

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE MEDICINA HUMANA

UNIDAD DE POSTGRADO

**Comparación de la tonometría de contorno dinámico
(Pascal) y tonometría de aplanación (Goldmann) en
relación al grosor corneal y curvatura corneal**

TESIS

para optar el grado de Magíster en Medicina

AUTOR

José Segundo Niño Montero

Lima-Perú

2009

A José Orlando y María Lucía,
mis amados padres,
A Nancy, Marleny, Pilar y Lucía,
mis muy queridas hermanas,
a quienes siempre tengo presente.

A Gladys Bertha y Claudia Carolina,
mi paciente esposa y adorada hija,
Mis más grandes amigas.

Mi reconocimiento y gratitud al
Instituto de Ojos “Oftalmosalud”,
en la persona de su fundador,
Doctor Luis Fernando Izquierdo Vásquez,
por sus valiosos consejos,
apoyo y facilidades brindadas.

RESUMEN

Objetivo: Determinar la diferencias en las mediciones de tonometría de contorno dinámico (TCD) y la tonometría de aplanación (TAG) al relacionarlas con el grosor y la curvatura corneal.

Materiales y métodos: Estudio transversal, comparativo. Se obtuvo una muestra por conveniencia, esto incluyó a 116 ojos de pacientes que acudieron al programa social del Instituto de Ojos Oftalmosalud, sin patología ocular demostrada, entre los meses de febrero a Abril del 2009. Se tomaron medidas del grosor, curvatura corneal, presión intraocular por TCD y TAG

Resultados: La edad promedio de los participantes fue 55 años, el 52.58% varones. La media de la PIO por contorno dinámico fue 19.3 mm Hg y de la tonometría de aplanación 16.32 mm Hg, existiendo diferencias significativas entre ambas mediciones de PIO ($p < 0,0006$). El grosor de la córnea central por paquimetría fue 539.4 en promedio y la media de la curvatura corneal en dioptrías de 43.28. Las comparaciones de las medias de la PIO de la TAG y TCD según el grosor corneal central (GCC) son significativas en las medidas menores a 500 micras ($p < 0.000001$). Según la curvatura corneal se mantienen estas diferencias de manera significativa, es mayor con el TCD.

Conclusiones: La tonometría de contorno dinámico sobreestima significativamente la PIO comparada con la tonometría de aplanación. La PIO evaluada con ambos instrumentos comparadas con el grosor corneal muestran diferencias significativas, siendo similares en córneas entre 500 a 549 micras

Palabras clave: Tonometría, contorno, dinámica, taquimetría.

ABSTRACT

Objective: To determine the differences in the measurements of Dynamic contour tonometry and Goldmann applanation tonometry in relation with the thickness and the corneal curvature.

Methodology: Study transverse, a sample was obtained by convenience, included 116 patients' eyes went to the Oftalmosalud social program, without ocular pathology, showed through February to April, 2009. They took measures of the thickness, corneal curvature, pressure for CDT and AGT.

Results: The age average of the participants was of 55 years, 52.58% males. The stocking of the IOP one for contour dinamic was 19.3 mmHg and for applanation tonometry 16.32mmHg, existing significant differences among both mensurations of IOP ($p < 0,0006$). The thickness of the central cornea for paquimetry was 539.4 on the average and the stocking of the corneal bend in dioptrias of 43.28. The comparisons of the stockings of the IOP one of AGT and CDT according to the thickness corneal power station (CCT) are significant in the measures smaller to 500 microns ($p < 0.000001$). According to the corneal curvature stays with significant differences ways being bigger with CDT.

Conclusions: The tonometry of contour dinamic overestimates the IOP one compared with the applanation tonometry significantly. The IOP one evaluated with both instruments compared with the corneal thickness shows significant differences, being similar in corneas among 500 to 549 microns.

Words key: Tonometry, contour, dynamics.

INTRODUCCION

La determinación precisa de la presión intraocular (PIO) mediante un tonómetro es fundamental en toda exploración oftalmológica. Supone un dato imprescindible para el diagnóstico de hipertensión ocular, el seguimiento del glaucoma y la valoración de la eficacia hipotensora de su tratamiento (1).

La tonometría de aplanación de Goldmann (TAG) es uno de los más extendidos y el más común de los métodos indirectos para identificar la presión intraocular (PIO). En las últimas 4 décadas se ha constituido en el “gold estándar” de las mediciones de la PIO. Sin embargo, la exactitud de la TAG depende de muchos factores como el grosor corneal, curvatura corneal, rigidez de la estructura de la córnea y astigmatismo. Recientes estudios han demostrado que el TAG puede subestimar las medidas de PIO en corneas más finas. Especialmente en corneas delgadas, esto podría conducir a una demora para un adecuado tratamiento del glaucoma (2, 4).

El nuevo tonómetro de contorno dinámico de Pascal (TCD), pertenece a la tercera generación de tonómetros digitales de contacto proporcionado por SMT AG (Swiss Microtechnology AG, Ziemer Ophthalmic Systems Group Co, Port, Switzerland), admite la grabación simultánea de la PIO y la amplitud del pulso ocular. Esta medición es pulsátil de la PIO directa y continuamente (dinámicamente). TCD - Pascal es un nuevo método de la medición de la PIO el

cual utiliza en su medición el contorno de la córnea. Es sobre la base de este nuevo principio físico; que cuando el contorno de la superficie corneal y el tonómetro se combinan, la presión medida en la superficie del ojo iguala a la presión dentro del ojo. Los estudios previos tienden a mostrar que las mediciones de la PIO usando TCD-Pascal podrían estar menos afectadas por las variaciones en el grosor central corneal (4, 6, 7).

