

CORRELACIÓN ENTRE PRESIÓN INTRAOCULAR, PAQUIMETRÍA Y QUERATOMETRÍA EN UNA POBLACIÓN NORMAL

CORRELATION BETWEEN INTRAOCULAR PRESSURE, PAQUIMETRY AND KERATOMETRY IN A NORMAL POPULATION

SÁNCHEZ-TOCINO H², BRINGAS-CALVO R¹, IGLESIAS-CORTIÑAS D²

RESUMEN

Objetivo: Estudiar la distribución de la presión intraocular (PIO), paquimetría y queratometría en una población normal. Establecer las relaciones existentes entre estas variables y conocer la influencia de la edad y el estado refractivo.

Métodos: En una muestra de 545 ojos de 273 sujetos, sin patología ocular previa, se ha evaluado el estado refractivo, curvatura corneal, grosor corneal central, PIO mediante tonometría de no contacto (TNC) y tonometría Goldman (TG).

Resultados: La media de edad de la población fue de 49,34 DE 7,23 años (27-68). La paquimetría media fue de 544,3 DE 33 μ m en mujeres y de 543,1 DE 29 μ m en hombres. No se ha encontrado una asociación relevante entre paquimetría y edad. Se ha obtenido una correlación leve, pero significativa entre la paquimetría y la cifra de PIO para ambos métodos $r = 0,316$ ($p < 0,001$) y $r = 0,264$ ($p < 0,001$), con TNC Y TG respectivamente. No encontramos relación de la paquimetría ni con el estado refractivo ni con la K media. En nuestro modelo de regresión múltiple la paquimetría y la K media aparecieron como variables predictoras del cálculo de la PIO: $R = 0,341$ ($p < 0,001$).

ABSTRACT

Purpose: To study the intraocular pressure (IOP), the corneal thickness and the corneal curvature distribution in a normal population. To investigate the relation between these variables, and to determine if the IOP and the paquimetry will be modified by the refractive error and age.

Methods: A population of 273 subjects, 545 eyes, without ocular pathology was selected. The refractive error, the corneal curvature, the corneal thickness and the IOP [with a non-contact tonometer (NCT) and with a Goldmann tonometer (GT)] were evaluated.

Results: The average age of the population was 49.34 (SD 7.23) years (27-68). The average corneal thickness was 544.3 (SD 33) μ m in females and 543.1 (SD 29) μ m in males. An inverse correlation was found between corneal thickness and age but this was not significant statistically. A mildly statistically significant correlation was found between corneal thickness and intraocular pressure with both methods of measurement of IOP: $r = 0.316$ ($p < 0,001$) and $r = 0.264$ ($p < 0,001$), with NCT and GT respectively. No correlation was found between corneal thickness and refractive error, or with mean corneal curvature. In the regression model, corneal

Recibido: 24/3/06. Aceptado: 18/4/07.

Departamento de Oftalmología. Hospital Río Hortega. Valladolid. España.

¹ Licenciado en Medicina, especialista en Oftalmología.

² Doctor en Medicina, especialista en Oftalmología.

Correspondencia:

Hortensia Sánchez Tocino

Servicio de Oftalmología

Hospital Río Hortega

Avda. Cardenal Torquemada, s/n

47010 Valladolid

España

E-mail: hsanchez@auna.es

Conclusiones: La medida de espesor corneal central fue similar a la obtenida por otros estudios sobre población latina. Existe una paquimetría significativamente menor en el grupo de mayores de 54 años. Se ha definido la relación del grosor y la curvatura corneal con la PIO mediante un análisis de regresión lineal.

Palabras claves: Presión intraocular, paquimetría, queratometría, refractometría, estudio poblacional.

thickness and mean corneal curvature were significant in the IOP prediction: $R = 0.341$ ($p < 0.001$).

Conclusion: Mean corneal thickness was very similar to that reported in other studies of a latin population. A statistically significant inferior corneal thickness has been found in people older than 54 years. The relationship between the corneal thickness and the corneal curvature with the IOP has been calculated by linear regression analyses (*Arch Soc Esp Oftalmol* 2007; 82: 267-272).

Key words: Intraocular pressure, pachimetry, keratometry, refractometry, population based study.

INTRODUCCIÓN

La variabilidad es algo inherente al ser humano en muchos de sus aspectos mensurables. El globo ocular no es una excepción, de manera que existen distintos parámetros que potencialmente pueden presentar amplias diferencias dentro de la población, como pueden ser la longitud axial, el diámetro corneal o la profundidad de la cámara anterior.

