

ARCHIVOS DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE OFTALMOLOGÍA

www.elsevier.es/ofthalmologia



Artículo original

Comparación del tonómetro de Goldmann, neumotonómetro de contacto y el efecto del grosor corneal

N. Molina^{a,c,*}, E. Milla^{a,c}, E. Bitrian^a, C. Larena^{a,b} y L. Martínez^a

^a Instituto Clinic de Oftalmología, Hospital Clinic i Provincial de Barcelona, Barcelona, España

^b Universidad de Barcelona, Barcelona, España

^c Institut Comtal d'Oftalmología, Barcelona, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 31 de mayo de 2009

Aceptado el 23 de julio de 2010

On-line el 30 Octubre 2010

Palabras clave:

Presión intraocular

Glaucoma

Tonómetro de Goldmann

Neumotonómetro

Grosor corneal central

Keywords:

Intraocular pressure

Glaucoma

Goldmann tonometer

Pneumotonometer

Central corneal thickness

R E S U M E N

Propósito: Comparar la medición de la presión intraocular (PIO) usando el tonómetro de aplanación de Goldmann (GAT) y el neumotonómetro de contacto (NTC), y evaluar el efecto del grosor corneal central (CCT) en las mediciones.

Método: Estudio prospectivo, clínico observacional. Se incluyeron 96 ojos de 49 pacientes 40 glaucomatosos, 29 hipertensos oculares y 27 controles. La PIO se midió con cada uno de los tonómetros. Además se midió el CCT.

Resultados: Se observó un coeficiente de correlación fuerte entre GAT y el NTC (Pearson=0,922, $p < 0,001$). La media de las diferencias pareadas entre GAT y el NTC fue de $0,72 \pm 2,82$ mmHg. La media de las diferencias entre GAT y el NTC fue menor a valores bajos de PIO y más alta a valores mayores de PIO. Las mediciones con GAT demostraron un aumento medio de la PIO de 0,47 mmHg por cada 10 μ m de CCT, y el NTC 0,34 mmHg por cada 10 μ m, aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa.

Conclusiones: La neumotonometría de contacto es un método fiable en el diagnóstico y seguimiento de nuestra población. El efecto del CCT fue mayor para el tonómetro de Goldmann.

© 2010 Publicado por Elsevier España, S.L. en nombre de Sociedad Española de Oftalmología.

Comparison of Goldmann tonometry, pneumotonometry and the effect of the central corneal thickness

A B S T R A C T

Purpose: To compare the intraocular pressure (IOP) measurements using the Goldmann applanation tonometer (GAT) and contact pneumotonometer (NTC), and to evaluate the effects of central corneal thickness (CCT) on the readings.

Methods: This was a prospective, observational clinical study, which included 96 eyes of 49 patients, 40 glaucomatous, 29 ocular hypertensive and 27 normal subjects. The IOP measurements were performed with each tonometer. The CCT was also measured.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: nmolina@uc.cl (N. Molina).

0365-6691/\$ - see front matter © 2010 Publicado por Elsevier España, S.L. en nombre de Sociedad Española de Oftalmología.

doi:10.1016/j.oftal.2010.09.003

Results: A strong correlation coefficient between GAT and the NTC was found (Pearson = 0.922, $p < 0.001$). The mean of paired differences between GAT and NTC was 0.72 ± 2.82 mmHg. The mean difference between GAT and NTC was low at lower levels of PIO and higher at higher levels of IOP. Readings with the GAT showed a mean increase in IOP of 0.47 mmHg for every $10 \mu\text{m}$ of CCT, and the NTC 0.34 mmHg for every $10 \mu\text{m}$, the difference was not statistically significant.

Conclusions: The contact pneumotonometer is a reliable method in diagnosis and follow up of our population. The effect of the central corneal thickness was more important for the Goldmann applanation tonometer.

© 2010 Published by Elsevier España, S.L. on behalf of Sociedad Española de Oftalmología.