En los últimos años las revistas científicas de oftalmología han dedicado su contenido al análisis de la relación entre la medida de la presión intraocular y diversas características de la córnea, principalmente la paquimetría central. Aunque la influencia del grosor corneal sobre la medida de la presión intraocular era conocida desde hace ya algunas décadas, se ha instaurado un creciente interés por el estudio y la integración en la práctica clínica de esta relación (8). Existen dos fenómenos que son responsables de este renovado interés:

- 1) Preocupación generada a mediados de los años 90 con el seguimiento del paciente intervenido de cirugía queratofotorrefractiva para la miopía en la que su córnea se había adelgazado considerablemente como consecuencia del procedimiento.

- 2) Difusión de los hallazgos del estudio para el tratamiento de la Hipertensión Ocular, en el que se apuntaba la realidad de que muchos pacientes podían hallarse mal clasificados como consecuencia de haber ignorado el grosor corneal como factor de confusión en la lectura de la presión intraocular tomada mediante el tonómetro de aplanación (1).

El tonómetro de Goldmann, que en la actualidad es el de uso más extendido, fue introducido en 1955 como alternativa al tonómetro de Schiøtz; es decir, mucho antes de que se dispusiera de la paquimetría ultrasónica. La lectura del tonómetro de aplanación se basa en unos supuestos que en la práctica ni siquiera en muchos casos se acercan a la realidad: todas las córneas deben tener un grosor central uniforme (en torno a las 500 μm) y se tienen que comportar biomecánicamente como una membrana infinitamente fina y perfectamente flexible (8, 10- 13).

La primera reacción ante el problema planteado fue la de intentar buscar un factor corrector de la medida de la presión intraocular tomada mediante tonometría de aplanación en base a la medida paquimétrica. La segunda consistió en la exploración de otros métodos tonométricos cuyas lecturas pudieran llegar a ser independientes de las características de la córnea.

La primera propuesta, carecía de suficiente rigor científico según algunos autores, porque la correlación entre medida de la presión intraocular mediante aplanación y paquimetría central se ha mostrado variable en los distintos estudios; en unos incluso estadísticamente no significativa y en los que la correlación alcanzó niveles de significación, la asociación fue débil en el mejor de los casos (tan solo el 6% al 17% de la variabilidad en la medida de la presión intraocular es explicada por la variabilidad en la paquimetría central) (14). Por otro lado aunque asumiendo que existe una relación significativa entre ambas variables, ésta puede

que no se muestre estrictamente lineal para distintos valores de tonometría y paquimetría. Además se señala que dichos factores de corrección y escalas de conversión podrían ser solo útiles para parejas de instrumentos (mismo paquímetro y mismo tonómetro) y para una determinada raza y población. Esto se debe a que el valor de paquimetría y tonometría medios, a partir del que se podría añadir o restar valores de corrección dependerán en gran medida de los valores de tendencia central que muestre el tipo de población y raza en cuestión y en ellos también influirán decisivamente, el tipo de tonómetro y paquímetro utilizados. A todo ello se añade también la variabilidad que la medida paquimétrica aporta al conjunto; como cualquier instrumento de medida, los paquímetros poseen un error aleatorio en las sucesivas medidas sobre el mismo individuo que limita su reproducibilidad y por lo tanto su validez a la hora de resolver la cuestión planteada. En algunos estudios, por ejemplo, se ha encontrado una variabilidad superior a 20 μm en el 20% de los individuos y excediendo las 40 μm en el 5% (4).

Pepose J, de la Universidad de Washington, alienta la posibilidad de encontrar tonómetros de última generación que realicen medidas de presión intraocular auténticamente independiente de las características de la córnea (14). En dicho estudio los autores analizaron prospectivamente un grupo de 66 ojos miopes que se sometieron a LASIK. En el preoperatorio y a la semana de la intervención los pacientes fueron examinados siguiendo en orden aleatorio mediante los siguientes tres tonómetros: de Goldmann — aplicado en el centro de la córnea—, el «Ocular

Response Analyzer (ORA)» —tonómetro de aire que además aporta información sobre parámetros de la biomecánica corneal—, y el Pascal de contorno dinámico.

La disminución del peso de los posibles factores de confusión en la estimación de la verdadera presión intraocular, abre un camino hacia el establecimiento de la confianza en un método que tanto sirva para evaluar pacientes con características de córnea muy alejadas de la media poblacional, como para el diagnóstico y seguimiento longitudinal en el tiempo del paciente que se somete a cirugía queratorrefractiva. No obstante se hace necesario que otras investigaciones acaben de esclarecer hasta qué punto, son dos medidas intercambiables las que se puedan tomar antes y después de una cirugía que altera notablemente la biomecánica corneal.

En nuestro medio, recientemente se han introducido este tipo de tecnologías y su uso se va generalizando, sin embargo no existen estudios que valoren las ventajas de los tonómetros que se utilizan, por ello el propósito de este estudio es evaluar las mediciones de PIO obtenida por TAG y TCD e investigar la relación entre las medidas del grosor y la curvatura corneal para ambos instrumentos.