Además, para cada individuo, puede existir una cierta modificación de ciertos parámetros con la edad (1). Así mismo, el instrumental empleado puede resultar influenciado en sus resultados al emplear principios físicos que presuponen constantes determinadas variables oculares (2-3). Incluso, la pertenencia a una u otra raza puede influir decisivamente en muchas de estas medidas, como lo demuestran varios estudios previos (4-6).

Algunos autores han comunicado ésta relación en sujetos con patología ocular previa (2). Sería, por tanto, deseable conocer en una población sin patología ocular, la distribución de ciertas variables oculares y las relaciones existentes entre ellas (6,7). Lo que nos serviría, en un segundo momento, para compararlas con grupos con diferentes patologías en nuestro medio.

Este estudio persigue un doble objetivo. En primer lugar, establecer en una población caucásica de nuestro medio, la media y distribución de la presión intraocular (PIO), el espesor corneal central (ECC) y el radio de curvatura (RC). Y, en segundo lugar, encontrar la correlación entre estas variables, así como la influencia de la edad y el estado refractivo sobre las mismas.

SUJETO, MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron un total de 545 ojos de 273 individuos trabajadores de nuestro hospital. A todos ellos se les realizó una exploración oftalmológica que incluyó: Biomicroscopía de segmento anterior para descartar patología corneal, medida de la PIO mediante tonometría de aplanación Goldmann (TG) y tonometría de no contacto (TNC) (neumotonómetro TX-10, Canon Inc, Japón), paquimetría central (OLCR pachymeter, Haag-Streit AG, Suiza), queratometría y refractometría (Keratorefómetro RK-3, Canon Inc., Japón).

La anamnesis incluyó: Edad, sexo, índice de masa corporal (IMC) obtenido a partir de la talla y el peso mediante la fórmula; $IMC = \text{peso} / \text{talla en metros al cuadrado}$, antecedentes familiares de glaucoma e historia personal de diabetes y/o hipertensión arterial.

Cuando se han estudiado las relaciones entre variables no intrínsecas al sujeto, grosor corneal central, PIO, curvatura corneal, se han utilizado los dos ojos de cada sujeto como datos independientes, mientras que se ha tenido en cuenta solo el ojo derecho cuando se trataba de variables como el sexo o la edad. Se han excluido individuos con historia de traumatismo ocular previo o cirugía ocular, así como aquellos ya diagnosticados y/o tratados por hipertensión ocular o neuropatía óptica glaucomatosa.

La tonometría de no contacto, refractometría (se ha calculado el equivalente esférico como el error esférico más la mitad del error cilíndrico) y queratometría fueron realizadas por personal sanitario no facultativo. La anamnesis, la paquimetría y la tono-

metría de aplanación fueron realizadas por personal facultativo. La tonometría Goldmann fue realizada quince minutos después de la tonometría de no contacto sin conocer la cifra de PIO obtenida. Se realizaron tres tomas de PIO y espesor corneal para cada ojo, utilizando la media aritmética para los cálculos estadísticos.

El fundamento de los tonómetros de no contacto, y dentro de los mismos el que aquí se ha utilizado, es el de lograr la aplanación de la córnea con una fuerza conocida. La fuerza la realiza un chorro de aire y la aplanación de la córnea se verifica con un sistema electrónico que proyecta un haz de luz colimada y detecta los rayos paralelos que salen reflejados de la córnea cuando esta se aplanan. El resultado de la PIO en mmHg se calcula en función del tiempo que tarda en producirse la aplanación de la córnea (9). Todas las funciones están automatizadas. El propio aparato descarta las mediciones erróneas y señala las poco fiables. Se pueden utilizar dos rangos de medida de 0-30 mmHg y de 0-60 mmHg en función de que la fuerza del chorro de aire que emplea el aparato, sea de 30 mmHg o de 60 mmHg (de forma rutinaria se utiliza el primer rango, si la PIO está por encima de 30 de forma automática se cambia al siguiente rango). Los incrementos de medida son de 1 mmHg. Para disminuir los efectos que supone la toma de la PIO en los distintos momentos del ciclo cardiaco los fabricantes recomiendan realizar tres mediciones válidas y el promedio de ellas es el resultado de la PIO que nos proporciona el aparato.