Introducción

La medición de la presión intraocular (PIO) es un procedimiento importante para el diagnóstico y seguimiento de pacientes con glaucoma. Existen varios factores que influyen en la medición de la PIO, entre ellos el grosor corneal central (CCT), la curvatura corneal y el método utilizado para su medición¹⁻⁷. La técnica más utilizada y de referencia para la medición de la PIO es la tonometría de aplanación de Goldmann (GAT). Sin embargo, una de las mayores limitaciones es la influencia del CCT en los valores que entrega^{1,2}. El GAT fue calibrado para un CCT de $520 \mu\text{m}$, por lo que existe una subestimación y una sobrestimación de la PIO en córneas delgadas o gruesas, respectivamente³.

El neumotonómetro de contacto (NTC) es un tonómetro que usa el principio de aplanación. Tiene la ventaja teórica de que entrega un valor digital, es una media de mediciones de un período corto de tiempo, en ciertos casos es mejor tolerado y no se vería afectado por problemas de superficie. Previamente se ha demostrado buena correlación entre el NTC con la GAT³⁻⁷.

Los valores del NTC se verían poco afectados por el CCT, aunque estudios recientes han rebatido dicha afirmación, e incluso han demostrado mayor influencia de la CCT sobre el NTC que sobre la GAT⁵.

El objetivo de este estudio es comparar los valores de PIO obtenidos por la GAT y por el NTC, la influencia del CCT, en pacientes glaucomatosos, hipertensos oculares y controles visitados en nuestro servicio.

Sujetos, material y método

Los pacientes fueron reclutados en el departamento de Glaucoma del servicio de nuestra institución. Todos eran mayores de 18 años. Se incluyeron pacientes con glaucoma de ángulo

abierto, glaucoma crónico de ángulo cerrado, glaucoma de tensión normal, hipertensos oculares y controles. Se excluyeron pacientes con queratoplastias, LASIK u otros procedimientos quirúrgicos sobre la córnea.

Se incluyeron prospectivamente 96 ojos, 40 glaucomatosos, 29 hipertensos oculares y 27 controles, de 49 pacientes visitados en nuestro servicio, de ellos 18 corresponden a hombres y 31 a mujeres. Se incluyeron ambos ojos por el tipo de diseño y objetivos del estudio.

Las mediciones fueron realizadas por 3 médicos oftalmólogos del departamento de Glaucoma. Se realizaron 3 mediciones consecutivas con el tonómetro de Goldmann, realizadas por uno de los oftalmólogos, anotando la media. Después de 10 minutos, de forma ciega, se realizó una medición por otro oftalmólogo con el neumotonómetro (Model 30 Classic™ Pneumotonometer, Reichert® Ophthalmic Instruments, New York, USA). Diez minutos más tarde se midió el CCT con un paquímetro ultrasónico (Ocuscan® RxP Ophthalmic Ultrasound System, Alcon®, Forth Worth, USA). En caso de que en alguna de las 3 mediciones con ambos tonómetros existiera una diferencia mayor a 2 mmHg (intervalo de confianza 95%), se procedió a repetir la medición.

La concordancia entre ambas pruebas se analizó utilizando el método de correlación de Pearson. Además se compararon los valores obtenidos por ambos métodos utilizando la *t* de Student para datos pareados. El efecto del CCT fue evaluado para ambos métodos utilizando un análisis de regresión lineal. Además se realizó este análisis por subgrupos. Los datos fueron analizados con el software SPSS® para Windows®, versión 13.0 (SPSS Inc. Chicago, Illinois. EE. UU.)

Resultados

La media de edad fue de $65,5 \pm 11,49$ años (rango: 37-83 años). En la **tabla 1** se resumen los valores medios de PIO para ambos métodos y de CCT, de todos los pacientes y por subgrupo.