La presión intraocular mantiene la forma esférica del globo ocular, imprescindible para su comportamiento óptico. Su valor fisiológico varía entre 11 y 21 mm de mercurio. Se regula por el balance entre la producción de humor acuoso y su

salida del globo ocular. En el glaucoma, la salida está obstruida en el ángulo de la cámara anterior (15).

La presión intraocular (PIO) es el único parámetro que puede verse influenciado directamente por el tratamiento del glaucoma. Aunque la PIO normal está definida por poblaciones, el nivel de PIO que es seguro en cada individuo, tanto sano como enfermo, desafía las definiciones estadísticas (11, 15).

La PIO objetivo se define como la PIO media, obtenida con el tratamiento que previene el daño glaucomatoso posterior en el ojo/individuo bajo consideración (9).

Los siguientes son los principales problemas de la evaluación de la PIO objetivo:

1. Debe ser individualizada para el paciente y para cada ojo. Ningún nivel absoluto o cambio de porcentaje desde el valor basal será correcto para la mayoría de nuestros pacientes.
2. Debe ser un cálculo exacto. El tratamiento innecesario y la falta de tratamiento pueden ser perjudiciales, aunque de formas diferentes.
3. Debe determinarse con antelación. Sin embargo, sólo podremos confirmar la conveniencia del nivel de PIO elegido en una fecha posterior. El ensayo y el error son una parte inevitable del proceso.

El tonómetro de Goldmann, introducido en 1957, fue el primer caso de tonómetro de aplanación de fuerza variable. El área aplanada constante y resultante tiene un diámetro de 3,06 mm. El volumen desplazado por la aplanación es de 0,05 μ l y el aumento de la PIO durante la tonometría es insignificante (3%) (16). Por consiguiente, no es necesario efectuar ninguna corrección de la rigidez ocular del individuo y la PIO real se da directamente en mm Hg.

En la actualidad, el tonómetro de aplanación de Goldmann todavía es considerado como el más fiable y el de uso más frecuente para la evaluación de la PIO. Se utiliza como el estándar por el que se evalúan otros tonómetros (1-8).

Sin embargo, se pueden presentar algunos límites y fuentes de error:

- La evaluación de la PIO es subjetiva: no se proporciona ninguna lectura por escrito.
- Es siempre necesario que el paciente esté sentado.
- Las pulsaciones oculares pueden producir variaciones de los semicírculos del menisco.
- La envergadura del semicírculo teñido del menisco influye en la lectura de la PIO.
- La presencia de una córnea gruesa, de un astigmatismo elevado o de una superficie corneal irregular provoca que la lectura de la PIO sea difícil o incorrecta.

- La repetición de la tonometría o un contacto prolongado entre la córnea y el tonómetro pueden dañar el epitelio corneal e interferir en una lectura precisa de la PIO.
- Como en el caso de la tonometría de Schiøtz, se han de extremar las precauciones durante la esterilización de la punta del tonómetro antes de cada evaluación

Sin embargo, la medida de la PIO se ve afectada en mayor o menor medida por múltiples factores: la paquimetría corneal central, la rigidez corneal (por la edad), el pulso ocular, la hora de la medición, la colaboración del enfermo, la capa de lágrima, la calibración del tonómetro, el oftalmólogo que toma la medida, el uso reciente de lentes de contacto, la curvatura corneal, etc (2, 4).

El desarrollo de la cirugía refractiva ocasionó que aparecieran nuevas observaciones, cuestionando las medidas tomadas con el tonómetro de aplanación al constatar que el valor tomado en un ojo disminuía de modo muy significativo tras la fotoablación corneal. Empujados por el desarrollo del LASIK, se han empezado a buscar distintos métodos tonométricos que no se vean influenciados por el espesor corneal.

El tonómetro de contorno dinámico TCD, es un tonómetro digital de contacto que va a medir presiones intraoculares que estén comprendidas entre 5 y 200 mmHg con una precisión de 0,2 mmHg (7,8, 10). Junto con el valor de la presión

intraocular, va a informar del grado de fiabilidad y calidad de la medición siendo Q1 fiable, Q2 y Q3 aceptable y Q4 y Q5 inaceptable aconsejando repetir la medición. El tonómetro de TCD es un tonómetro independiente del grosor corneal y de las características biomecánicas de la córnea como son la elasticidad, la rigidez, el grado de hidratación corneal o la configuración del estroma lamelar (7,8, 18).

El TCD basa su teórica independencia del espesor corneal en el diseño de la punta que toma la medida. Esa punta está tallada para "encajar" con la curvatura corneal estándar y así causar la menor distorsión posible de la superficie corneal. Es el primer método no invasivo capaz de medir la PIO directa y continuamente. Al rozar suavemente la córnea, la punta del tonómetro se adapta a la forma corneal (de contorno). Un sensor de presión integrado en la punta del tonómetro mide la PIO de modo continuo y los cambios de la PIO en el tiempo (APO). Así, en teoría, la dependencia del TCD de las propiedades biomecánicas de la córnea es mucho menor que con los tonómetros tradicionales que aplanan o indentan la córnea (4, 6,7).