El paquímetro utilizado, montado sobre una lámpara de hendidura, emplea la reflectometría óptica de baja coherencia para obtener las medidas. Para ello, se hacen coincidir dos haces guía láser de color rojo de 0,1 mm, uno de ellos perpendicular a la superficie corneal y otro inferior, en el centro de la córnea. El cabezal de medida detecta, mediante la

reflexión de la luz de un láser infrarrojo, el cambio en la velocidad del reflejo entre la superficie posterior y anterior de la córnea.

Para el manejo de las medidas queratométricas se obtuvo previamente la K media, a partir de las cifras de K_1 y K_2 proporcionadas por el refractómetro.

Para el estudio estadístico se utilizó el programa SPSS 12.0 para Windows (SPSS Inc, Chicago, Illinois, USA). Se valoraron las diferencias estadísticas en los distintos subgrupos de PIO en función de la paquimetría o de la edad, para ello se usaron pruebas no paramétricas como el test de Kruskal-Wallis y la U-Mann Whitney. Se determinaron las correlaciones entre las variables mediante test de correlación de Spearman y se valoró, mediante un estudio de regresión lineal múltiple, la predicción de la PIO en relación con aquellos factores con asociación significativa en el test de correlación: espesor corneal, edad, curvatura corneal y estado refractivo. Se considera una significación estadística para $p < 0,05$ bilateral.

RESULTADOS

Relación de la PIO y de la paquimetría con la edad

La tabla I representa la distribución por edades de la paquimetría y la PIO en nuestro grupo de estudio. La media de edad fue de 49,34 DE 7,23 años (rango 27-68). El 92,7% fueron mujeres. La paquimetría media en el grupo de mujeres fue de 544,3 DE 33 μm y en el grupo de hombres de 543,1 DE 29 μm . La PIO media en las mujeres fue de 15,5 DE 3 mmHg y de 15,5 DE 3 mmHg con el tonómetro de no contacto y con Goldman, respectivamente. En el grupo de hombres fue de 15,2 DE 3 mmHg y de 14,6 DE 3 mmHg. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos ni en

Tabla I. Distribución por edades de la paquimetría y la PIO, TNC (Tonómetro de no contacto), TG (Tonómetro de Goldmann)

	Paquimetría	TNC	TG
30-43 a	547,3 DE 31 μm	15,2 DE 2 mmHg	15,2 DE 2 mmHg
44-53 a	546,7 DE 31 μm	15,4 DE 3 mmHg	15,4 DE 3 mmHg
54-75 a	536,4 DE 36 μm	15,5 DE 3 mmHg	15,4 DE 3 mmHg
Valor de p*	0,026	0,779	0,894

* Kruskal-Wallis para estudio de las diferencias en la totalidad de los grupos.
DE: desviación estándar.

Tabla II. Medias de PIO por grupos de espesor corneal y estudio estadístico de las diferencias en los distintos grupos. TNC (Tonómetro de no contacto), TG (Tonómetro de Goldmann)

Paquimetría	TNC mmHg	TG mmHg	N.º de ojos
445-510 µm	13,9 DE 3	14,2 DE 2,5	80
511-575 µm	15,3 DE 3	15,4 DE 3	279
576-660 µm	17,3 DE 3	16,6 DE 3	82
Valor de p*	0,000	0,000	
**440-510—511-575	<0,001	0,002	
**440-510—576-660	<0,001	<0,001	
**511-575—576-660	<0,001	<0,001	

* Test de Kruskal-Wallis diferencias en los grupos.

** U de Mann-Whitney diferencias 2 a 2.

DE: desviación estándar.

la paquimetría ni en la PIO obtenida por ambos métodos.

No existe una correlación relevante entre el grosor corneal y la edad $r=-0,131$ ($p=0,003$). En el estudio por grupos dos a dos se encontraron diferencias significativas entre el grupo de edad de 30-43 respecto 54-75 ($p=0,05$) y en el grupo 44-53 respecto de 54-75 ($p=0,008$) (tabla I). No se han encontrado diferencias significativas en el nivel de PIO por grupos de edad.

