

Ocular response analyzer's performance to measure the intraocular pressure in comparison with Goldmann applanation tonometry

Desempeño del Analizador de Respuesta Ocular para Medir la Presión Intraocular en Comparación con la Tonometría de Aplanación Goldmann

^{1,2}Fabiola Barrera-Pelayo MD

^{1,3}José Antonio Paczka-Zapata MD

^{1,3}Miriam A. Ramos-Hernández MD

Recibido 22/11/2016
Aceptado 16/12/2016

Resumen

Objetivo: Comparar el desempeño clínico de la tonometría por aplanación de Goldmann (TAG) y la medida por el Analizador de Respuesta Ocular (ORA) en una serie no consecutiva de casos con glaucoma o con sospecha de glaucoma, así como valorar la concordancia y la consistencia de las PIO medidas entre los dos métodos.

Métodos: A los pacientes se les realizó evaluación oftalmológica integral, tonometría por aplanación de Goldmann,

¹Global Glaucoma Institute;
Guadalajara, Jal., México.

²Asistencia e Investigación en Glaucoma A.C.,
Guadalajara, Jal., México.

³ Instituto de Oftalmología y Ciencias
Visuales, CUCS,
Universidad de Guadalajara;
Guadalajara, Jal., México.

Autor responsable: Fabiola Barrera Pelayo.
fabibp@hotmail.com

la medición de las propiedades biomecánicas de la córnea (incluida la PIO ajustada) empleando el ORA , campos visuales y un análisis imagenológico de los discos ópticos y la capa de fibras nerviosas de la retina mediante tomografía de coherencia óptica Se aplicó la prueba t de Student para variables independientes para comparar las diferencias en los promedios de las variables continuas y las pruebas no paramétricas chi cuadrada y U de Mann-Whitney para comparar las diferencias en proporciones de variables categóricas. Se determinó el grado de correlación entre los métodos tonométricos (TAG vs. ORA), empleando el coeficiente de Pearson, así como el coeficiente de variación para las mediciones duplicadas por los dos métodos tonométricos, Por último, se utilizó el método comparativo de Bland-Altman que grafica la dispersión de las diferencias en la medición. Se consideró un valor de $P < 0.05$ como estadísticamente significativo.

Resultados: Se incluyeron 210 ojos (106 individuos), con una edad promedio de 61 años (D.E. ± 13.1), siendo la mayoría mujeres (64%) y portadores de glaucoma (62%). La PIO entre ojos con los diversos métodos no fue diferente ($P > 0.05$). La PIO media determinada por TAG (OD 14.9 ± 5.4 mm Hg, OI 14.5 ± 4.2 mm Hg) fue significativamente menor ($P < 0.0001$) que la medida por ORA (OD 18.4 ± 4.8 mm Hg, OI 17.9 ± 5.0 mm Hg) y no guardaron una correlación (OD, $r = 0.15$; OI $r = 0.46$). El coeficiente de variación para el OD (TAG vs. ORA) fue de 31% y para el OI de 25.8%.

Conclusiones: La determinación de PIO medida por ORA difiere significativamente

de la determinada por TAG y no parece guardar una correlación entre métodos (en ambos ojos) de la muestra analizada, tal como lo demuestran los hallazgos.

Abstract

Purpose: To compare the clinical performance of Goldmann applanation tonometry (GAT) vs Ocular Response Analyzer (ORA) measurements in a non-consecutive case series of glaucoma or glaucoma suspects; to assess the concordance and consistency of the IOPs measured between the two methods.

Methods: The patients underwent comprehensive ophthalmologic evaluation: GAT, measurement of the biomedical properties of the cornea (including adjusted IOP) using the ORA, visual fields and an image analysis of optical disks and nerve fiber layer of the retina using optical coherence tomography. The Student's test for independent variables was used to compare the differences in the mean of the continuous variables and the non-parametric tests of the chi square and Mann-Whitney for the differences in the proportions of categorical variables. The degree of correlation between the tonometric methods (GAT vs ORA), using the Pearson coefficient, as well as the coefficient of variation for the measurements duplicated by the two tonometric methods was used. Bland-Altman method was also used. A value of $P < 0.05$ was considered statistically significant.

