

Estudio comparativo entre Tonometría Aplanática de Goldmann y Tonometría Dinámica de Contorno

MOUSSALLI MARÍA ANGÉLICA, TAPIA G. PEREIRA CAROLINA,
MONTAÑEZ NHORA, BURCHAKCHI ARTURO

RESUMEN

OBJETIVO: Realizar un estudio comparativo para la medición de la presión intraocular (PIO) entre los métodos de la tonometría aplanática de Goldmann (TAG) y la tonometría dinámica de contorno (TDC).

MÉTODO: Se tomó la presión intraocular a 53 ojos de 27 pacientes con glaucoma, por dos operadores independientes, utilizando uno la TAG y el otro la TDC sin conocimiento de los resultados del otro método. Se investigó la influencia del espesor corneal central para los dos tipos de tonometría. Se analizaron otros datos que registra el TDC como el pulso arterial (H). Los datos se analizaron con método de correlación utilizando el programa estadístico SSDS.

RESULTADOS: La PIO media de los casos estudiados fue de 16,32 mmHg con TAG y de 17,04 mmHg con TDC. La media de la diferencia entre los dos métodos fue de 0,74 mmHg. Hubo correlación entre ambos métodos ($r=0,75$ $p<0,001$). El promedio del pulso arterial con TDC fue de 68,9 y el radial de 72 latidos por minuto.

CONCLUSIONES: En la población estudiada, la PIO con el TDC se correlacionó con las mediciones obtenidas con el método de TAG. *OFTALMOL CLIN EXP 2007;3: 16-20*

PALABRAS CLAVES: glaucoma, tonometría, aplanático, contorno, dinámica, paquimetría

Comparative Study between the Goldmann Aplanatic Tonometry and the Dynamic Tonometry of Contour .

ABSTRACT

PURPOSE: The aim of this study was to compare the method of dynamic tonometry of contour (DTC) with the Goldmann aplanatic tonometry (GAT) for the measurement of intraocular pressure (IOP).

METHODS: The intraocular pressure was measured in 53 eyes of 27 patients with glaucoma with each method (GAT and DTC) for two independent, trained individuals without knowledge of the results of the other methods. The data including IOP/DTC, IOP/GAT, pachymetry, pulse and arterial pressure were analyzed using the SSPS package for Windows (Microsoft).

RESULTS: The mean IOP with the GAT was 16.32 mmHg and 17.04 mmHg with DTR. The mean of the difference between both methods was 0.74 mmHg. There was correlation between both methods ($r=0,75$; $p <0,001$). The average pulse with DTR was 68,9 heartbeats per minute and manual was of 72 heartbeats per minute.

CONCLUSIONS: In the studied population, there was a good correlation between the results of IOP measurements between GAT and DTC. *OFTALMOL CLIN EXP 2007;3: 16-20*

KEYWORDS: glaucoma, tonometry, aplanatic, dynamic, pachymetry

La presión intraocular sigue siendo el principal factor de riesgo en la patología glaucomatosa, de allí el interés continuo en encontrar el método más exacto y confortable para el paciente, con menos influencia de las variables corneales.

Hay varios tipos de tonómetros basados según principios de aplanación, indentación y de contorno. Se hallan los tonómetros de no contacto que aplanan la superficie corneal a través de un chorro de aire como son el modelo de Topcon CT80 ó el modelo de Reichert AT 555 Auto

Non-Contact Tonometer (Reichert Ophthalmic Instruments, NY, EE.UU). Recientemente se introdujo el nuevo Tonómetro Reichert ORA, de no contacto, que evalúa la biomecánica, histéresis y espesor corneal. Otros tonómetros de no contacto corneal pero de medición transpalpebral son el TGDC-01 PARA,¹ y el tonómetro de Fresno (Proview, Bausch & Lomb, EE.UU.), que miden la PIO a través de la provocación de un fosfeno postulándose como un instrumento para que el mismo paciente se tome la PIO en su hogar.²

Recibido: 14/07/07
Aceptado: 25/09/07
Los autores no tienen interés comercial en los equipos mencionados.
Sección Glaucoma
Hospital Italiano de Buenos Aires - Argentina
Autor responsable:
Dra. María A. Moussalli
Hospital Italiano de Buenos Aires
Gastón 490
Ciudad de Buenos Aires, Argentina
maria.moussalli@hospitalitaliano.org.ar