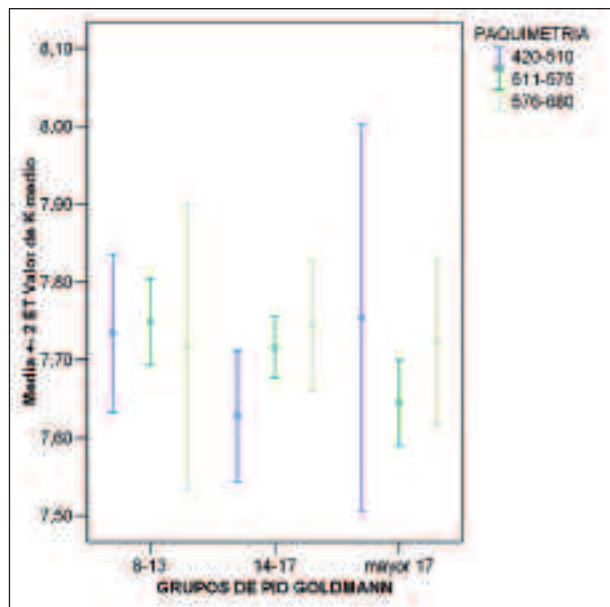


Fig. 1: Gráfico de líneas que representa la media de curvatura corneal por grupos de presión intraocular y por grupos de paquimetría.

Relación entre la PIO y la paquimetría

Existe una correlación significativa entre el espesor corneal y los niveles de PIO, tanto para el tonómetro de no contacto como para el tonómetro Goldmann, $r = 0,316$ ($p < 0,001$) y $r = 0,264$ ($p < 0,001$), respectivamente.

La tabla II recoge las medias de PIO por grupos de espesor corneal y la existencia de diferencias estadísticamente significativas en los distintos grupos.

Existe una tendencia al aumento del espesor corneal con el incremento de la PIO, de manera que la media de la paquimetría aumenta de 532,3 DE 30 µm en el grupo de PIO < 13 mmHg a 545,6 DE 34 µm en el grupo de PIO entre 14-17 mmHg y es de 555,3 DE 28 µm en el grupo de PIO > 17 mmHg. Estas diferencias son significativas tanto en el total de los grupos como intergrupos ($p < 0,001$).

Relación de la PIO y paquimetría con el estado refractivo

La media del equivalente esférico fue de $-0,66$ DE 3 dioptrías. No hemos encontrado una correlación significativa entre la PIO y el defecto refractivo. Para PIO con neumotonómetro y con Goldman respectivamente $r=-0,037$ ($p=0,402$); $r=-0,068$ ($p=0,120$).

Existe una correlación significativa positiva entre el estado refractivo y la edad $r=0,268$ ($p < 0,001$). No existe una correlación entre el grosor corneal y el estado refractivo $r=0,021$ ($p=0,630$).

Relación de la PIO y paquimetría con la curvatura corneal

La curvatura corneal media fue de K1: 7,8 DE 0,2 mm, K2: 7,6 DE 0,2 mm; rango para K1 y K2 (7,2- 8) y (7-8,5) respectivamente; K media: 7,70 DE 0,2 mm (fig. 1).

No existe una correlación relevante entre los niveles de PIO con la curvatura corneal. K media $r=-0,10$ ($p=0,04$), $r=-0,115$ ($p=0,014$) para neumotonómetro y Goldmann respectivamente. No existe correlación entre el grosor corneal y el valor de K media.

La correlación de la curvatura corneal con la edad puede considerarse no significativa para K media $r=-0,148$ ($p=0,003$).

Estudio de Regresión Múltiple

Se realizó un estudio de regresión lineal multivariante incluyendo en el modelo de predicción de la PIO mediante tonómetro de Goldman: el grosor corneal, la edad, K media y la interacción de la paquimetría con la edad.

Fueron incluidas en el modelo de regresión, con unos límites de tolerancia muy buenos para la predicción, la paquimetría y la K media. El resto de las variables presentaron una baja significación y problemas de tolerancia. Con una $R=0,304$ ($p<0,001$) se obtiene una recta de regresión (fig. 2).

$PIO\ Goldman = 18,4 + (0,23 \times paquimetría) - (1,2 \times K\ media)$. Lo que supone que por cada 100 μm de aumento de la paquimetría la PIO se ve incrementada en 2,5 mm. Si bien con este modelo sólo se predice el 10% del valor de la PIO, es evidente una clara relación entre esta y el grosor corneal. Si al utilizar la PIO obtenida con el neumotonómetro los resultados son muy similares. $R=0,341$ ($p<0,001$). La recta obtenida es:

$PIO\ neumotonómetro = 13,37 + (0,30 \times paquimetría) - (1,8 \times K\ media)$.