Results: We included 210 eyes (106 patients), with a mean age of 61 years (64%),

62% had glaucoma. The IOP between eyes with the different methods was not statistically different ($P > 0.05$). The mean IOP determined by GAT (OD 14.9 ± 5.4 mm Hg, OS 14.5 ± 4.2 mm Hg) was lower ($P < 0.0001$) than that measured by ORA (OD 18.4 ± 4.8 mm Hg, OS 17.9 ± 5.0 mm Hg). No correlation was founded (OD, $r = 0.15$; OS $r = 0.46$). The coefficient of variation for the OD (GAT vs. ORA) was 31% and for the OS of 25.8%.

Conclusions: IOP measurements by ORA differ significantly from the GAT determination and apparently there is no correlation between methods (in both eyes)."

Introducción

La medición de la presión intraocular (PIO) representa una técnica indispensable en la evaluación oftalmológica integral y juega un papel central en la monitorización del paciente hipertenso ocular o con glaucoma.¹⁻³ La tonometría de aplanación de Goldmann (TAG) sigue considerándose el estándar de "oro" para medir la PIO⁴ a pesar de que han sido identificadas diversas fuentes de sesgo que ponen en entredicho su precisión.^{5,6} El Analizador de Respuesta Ocular (ORA, por sus siglas en inglés: Ocular Response Analyzer) es un novedoso tonómetro de no contacto, que podría dar mediciones más fidedignas de LA PIO (Figura 1). El ORA, además de realizar mediciones de PIO, considera otros factores corneales y emplea esta información para ajustar las mediciones de PIO de acuerdo a dichos factores (Figura 2). Las cuatro variables que evalúa el ORA son: 1. presión correlacionada de Goldmann

(IOPg) 2. PIO con compensación corneal (IOPcc) 3. Factor de resistencia corneal (FRC) e 4. Histéresis corneal (HC). Este dispositivo utiliza un pulso rápido de aire y un sistema electro-óptico para grabar dos mediciones de presión de aplanación: una mientras la córnea se mueve hacia adentro (P1) y la otra cuando va en dirección hacia afuera (P2), en el momento que regresa a su estado normal. El promedio de las dos mediciones da el valor de IOPg (Presión de Aplanación 1 + Presión de Aplanación 2). La IOPcc es una combinación lineal de P1 y P2. Esta medición es empíricamente derivada para ser menos sensible a errores relacionados a propiedades corneales, cuando se comparan con otras técnicas de tonometría (Presión de Aplanación 1 + Presión de Aplanación 2 + propiedades biomecánicas corneales). La HC es una propiedad biomecánica de la córnea, un parámetro viscoelástico que denota la capacidad de "amortiguación" corneal, y está dado por la diferencia de las dos mediciones de presión de aplanación (Presión de Aplanación 1 / Presión de Aplanación 2). Por último, el FRC es un parámetro viscoelástico que expresa la resistencia global de la córnea a la deformación y está correlaciona con el espesor corneal central (ECC).^{4,6} Existen evidencias científicas que han caracterizado las capacidades clínicas del ORA y se han identificado diferencias en los parámetros corneales obtenidos con ORA entre pacientes sanos y pacientes con glaucoma.⁴⁻¹⁸

Objetivos

El propósito de nuestro estudio fue comparar el desempeño clínico de ORA vs. TAG en una serie no consecutiva de casos

con glaucoma o con sospecha de tenerlo, evaluados en un centro de referencia de alta especialidad, así como valorar la concordancia y la consistencia de las PIO medidas entre los dos métodos.

Pacientes y Métodos

Se evaluaron retrospectivamente los expedientes clínicos de pacientes que fueron valorados de manera no consecutiva en un centro oftalmológico de alta especialidad en glaucoma (Global Glaucoma Institute Guadalajara). Todos los pacientes se sometieron a una batería completa de estudios que incluía una evaluación oftalmológica integral (incluyendo la TAG mediante la técnica habitual), la medición de las propiedades biomecánicas de la córnea (incluida la PIO ajustada) empleando el ORA (Reichert Technologies®, Reichert Ophthalmic Instruments; Buffalo, New York, EUA), campos visuales (SITA-Standard 24-2, Humphrey; Carl Zeiss Meditech; Dublin, California, EUA), y un análisis imagenológico de los discos ópticos y la capa de fibras nerviosas de la retina mediante tomografía de coherencia óptica (OCT Stratus, Carl Zeiss Meditech; Dublin, California, EUA). Se incluyeron pacientes con diagnóstico de a) sospecha de glaucoma por cualquier condición (excavaciones papilares amplias o asimétricas, hipertensión intraocular, antecedente heredofamiliar de glaucoma, campo visual alterado, ángulo iridocorneal ocluíble; sin evidencia perimétrica y/o tomográfica de glaucoma, con cualquier nivel de PIO) y con diagnóstico de b) glaucoma de cualquier tipo