La tonometría aplanática se basa en el principio de Imbert Fick, el cual establece que la presión dentro de una esfera seca ideal y de paredes delgadas equivale a la fuerza necesaria para aplanar su superficie.³ El método de tonometría aplanática implementado por Goldmann, presenta dificultades dado que la córnea humana no es una esfera perfecta y el área de aplanación es de 3,06 mm de diámetro. Además está influenciada por el menisco lagrimal y no considera todas las variables corneales. De todas formas y a pesar de esto, hasta el momento la tonometría aplanática de Goldmann (TAG) es el método más confiable y el más utilizado para tomar la PIO en la práctica diaria.

El tonómetro de Pascal ó tonometría dinámica de contorno (TDC) (Ziemer Ophthalmic Systems Swiss Microtechnology AG, Zurich, Suiza) es un nuevo método tonométrico menos influenciado por las características estructurales del ojo, como el espesor y la curvatura de la córnea y la rigidez ocular. Si bien es de contacto, no se basa en el principio de aplanación.⁴

Tiene un extremo (tip) que es un sensor de contorno cóncavo que se adapta al contorno de la córnea, manteniendo su forma y curvatura. Se genera una fuerza constante de aposición sobre la córnea que permite la medida directa de la PIO, transcorneal y continua.⁵⁻⁶ La superficie de contacto del sensor, tiene una curvatura de 7 mm de diámetro y la fuerza aplicada es de 1 gr sobre la superficie. La PIO se registra en milímetros de mercurio (mmHg) realizando un promedio de 3 a 6 mediciones. La medición de la presión intraocular se califica la a través de un puntaje (Q).

Otra de las aplicaciones del equipo es medir la amplitud del pulso ocular, como registros tiempo-dependiente de la modulación de la PIO. La curva del pulso se grafica en forma de tres líneas, una amarilla que representa el rango óptimo determinado por el software, una azul que es el promedio de la presión diastólica de las PIO que aparece en la pantalla como la PIO, y una verde que es el promedio de la presión sistólica de la PIO. La amplitud del pulso ocular, es un indicador indirecto de la perfusión coroidea.⁷ El equipo además registra el pulso cardíaco, en latidos por minuto, también relacionado con el flujo sanguíneo ocular.

El propósito de este trabajo fue realizar un estudio en una serie de casos, en el cuál se comparó la medida de la presión intraocular hallada con el tonómetro aplanático de Goldmann y la tonometría dinámica de contorno analizando la correlación entre ambos métodos.

Material y Métodos

Se realizó un estudio observacional en una población de pacientes con glaucoma. La muestra constó de 53 ojos de 27 pacientes. El promedio de edad fue de 63,9 años con un rango de 14 a 83 años. El criterio de inclusión fue la

patología glaucoma (diagnosticada por presión intraocular, alteraciones del campo visual computado, modificaciones del disco óptico y estado de gonioscopia). Los criterios de exclusión fueron hipermetropía, miopía y astigmatismo mayores a 2 D y enfermedad corneal.

Los tipos de glaucoma incluyeron: glaucoma de ángulo abierto en el 88,5 % (GAA) de los casos y de ángulo estrecho en el 11,5% de los casos (GAE). El 69,2% de la población no había tenido cirugías previas. El porcentaje de cirugías previas fue de 26,9% para trabeculectomías, 3,8% para queratoplastias.

La medida de la presión con el TAG se realizó con el tonómetro modelo Haag Streit AT 900 previamente calibrado y se montó a una lámpara de hendidura modelo Nikon SS-IV y se le instiló al paciente una gota de proparacaína y otra de fórmula de Grant. Se utilizó el promedio de las tres mediciones para el análisis de la PIO con TAG. Todas las mediciones con este tonómetro fueron realizadas por un mismo operador (médico oftalmólogo).

La PIO con TDC (Pascal Dynamic Contour Tonometry, Swiss Microtechnology AG, Zurich, Suiza) fue realizada por otro operador independiente (médico oftalmólogo), entrenado para tal fin. En la TDC se instiló previamente al paciente una gota de proparacaína.