DISCUSIÓN

Se ha encontrado en este estudio un grosor corneal medio de 544,34 μm . Esta media es similar a la encontrada en individuos latinos por Hahn y al (9), de 546,9 μm , y más pequeña que la hallada en el estudio de La Rosa sobre una población caucásica americana (10). Sin embargo, se ha de ser cauto en las comparaciones puesto que mínimas diferencias pueden deberse a la distribución por edad o sexo, o la utilización de distintos tipos de paquímetros. Algunos estudios han encontrado errores de medida y diferencias interobservadores cuando se utilizan los paquímetros ópticos debido a una mala alineación ocular. Estos estarían subsanados con la utilización de paquímetros laser (11,12) como el utilizado en este estudio.

Se ha hallado una relación del grosor corneal con la edad por grupos, presentando las personas de mayor edad corneas más finas. Hahn et al (9) encontraron entre latinos que la cornea tenía un grosor menor en personas de más edad y mayor en personas más jóvenes. Resultados similares fueron comunicados por Foster (11) y La Rosa (10). Esto podría ser debido a que con la edad existe una dis-

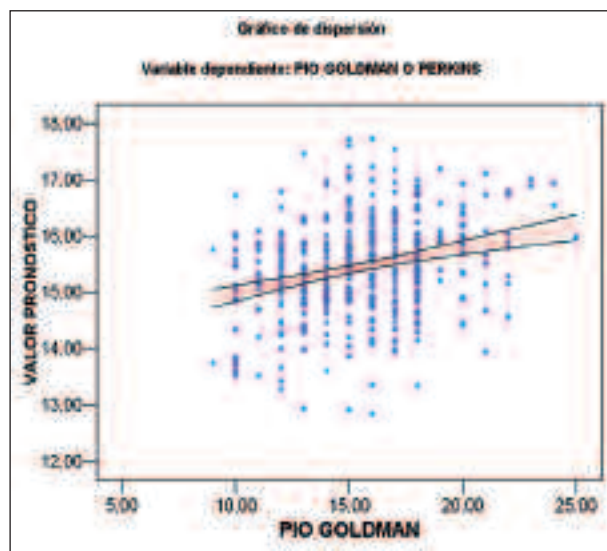


Fig. 2: Representación curva de regresión para el cálculo de la PIO con tonometría Goldmann en función de la paquimetría y la curvatura corneal media.

minución de la densidad de los queratocitos y una probable rotura de las fibras de colágeno en corneas más viejas. Sin embargo, Nemesure (4), Shimmyo (5) y los estudios de Reykjavik (6) y Rotterdam (13) no han encontrado tal relación.

Nemesure (4) ha encontrado una relación del grosor con la edad, el estado refractivo y la historia de diabetes. En este trabajo no se ha encontrado una relación con el estado refractivo.

Al igual que en el trabajo de Shimmyo (5), en este estudio se ha encontrado una relación estadísticamente significativa, tanto en el test de correlación como en el estudio multivariante, de la PIO con la curvatura corneal.

En un trabajo realizado por Cho and Lui (14) se encontró que la PIO medida mediante el tonómetro de Goldman y el neumotonómetro es comparable. En este estudio se han querido utilizar ambos datos para valorar si existía alguna diferencia entre la toma de la PIO con ambos y su relación con el resto de las variables.

La PIO tomada con tonómetro de aplanación o neumotonómetro se correlaciona con el grosor corneal (15). Esta relación ya descrita por Goldman y Shimmyo (5) ha sido corroborada en otros estudios, y así se indica la necesidad de realizar un ajuste de la PIO con relación al grosor corneal (5,16).

Se estima en este estudio una diferencia de PIO de 2,5 mm por cada 100 μm de diferencia en el grosor corneal. Resultados similares con variaciones de

la PIO entre 1,1 y 3,2 mm han sido descritos por otros autores (6,9,16,17). Si bien el grosor corneal sólo explica el 10% de la PIO, si parece un factor importante a tener en cuenta en el examen diario de los pacientes.

La relación del grosor corneal y la PIO puede tener implicaciones en relación al diagnóstico de hipertensión ocular, glaucoma de ángulo abierto o glaucoma de tensión normal. La PIO continúa siendo un factor muy importante en el desarrollo de glaucoma. Corrigiendo la PIO por el grosor corneal Copt (18) y Bron (19) encontraron un gran porcentaje de pacientes con glaucoma de tensión normal e hipertensos oculares que debían ser reclasificados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Doughty MJ, Zaman ML. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. *Surv Ophthalmol* 2000; 44: 367-408.
2. Singh RP, Goldberg I, Graham SL, Sharma A, Mohsin M. Central corneal thickness, tonometry and, ocular dimensions in glaucoma and ocular hypertension. *J Glaucoma* 2001; 10: 206-210.
3. Tonnu PA, Ho T, Newson T, El Sheikh A, Sharma K, White E, et al. The influence of central corneal thickness and age on intraocular pressure measured by pneumotonometer, non-contact tonometry, the Tono-Pen XL, and Goldmann applanation tonometry. *Br J Ophthalmol* 2005; 89: 851-854.
4. Kohlhaas M, Boehm AG, Spoerl E, Pursten A, Grein HJ, Pillunat LE. Effect of central corneal thickness, corneal curvature, and axial length on applanation tonometry. *Arch Ophthalmol* 2006; 124: 471-476.
5. Nemesure B, Wu SY, Hennis A, Leske ML; Barbados Eye Study Group. Corneal thickness and intraocular pressure in the Barbados eye studies. *Arch Ophthalmol* 2003; 121: 240-244.
6. Shimmyo M, Ross AJ, Moy A, Mostafavi R. Intraocular pressure, Goldmann applanation tension, corneal thickness, and corneal curvature in Caucasians, Asians, Hispanics, and African Americans. *Am J Ophthalmol* 2003; 136: 603-613.
7. Eysteinnsson T, Jonasson F, Sasaki H, Arnarsson A, Sverrisson T, Sasaki K, et al. Central corneal thickness, radius of corneal curvature and intraocular pressure in normal subjects using non-contact techniques: Reykjavik Eye Study. *Acta Ophthalmol Scand* 2002; 80: 11-15.
8. Shields MB. The non-contact tonometer. Its value and limitations. *Surv Ophthalmol* 1980; 24: 211-219.
9. Hahn S, Azen S, Ying-Lai M, Varma R; Los Angeles Latino Eye Study Group. Central corneal thickness in Latinos. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: 1508-1512.
10. La Rosa FA, Gross RL, Orengo-Nania S. Central corneal thickness of Caucasians and African Americans in glaucomatous and nonglaucomatous populations. *Arch Ophthalmol* 2001; 119: 23-27.
11. Foster PJ, Baasanhui J, Alsibirk PH, Munkhbayar D, Uranchimeg D, Johnson GJ. Central corneal thickness and intraocular pressure in a Mongolian population. *Ophthalmology* 1998; 105: 969-973.
12. Nissen J, Hjortdal JO, Ehlers N, Frost-Larsen K, Sorensen T. A clinical comparison of optical and ultrasonic pachometry. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1991; 69: 659-663.
13. Wolfs RC, Klaver CC, Vingerling JR, Grobbee DE, Hofman A, de Jong PT. Distribution of central corneal thickness and its association with intraocular pressure: The Rotterdam Study. *Am J Ophthalmol* 1997; 123: 767-772.
14. Cho P, Lui T. Comparison of the performance of the Nidek NT-2000 noncontact tonometer with the Keeler Pulsair 2000 and the Goldman applanation tonometer. *Optom Vis Sci* 1997; 74: 51-58.
15. Sánchez-Tocino H, Bringas-Calvo R, Iglesias-Cortinas D. Estudio comparativo entre el neumotonómetro de no contacto Canon TX-10 y el tonómetro de Goldmann. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2005; 80: 643-649.
16. Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1975; 53: 34-43.
17. Shah S, Chatterjee A, Mathai M, Kelly SP, Kwartz J, Henson D, et al. Relationship between corneal thickness and measured intraocular pressure in a general ophthalmology clinic. *Ophthalmology* 1999; 106: 2154-2160.
18. Copt RP, Thomas R, Mermoud A. Corneal thickness in ocular hypertension, primary open-angle glaucoma, and normal tension glaucoma. *Arch Ophthalmol* 1999; 117: 14-16.
19. Bron AM, Creuzot-Garcher C, Goudeau-Boutillon S, d'Atthis P. Falsely elevated intraocular pressure due to increased central corneal thickness. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1999; 237: 220-224.