Además, al tomar unas 100 veces por segundo la PIO (dinámico), nos mide la amplitud del pulso ocular (APO), medida que parece muy interesante sobre todo en aquellos pacientes en los que con el tonómetro de aplanación de Goldmann (TAG), vemos como los meniscos de fluoresceína oscilan mucho.

El TCD va montado en la lámpara de hendidura, no precisa cables (funciona con pilas). No necesita fluoresceína. Nos da una medida de fiabilidad de la prueba

(Q por encima de 3 no es fiable) y porque da un valor numérico con decimales de la PIO, lo que resta subjetividad al resultado. No hay que calibrarlo porque tiene un sistema de autocalibrado.

Al evaluar la bibliografía relacionada con el estudio y se determinó que no existen trabajos de investigación en nuestro país al respecto, tampoco de resultados sobre el uso de técnicas quirúrgicas como es el caso de los implantes de los anillos intraestromales, y dado que esta técnica se utiliza en nuestro país. El objetivo del estudio es determinar las diferencias en las mediciones de tonometría de contorno dinámico (Pascal) y la tonometría de aplanación (Goldmann) al relacionarlas con el grosor y la curvatura corneal.

MÉTODOLOGIA

Diseño de estudio

Estudio transversal, retrospectivo y comparativo

Población y muestra.

Se obtuvo una muestra por conveniencia, que incluyó a 116 ojos de pacientes que acudieron al programa social del Instituto de Ojos Oftalmosalud, sin patología ocular demostrada, y que reunieron los criterios de selección e inclusión entre los meses de febrero - abril del 2009.

Criterios de selección

Medidas completas y fiables de Tonometría de Aplanamiento de Goldmann (TAG) y Tonometría de Contorno Dinámico en sujetos saludables, sin historia previa de cirugía infraocular, o patología asociada.

Criterios de inclusión:

- ✦ Pacientes atendidos en el programa social del Instituto de Ojos Oftalmosalud, durante los meses febrero – abril 2009
- ✦ Pacientes mayores de 18 años de edad.

Variables:

Grosor y curvatura corneal en sujetos saludables.

Tonometría aplanática de Goldmann

Tonometría Dinámica de Contornos (Pascal)

Sociodemográficas: Edad, sexo, nivel de instrucción.

Mediciones por tonometría: TCD (Pascal) y TAG (Goldmann)

Curvatura corneal medida por keratometría.

Grosor corneal medido por paquimetría.

Instrumentos

Se utilizó una ficha de recolección de datos confeccionados “ad hoc” para el estudio; y se contó con todas las historias clínicas de los participantes en el programa social del Instituto Oftalmosalud, en los meses febrero abril 2009.

Técnicas y procedimientos de recolección de datos

Posterior a los permisos respectivos por parte de la institución, el archivo de la clínica Oftalmosalud facilitaron las historias clínicas de los participantes seleccionados para el estudio.

Se anotaron en una ficha los datos de filiación, características generales de los participantes y las tonometrías respectivas. Para ello se valoró el protocolo de toma de presiones intraoculares que debió consistir en lo siguiente:

Un ojo de cada participante fue seleccionado aleatoriamente, y sometido a medidas de TAG y TCD. Los promedios de las mediciones de TAG se compararan con TCD, y ambos fueron examinados con respecto al Grosor Corneal Central –GCC- (≤ 500 , 501-600, >600 micras), y la Curvatura Corneal –CC- (<42 , 42-46, >46 dioptrías), y el nivel de presión intraocular –PIO- (0-10, 11-20 y >20 mm Hg).

El GCC fue medido con paquímetro ultrasónico, la medida fue realizada en 3 oportunidades, y el promedio de los resultados fue registrado para cada participante. La medida de CC fue realizado con Autorefractometro/Keratometro.

Las medidas de PIO con TAG y TCD fueron realizadas a cada participante en un orden asignado aleatoriamente. Para la lectura de la TAG, las 3 medidas fueron tomadas, en el ojo seleccionado, el promedio de los resultados fue registrado, antes de empezar el trabajo se calibró dicho tonómetro con su respectiva lámpara de hendidura, siendo seleccionada como única lámpara para dicho trabajo.

Para la lectura del TCD, se selecciona una sola lámpara de hendidura en la cual se encontrará el tonómetro en mención y el contorno de la punta se apocionó sobre la cornea, hasta una presión de búsqueda que se visualiza en el monitor LCD. Si el índice de confiabilidad de los datos fue <2 (Óptimo). Este procedimiento fue realizado primero en el ojo derecho luego en el ojo izquierdo y la PIO se mostró sobre la pantalla de LCD.

Todos los exámenes fueron realizados en un mismo turno y en el mismo día, para no alterar los resultados y además los exámenes fueron realizados por el mismo medico oftalmólogo.

Análisis estadístico

Se utilizó el paquete estadístico STATA versión 10.0 para Windows XP. La secuencia de análisis incluyó el análisis descriptivo de las variables, determinación de proporciones y frecuencias; además de tablas de contingencia (2x2). Además se realizará análisis inferencial para determinar las diferencias en el grosor corneal y la curvatura a través de la Prueba t - student para muestras independientes.

Consideraciones éticas.