La PIO con el TAG fue medida primero en un primer grupo de pacientes de la consulta de la sección de glaucoma, y la PIO con el TDC, 30 minutos después. En un segundo grupo de pacientes, se invirtió este orden con el mismo tiempo de espera entre toma y toma. La calidad de la toma para el TDC se basó según registros de puntajes (Q), de 1 a 5, siendo 1 óptima, 2 y 3 aceptable, 4 y 5 inaceptable. Un paciente se excluyó por pobre colaboración durante el estudio. Las medidas de la PIO se las clasificó en forma absoluta en bajas (0-10 mmHg), normales (11-20 mmHg) y altas ≥ 21 mmHg) y se analizó la correlación y dispersión de los valores para cada uno de los métodos.

Las medidas para la PIO con ambos métodos se analizaron con respecto al espesor corneal central. La medida del espesor corneal central (paquímetría) se realizó en un día no coincidente de la toma de la PIO con un paquímetro ultrasónico modelo 200P+ Sonomed (NY, EE.UU.). El espesor corneal central se clasificó en corneas normales (530-550 μm), finas (<530 μm) y gruesas (>550 μm). Se realizó la corrección para la TAG de acuerdo al espesor corneal. Por cada 20 micras de espesor, se corrigió en 1 mmHg la presión intraocular. La medida del OPA fue muy variable y al ser la muestra pequeña y heterogénea no se incluyó en el análisis estadístico. El pulso radial fue tomado por otro operador (médico oftalmólogo) y se comparó con el pulso cardíaco tomado por el TDC. Los tres operadores actuaron en forma independiente sin conocimientos de los resultados de los demás operadores. Los datos fueron vol-

cados en una planilla Excel (Microsoft Office) y analizados con el programa estadístico (SSPS 10.1). Se utilizó el test de correlación de Pearson para comparar los resultados de ambos métodos y la prueba de T para muestras relacionadas. Los resultados se consideraron significativos para $p < 0,05$.

Resultados

La PIO media con el TAG fue de $16,33 \pm 3,95$ mmHg; y con TAG corregida según paquimetría fue $16,00 \pm 4,74$ mmHg. Con el TDC, la PIO fue de $17,04 \pm 4,28$ mmHg. El promedio de las medidas con el TAG se compararon con las del TDC (Fig. 1). La calidad de la toma (Q) promedio con TDC fue de $1,9 \pm 1,3$.

tría de Goldmann corregida por paquimetría fue $r = 0,91$ ($p < 0,001$) (Fig. 2).

El promedio de la paquimetría fue de $547,5 \pm 39,7$ μm . En ambos métodos se obtuvieron cifras de PIO más bajas para córneas finas y más elevadas para córneas gruesas, encontrándose mayor variabilidad de dispersión en córneas finas. La TAG fue influenciada por la medida del espesor central corneal, dando valores más altos en las córneas de mayor espesor. Al ajustar los datos de PIO corregidos por paquimetría, los valores hallados se acercaron a las mediciones con el TDC, esto se puede apreciar en los gráficos de dispersión en donde se observó la mayor variabilidad de la presión en relación con las cornea más finas (Fig. 3). No se encontró diferencia estadística entre los pacientes medidos primero con el TAG y luego con el TDC, así como en el grupo opuesto.