(ángulo abierto, ángulo cerrado, primario o secundario; con una definición clínico-perimétrica basada en los criterios de Hodapp y colaboradores, en asociación a cambios clínicos característicos de daño glaucomatosos a nivel de la cabeza del nervio óptico, con cualquier nivel de PIO).¹⁹ Se excluyeron los pacientes con expediente incompleto, valor de calidad del ORA menor a 3 Ws (índice de calidad de medición), refracción mayor a ± 6 dioptrías (tanto esféricas como cilíndricas), capacidad visual menor a 20/400 y patologías corneales (agudas y crónicas) subyacentes (queratocono, queratoglobos, queratopatía en banda). A todos los pacientes se les determinó la refracción manifiesta; posteriormente, se les aplicó una gota de tetracaína al 0.5 % en el fondo de saco conjuntival para llevar a cabo una paquimetría corneal ultrasónica con la sonda del ORA, haciendo un contacto leve y perpendicular al centro de la córnea (midiéndose automáticamente al menos una decena de ocasiones consecutivas, mostrándose el resultado como el promedio), enseguida, se colocó al paciente recargado frente al punto de fijación para realizar la determinación de la PIO con ORA, empleando una columna de aire de fuerza calibrada, a partir de la cual se generan las otras propiedades biomecánicas de la córnea. Este procedimiento ha sido descrito en detalle por otros autores⁷, y puede repetirse hasta en cuatro ocasiones consecutivas para tener la oportunidad de seleccionar la de mejor calidad. Después de haber definido la magnitud de capacidad visual y antes de manipular el globo ocular con el lente de gonioscopia, se midió la PIO mediante TAG, empleando fluoresceína. Enseguida se procedió a realizar la biomicroscopia, incluyendo la gonioscopia

y valoración de la excavación papilar. Entre la realización del ORA y la TAG siempre hubo un intervalo aproximado de 30 a 45 minutos y casi nunca se invirtió el orden de los procedimientos tonométricos. Todas las mediciones con el ORA fueron realizadas por la misma operadora técnica; por otro lado, tres operadores especializados (oftalmólogos) ejecutaron la TAG, la cual se repetía en dos ocasiones (repetiéndose una tercera, si la diferencia entre las dos primeras fuera mayor a 3 mm Hg), recabándose el promedio (de dos mediciones) o la mediana (cuando se requerían tres mediciones).

Análisis estadístico

Se emplearon las técnicas convencionales de estadística descriptiva (tanto de dispersión como de resumen). Se aplicó la prueba *t de Student* para variables independientes para comparar las diferencias en los promedios de las variables continuas y las pruebas no paramétricas *chi cuadrada* y *U de Mann-Whitney* para comparar las diferencias en proporciones de variables categóricas. Así mismo, se determinó el grado de correlación entre los métodos tonométricos (TAG vs. ORA), empleando el coeficiente de Pearson, así como el coeficiente de variación para las mediciones duplicadas por los dos métodos tonométricos. Por último, se utilizó el método comparativo de *Bland-Altman* que grafica la dispersión de las diferencias en la medición, contra los promedios de los dos métodos (o de uno solo, cuando se ha considerado como el “estándar de oro”, integrándose líneas horizontales de la media y de igualdad, de desviación estándar y de intervalos de confianza para determinar si

existió diferencia sistemática y la magnitud de ésta, si hubiese.²⁰⁻²⁵ Se consideró un valor de $P < 0.05$ como estadísticamente significativo.

Resultados

Se incluyeron 210 ojos (106 individuos), con una edad promedio de 61 años (D.E. ± 13.1), siendo la mayoría mujeres (64%) y portadores de glaucoma (62%). La PIO entre ojos con los diversos métodos no fue diferente ($P > 0.05$). La PIO media determinada por TAG (OD 14.9 ± 5.4 mm Hg, OI 14.5 ± 4.2 mm Hg) fue significativamente menor ($P < 0.0001$) que la medida por ORA (OD 18.4 ± 4.8 mm Hg, OI 17.9 ± 5.0 mm Hg) y no guardaron una correlación (OD, $r = 0.15$; OI $r = 0.46$).

El coeficiente de variación para el OD (TAG vs. ORA) fue de 31% y para el OI de 25.8%.

