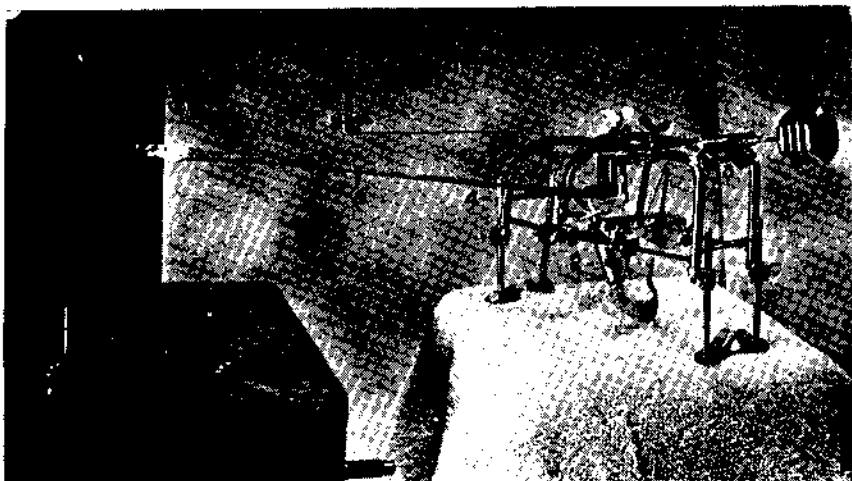


Fig. 2. Tonómetro registrador del Dr. Salcedo.

1. Varilla de acero que se hace vibrar por medio de un peso que se deja caer en su extremo.
2. Embolo que trasmite las vibraciones al ojo.
3. Contrapeso de la varilla.
4. Ajustes en las piernas del aparato para ser ajustado a la cara del sujeto.
5. Tallo ligero de madera que registra las vibraciones en el cilindro registrador.

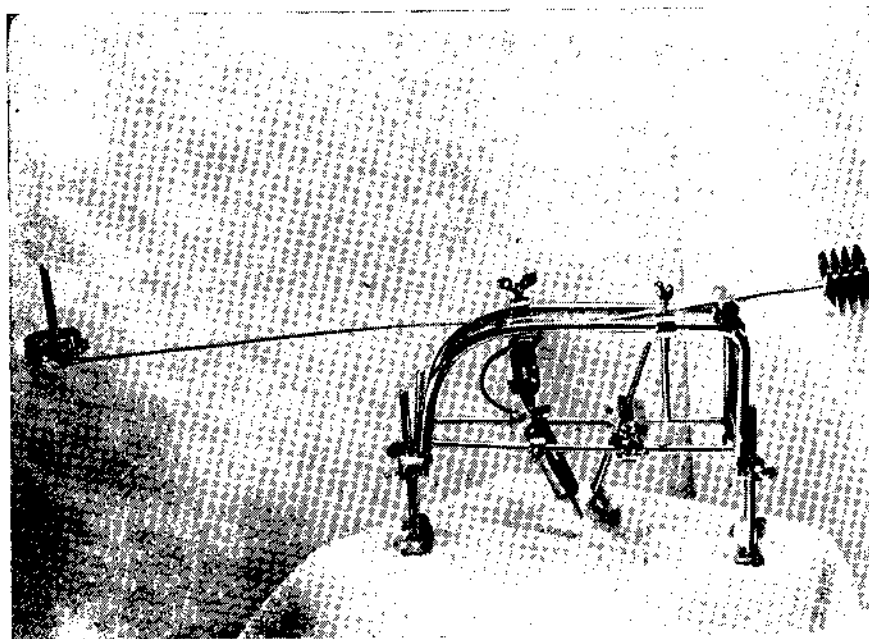


Fig. 3. Detalle del Tonómetro registrador del Dr. Salcedo, visto de perfil.

