

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL**

UNIDAD MEDICA DE ALTA ESPECIALIDAD No. 14, CENTRO MEDICO

NACIONAL “LIC ADOLFO RUIZ CORTINES”.

“VARIACION CUANTITATIVA DE LA PRESION INTRAOCULAR ENTRE EL  
TONOMETRO DE APLANACION DE GOLDMANN, TONOMETRO DE SCHIÖTZ Y  
NEUMOTONOMETRO”

**TESIS**

PARA OBTENER EL TITULO DE ESPECIALISTA EN:

**OFTALMOLOGIA**

PRESENTA:

Dra. Aída Cristina Chávez Velasco.

Asesores:

Dr. Armando Muñoz Pérez.

Dr. Felipe González Velázquez.

VERACRUZ, VERACRUZ

DICIEMBRE 2014

**HOJA DE AUTORIZACION DE TESIS:**

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

DELEGACION VERACRUZ NORTE

UNIDAD MEDICA DE ALTA ESPECIALIDAD 14. CENTRO MEDICO NACIONAL

“ADOLFO RUIZ CORTINES”

**VARIACION CUANTITATIVA DE LA PRESION INTRAOCULAR ENTRE EL  
TONOMETRO DE APLANACIÓN DE GOLDMANN, TONOMETRO DE  
SCHIÖTZ Y NEUMOTONOMETRO.**

DR. LUIS PEREDA TORALES.

DIRECTOR DE EDUCACION E INVESTIGACION EN SALUD.

DR. ARMANDO MUÑOZ PEREZ.

JEFE DE LA DIVISION DE EDUCACION EN SALUD.

DR. GUSTAVO MARTINEZ MIER.

JEFE DE LA DIVISION DE INVESTIGACION EN SALUD.

DR. ARMANDO MUÑOZ PEREZ.

PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE OFTALMOLOGIA.

DRA. AIDA CRISTINA CHAVEZ VELASCO

ALUMNA.

No. DE REGISTRO DEL COMITÉ LOCAL DE INVESTIGACION: R-2014-3001-47.

**HOJA DE DICTAMEN DE AUTORIZADO:**

18/02/2014 Carta Dictamen

MÉXICO  
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS



**Dirección de Prestaciones Médicas**  
Unidad de Educación, Investigación y Políticas de Salud  
Coordinación de Investigación en Salud



"2014, Año de Océano Profundo".

**Dictamen de Autorizado**

Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud No. 3001

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES NO. 14, CENTRO MÉDICO NACIONAL LIC. ADOLFO RUIZ CORTINES, VERACRUZ NORTE.

FECHA: 18/02/2014

**DR. ARMANDO MUÑOZ PÉREZ**

**P R E S E N T E**

Tengo el agrado de notificarte, que el protocolo de investigación con título:

**VARIACIÓN CUANTITATIVA DE LA PRESIÓN INTRAOCULAR ENTRE EL TONÓMETRO DE APLANACIÓN DE GOLDMANN, TONÓMETRO DE SCHIÖTZ Y NEUMOTONÓMETRO**

que sometió a consideración de este Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de Ética y de Investigación, por lo que el dictamen es **A U T O R I Z A D O**, con el número de registro institucional:

Núm. de Registro R-2014-3001-47
------------------------------------

ATENTAMENTE



**DR.(A). MARIO RAMÓN MUÑOZ RODRIGUEZ**  
Presidente del Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud No. 3001.



Impreso

**IMSS**  
SEGURIDAD Y SALUD PARA TODOS

## **INDICE:**

Resumen.....	5
Abstract.....	8
Introducción.....	11
Antecedentes científicos.....	13
Material y métodos.....	22
Resultados.....	26
Discusión.....	33
Conclusiones.....	35
Bibliografía.....	37
Anexos.....	43
Agradecimientos.....	47

**RESUMEN:**

**TITULO:** Variación cuantitativa de la presión intraocular entre el tonómetro de aplanación de Goldmann, tonómetro de Schiötz y neumotonómetro.

**OBJETIVO:** Evaluar la variabilidad y el grado de confiabilidad existente entre las lecturas de la presión intraocular medida con tonómetro de Goldmann, neumotonómetro y tonómetro de Schiötz en pacientes mayores de 18 años de ambos géneros que acudieron a la consulta externa de primera vez del servicio de Oftalmología de la Unidad Médica de alta especialidad No. 14 Adolfo Ruíz Cortines, tomando como parámetro de referencia las obtenidas con el estándar de oro actual: el tonómetro de Goldmann.