En relación al análisis por subgrupos (sospechosos de glaucoma vs. glaucomatosos) se muestran las características generales en la tabla 1, sobresaliendo que, en comparación con el grupo de sospechosos, el grupo de glaucomatosos era significativamente mayor en edad, con más representación de hombres, mayor número de medicamentos hipotensores oculares en uso, con excavaciones verticales más amplias e índices perimétricos más afectados. En ese mismo enfoque de subgrupos, pero en cuanto al desempeño de los métodos tonométricos y la caracterización de las propiedades biomecánicas de la córnea (tabla 2), se demostró que el grupo de glaucomatosos al ser contrastado con el de sospechosos, presentaba valores promedios de ECC significativamente menores, así

como valores medios de histéresis y resistencia corneal más reducidos. La

PIOcc (medida por ORA) fue significativamente más elevada que el valor medio de PIO medido por TAG ($P = 0.0001$), pero sin demostrarse diferencias entre ojos; tampoco existieron diferencias significativas intra-método cuando se contrastaron subgrupos. La distribución y descripción de los valores de PIO por ojo y subgrupos puede verse representada en la figura 3.

El análisis comparativo global entre métodos (por ojo) contra el “estándar de oro” (TAG) permitió reconocer consistencia entre los métodos, en especial en los valores del ojo derecho (figuras 4 y 5).

Discusión

A pesar de que se ha considerado a la TAG como el “estándar de oro” para la toma de la PIO⁴, se sabe que este método está afectado por algunas propiedades corneales tales como el ECC, el radio de curvatura y la intensidad de astigmatismo.^{5,6} Aunado a esto, se tiene evidencia de que no hay una relación lineal entre el ECC y el valor de PIO.⁷ Además, a pesar de que se han obtenido varias fórmulas y nomogramas designados para realizar la compensación del efecto del espesor corneal, ninguno de estos métodos ha sido satisfactorio.⁹

Se ha estudiado el ORA y se ha determinado que dicho instrumento puede caracterizar las propiedades biomecánicas de la córnea, condicionando en ocasiones ajustes significativos de los valores reales de PIO.⁹

En algunos estudios iniciales se demostró que los valores de PIO obtenidos con ORA

eran mayores que con TAG¹⁰; nuestros hallazgos siguen esta tendencia descrita (PIO media con TAG OD 14.9 ± 5.4 mm Hg versus ORA OD 18.4 ± 4.8 mm Hg; TAG OI 14.5 ± 4.2 mm Hg versus ORA OI 17.9 ± 5.0 mm Hg).

Martínez de la Casa y colaboradores encontraron que los valores de IOPg y la IOPcc fueron significativamente más elevados que los obtenidos mediante TAG en pacientes con glaucoma y en pacientes sanos, con un promedio de estimación de 7.2 a 8.3 mm Hg, respectivamente.⁸

Shah y coinvestigadores reportaron que la HC es menor en ojos con glaucoma primario de ángulo abierto comparados con aquellos sin hipertensión ocular.¹¹ A pesar de que nosotros no incluimos sujetos sanos en nuestro estudio, encontramos una diferencia estadística significativa en el valor de HC, observando que en el grupo de sospechosos era mayor (OD, 9.6 ± 1.4 ; OI 9.3 ± 1.9) al compararlo con el grupo con glaucoma (OD, 7.9 ± 1.8 ; OI 7.8 ± 2.2).

En cuanto al aspecto de correlación, Lam y colegas¹² evaluaron las determinaciones de PIO con ORA y TAG en una muestra de población normal china, encontrando que la IOPg y la IOPcc tuvieron una adecuada correlación con TAG en sujetos normales y que existió en su muestra una influencia significativa del ECC sobre los valores medios de IOPcc. Adicionalmente, Touboul et al consideraron que la HC, tuvo una moderada dependencia de la PIO y el ECC determinado por ultrasonido, y que valores reducidos de HC deberían considerarse como un factor de riesgo por la subestimación del valor real de PIO.¹³ Esta última teoría puede reforzarse con la observación en nuestro estudio de

que los pacientes con glaucoma obtuvieron valores considerablemente menores de HC y FR que los sospechosos, como se mencionó anteriormente.