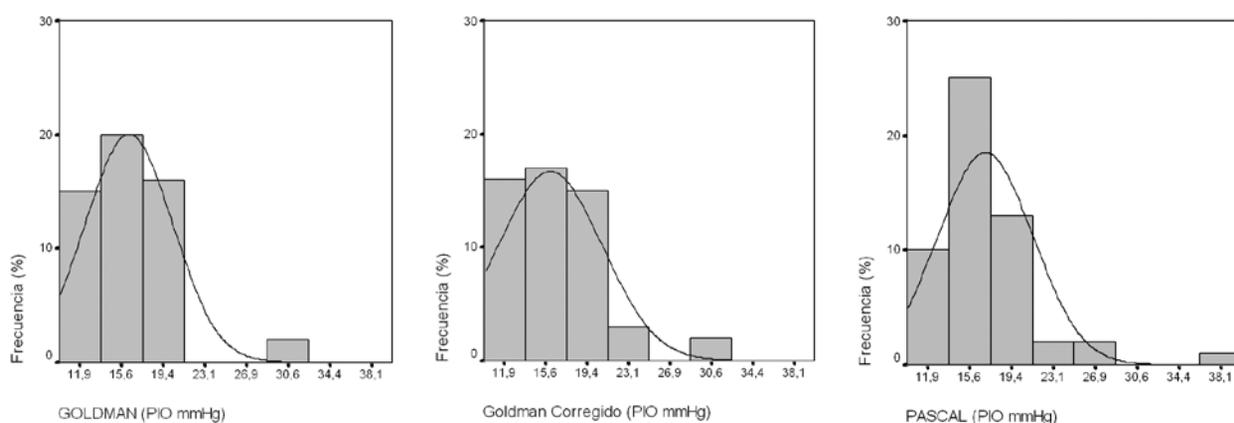


Figura 1. Histograma de frecuencia de valores de PIO con los métodos utilizados. A. Tonómetro de Goldmann; B. Con Tonómetro de Goldmann, corregida por paquimetría; 3. TDC.

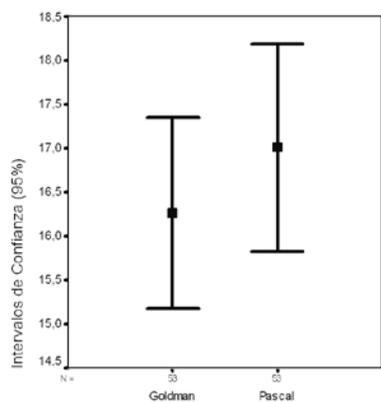


Figura 2. Valores de PIO (intervalo de confianza de 95%). La PIO con TDC arrojó valores más elevados que TAG, sin diferencias estadísticamente significativas.

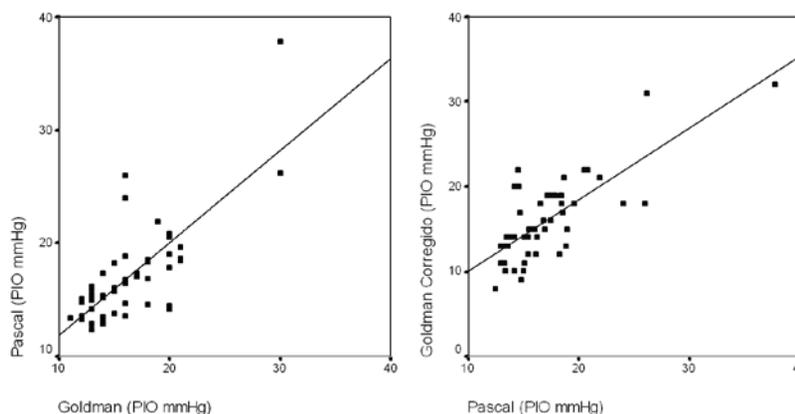


Figura 3. Diagramas de dispersión de los valores de los métodos.

El estudio estadístico de correlación de muestras relacionadas mostró que la correlación entre Pascal y Goldmann fue $r = 0,75$ ($p < 0,001$). La correlación entre Pascal y Goldmann corregido por paquimetría fue $r = 0,75$ ($p < 0,001$). La correlación entre tonometría de Goldmann y tonome-

tría de Goldmann corregida por paquimetría fue $r = 0,91$ ($p < 0,001$) (Fig. 2). El promedio de la paquimetría fue de $547,5 \pm 39,7$ μm . En ambos métodos se obtuvieron cifras de PIO más bajas para córneas finas y más elevadas para córneas gruesas, encontrándose mayor variabilidad de dispersión en córneas finas. La TAG fue influenciada por la medida del espesor central corneal, dando valores más altos en las córneas de mayor espesor. Al ajustar los datos de PIO corregidos por paquimetría, los valores hallados se acercaron a las mediciones con el TDC, esto se puede apreciar en los gráficos de dispersión en donde se observó la mayor variabilidad de la presión en relación con las cornea más finas (Fig. 3). No se encontró diferencia estadística entre los pacientes medidos primero con el TAG y luego con el TDC, así como en el grupo opuesto.