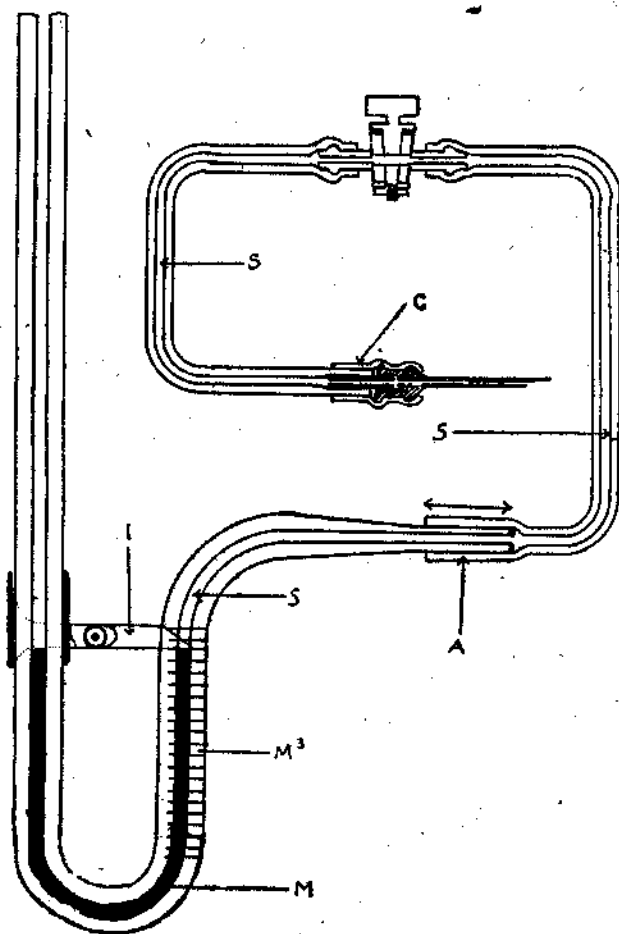


Fig. 4. Esquema del micromanómetro usado en estas experiencias

- M. Columna de mercurio.
- I. Índice para marcar el 0 de la columna.
- A. Ajuste del tubo de goma que, entrando o saliendo, permite hacer subir o bajar la columna de mercurio. Está en el 0.
- C. Ajuste de goma que sujeta la aguja al tubo de hule.
- S. Columna de suero fisiológico que pone en comunicación a la columna de mercurio con la cámara anterior.

metro en la misma forma antes indicada, lo cual se verifica con toda facilidad y sin encontrar ninguna resistencia de los tejidos. Una vez la aguja introducida en la cámara anterior, se le dará un cuarto de vuelta para que el bisel quede perpendicular a la superficie del iris. Al hacer la punción, el ojo debe fijarse por el lado opuesto a la entrada de la aguja, tomando con la pinza de fijar la conjuntiva y las inserciones del músculo recto correspondiente, que unas veces será el interno y otras el externo. Después se retira la pinza de fijar del ojo, porque de lo contrario la presión que ejerce en él sería una causa de error muy importante. Durante toda la operación el manómetro se mantendrá firme a la misma altura del ojo, pues un cambio de nivel y los movimientos deforman el tubo de goma en cantidades imperceptibles a la vista, pero que pueden determinar variaciones de la altura de la columna y ser causa de error. Por otra parte, cuando la maniobra ha sido ejecutada correctamente, dá la impresión de una medición exacta y digna de confianza. Esto se comprueba repitiendo una o varias veces la lectura durante las observaciones: para ésto se comienza por interrumpir la columna de suero fisiológico y en seguida se vuelve a ajustar la conexión del tubo de goma del manómetro, hasta llevar nuevamente la columna de mercurio al 0; después se conecta nuevamente el manómetro con la cámara anterior y se repite la lectura de la presión al cabo de tres o cuatro minutos. Las más de las veces el resultado es encontrar la misma presión o cuando mucho una diferencia de un milímetro en menos. Esta contraprueba no solo da la seguridad y precisión de la medición, sino que elimina las causas de error que pudieran haber sido causadas por la pérdida del líquido del manómetro, de la cámara anterior, o un cambio de nivel de la columna de mercurio. Además, comprueba de una manera evidente que la cámara anterior constituye el remanso de la coriente del humor acuoso y no un depósito de él. La idea de que durante la aplicación del manómetro se pierda algo de dicho líquido y que esto sea un motivo de error en la medición debe desecharse por lo tanto. En consecuencia, una vez marcado el 0 de la columna de mercurio y puesta en comunicación con la cámara anterior, la diferencia de altura multiplicada por dos, marca de una manera exacta la tensión a que está sometida esta pequeña cavidad.