Oncel y colegas compararon el ORA, el tonómetro de contorno dinámico (TCD; Pascal), la TAG y la tonometría de no contacto (TNC) para determinar la intensidad el efecto del ECC y la HC en los valores de PIO; dichos investigadores encontraron que las mediciones por TCD y la IOPcc (por ORA) no fueron clínicamente intercambiables con los valores determinados por TAG y TNC; en contraste, las mediciones realizadas con ORA y TCD fueron consideradas como comparables e independientes del ECC en el rango de PIO normal.¹⁴

En el estudio de Law, donde se describe las mediciones tomadas con ORA, los valores de HC y FRC fueron consistentes con los descritas en la literatura. ORAg y ORAcc se relacionan pobremente con TAG, tal como lo muestran nuestros resultados. Ellos concluyen que el FRC al parecer es solo una medición parcial de la rigidez corneal y que las determinantes oculares de la HC aún no son claras.¹⁵

Por otro lado, en el estudio de Renier¹⁶ se comparó ORA, TCD y TAG. Solo el ORAcc y el TCD fueron comparables. Estos instrumentos sobreestiman la PIO comparado con la TAG, y para el ORAcc esta diferencia depende de la medida de PIO. Hay un bajo grado de acuerdo entre las mediciones con PIO por ORA, TAG y TCD y concluyen que la TCD y el ORAcc sobreestiman la PIO comparado con TAG, tal como encontramos en nuestro estudio.

Vandewalle E y colaboradores realizaron la comparación entre ORA, TCD y TAG,

además de ICare. No encontraron diferencia estadísticamente significativa entre ICare y TAG. Tampoco hubo diferencias entre las mediciones de PIO promedio entre TCD y ORA. No hubo correlación entre PIO y ECC para los cuatro instrumentos. No hubo diferencias por la preferencia entre los pacientes que se les realizara la toma con cualquiera de los cuatro instrumentos. TCD y ORA sobreestimaron la medición de PIO comparada con TAG.¹⁷

Streho estudió tres grupos de pacientes: glaucoma, hipertensos oculares y sanos. En ellos analizó la HC acorde a la edad y PIO con ORA, TAG y aplanación por pulso de aire. La medición de HC fue más baja para pacientes con glaucoma e HTO pero no hubo diferencia entre los tres grupos para valores de HC, cuando estos grupos fueron valorados por la edad.¹⁸ En nuestro estudio encontramos valores de HC más bajos en pacientes con glaucoma comparados con sospechosos de glaucoma.

Estudios más recientes siguen demostrando la utilidad del ORA para mediciones de PIO. Pillunat y Col estudiaron la posible asociación de HC y FRC en pacientes con glaucoma de ángulo abierto y la severidad del mismo. Encontraron correlación estadísticamente significativa (HC: $p=0.003$; FRC: $p=0.008$) entre parámetros biocorneales, PIO, ECC, longitud axial y edad, como se muestra en sus resultados:

De un total de 86 pacientes ($n=86$), los pacientes control ($n=44$, HC: 9.7 ± 1.4 mmHg; FRC: 10.2 ± 1.9 mmHg) y los pacientes con hipertensión ocular ($n=16$, HC: 10.2 ± 1.5 mmHg; FRC: 10.6 ± 2.1 mmHg) tuvieron medidas mayores de HC y FRC

comparado con pacientes con diagnóstico de Glaucoma (n=86, HC 8.96 ± 1.43 mmHg y FRC 9.07 ± 1.93 mmHg).²⁶

Así mismo, se ha establecido la utilidad de la HC como posible factor de riesgo para progresión de glaucoma. En un estudio de Medeiros y colaboradores, hicieron seguimiento un promedio de 4.0 ± 1.1 años a 68 pacientes (114 ojos) con diagnóstico de glaucoma. Los pacientes tenían un promedio de 7 campos visuales (perimetría automatizada estándar) durante el tiempo del estudio. El parámetro que se utilizaba para ahora determinar progresión fue el VFI (Visual Field Index, por sus siglas en inglés, índice de campo visual). Obtuvieron que, en el modelo univariable, en donde se incluía solamente la HC como factor predictivo en el tiempo y su interacción, cada 1 mm Hg bajo de HC se asociaba con un rango de 0.25%/año más rápido de disminución de VFI ($P < 0.001$). Además, en el modelo multivariable se mostraba el efecto de la PIO de acuerdo al rango de progresión dependiente de la HC. En ojos con PIO más altas y bajas HC, había mayor riesgo de progresión más rápida de la enfermedad.²⁷