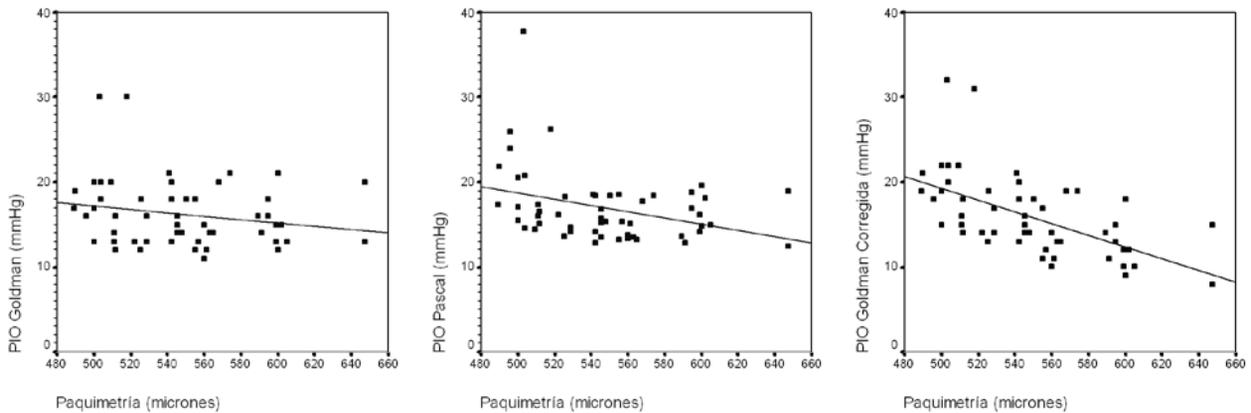


Figura 4. Diagrama de dispersión entre los resultados de PIO en relación con la paquimetría.

Discusión

La TDC aportó valores más altos de PIO en comparación con el TAG, hallazgo coincidente con otros autores, pero estos resultados no fueron estadísticamente significativos.⁸ La correlación hallada para ambos métodos fue buena, concordando con otros autores.^{5,8-9}

La TDC es un método confiable para tomar la PIO y es más sensible para medir la PIO en córneas finas, dado que no es influenciada por el espesor corneal central a diferencia de la TAG.⁹⁻¹⁰ Algunos trabajos consultados, sin embargo, no encontraron correlación para ambos métodos con el espesor corneal.¹¹ No se halló diferencias significativas para córneas gruesas y finas cuando se corrigió las medidas de la PIO con TAG según la paquimetría.¹² La correlación con la paquimetría evidenció mayor sensibilidad para la TDC para las córneas finas sin mostrar beneficios por sobre la TAG para las córneas gruesas, hallazgo coincidente con otros trabajos publicados.¹³ Estos hallazgos son clínicamente relevantes dado que las córneas finas se consideran un factor de riesgo en la progresión glaucomatosa.

Se observó que es necesario una mayor colaboración del paciente con la TDC.⁹ El TAG es el mejor método en pacientes sin fijación binocular, con poca pobre colaboración y visión, nistagmus y blefaroespasmio. La calidad de la toma se consideró buena en este trabajo. Se halló una buena correlación para el pulso arterial tomado con el Pascal y el pulso arterial radial. Sería útil evaluar la amplitud del pulso ocular en pacientes con diferentes tipos de glaucoma y comparándola con una población normal. Hay estudios que muestran que la amplitud del pulso es mayor en pacientes hipertensos oculares comparando grupos con glaucoma sin embargo, no hay estudios concluyentes.^{5,14-15}

La TDC pareciera ser útil para la medida de la PIO post LASIK dado que es poco influenciada por los cambios