A continuación transcribo en tres cuadros el resumen de observaciones practicadas hasta el momento de la publicación de este trabajo. El primero corresponde a individuos con tensión ocular normal, el segundo a los que la tenían aumentada, y el tercero a los que la tenían disminuída.

TONOMETRIA OCULAR



Fig. 5. Manera de llenar el manómetro, aspirando las columnas de suero y de mercurio por medio de una jeringa.



Fig. 6. Manómetro llenado con suero fisiológico y mercurio. El índice marca el 0 de la columna.

CUADRO NUM. 1

Observaciones correspondientes a individuos con tensión normal

Observ. Número	Diagnóstico	T. Sch. mm. Hg.	Palpación digital	Manómetro mm. Hg.
1	Microftalmus. Cat. Congénita.	0	Normal	15
2	Cat. Senil.	13	Normal	16
3	Glaucoma Secund. después de abatida la T.	13	Normal	16
4	Cat. Senil	18	Normal	18
5	Cat. Senil	15	Normal	18
6	Cat. Senil	24	Normal	18
7	Restos Capsulares	18	Normal	18
8	Cat. Senil	20	Normal	18
9	Cat. Senil	18	Normal	18
10	Cat. Senil	25	Normal	18
11	Cat. Senil	24	Normal	18
12	Cat. Senil	25	Normal	20
13	Cat. Senil	14	Normal	20
14	Cat. Senil	18	Normal	20
15	Cat. Senil	25	Normal	20
16	Cat. Senil	13	Normal	20
17	Cat. Senil	24	Normal	22

Total de casos con tensión normal, 17. Tensión media aritmética, 18.8 mm. Hg.

CUADRO NUM. 2

Observaciones correspondientes a individuos con hipertensión

Observ. Número	Diagnóstico	T. Sch. mm. Hg.	Palpación digital	Manómetro mm. Hg.	Observaciones
1	Cat. Hiperma- dura.	12	Aumentada	24	Signos de hipertensión. Pérdida de vítreo.
2	Cat. Hiperma- dura.	22	Aumentada	24	Signos de hipertensión. Pérdida de vítreo.
3	Cat. complica- da.	18	Aumentada	24	Signos de hipertensión.

Observ. Número	Diagnóstico	T. Sch. mm. Hg.	Palpación digital	Manómetro mm. Hg.	Observaciones
4	Cat. Hipermadura.	20	Aumentada	24	Signos de hipertensión muy marcados.
5	Cat. Traumática con cicatriz ectática.	25	Aumentada	24	Salida impetuosa del acuoso
6	Glauco. después de abatida la T.	17	Aumentada	24	
7	Microftalmus. Cat. Congénita.	0	Aumentada	26	Salida impetuosa del acuoso. Hernia del iris.
8	Cat. Senil. Hipermadura	35	Aumentada	24	Pérdida de vítreo.
9	Restos. Caps. por cat. glaucomatosa	20	Aumentada	32	
10.	Cat. Hipermadura y Glaucoma	25	Aumentada	32	Salida previa del vítreo.
11	Cat. Glaucomatosa.	18	Aumentada	34	La T. se abatió por inyección R. B. de adrenalina.
12	Glaucoma absoluto	35	Muy aumentada	46	Ciclodíálisis.
13	Glaucoma absoluto.	38	Muy aumentada	48	Ciclodíálisis.

Observ. Número	Diagnóstico	T. Sch. mm. Hg.	Palpación digital	Manómetro mm. Hg.	Observaciones
14	Glaucoma Crónico Sim.	50	Muy aumentada	70	Ciclodíálisis.
15	Glaucoma absoluto.	45	Muy aumentada	80	Ciclodíálisis.