Tabla 1 – Valores medios para la tonometría de Goldmann, el neumotonómetro y CCT por subgrupo

Grupo (μm)	Goldmann (mm Hg) (media \pm SD)	Neumotonómetro (mmHg) (media \pm SD)	CCT (media \pm SD)
Todos	$17,79 \pm 7,16$	$17,06 \pm 6,08$	$550,05 \pm 42,27$
Glaucoma	$19,23 \pm 8,58$	$17,74 \pm 7,67$	$533,98 \pm 37,17$
OH	$19,96 \pm 6,10$	$18,89 \pm 4,51$	$576,69 \pm 42,92$
Control	$13,33 \pm 2,81$	$14,11 \pm 3,42$	$545,26 \pm 47,09$

OH: hipertensión ocular.

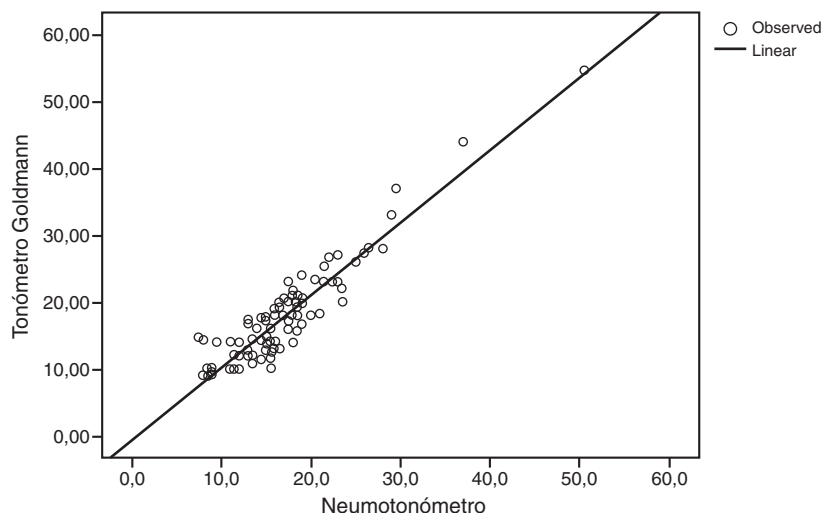


Fig. 1 – Recta de regresión para el tonómetro de Goldmann y el neumotonómetro.

Tabla 2 – Coeficiente de correlación de Pearson para tonometría de Goldmann y neumotonómetro por subgrupo

Grupo	Número de ojos	Coeficiente de correlación de Pearson para GAT-NTC
Todos	96	0,922
Glaucoma	40	0,951
OH	29	0,875
Control	27	0,772

OH: hipertensión ocular; p = 0,01.

Al comparar la GAT frente al NTC, se obtiene una correlación significativa, con un coeficiente de correlación de Pearson = 0,922 (p < 0,001) (fig. 1). El análisis de la t de Student para datos pareados muestra una media de las diferencias de 0,72 ± 2,82 mmHg.

Si se analiza por subgrupos de pacientes, se mantiene una buena correlación entre ambos métodos, aunque con un coeficiente de correlación menor en el caso del grupo control (tabla 2).

La media de las diferencias según el análisis de la t de Student para datos pareados se resume en la tabla 3. El mismo análisis por subgrupos según 3 diferentes niveles de PIO, 5-18

mmHg (n = 64), entre 19-25 mmHg (n = 21) y > 25 mmHg (n = 11), se resume en la tabla 4.

Existe una correlación positiva entre la GAT y el CCT ($\beta = 0,047, R = 0,294$) y entre NTC y CCT ($\beta = 0,034, R = 0,251$). Esto es, por cada 10 μm de CCT se produce un aumento de 0,47 mmHg, y de 0,34 mmHg, al medir con GAT y/o NTC respectivamente. La diferencia en el efecto del CCT sobre GAT-NTC no fue estadísticamente significativa.

Discusión

En nuestra población, que incluye pacientes glaucomatosos, hipertensos oculares y controles, los valores de PIO obtenidos con el NTC se correlacionaron bien con los valores obtenidos con GAT. Por subgrupo, esta buena correlación se mantiene. La peor correlación en el grupo control podría explicarse por un número de pacientes menor.