El presente estudio garantiza el respeto de la confiabilidad de los datos de los pacientes incluidos en la investigación, a través del sistema de doble codificación. Las historias clínicas serán codificadas con el código numérico correspondiente que otorga la Instituto Oftalmosalud, y las fichas de recolección de datos se codificarán con código alfabético. Estos códigos serán guardados bajo llave por el investigador. En el estudio no figurará ningún dato que permita identificar a los participantes de la investigación, siguiendo estrictamente los códigos de ética en investigación de Helsinki y del Colegio Médico del Perú.

RESULTADOS

Tabla 1. Características generales de los participantes para evaluar la tonometría de Goldmann vs Pascal

Variables		Media \pm DS o Porcentaje	
Edad		55.28 \pm 9.75	(116)
Sexo	Masculino	52.58%	(61/116)
	Femenino	47.42%	(55/116)
Lugar de procedencia	Lima	59.49%	(69/116)
	Provincias	40.51%	(47/116)
Nivel de instrucción	Primaria o menos	29.31%	(34/116)
	Secundaria	43.10%	(50/116)
	Superior técnica o Universitaria	27.58%	(32/116)

En la tabla 1 muestra a los participantes que se incluyeron en el estudio, siendo la edad promedio 55 años, el 52.58% varones. La procedencia de los pacientes en su mayoría es de Lima (59.49%). El nivel de instrucción predominante es la secundaria (43.10%).

Tabla 2. Medidas estadísticas de tendencia central de la tonometría, grosor corneal y curvatura corneal.

	X ±DS	Min	Máx
TAG	16.32 ±3.92	11	25
TCD	19.3 ±4.44	10.5	29.6
GCC	539.42 ±27.17	484	615
CC(dp)	43.28 ±1.66	38.57	46.23

TAG= Tonometría de aplanación de Goldman
TCD= Tonometría de contorno dinámico
GCC= Grosor en la cornea central
CC= Curvatura corneal

La tabla 2 muestra las medias de la PIO por contorno dinámico y por tonometría de aplanación, siendo esta última menor comparada con la primera. Además se muestran los valores del grosor de la córnea central por paquimetría siendo 539.4 en promedio y la media de la curvatura corneal en dioptrías de 43.28.

Tabla 3. Comparación de las medias de la PIO por tonometrías de aplanación y de contorno dinámico

	TAG	TCD	<i>p_valor (*)</i>
	X ±DS	X ±DS	
PIO	16.32 ±3.92	19.3 ±4.44	<i>p</i> < 0.0006

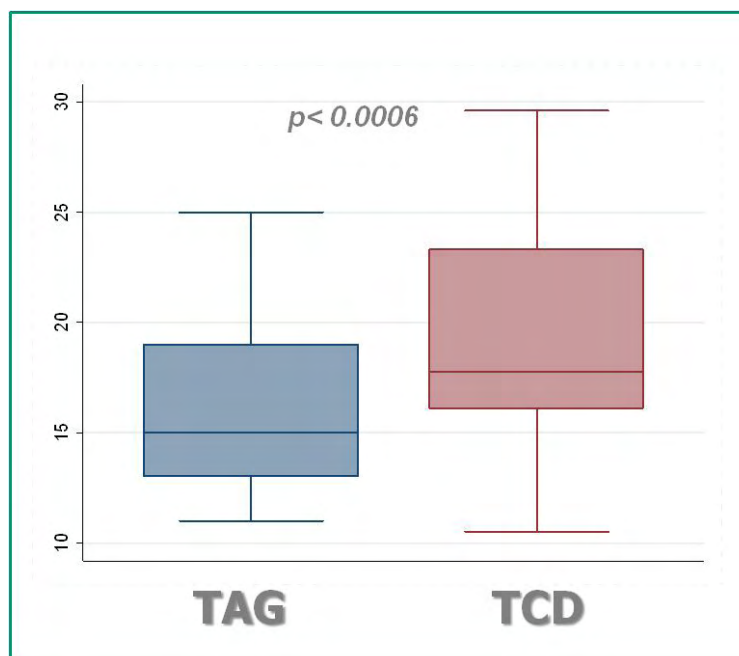
PIO= Presión intraocular

TAG= Tonometría de aplanación de Goldman

TCD= Tonometría de contorno dinámico

(*) Test t-student

Gráfico 1. Comparación de las medias de la PIO por tonometrías de aplanación y de contorno dinámico



La tabla 3 y gráfico 1 se comparan las medias de TCD y TAG a través de la prueba t student, encontrándose diferencias significativas entre ambas mediciones ($p < 0,0006$).

Esto muestra que las PIO medida con TAG es menor que lo encontrado con TCD.

Tabla 4. Comparación de las medias de las tonometrías según el grosor y curvatura corneal

	TAG	TCD	<i>p_valor (*)</i>	
	X ±DS	X ±DS		
GCC	<500μ	13.5 ±2.41	16.02 ± 2.12	<i>p< 0.00001</i>
	500 – 549μ	17.086 ±4.43	19.95 ±5.03	<i>p< 0.056</i>
	550- 600 μ	16.16 ±3.18	19.44 ±3.68	<i>p< 0.048</i>
	>600 μ	18.23 ±3.92	19.2 ±4.23	<i>p< 0.068</i>
CC	<42dp	15.11 ±3.01	17.86 ±3.81	<i>p< 0.028</i>
	42- 46dp	16.58 ±4.08	19.61 ±4.54	<i>p< 0.038</i>