paquimétricos y biomecánicos de la córnea que ocurren luego de esta cirugía.¹⁶

Consideramos que se requieren estudios de mayor número de pacientes y poblaciones homogéneas, para determinar si el TDC puede reemplazar a la TAG, particularmente su posible uso para la medición de la PIO en pacientes con contorno corneal irregular o anormal. Un estudio pendiente a realizar es estudiar la influencia de la curvatura corneal, sin embargo en diferentes trabajos no se encontró una influencia significativa de esta variable.⁵ En los estudios realizados en pacientes con queratocono hay cierta discrepancia hallándose trabajos en los cuales la TDC da valores más altos que la TAG.¹⁶ De este modo, la TDC se perfila como un método útil en pacientes con queratoplastia, degeneración marginal pelúcida, queratocono y ectasia corneal.^{4,17} En nuestro trabajo la muestra de pacientes con queratoplastia fue pequeña con lo cual no fue posible llegar a conclusiones estadísticamente válidas. Observamos que en pacientes de mayor edad se tienden a sobreestimar los valores de PIO medidos con el TAG comparados con el TDC, hallazgo coincidente con otros autores.¹⁴ La variabilidad de la toma interobservador no se consideró como objeto de análisis, sin embargo se ha estudiado que es menor para la TDC (0,44 mmHg) con respecto al TAG (1,28 mmHg).^{8,14-15}

La TDC tiene un futuro promisorio como instrumento para la medida de la PIO además el registro de OPA y el pulso arterial, abre un nuevo camino diagnóstico para la detección del glaucoma, su seguimiento y un mejor conocimiento de las enfermedades vasculares asociadas al tipo de progresión de daño glaucomatoso.

Bibliografía

1. Rombold F, Thiel MJ, Neubauer AS, et al. Evaluation of portable TGDc-

- 01 tonometers and comparison with the Goldmann applanation tonometer. *Ophthalmologie* 2005;102:158-62.
2. Brigatti L, Magaluri S. Reproducibility of self-measured intraocular pressure with the phosphene tonometer in patients with ocular hypertension and early to advanced glaucoma. *J Glaucoma* 2005;14:36-9.
3. Higginbotham EJ, Lee DA: Clinical guide to glaucoma management, 1st ed. Elsevier Inc. EE.UU, 2004.
4. Ozbek Z, Cohen EJ, Hammersmith KM, et al. Dynamic contour tonometry: a new way to assess intraocular pressure in ectatic corneas. *Cornea* 2006;25:890-4.
5. Schneider E, Grehn F. Intraocular pressure measurement – Comparison of dynamic contour tonometry and Goldmann applanation tonometry. *J Glaucoma* 2006;15:2-6.
6. Kanngieser H, Kniested C. Tonometry in change. From indentation and applanation to contour adaptation. *Ophthalmologie* 2005;102:849-50.
7. Kniested C, Kanngieser H. Dynamic contour tonometry. *Ophthalmologie* 2006;103:713-4.
8. Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA. Comparison of dynamic contour tonometry with Goldmann applanation tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:3118-21.
9. Martínez de la Casa JM, García Feijoo J, Vico E y col. Effect of corneal thickness on dynamic contour, rebound, and Goldmann tonometry. *Ophthalmology* 2006;113:2156-62.
10. The Eye. Intraocular pressure and aqueous humor dynamics. American Academy of Ophthalmology. San Francisco: 2006.
11. Barleon L, Hofmann EM, Berres M y col. Comparison of dynamic contour and Goldmann applanation tonometry in glaucoma patients and healthy subjects. *Am J Ophthalmol* 2006;142:583-90.
12. Larchkar Y. I have tested for you. The contour tonometer. IOP analysis using dynamic contour tonometry. *J Fr Ophthalmol* 2006; 29:32-5.
13. Doyle A, Lachakar Y. Comparison of dynamic contour tonometry with Goldmann applanation tonometry over a wide range of central corneal thickness. *J Glaucoma* 2005;14:288-92.
14. Kotecha A, White ET, Shewry JM, Garway-Heath DF. The relative effects of corneal thickness and age on Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry. *Br J Ophthalmol* 2005;89:1572-5.
15. Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA. Comparison of dynamic contour tonometry with Goldmann applanation tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:3118-21.
16. Pepose JS, Feigenbaum SK, Qazi MA y col. Changes in corneal biomechanics and intraocular pressure following Lasik using static, dynamic, and noncontact tonometry. *Am J Ophthalmol* 2007;143:39-44.
17. Viestenz A, Langenbucher, Seitz B, Viestenz A; Evaluation of dynamic contour tonometry in penetrating keratoplasties. *Ophthalmologie* 2006;103:773-4.



Parque Nacional Los Glaciares, Lago Argentino.