Zhang y Col. Estudiaron la HC como factor de riesgo para la pérdida progresiva de la capa de fibras nerviosas de la retina (CFNR) mediante OCT de dominio espectral, en 133 pacientes (186 ojos) con glaucoma, a los cuáles se les dio un seguimiento en promedio de 3.8 ± 0.8 años. Obtuvieron que, en el modelo univariable, en donde se incluía a la HC como factor predictivo aislado con

el tiempo y su interacción, cada 1 mm Hg de HC bajo se asociaba con un $0.13 \mu\text{m}/\text{año}$ de mayor rapidez en la progresión de la disminución de CFNR. Similar relación entre bajas HC y progresión más rápida de pérdida de CFNR se observó con un modelo multivariable de acuerdo a edad, raza PIO y CCT ($P = .015$).²⁸

Conclusiones

La determinación de PIO medida por ORA difiere significativamente de la determinada por TAG y no parece guardar una correlación entre métodos (en ambos ojos) de la muestra analizada, tal como lo demuestran nuestros hallazgos.

Se ha demostrado que los pacientes con glaucoma presentan propiedades biomecánicas de la córnea (HC y FRC) con valores menores en comparación con los pacientes sanos, hipertensos oculares, o como en nuestro caso, los pacientes que solo tienen sospecha de glaucoma. Así mismo, aunque no fue motivo de nuestro estudio, se ha demostrado que la HC puede tener un papel predominante como factor de riesgo en el rango de progresión en pacientes con glaucoma.

Es posible que el efecto de las propiedades biomecánicas de la córnea (aisladas o en su conjunto) puedan representar un factor de sesgo en la valoración más fidedigna de la PIO, tal como lo determina la TAG.

Tabla 1. Información general y características demográficas.

	Sospechosos n = 78 ojos	Glaucomatosos n = 132 ojos	Valor de P
Edad (años)	56.1 ± 14.0	63.3 ± 11.9	0.0001
Género (F/M)	31 / 8	37 / 29	0.001
Equiv. esf OD (D)	1.4 ± 2.0	0.8 ± 2.4	N.S.
Equiv. esf OI (D)	1.6 ± 2.4	0.5 ± 4.0	N.S.
Antiglaucomatosos OD	0.5 ± 1.0	2.1 ± 1.5	0.0001
Antiglaucomatosos OI	0.5 ± 0.9	2.0 ± 1.4	0.0001
Excavación vertical OD	0.63 ± 0.1	0.91 ± 1.0	0.001
Excavación vertical OI	0.65 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.0001
DM OD (dB)	-0.8 ± 1.9	-12.6 ± 10.8	0.0001
DM OI (dB)	-0.8 ± 4.8	-8.7 ± 9.5	0.0001
DSM OD (dB)	2.1 ± 1.0	5.5 ± 4.8	0.0001
DSM OI (dB)	2.6 ± 2.1	5.2 ± 3.6	0.0003

Tabla 2. Presión intraocular por métodos y propiedades biomecánicas de la córnea.

	Sospechosos n = 78 ojos	Glaucomatosos n = 132 ojos	Valor de P
PIO TAG OD (mm Hg)	15.5 ± 5.1	14.6 ± 5.0	N.S.
PIO TAG OI (mm Hg)	15.2 ± 4.0	14.2 ± 4.3	N.S.
PIOg OD (mm Hg)	16.8 ± 5.1	16.3 ± 6.1	N.S.
PIOg OI (mm Hg)	16.0 ± 4.7	15.0 ± 4.4	N.S.
PIOcc OD (mm Hg)	17.8 ± 4.3	18.6 ± 5.1	N.S.
PIOcc OI (mm Hg)	17.5 ± 5.1	18.1 ± 5.3	N.S.
Espesor córnea OD (u)	547.2 ± 34.5	531.6 ± 34.2	0.035
Espesor córnea OI (u)	546.8 ± 35.9	530.0 ± 38.1	0.037
Histéresis OD (mm Hg)	9.6 ± 1.4	7.9 ± 1.8	0.0001
Histéresis OI (mm Hg)	9.3 ± 1.9	7.8 ± 2.2	0.0001
FRC OD (mm Hg)	10.1 ± 1.9	8.5 ± 1.6	0.001
FRC OI (mm Hg)	9.6 ± 2.2	8.1 ± 1.7	0.0002
Ws (UA) OD	7.2 ± 1.2	7.2 ± 1.6	N.S.
Ws (UA) OI	5.8 ± 1.8	5.9 ± 1.4	N.S.