PIO= Presión intraocular

TAG= Tonometría de aplanación de Goldman

TCD= Tonometría de contorno dinámico

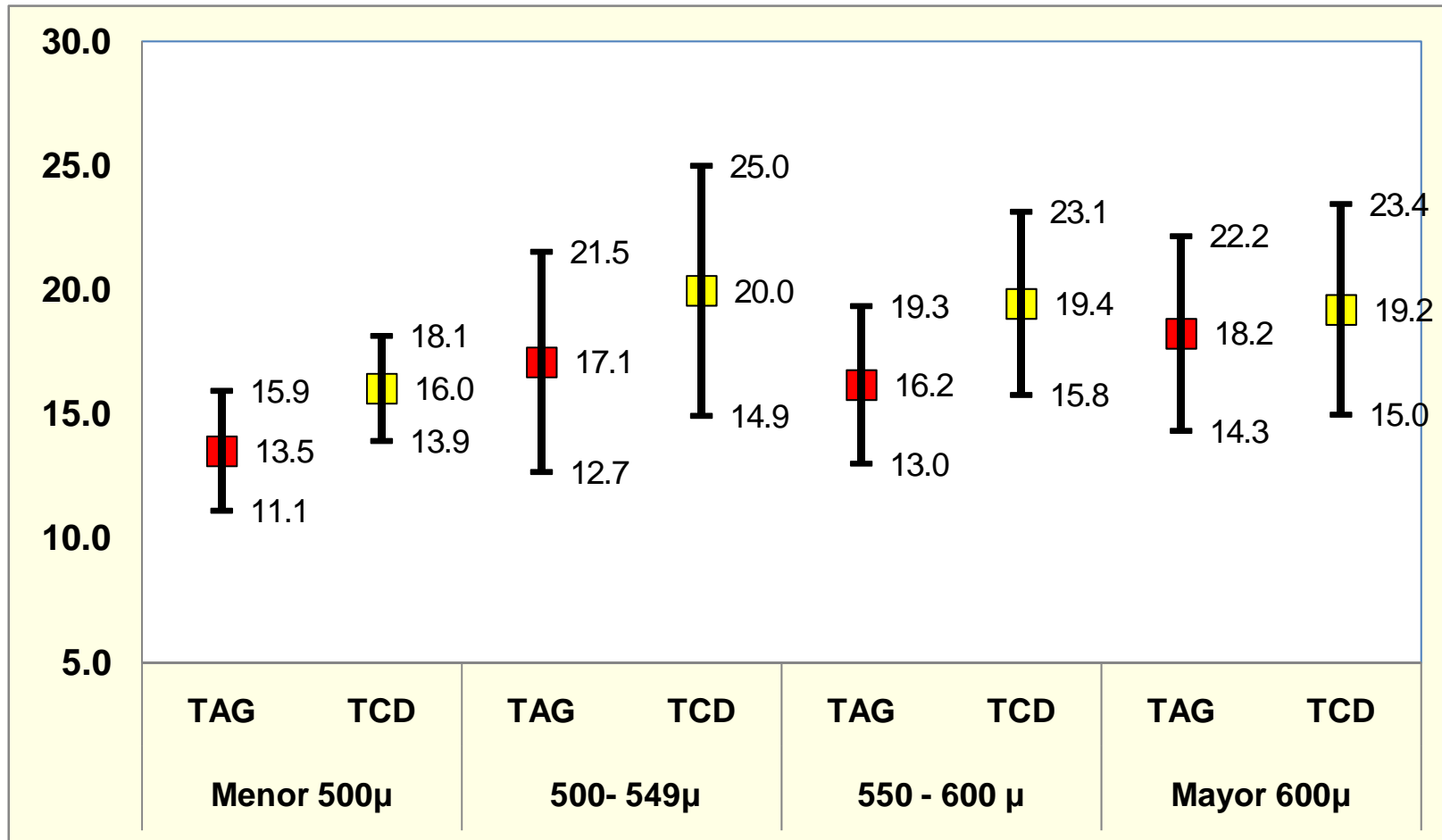
GCC= Grosor en la cornea central

CC= Curvatura corneal

(*) Test t-student

En la tabla 4 y gráfico 2 muestran las comparaciones de las medias de la PIO de la TAG y TCD según el grosor corneal central (GCC) existiendo diferencias significativas en las medidas menores a 500 micras ($p<0.000001$). Por otro lado al evaluar según la curvatura corneal existen diferencias significativas tanto para mediciones menores a 42dioptrías como para el intervalo de 42 a 46 dioptrías.

Gráfico 2. Comparación de la tonometría por TAG y TCD según el grosor corneal central



DISCUSION.

La tonometría de aplanamiento de Goldmann es considerado el “gold estándar” para medir la presión intraocular por varias décadas. Asimismo, hay varios estudios que incluyen variables que pueden influir significativamente en la presión intraocular (PIO) especialmente cuando se toma en cuenta el grosor corneal y la curvatura corneal, por ello el objetivo de este estudio es determinar las diferencias en las mediciones de tonometría de contorno dinámica (Pascal) y la tonometría de aplanación (Goldmann), relacionadas al grosor y curvatura corneal

La muestra evaluada incluyó a 116 participantes, siendo la edad promedio 55 años, el 52.58% varones. La procedencia de los pacientes en su mayoría es de Lima (59.49%). El nivel de instrucción predominante es la secundaria (43.10%). Dado que esta muestra es no probabilística, obtenida a partir de campañas de salud que realiza el Instituto Oftalmosalud los resultados no sean extrapolables a la población en general, sin embargo darán aproximaciones de las diferencias que existen en las mediciones con estos equipos de la presión intraocular (PIO).