La diferencia media que se obtiene entre ambos métodos se corresponde con estudios previos, y está dentro de un rango de valores clínicamente aceptable^{6,7}. Esta diferencia es menor a niveles de PIO más bajos, y aumenta a niveles de PIO más altos, esto es, el NTC sobreestimó levemente la PIO a niveles bajos y subestimó a valores más altos comparado con la GAT. Esta diferencia también es menor en ojos controles, interme-

Tabla 3 – Media de las diferencias entre ambos métodos según subgrupo de pacientes

Grupo	Controles	OH	Glaucoma
GAT-NCT (mmHg)	-0,77 ± 2,19	1,06 ± 3,06	1,49 ± 2,69

OH: hipertensión ocular.

Tabla 4 – Media de las diferencias entre ambos métodos según diferentes niveles de PIO

Grupo	5 - 18 mmHg	19 - 25 mmHg	> 25 mmHg
GAT-NCT (mmHg)	-0,25 ± 2,53	2,23 ± 2,21	2,40 ± 3,54

dia en hipertensos oculares y mayor en glaucomatosos. Esto se explica en parte por los diferentes niveles de PIO según el subgrupo de pacientes, aunque no es posible descartar otro factor.

Nuestro estudio demuestra una correlación positiva entre la PIO medida con ambos métodos y el CCT. El efecto del CCT es mayor para la GAT, pero también existe para el NTC. En estudios previos se observaron valores similares¹⁻⁷.

En el análisis por subgrupos destaca también la presencia de CCT media mayor en los pacientes hipertensos oculares. Dado que la CCT es fundamental para interpretar de manera correcta los valores de PIO obtenidos por la GAT, es posible que en algunos de estos pacientes la PIO esté sobreestimada.

Es importante reseñar que en algunos casos el NTC parece ser mejor tolerado por ciertos pacientes, e incluso en algunos casos sólo fue posible medir la PIO con dicho instrumento. Esto es algo que no pudimos cuantificar y puede ser objeto de futuros estudios.

Las posibles limitaciones de este estudio son que la mayoría son pacientes glaucomatosos. Además, al usar ambos ojos en el análisis se podría estar cometiendo un sesgo por dependencia, aunque consideramos que dado el diseño del estudio, este sesgo no invalida los resultados obtenidos.

En el presente trabajo, como en la bibliografía, el NTC se correlaciona bien con la GAT. Comparado con la GAT, el neumotonómetro tiende a sobrevalorar el valor de la PIO a niveles bajos y a infravalorarlo a niveles altos. El efecto de la CCT es mayor en el caso de GAT que de NTC.

BIBLIOGRAFÍA

1. 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;106:2154-60.
2. Copt RP, Thomas R, Mermoud A. Corneal thickness in ocular hypertension, primary open-angle glaucoma and normal tension glaucoma. *Arch Ophthalmol*. 1999;117:14-6.
3. Bhan A, Browning AC, Shah S, Hamilton R, Dave D, Dua HS. Effect of corneal thickness on intraocular pressure measurements with the pneumotonometer, Goldmann applanation tonometer and Tono-pen. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2002;43:1389-92.
4. Yang YC, Illango B, Cook A, Batterbury M. Intraocular pressure and pulse rate measurement by the OBF tonograph-comparison to reference instruments. *Ophthalm Physiol Opt*. 2000;20:401-7.
5. Ko YC, Liu CL, Hsu WM. Varying effects of corneal thickness on intraocular pressure measurements with different tonometers. *Eye*. 2005;19:327-32.
6. Gupta V, Sony P, Agarwal HC, Sihota R, Sharma A. Inter-instrument agreement and influence of central corneal thickness on measurements with Goldmann, pneumotonometer and noncontact tonometer in glaucomatous eyes. *Indian J Ophthalmol*. 2006;54:261-5.
7. 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 pneumotometry, non-contact tonometry, the Tono-pen XL, and Goldmann applanation tonometry. *Br J Ophthalmol*. 2005;89:851-4.