**TIPO DE ESTUDIO:** El presente trabajo constituyó un estudio observacional descriptivo transversal.

**MATERIAL Y METODOS:** Se seleccionó una muestra de 206 pacientes de primera vez, mayores de 18 años de ambos géneros, que acudieron a la consulta externa de oftalmología de la Unidad Médica de Alta Especialidad No. 14, Adolfo Ruíz Cortines. A los cuales se les midió la presión intraocular en cada ojo, con el tonómetro de Goldmann, tonómetro de Schiötz y el neumotonómetro del 01 al 29 de agosto de 2014. Se registraron las lecturas obtenidas en fichas médicas por el propio investigador y se analizaron con el paquete de análisis estadístico SPSS para Windows, utilizando el coeficiente de correlación intraclass para medir el acuerdo o concordancia entre los 3 tipos de tonómetros.

**RESULTADOS:** Se estudiaron 206 pacientes, con un promedio de edad de 58.68 años, con una desviación estándar de 14.5. Una edad mínima de 19 años y máxima de 87 años. Formada en un 57.8% por mujeres y un 42.2% por hombres.

Se encontró un grado de acuerdo substancial en las mediciones de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Goldmann versus neumotonómetro, con un coeficiente de correlación intraclase de 0.701 con un intervalo de confianza del 95% con límite inferior de 0.599 y un límite superior de 0.776 para ojos derechos y un coeficiente de correlación intraclase 0.793 con un intervalo de confianza del 95% con límite inferior de 0.643 y un límite superior de 0.869 para ojos izquierdos.

Y un grado de acuerdo de leve a regular en las lecturas de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Goldmann versus tonómetro de Schiötz y neumotonómetro versus tonómetro de Schiötz.

**CONCLUSIONES:** Nosotros observamos que si existe variabilidad entre las lecturas de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Schiötz, neumotonómetro y tonómetro de Goldmann.

Así mismo, las lecturas de presión intraocular obtenidas con neumotonómetro y más aún con tonómetro de Schiötz, mostraron una confiabilidad menor al compararlas con las obtenidas con tonómetro de Goldmann, el cual se utilizó como tonómetro de referencia, basados en que la literatura lo recomienda como el estándar de oro actual.

**PALABRAS CLAVE:** Presión intraocular, tonometría, tonómetro de Goldmann, tonómetro de Schiötz, tonómetro de aire, tonómetro de no contacto, neumotonómetro, variabilidad en lecturas de presión intraocular.

**ABSTRACT:**

**TITLE:** Quantitative Variation in intraocular pressure between Goldmann's applanation tonometer, Schiötz's tonometer and pneumotonometer.

**OBJECTIVE:** To assess the variability and the degree of reliability between readings of intraocular pressure measurement with Goldmann's tonometer, Schiötz's tonometer and pneumotonometer in patients over 18 years of both genders who were attended at the first outpatient service of Ophthalmology at the Medical Unit of high specialty Adolfo Ruiz Cortines No. 14, taking as a reference those obtained with the current gold standard: the Goldmann's tonometer.

**TYPE OF STUDY:** This study was a descriptive cross-sectional observational study.

**MATERIAL AND METHODS:** A sample of 206 first-time patients, over 18 years, of both genders, who were attended at the outpatient service of ophthalmology at the Medical Unit of High Specialty No. 14, Adolfo Ruiz Cortines was selected. Which were measured the intraocular pressure in each eye with the Goldmann's tonometer, Schiötz's tonometer and pneumotonometer 01 to August 29, 2014. The readings obtained were



recorded in medical records by the investigator and analyzed with the statistical analysis package SPSS for Windows, using the intraclass correlation coefficient to measure the agreement or concordance between the 3 types of tonometers.

**RESULTS:** We studied 206 patients, with a mean age of 58.68 years old, with a standard deviation of 14.5. A minimum age of 19 years old and maximum of 87 years old. Formed in 57.8% by women and 42.2% by men.

A degree of substantial agreement was found in the measurements of intraocular pressure obtained with Goldmann's tonometer versus pneumotonometer, with an intraclass correlation coefficient of 0.701 with a confidence interval of 95% with a lower limit of 0.599 and an upper limit of 0.776 for eyes rights and an intraclass correlation coefficient of 0.793 with a confidence interval of 95% with lower limit of 0.643 and an upper limit of 0.869 for left eyes.