Las medias de la PIO por contorno dinámico (16.32 mm Hg) y por tonometría de aplanación (19.3 mm Hg) evaluados en la tabla 2 muestra que esta última es menor comparada con la primera. Diversos autores (1-3,5-7) han comparado el tonómetro de TCD con el Goldmann coincidiendo que el TCD ofrece una presión intraocular mayor que el Goldmann, esto se corrobora con nuestros resultados. Kotecha (8) ha sido quien ha encontrado menores diferencias, sólo un aumento en favor del TCD de 0,7 mmHg,

frente a nuestro estudio, que ha encontrado que el TCD sobreestima la presión intraocular en 2.98 mm Hg cuando se compara con el Goldmann.

Las medias de TCD y TAG al compararse con la prueba t student se encontraron diferencias significativas entre ambas mediciones ($p < 0,0006$). Esto muestra que la PIO medida con TAG es menor que lo encontrado con TCD. Kniestedt et al (2), comparo TCD y TAG obteniendo PIÓ en ojos de cadáveres humanos y encontró que el valor de TAG fue más bajo que la verdadera PIÓ por un promedio de 4 mmHg, pero el valor de TCD fue muy cercana a la PIÓ verdadera. Esto es similar a estudios clínicos encontrados con una diferencia de presión de 2.3, 1.7 y 1.0 mm Hg en sus participantes (3 y 4).

En la tabla 4 y gráfico 2 muestran las comparaciones de las medias de la PIO de la TAG y TCD según el grosor corneal central (GCC) existiendo diferencias significativas en las medidas menores a 500 micras ($p < 0.000001$). La diferencia entre las 2 medidas fue mas grande en participantes con corneas gruesas que delgadas lo que difiere de Pache et al (4), quien recientemente observo esta tendencia y Ehlers et al (5), quien encontró que los valores de PIÓ por TAG fueron correctos para GCC de 520 mieras pero que las corneas gruesas y delgadas dan falsamente valores altos y bajos respectivamente. Similarmente, Síganos et al (6), encontraron que la tendencia de la TAG a subestimar la PIO en todos los pacientes después láser in situ keratomileusis, mientras que no sucede lo mismo con TCD.

Doyle (10), analizó la relación existente entre el tonómetro de Goldmann y el TCD en diversos grosores corneales observando que cuando se estaba frente a una córnea con un grosor normal o gruesa no había diferencias significativas en las mediciones de presión intraocular, mientras que cuando la córnea era fina existían diferencias ($p=0,009$) en la presión intraocular medida mediante Goldmann y TCD.

Existe otros estudios que adicionan comparaciones con el neumotonómetro y ambos equipos que estudiamos, y lo publicó Kniestedt (13) en el 2005. Como han encontrado el resto de los autores, el TCD ofreció una presión intraocular media de 18,3 mmHg, superior a la obtenida con el neumotonómetro (17,1 mmHg) y con el Goldmann (16 mmHg). Asimismo, analizó la correlación de cada uno de los tres tonómetros con el grosor corneal observando que sólo existía correlación con el tonómetro de Goldmann ($r=0,24$ $p<0,01$) siendo el neumotonómetro ($r=17,1$ $p=0,1$) y el tonómetro de TCD ($r<0,1$ $p=0,80$) independientes del grosor corneal.

Llama la atención las observaciones de algunos estudios hacen respecto a la técnica que se utiliza para aplicar el TCD, en muchos casos, las medidas poco fiables se deban a otros factores con los cuales se relaciona para medir la presión intraocular. Para realizar la medición, este tonómetro necesita un contorno de película lagrimal redondo que no se observa en pacientes con sequedad lagrimal, astigmatismo elevado o queratoplastia. Aunque este tonómetro en ojos sanos puede ser muy útil, en los enfermos de glaucoma con tratamientos crónicos o en enfermos seniles con sequedad ocular esta baja fiabilidad puede ser importante para su utilidad clínica. Aunque el TCD se ha popularizado como

un sistema para medir la presión intraocular tras LASIK, conviene valorar su uso en todo tipo de pacientes como un tonómetro en el que no interviene el grosor corneal. En el presente estudio, como en el resto de la bibliografía, el tonómetro de TCD sobreestima el valor de la presión intraocular comparado con el gold estándar.

Goldmann y Schmith (1) señalaron que la toma de la PIO por aplanación podía modificarse según el espesor corneal central, para ellos en ese entonces, el ECC promedio era de aproximadamente $520 \mu\text{m} \pm 20 \mu\text{m}$ y su variación solo estaba relacionada con patologías corneales (distrofias o procesos inflamatorios). Actualmente con el paquímetro se ha podido constatar un rango mayor de normalidad que supera las $100 \mu\text{m}$ de diferencia, sin que exista relación con ninguna patología corneal. Este hecho pudiera explicar por qué los valores de la PIO obtenidos con TG disminuyen con las paquimetrías inferiores a $500 \mu\text{m}$. También se podrían explicar las diferencias encontradas con respecto al tonómetro de Pascal, justamente en los grupos de ECC más delgado y grueso, que se alejan del rango de 500 a $599 \mu\text{m}$. Existen estudios que demuestran que personas con hipertensión ocular (HTO) presentan córneas más gruesas que las que tienen la PIO normal, lo cual induce a pensar que en la práctica clínica se diagnostica HTO en algunos pacientes que realmente no la padecen (1, 5,7,9).