Figuras

Figura 1. Analizador de Respuesta Ocular (ORA)



Figura 2. Reporte de ORA

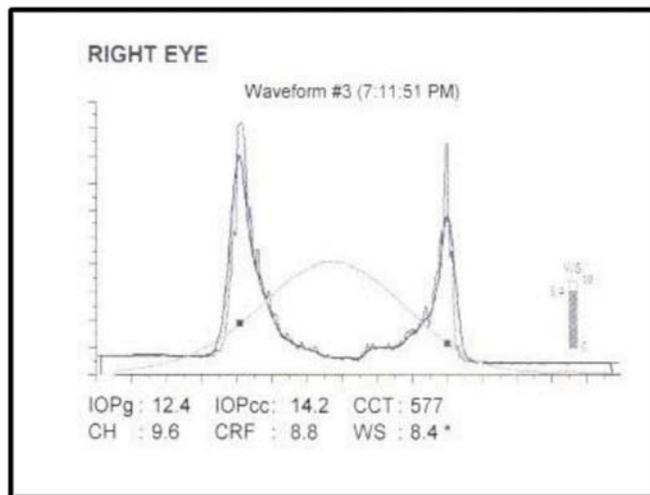


Figura 3. Distribución y frecuencia de PIO por los diferentes métodos tonométricos en cada ojo.

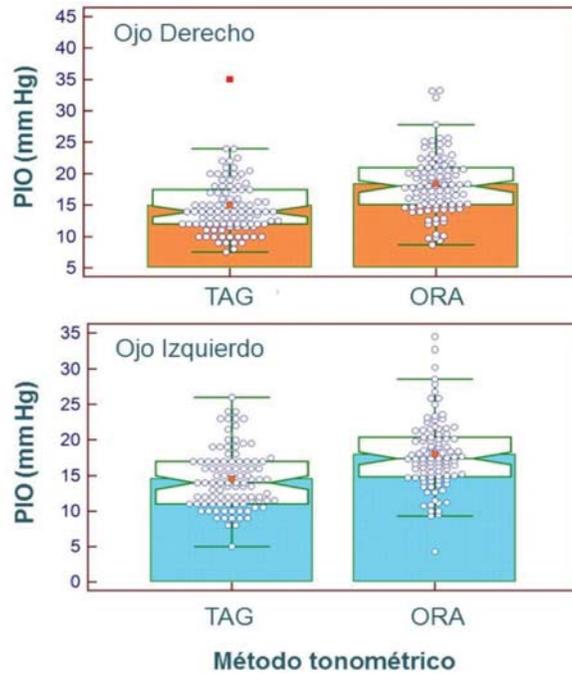


Figura 4. Gráfica de Bland-Altman comparando en el ojo derecho los métodos ORA y TAG, considerando a éste último como “estándar de oro”

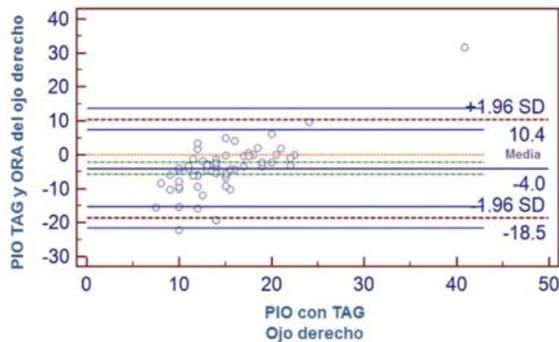
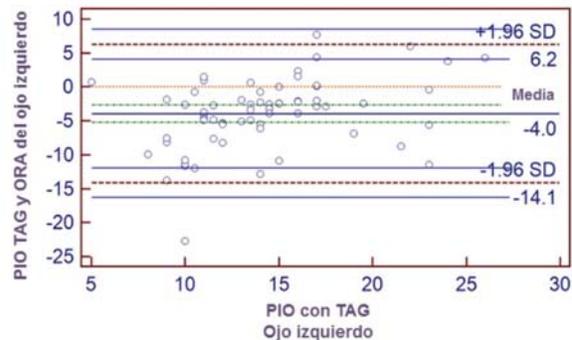


Figura 5. Gráfica de Bland-Altman comparando en el ojo izquierdo los métodos ORA y TAG, considerando a éste último como “estándar de oro”



Referencias

1. Caprioli J, Varma R. Intraocular pressure: modulation as treatment for glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2011; 152: 340-344.
2. Quigley HA. Glaucoma. *Lancet* 2011; 377: 1367-1377.
3. Chihara E. Assessment of true intraocular pressure: The gap between theory and practical data. *Surv Ophthalmol* 2008; 53: 203-218.
4. Fabian ID, Barequet IS, Skaat A, et al. Intraocular pressure measurement and biomechanical properties of the cornea in eyes after penetrating keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 2011; 151: 774-781.

5. 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.
6. Medeiros FA, Weinreb RN. Evaluation of the influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurements using the ocular response analyzer. *J Glaucoma* 2006; 15: 364-370.
7. Liu J, Roberts CJ. Influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurement; quantitative analysis. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 146-155.
8. Martinez-de-la-Casa JM, Garcia-Feijoo J, Fernandez-Vidal A, et al. Ocular response analyzer versus Goldmann applanation tonometry for intraocular pressure measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006; 47: 4410-4414.
9. Avetisov SE, Novikov IA, Bubnova IA, et al. Determination of corneal elasticity coefficient using the ORA database. *J Refract Surg* 2010; 26: 520-524.
10. Sullivan-Mee M, Billingsley SC, Patel AD, et al. Ocular Response Analyzer in subjects with and without glaucoma. *Optom Vis Sci* 2008; 85: 463-470.
11. Shah S, Laiquzzaman M, Mantry S, et al. Ocular response analyser to assess hysteresis and corneal resistance factor in low tension, open angle glaucoma and ocular hypertension. *Clin Experiment Ophthalmol* 2008; 36: 508-513
12. Lam A, Chen D, Chiu R, Chui WS. Comparison of IOP measurements between ORA and GAT in normal Chinese. *Optom Vis Sci* 2007; 84: 909914
13. Touboul D, Roberts C, Kérautret J, et al. Correlation between corneal hysteresis, intraocular pressure and corneal central pachymetry. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 616-622.
14. Oncel B, Dinc U, Orge F, et al. Comparison of IOP measurement by ocular response analyzer, dynamic contour, Goldmann applanation, and noncontact tonometry. *Eur J Ophthalmol* 2009; 19: 936-941
15. Lau W, Pye D. A clinical description of ocular response analyzer measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011; 52: 2911-2916.
16. Renier C, Zeyen T, Fieuws S, et al. Comparison of ocular response analyzer, dynamic contour tonometer and Goldmann applanation tonometer. *Int Ophthalmol* 2010; 30: 651-659
17. Vandewalle E, Vandebroek S, Stalmans I, et al. Comparison of ICare, dynamic contour tonometer, and ocular response analyzer with Goldmann applanation tonometer in patients with glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 2009; 19: 783-789.
18. Strehlo M, Dariel R, Giraud JM, et al. Evaluation of the ocular response analyzer in ocular hypertension, glaucoma and normal populations. Prospective study of 329 eyes. *J Fr Ophthalmol* 2008; 31: 953-960.
19. Hodapp E, Parrish RK II, Anderson DR. Follow-up of primary open-angle glaucoma. In: *Clinical decisions in glaucoma*. St. Louis, Missouri: Mosby, 1993:84-126.
20. Bland JM, Altman DG. Statistical method for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 1: 307-310
21. Bland JM, Altman DG. Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. *Lancet* 1995; 346:1085-1087
22. Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res* 1999; 8:135-160
23. Dewitte K, Fierens C, Stöckl D, et al. Application of the Bland-Altman plot for interpretation of method-comparison studies: a critical investigation of its practice. *Clin Chem* 2002; 48:799-801
24. Hanneman SK. Design, analysis, and interpretation of method-comparison studies. *AACN Adv Crit Care* 2008; 19: 223-234.
25. Krouwer JS. Why Bland-Altman plots should use X, not (Y+X)/2 when X is a reference method. *Stat Med* 2008; 27:778-780
26. Pillunat KR, Herrmann C, Spoed E, et al, Analyzing biomechanical parameters of the cornea with glaucoma severity in open – angle glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2016 Jul;254(7):1345-51.
27. Medeiros FA, Meira-Freitas D, Lisboa R, et al. Corneal hysteresis as a risk factor for glaucoma progression: a prospective longitudinal study. *Ophthalmology* 2013 Aug;120(8):1533-40.
28. Zhang C, Tatham AJ, Abe RY, et al. Corneal Hysteresis and Progressive Retinal Nerve Fiber Layer Loss in Glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2016 Jun;166:29-36.