CUADRO NUM. 3
Observaciones con hipotensión

Observ. Número	Diagnóstico	T. Sch. mm. Hg.	Palpación digital	Manómetro mm. Hg.	Observ.
1	Cat. complicada.	12	Disminuida	8	Hipotonía muy marcada
2	Atrofia del globo ocular.	12	Muy disminuida.	8	
3	Atrofia del globo ocular.	0	Muy disminuida.	8	Signos de hipotensión durante la operación.
4	Cat. Senil.	18	Disminuida	14	

La hipotensión se manifiesta de 14 mm. Hg. hacia abajo.

La tensión menor observada ha sido 8 mm. Hg.

El estudio de los cuadros anteriores, en los que se han reconcentrado los datos correspondientes a los tres grupos de los enfermos estudiados, arroja resultados que permiten hacer los comentarios y deducciones siguientes:

1. Desde luego se ha podido comprobar que los pacientes cuyo estudio clínico los hizo agrupar entre los que tenían una tensión normal, incluso por la apreciación al tacto, acusaron una gran uniformidad en las medi-

ciones manométricas, encontrándose una media tensional de 18.80 mm. Hg., siendo la tensión más alta observada de 22 mm. Hg., y la más baja de 15 mm. Hg. Como se vé por estos datos, la tensión ocular es relativamente baja, y corresponde a cifras casi constantes con solo una amplitud de tres y medio mm. de mercurio, lo cual está muy lejos de ajustarse a los datos de la tonometría, que admite una latitud entre 10 y 40 mm. Hg.

2. Comparando los datos obtenidos por la tonometría, los de la palpación digital y los del manómetro, resulta un absoluto desacuerdo entre los del tonómetro y los del manómetro, circunstancia que por sí sola sería suficiente para demostrar la justificada desconfianza que he venido señalando para el primero de dichos aparatos; pero hay algo más importante todavía y es que las medidas de la palpación digital resultaron todas acordes con las del manómetro.

3. En el grupo de los enfermos hipertensos las discrepancias entre la tonometría y la manometría son aún mayores. En dos de los pacientes de este grupo la palpación digital fué dudosa para unos médicos y para otros fué considerada como muy ligeramente aumentada. Sin embargo, el manómetro indicó en estos casos tensiones a partir de 24 mm. de mercurio y dió la coincidencia de que, habiendo sido operados de catarata, dieron signos evidentes de hipertensión, inclusive ligera pérdida de vítreo, afortunadamente bien controlada por los métodos actuales de extracción de la catarata que empleamos en el Hospital. Las observaciones 7 del cuadro # 1 y la 13 del cuadro # 2, que corresponden a una niña con microftalmus y cataratas congénitas en la que se practicaron iridectomías ópticas en ambos ojos, no pueden ser más elocuentes: desde luego en ninguno de los dos ojos el tonómetro marcó valor alguno por la pequeñez de la córnea. El ojo derecho, que tenía una tensión normal a la palpación, acusó 15 mm. Hg., con el manómetro; y el izquierdo, hipertenso a la palpación, acusó 26 mm. Hg. con el mismo aparato. Después, al momento de practicar la paracentesis, el humor acuoso salió con violencia arrastrando tras de sí el iris hacia el exterior, fenómeno que es habitual en todos los hipertensos en que se verifica esta operación.

4. En el cuadro de los hipertensos figuran varios pacientes con glaucoma muy avanzado; en uno de ellos el tonómetro marcó 50 mm. Hg. y en cambio el manómetro 70 mm. Hg. Comparando estos datos con la observación que corresponde a un glaucoma absoluto, se vé que el tonóme-

tro marcó 84 mm. y en cambio el manómetro 48. Por estos datos se ve que ni las tensiones altas del tonómetro arrojan datos concordantes, por más que generalmente es admitido que las tensiones altas de este aparato se consideran como exactas.

5. Debo hacer notar además que en los casos de glaucoma en que se han hecho las mediciones manométricas, no obstante ser muy avanzados, la tensión más alta medida con el manómetro no excedió de 80 mm. Hg., habiendo correspondido a 45 con el tonómetro, valor que según este aparato estaría muy cerca de los límites de la tensión normal.

Finalmente, en el grupo de los hipertensos encontramos que los individuos con cataratas hiper-maduras acusaron tensiones comprendidas entre 24 y 29 mm. Hg., según las mediciones manométricas, y que los individuos con glaucoma plenamente identificados y previamente tratados por los miósicos arrojaron tensiones mayores, a partir de 32 mm. Hg. Estos datos son dignos de ser tomados en cuenta y desde luego sorprende que la ligera hipertensión de las cataratas hiper-maduras, susceptible de ser apreciada por los dedos más o menos experimentados del especialista, corresponde a una diferencia que no excede de 5 mm. Hg., sensibilidad que está muy lejos de tener el tonómetro. La repetición de estos datos comparados entre sí me autoriza a señalar provisionalmente los datos siguientes: media de la tensión normal, 19.8; cataratas hiper-maduras de 22 a 29 m.m. Hg. con una media de 27. Glaucoma a partir de 32 mm. Hg. siendo la medición más alta observada de 80 mm. Hg.

El cuadro número 3 corresponde a 4 observaciones en individuos hipotensos, tres corresponden a atrofia del globo ocular en los que el manómetro registró 8 mm. Hg. El tonómetro en dos de ellos indicó 4 mm. Hg. y el otro no marcó por aplanamiento de la córnea. El cuarto caso corresponde a una catarata complicada en el que el manómetro indicó 14 mm. Hg. y el tonómetro 18 mm. y durante la secuela operatoria la hipotonía fué sumamente marcada. Las conclusiones del estudio de este pequeño grupo consisten en que la hipotonía puede considerarse abajo de 14 mm. Hg. siendo el límite inferior observado de 8 mm. Hg.

CONCLUSIONES

1. Existen en la tonometría diversas causas de error poco tomadas en cuenta, que derivan: A) del diferente espesor y elasticidad de las mem-

branas del ojo, variables con la edad y los estados patológicos del mismo; B) del tamaño, resistencia o flaccidez del cojín grasoso en que reposa el ojo dentro de la cavidad orbitarea; C) de la diferencia de curvatura corneal y demás causas ya generalmente admitidas.

2. Un soporte rígido, que elimina el colchón de la grasa retrobulbar, cambia los datos de la sensación táctil en la exploración digital de la tensión ocular.

3. La graduación de los tonómetros oculares es errónea y defectuosa, porque se basa en experiencias en animales muertos o anestesiados y porque las condiciones del espesor y la resistencia de la envoltura fibrosa del ojo y el apoyo de éste en la órbita son distintos en el hombre y en los animales.

4. Las medidas tonométricas admiten como normal una latitud tensional entre 10 y 40 mm. Hg., las que están en desacuerdo con las verificadas con el manómetro.

5. Un manómetro libre de mercurio conectado con la cámara anterior en individuos con tensión ocular clínicamente considerada como normal, acusa una mínima de 15 mm. Hg. y una máxima de 22 mm. Hg., siendo la media de las observaciones verificadas de 18.8 mm. Hg.

6. Las tensiones observadas con el manómetro a partir de 22 mm. de mercurio se encontraron en individuos con evidentes signos de hipertensión.

De esta manera, en las cataratas hiper maduras se encontró una moderada hipertensión comprendida entre 24 y 29 mm. Hg. con una media de 26.3. Las hipertensiones mayores a partir de 32 mm. Hg. correspondieron invariablemente a glaucomas establecidos y perfectamente identificados.

7. Todas las mediciones hechas por la palpación digital estuvieron acordes con las medidas hechas con el manómetro y se pudo comprobar la circunstancia inesperada y casi increíble de que los dedos, más o menos adiestrados, son susceptibles de apreciar diferencias tensionales en un margen de tres o cuatro milímetros de mercurio.