Al evaluar según la curvatura corneal existen diferencias significativas tanto para mediciones menores a 42 dioptrías como para el intervalo de 42 a 46 dioptrías. La curvatura corneal parece afectar la PIO como medida por TCD más que TAG. La medida de la PIO por TCD fue más bajo con corneas delgadas y se elevó con el

incremento de la curvatura mientras que la PÍO por TAG no se modificaba. Este efecto puede ser debido a la necesidad de conformar la superficie corneal en forma de probar el contorno para la medida por TCD.

En conclusión las mediciones de la PIO con el TCD sobreestima las mediciones del TAP, esta diferencia se mantiene incluso tomando en cuenta los grosores corneales y la curvatura corneal.

CONCLUSIONES

- La tonometría de contorno dinámico sobreestima significativamente la PIO comparado con el tonómetro de aplanación.
- La PIO evaluada con ambos instrumentos comparadas con el grosor corneal muestran diferencias significativas, siendo similares en córneas entre 500 a 549 micras
- Respecto a la curvatura corneal las mediciones muestran diferencias significativas siendo mayor las mediciones con el TCD.
- La tonometría de aplanación de Goldmann, pese al tiempo transcurrido desde su aparición, mantiene su plena vigencia y sigue siendo el mejor método para medir la presión intraocular.
- En pacientes que van a ser sometidos a tratamiento quirúrgico fotorefractivo, con ablación corneal, en el examen preoperatorio debe consignarse la presión intraocular del o de los ojos a operar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Heras-Mulero H, Moreno-Montañés J, Sádaba Echarri LM, Mendiluce Martín L. Comparasion of dynamic contour tonometry (TCD) with pneumotonometry and goldmann tonometry. Arch Soc Esp Oftatmol 2007; 82: 337-342.
2. Kniestedt C, Nee M, Starnper RL, Dynamic contour tonometry: a comparative study on human cadaver eyes. Arch Ophthalmology 2004; 122:1287-93.
3. Schneider E, Grehn F. Intraocular pressure measurement comparasion of dynamic contour tonometry and Goldmann applanation tonometry. J. Glaucoma 2006; 15:2-6.
4. Pache M, Wilmsmeyer S, Lautebach S, Funk J. Dynamic contour tonometry versus Goldmann aplanation tonometry: a comparative study. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2005; 243: 763-7.
5. Ehlers N, Hansen FK, Aasved H. Biometric correlation of corneal thickness. Acta Ophthalmol (Copenh9 1975; 53: 652-9.
6. Siganos DS, Papastergioiu GI, Moedas C, Assesment of the Pascal dynamic contour tonometer in monitoring intraocular pressure in unoperated eyes and eyes after LASIK, J. Cataract Refract Surg 2004; 30:746-51.
7. Kampeter BA, Jonas JB. Dynamic contour tonometry for intraocular pressure measurement. Am J Ophthalmol 2005; 140: 318-320.

8. 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: 1572-1575.
9. Brandt JD, Beiser JA, Kass MA, Gordon MO. Central corneal thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS). *Ophthalmology* 2001; 108: 1779-88.
10. Doyle A, Lachkar Y. Comparison of dynamic contour tonometry with goldmann applanation tonometry over a wide range of central corneal thickness. *J Glaucoma* 2005; 14: 288-292.
11. Schneider E, Grehn F. Intraocular pressure measurement comparison of dynamic contour tonometry and Goldmann applanation tonometry. *J Glaucoma* 2006;15:2– 6.
12. Pache M, Wilmsmeyer S, Lautebach S, Funk J. Dynamic contour tonometry versus Goldmann applanation tonometry: a comparative study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005;243:763–7.
13. Kniestedt C, Nee M, Stamper RL. Accuracy of dynamic contour tonometry compared with applanation tonometry in human cadaver eyes of different hydration states. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005;243:359–66.
14. Pepose JS, Feigenbaum SK, Qazi MA, Sanderson JP, Roberts CJ. Changes in corneal biomechanics and intraocular pressure following LASIK using static, dynamic and noncontact tonometry. *Am J Ophthalmol* 2007; 143: 39-47.

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. Kniestedt C, Lin S, Choe J, Bostrom A, Nee M, Stamper RL. Clinical comparison of contour and applanation tonometry and their relationship to pachymetry. *Arch Ophthalmol* 2005; 123: 1532-1537.

ANEXOS.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Proyecto: “COMPARACION DE LA TONOMETRÍA DE CONTORNO DINÁMICO (PASCAL) Y TONOMETRÍA DE APLANACION (GOLDMANN) EN RELACION AL GROSOR CORNEAL Y CURVATURA CORNEAL”

I. IDENTIFICACIÓN		Ficha N°: __ __ ()
Edad	: __ __ años	
Sexo	: () Masculino () Femenino	
Nivel de instrucción:.....		Antedentes:
		Quirúrgicos
		Clínicos
		Epidemiológicos
Tonometría:		Paquimetría:
- TCD:
- TAG:		Autorefractómetro
		Especifique: