

ORIGINALES BREVES

Estudio comparativo del neumotonómetro respecto al tonómetro de Goldmann para el cribado de presión intraocular (PIO) elevada en atención primaria

M. Jara Peñacoba^a, A. López Traynor^a, S. Duce Tello^a, V. Navas Serrano^a, M. González Sanz^a y N. Toledano Fernández^b

Centros de Salud Luengo Rodríguez (Móstoles), Canillejas y Granero Vicedo (Alcorcón). Madrid.

Objetivo. Evaluación de la fiabilidad de las mediciones de PIO obtenidas con el neumotonómetro respecto a las obtenidas con el tonómetro de referencia tipo Goldmann. Asimismo, análisis de la diferencia entre las mediciones obtenidas por ambos métodos respecto al hecho de ser miope o hipermetrópico.

Diseño. Estudio comparativo de dos métodos de medida.

Emplazamiento. Consultas de oftalmología general y atención primaria de nuestra área sanitaria.

Pacientes. Muestra aleatoria de entre los pacientes que acudieron por cualquier motivo a la consulta de oftalmología general entre el 1 de mayo y el 30 de junio del 1996. Se excluyeron aquellos con enfermedades predisponentes para glaucoma, intervenciones oculares o toma de fármacos influyentes en la PIO.

Intervenciones. El oftalmólogo realizó 3 mediciones de PIO en cada ojo, hallándose la media aritmética y graduó a todos los pacientes. El médico de atención primaria realizó 3 mediciones de la PIO en cada ojo con el neumotonómetro, hallándose la media aritmética.

Resultados. Se incluyeron 81 pacientes, de los cuales 7 presentaron una PIO elevada. El neumotonómetro, respecto al tonómetro de Goldmann presentó una sensibilidad del 86% (IC del 95%, 18,20-99,63%) y una especificidad del 84% (IC del 95%, 89,66-78,08%). El neumotonómetro obtuvo mediciones de 1,116-2,008 mmHg superiores al tonómetro de Goldmann. Esta diferencia, clínicamente despreciable, no se relacionó con el hecho de ser miope o hipermetrópico. Se ha encontrado una asociación lineal positiva entre las mediciones realizadas por los 2 métodos, con un coeficiente de correlación de 0,8086 ($p < 0,001$; IC del 95%, 0,7476-0,8560).

Conclusiones. Los resultados obtenidos coinciden con otras series publicadas. Se observa una tendencia a medidas más elevadas con el neumotonómetro. No se han objetivado mayores diferencias entre ambos métodos en miopes. El neumotonómetro es una técnica válida y fiable para su utilización en atención primaria, es de sencillo manejo, no transmite enfermedades infecciosas ni requiere colirios anestésicos ni tinciones corneales.

Palabras clave: Glaucoma; Oftalmología; Tonometría.

COMPARATIVE STUDY OF AIF-PUFF NONCONTACT TONOMETER RESPECT GOLDMANN TONOMETER FOR SCREENING OF HIGH INTRAOCULAR PRESSURE (IOP) IN PRIMARY CARE

Objective. Evaluation of reliability of measurements of IOP obtained with air-puff noncontact tonometer respect the obtained with the conventional Goldmann tonometer. As well, analysis of the possibility of a higher difference between the measurements by both methods respect the fact of being myope or hypermetropie.

Design. Comparative study of two measurement methods.

Setting. General ophthalmology clinic and primary care clinic of our sanitary area.

Patients. Aleatory sample among the patients who went to the general ophthalmology clinic for any cause from the first of May to the thirtieth of June of 1996. The patients with predisposing processes for glaucoma were excluded, as well as those who suffered ocular surgery or those who took drugs which influenced the IOP.

Interventions. The ophthalmologist made three measurements of IOP in each eye and the sight of all the patients were tested. The arithmetic average was made among every three measurements. The physician of primary care made three measurements of IOP in each eye with the air-puff noncontact tonometer, and the arithmetic average was made.

Results. 81 patients were included, from whom 7 presented high IOP. The sensitivity of the air-puff noncontact tonometer, compared with Goldmann tonometer, was 86% (95% CI, 18,20-99,63%), and the specificity 84% (95% CI, 89,66-78,08%). The air-puff noncontact tonometer obtained measurements between 1,116 and 2,008 mmHg higher than the Goldmann tonometer. This difference, worthless from the clinic point of view, didn't find a relationship with the fact of being myope or hypermetropie. It was found a positive lineal association between the measurements made by both methods, with a correlation coefficient of 0,8086 ($p < 0,001$, 95% CI, 0,7476-0,8560).

Conclusions. The results obtained are similar to the ones of other published series. A tendency of higher measurements with the air-puff noncontact tonometer is observed. It hasn't been observed a higher difference between both methods in myopes. The air-puff tonometer is a valid reliable technique to be used in primary care, it is easy to use, it doesn't transmit infectious illnesses, and it isn't necessary to use anaesthetic or staining eyedrops.

(*Aten Primaria* 2000; 25: 493-496)

^aEspecialistas en Medicina Familiar y Comunitaria.

^bEspecialista en Oftalmología. Servicio Oftalmología. Hospital de Móstoles. Madrid.

Correspondencia: Mónica Jara Peñacoba.
C/ Montecarlo, 7, esc. dcha, 4.^o B. 28936 Móstoles (Madrid).
Correo electrónico: julianjp@santandersupernet.com

Manuscrito aceptado para su publicación el 8-XI-1999.

Introducción

El glaucoma es la primera causa de ceguera irreversible en el mundo. Se estima que para el año 2000, 66,8 millones de personas se verán afectadas, de las cuales 6,7 millones presentarán ceguera bilateral¹. En los estudios realizados en Gales en 1963, Suecia en 1977 y Massachusetts entre 1973 y 1975 se obtuvo una prevalencia de glaucoma de 0,45, 0,86 y 1,6, respectivamente. Otros estudios de prevalencia realizados asimismo en población de raza blanca (Framingham, Baltimore) aportan resultados similares (1,6 y 1,29, respectivamente). Estudios realizados en población de raza negra (Santa Lucía) aportan una prevalencia mucho mayor (8,8)^{1,2}. En España no existen aún estudios de prevalencia publicados; sin embargo, se estiman resultados similares a los anteriores.

El glaucoma se define como una neuropatía óptica que cursa con pérdida de campo visual y aumento de la PIO^{1,3}. Existen varios factores de riesgo documentados para el desarrollo de glaucoma. Una historia familiar de glaucoma de ángulo abierto a través de una mecanismo hereditario multifactorial se ha encontrado en el 50% de los pacientes con glaucoma. La presencia de enfermedad cardiovascular arteriosclerótica, insuficiencia cardíaca, hipertensión arterial (HTA), una situación de hipercoagulabilidad o bien hipercolesterolemia, así como diabetes mellitus (DM) constituyen factores de riesgo para el desarrollo de glaucoma. La edad, la raza negra, el radio excavación/disco, la miopía importante, la oclusión de la vena central

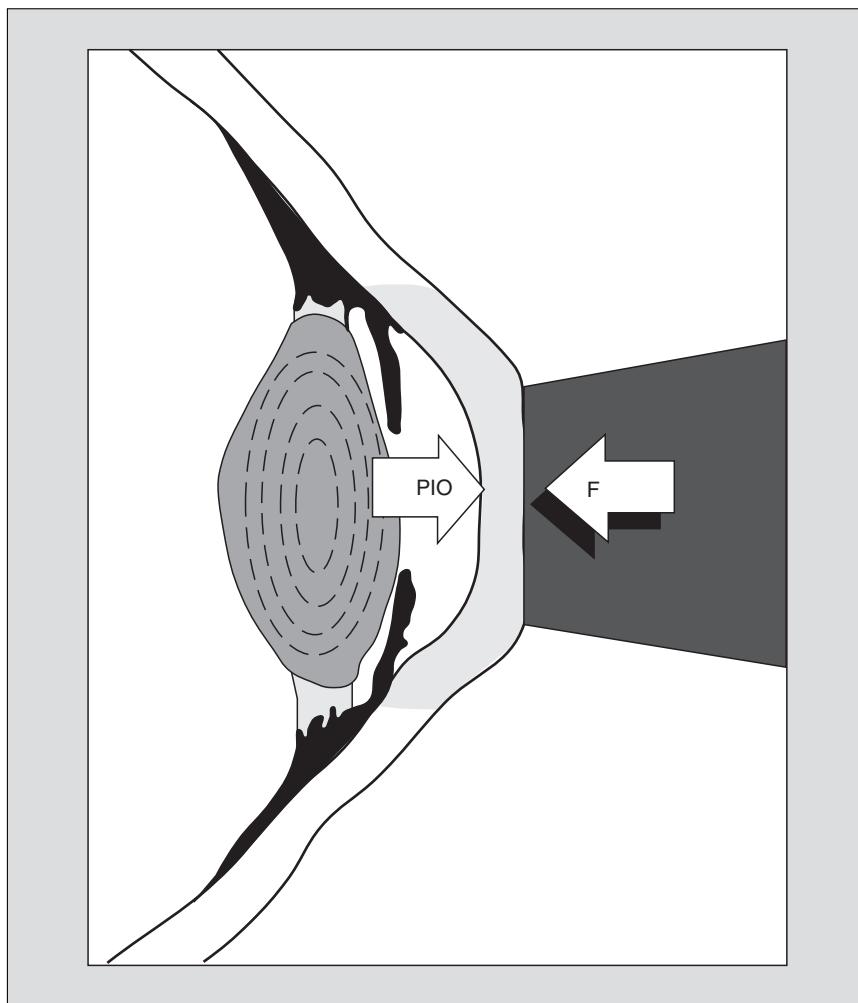


Figura 1. Funcionamiento del tonómetro de aplanación basado en el principio de Imbert-Fick. PIO: presión intraocular, y F: fuerza ejercida por el tonómetro. Tomada de Tarrant².

de la retina y la PIO elevada constituyen asimismo, factores de riesgo para glaucoma¹.

El glaucoma requiere, desde el punto de vista diagnóstico, el cumplimiento de la tríada elevación de la PIO, aumento de la excavación de la papila del nervio óptico y pérdida del campo visual. Por tanto, para el estudio del glaucoma son necesarias 3 exploraciones: la medición de la PIO mediante la tonometría, la visualización del fondo de ojo mediante la oftalmoscopia indirecta y la evaluación de los campos visuales mediante la campimetría. Las dos primeras técnicas pueden realizarse fácilmente en atención primaria, precisando la tercera su realización en consulta de oftalmología.

La medición de la PIO se realiza mediante el tonómetro. Básicamente

existen dos tipos de tonómetros: los de contacto y los de no contacto. Los tonómetros de contacto requieren ejercer una presión directa sobre la córnea, y pueden ser de aplanación o de indentación según el mecanismo de presión sobre la córnea. La tonometría de aplanación se basa en el principio de Imbert-Fick, según el cual la PIO es directamente proporcional a la fuerza necesaria para aplanar su superficie (fig. 1)^{2,5}.

Los tonómetros de no contacto son los que no contactan directamente sobre la córnea, ejerciendo presión sobre la misma de un modo indirecto, en el caso del neumotonómetro, lanzando contra ella un chorro de aire. Respecto al tonómetro de contacto, el neumotonómetro presenta varias ventajas: es sencillo de aprender a manejar, no precisa el uso de colirio

anestésico ni de tinciones corneales, evita el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas y además las mediciones están menos influenciadas por las irregularidades de la superficie corneal^{4,5}.

Presentamos un estudio comparativo entre 2 métodos de medida: el tonómetro de Goldmann, ampliamente utilizado para la medición de la PIO en las consultas de oftalmología, y prueba de referencia, y el neumotonómetro, fácilmente utilizable por el médico de atención primaria para el cribado de pacientes con elevación de la PIO. El objetivo principal de nuestro estudio fue la evaluación de la fiabilidad del neumotonómetro frente al tonómetro de Goldmann para la medición de la PIO en atención primaria. En segundo lugar, nos planteamos verificar si en la muestra de pacientes recogida, el hecho de ser miope o hipermetrópico indujo a una mayor divergencia entre las medidas de PIO obtenidas por uno y otro método.

Material y métodos

Se recogió una muestra de pacientes que acudieron a las consultas externas de oftalmología general de nuestra área sanitaria entre el 1 de mayo y el 30 de junio de 1996. Los pacientes se eligieron de forma aleatoria entre los que acudieron a la consulta de oftalmología por cualquier motivo, hasta contar con un tamaño muestral aceptable. Se excluyeron aquellos que presentaran antecedentes de riesgo para glaucoma (DM, HTA, historia familiar de glaucoma, raza negra), los que hubieran sufrido alguna intervención quirúrgica ocular, así como los que se encontraran en tratamiento con fármacos que aumentan la PIO, caso de corticoides.

En la primera visita se midió la PIO en la consulta de oftalmología a todos los pacientes seleccionados para el estudio. El oftalmólogo realizó 3 mediciones de PIO en cada ojo, separadas entre sí 15 seg, utilizando el tonómetro de Goldmann. Se desecharon de entre las 3 medidas tomadas en cada ojo aquellas que se separaran de las otras dos 3 mmHg o más, tomándose de nuevo. Se halló la media aritmética entre las 3 mediciones. Se utilizó colirio anestésico con fluoresceína. En esta visita se procedió además a la graduación de todos los pacientes incluidos en el estudio. Veinticuatro horas después se citó de nuevo a los pacientes, concertándose una cita con el médico de familia, quien realizó 3 mediciones de PIO en cada ojo, utilizando el neumotonómetro. Las mediciones se espaciaron entre sí 15 seg. Se desecharon aquellas medidas separadas de las otras dos mediciones 3 mmHg o más, volviéndose a tomar. Se realizó la media aritmética entre las 3 mediciones.

Obtuvimos una muestra de 81 pacientes, 46 mujeres y 35 varones; la media de edad fue de 53 años, con un rango de 18-85. Se consideró PIO elevada si era ≥ 22 mmHg. Cuatro sujetos presentaron PIO elevada en el ojo derecho y 3 en el izquierdo. A partir de los datos, se obtuvieron la sensibilidad, especificidad y valor predictivo positivo (VPP) del neumotonómetro respecto al tonómetro de Goldmann. En segundo lugar, se realizó un t-test para datos aparentados del conjunto de las mediciones de PIO con el método de referencia y posteriormente con el neumotonómetro. Posteriormente se analizaron los datos separados por grupos independientes para evaluar posibles diferencias entre las divergencias de medición por ambos métodos entre miopes, emétropes e hipermétropes. Estos resultados se definieron con sus correspondientes intervalos de confianza y se complementaron con la determinación del coeficiente de correlación.

Resultados

La sensibilidad del neumotonómetro obtenida respecto al tonómetro de Goldmann para nuestra muestra fue del 86% (IC del 95%, 18,20-99,63%), la especificidad del 84% (IC del 95%, 78,08-89,66%) y el VPP de 19% (IC del 95%, 5,44-33,26%).

Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre las mediciones realizadas por ambos métodos, destacando que los valores eran superiores en el caso de las mediciones del neumotonómetro respecto a las del tonómetro de Goldmann. La diferencia encontrada fue de 1,56 mmHg ($p < 0,0001$) (IC del 95%, 1,116-2,008 mmHg). Esta diferencia es despreciable desde el punto de vista clínico, y no se relaciona en la muestra con el hecho de ser miope o hipermétrope, como se demuestra en el análisis de los datos por grupos independientes (miopes, emétropes e hipermétropes) (tabla 1). Se encontró una asociación lineal positiva entre las mediciones realizadas por uno y otro método, con un coeficiente de correlación r de 0,8086 ($p < 0,001$) (IC del 95%, 0,7476-0,8560).

Discusión

La tonometría es una técnica básica para el diagnóstico de glaucoma. La PIO elevada es un factor de riesgo para el desarrollo de glaucoma. Por esto, siempre debe realizarse en conjunción con la oftalmoscopia indirecta. Entre los cambios más importantes encontrados en el fondo de ojo glaucomatoso destaca el au-

TABLA 1. Diferencia entre mediciones de PIO utilizando ambos métodos de medida incluyendo intervalos de confianza en los miopes, hipermétropes y emétropes

| | DIF NT-TG* | IC del 95% |
|---------------|------------|---------------|
| Miopes | 1,7308 | 1,0162-2,4454 |
| Hipermétropes | 0,8222 | 0,009-1,6354 |
| Emétropes | 1,9904 | 1,1699-2,8109 |

*Diferencia entre las mediciones realizadas con el neumotonómetro y las llevadas a cabo con el tonómetro de Goldmann (en mmHg). Obsérvese que el neumotonómetro proporciona medidas ligeramente superiores al tonómetro de Goldmann.

mento del contorno de la excavación papilar³.

La tríada clásica para la definición de glaucoma, elevación de la PIO, aumento de la excavación de la papila del nervio óptico y pérdida del campo visual, no es totalmente satisfactoria. De hecho, la pérdida del campo visual no siempre se correlaciona con PIO elevada. Por ejemplo, en la hipertensión ocular y en el glaucoma incipiente la PIO es alta, pero las papillas ópticas y los campos visuales son normales. Por el contrario, en el glaucoma de baja tensión, la PIO es normal en presencia de aumento de la excavación papilar y pérdida de campo visual. Por esto definimos glaucoma como una neuropatía óptica³.

El glaucoma debe ser diagnosticado antes de que se produzca la pérdida de visión. Esto es particularmente importante en pacientes que presentan uno o más de los 4 factores de riesgo mayores para el glaucoma de ángulo abierto, el tipo más frecuente de glaucoma: edad avanzada, raza negra, historia familiar de glaucoma y elevación de la PIO^{1,2}. La última no se considera como parte de la definición de glaucoma sino como un factor de riesgo para su desarrollo.

La realización del cribado de elevación de PIO en toda la población es un tema controvertido, aunque se sabe que es más efectivo en pacientes con factores de riesgo conocidos para glaucoma, como en la raza negra y en los pacientes ancianos^{1,3,4}. Otros estudios realizados han concluido que el cribado de la PIO en los pacientes que acuden a la consulta de atención primaria puede ser interesante, enfocado a evitar muchos casos de ceguera debidos a glaucoma, a los que se instauraría tratamiento precoz, si pudieran ser diagnosticados a tiempo^{4,5,9,16}. Otros autores coinciden en que el tonómetro no de contacto aporta mediciones de PIO fiables, aunque no es aceptable para el cribado de PIO elevada por la elevada

tasa de falsos positivos que aporta⁶. Creemos que sería muy interesante la realización de estudios bien diseñados para poder clarificar este punto, en la dirección de alcanzar la prevención de muchos casos de ceguera debidos al glaucoma por no haber sido detectados a tiempo.

Las mediciones de PIO fueron realizadas por 2 profesionales: un oftalmólogo, que realizó las mediciones con el tonómetro de contacto, y un médico de familia, que llevó a cabo las mediciones con el neumotonómetro. Para ello, se entrenó al médico de familia hasta comprobar el correcto conocimiento de la técnica de utilización del neumotonómetro, así como la obtención de medidas de la PIO fiables. El neumotonómetro es muy sencillo de aprender a manejar e incluso puede ser utilizado por personal no sanitario⁴, lo cual no puede afirmarse respecto al tonómetro de contacto que requiere gran experiencia para su uso correcto. Por otra parte, no se descarta que los resultados pudieran verse influenciados por la existencia de una curva de aprendizaje en la medida.

Se perseguía el objetivo de evaluar la fiabilidad de un método de medida de la PIO, el neumotonómetro, tomando para ello una muestra representativa de la población atendida habitualmente en atención primaria. Por esto se decidió obtener la muestra de entre los sujetos que acudieron a consulta de oftalmología general por cualquier motivo, excluyendo los pacientes que tuvieran factores de riesgo para el desarrollo de glaucoma. Por lo anteriormente expuesto, aunque no podemos excluir por completo la existencia de un sesgo diagnóstico, no existen razones para pensar que cuente con una gran influencia.

La distancia temporal en la medida se basa en el hecho de que, según se toman medidas repetidas de PIO sobre la córnea, se objetiva una progresiva hipotonía ocular por aumento

del aclaramiento del humor acuoso, lo que puede producir una infravaloración de los valores reales de la PIO, fenómeno utilizado para el diagnóstico de glaucoma mediante la técnica llamada de tonografía¹⁷.

La tonometría de contacto se considera actualmente la prueba *gold standard* para la medición de la PIO. El objetivo de este estudio es estimar los parámetros sensibilidad, especificidad, así como valor predictivo positivo del neumotonómetro en comparación al tonómetro de contacto. Como en la muestra estudiada la prevalencia de glaucoma es muy pequeña, dato en común con la población correspondiente a atención primaria, la sensibilidad presenta una baja precisión y el valor predictivo positivo desciende. Este dato iría en contra de la indicación del cribado poblacional de la hipertensión intraocular. Es muy posible que se requieran más estudios para aclarar esta cuestión.

Los resultados obtenidos en el estudio coinciden con otras series publicadas, como la de Ralston et al⁴ y Moseley et al⁶ que comparan los resultados obtenidos con un tonómetro de aire con los obtenidos con el tonómetro de Goldmann en una única visita en el mismo grupo de pacientes. Koopmans et al comparan 2 tonómetros de aire con el estándar de Goldmann obteniendo resultados similares a los nuestros⁵. Otros estudios publicados coinciden con los anteriores y con nuestros resultados^{7-10,16}. La diferencia detectada entre las mediciones obtenidas por ambos métodos es estadísticamente significativa pero clínicamente despreciable. Por tanto, a la vista de los datos, el neumotonómetro parece un método adecuado para su uso en atención pri-

maria para el cribado de PIO elevada, ya que tiende a dar mediciones muy aproximadas a las del tonómetro de aplanación aunque ligeramente superiores.

Nuestros resultados coinciden con algunos estudios previos, no observándose mayor discrepancia entre las mediciones realizadas con ambos tonómetros en pacientes miopes¹⁵. El neumotonómetro es, por tanto, una técnica válida para su utilización en atención primaria, ya que es sencillo de aprender a manejar, no transmite enfermedades infecciosas, ni precisa el uso de colirio anestésico ni de tinciones corneales.

Agradecimientos

Gracias a José Luis Quintana Gómez por su apoyo permanente e incondicional y por su gran y continua aportación docente. Agradecemos a Rosario Calvo Arregui la ayuda prestada en los cálculos estadísticos de este trabajo.

Bibliografía

- Wallace LM, Alward MD. Medical management of glaucoma. *Neng J Med* 1998; 339: 1298-1307.
- Kanski JJ. Tonometría. En: Kanski JJ, McAllister JA, editores. *Glaucoma: manual a color de diagnóstico y tratamiento*. Barcelona: Edika-Med, 1991; 6-9.
- Wilson MR. Epidemiology of glaucoma. En: Albert and Jacobiec, editores. *Principles and practice of ophthalmology*. Basic Sciences, 1994; 1275-1284.
- Ralston ME, Choplin NT, Hollembach KA, Applegate BJ, Henn TW. Glaucoma screening in primary care: the role of noncontact tonometry. *J Fam Pract* 1992; 34: 73-77.
- Koopmans SA, Kooijman AC, Van Rij G, Eisses J, De Goot-Woltjer J. Clinical evaluation of two non-contact tonometers. *Doc Oftalmol* 1991; 78: 259-263.
- Moseley MJ, Evans NM, Fielder AR. Comparison of a new non-contact tonometer with Goldmann applanation. *Eye* 1989; 3332-3337.
- Vernon SA, Jones SJ, Henry DJ. Maximising the sensitivity and specificity of non-contact tonometry in glaucoma screening. *Eye* 1991; 5: 491-493.
- Moseley MJ, Thompson JR, Deutsch J, Misson GP, Naylor G et al. Comparison of the Keeler Pulsair 2000 non-contact tonometer with Goldmann applanation. *Eye* 1993; 7: 127-130.
- Moreno-Montañés J, Gómez-Demmel E, Lajara-Blesa J, Aliseda-Pérez de Madrid D. Comparative study of three non-contact tonometers and the Goldmann tonometer. *Ophtalmologica* 1994; 208: 115-118.
- Vernon SA. Reproducibility with the Keeler Pulsair 2000 non-contact tonometer. *Br J Ophtalmol* 1995; 79: 554-557.
- Vernon SA, Henry DJ, Cater L, Jones SJ. Screening for glaucoma in the community by non-ophthalmologically trained staff using semi automated equipment. *Eye* 1990; 4: 89-97.
- Atkinson PL, Wishart PK, James JN, Vernon SA, Reid F. Deterioration in the accuracy of the pulsair non-contact tonometer with use: need for regular calibration. *Eye* 1992; 6: 530-534.
- Vernon SA, Jones SJ. Intraocular pressure asymmetry in a population tested with the pulsair non-contact tonometer. *Eye* 1991; 5: 674-677.
- Vernon SA. Intra-eye pressure range and pulse profiles in normals with the pulsair non-contact tonometer. *Eye* 1993; 7: 134-137.
- Shields MB. La presión intraocular. En: *Glaucoma* (2.ª ed.). Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana, 1987; 55-72.
- Moussalli MA, Reca G, Argento C, Miller M. Estudio comparativo: tonometría de aplanación Goldmann y de no contacto Topcon CT20. *Arch Soc Esp Oftalmol* 1996; 70: 239-244.
- Shields MB. Dinámica del humor acuoso. En: *Glaucoma* (2.ª ed.). Buenos Aires: Ed Médica Panamericana, 1987; 15-33.