And a mild to regular degree of agreement in intraocular pressure readings were obtained with Goldmann's tonometer versus Schiötz's tonometer and with pneumotonometer versus Schiötz's tonometer.

**CONCLUSIONS:** We observe that there are variability between intraocular pressure readings obtained with Schiötz's tonometer, pneumotonometer and Goldmann's tonometer.

Likewise, intraocular pressure readings obtained with pneumotonometer and even more with Schiötz's tonometer, showed a lower reliability when were compared to those obtained with Goldmann's tonometer, which was used as reference tonometer based on the literature recommends it as the current gold standard.

**KEYWORDS:** Intraocular pressure, tonometry, Goldmann's tonometer, Schiötz's tonometer, air's tonometer, noncontact tonometer, pneumotonometer, variability in intraocular pressure readings.

## **INTRODUCCION:**

La presión intraocular constituye el único factor de riesgo modificable en la neuropatía óptica glaucomatosa.<sup>1,2,3</sup> Se ha documentado, que la adecuada intervención para disminuir la presión intraocular elevada, retrasa el inicio y disminuye la velocidad de progresión del daño al campo visual, la agudeza visual y al nervio óptico tanto en niños como en adultos, previniendo por tanto, la instauración de la ceguera irreversible.<sup>4,5,6</sup>

Mohammadi en su estudio reportado en 2013 menciona que la Organización Mundial de la Salud estimó que de los 36 millones de personas ciegas captadas, más del 12% fueron secundarias a glaucoma. Y estima que el número de ciegos por esta patología podría incrementarse a 11.1 millones para el 2020.<sup>7</sup>

Pese a la existencia de diversos tonómetros en la actualidad, ninguno ha logrado sustituir al tonómetro de Goldmann como el estándar de oro en la medición de la presión intraocular. El problema radica cuando este tonómetro no puede ser utilizado debido a sus limitaciones y/o desventajas, para lo cual, se utilizan diversos tonómetros como sustitutos.

Sin embargo, la literatura reporta de forma escasa, la existencia de variación en las lecturas de la presión intraocular obtenidas a través de estos distintos tipos de tonómetros.

Hay hasta este momento muy pocos trabajos de investigación que comparan la variabilidad entre las lecturas de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Goldmann, tonómetro de Schiötz y neumotonómetro (los únicos 3 tipos de tonómetros con los cuales cuenta nuestro servicio de oftalmología), reportando resultados diversos en las lecturas tonométricas obtenidas a través de ellos, por lo que resulta difícil realizar una estimación

del grado de confiabilidad de cada uno de ellos, no existiendo ningún trabajo de este tipo que aborde la población mexicana.

Motivo por el cual nos surgió el interés de indagar más acerca de este tema, proponiendo para ello el presente trabajo de investigación, cuyo objetivo fue: evaluar la variabilidad y el grado de confiabilidad existente entre las lecturas de la presión intraocular medida con tonómetro de Goldmann, neumotonómetro y tonómetro de Schiötz en pacientes mayores de 18 años de ambos géneros que acuden a la consulta externa de primera vez del servicio de oftalmología de la Unidad Médica de alta especialidad No. 14 Adolfo Ruíz Cortines, tomando como parámetro de referencia las obtenidas con el estándar de oro actual: el tonómetro de Goldmann.

## **ANTECEDENTES CIENTIFICOS:**

La presión intraocular constituye la presión del líquido dentro del ojo. Esta, está determinada por el equilibrio dinámico entre la formación del humor acuoso y el drenaje del mismo.<sup>8</sup> 3 Factores determinan por tanto la presión intraocular: 1) el rango de producción del humor acuoso por el cuerpo ciliar, 2) la resistencia del humor acuoso a cruzar el sistema de la malla trabecular y el canal de Schlemm's, y 3) el nivel de presión venosa episcleral, incrementando 1mmHg la presión intraocular por cada 1mmHg que incrementa la presión venosa episcleral.<sup>9,10</sup>

La circulación del humor acuoso nutre la córnea, el cristalino y la malla trabecular, contribuye a mantener la forma del globo ocular, proporciona medios transparentes a la córnea y el cristalino, y constituye un componente importante del sistema óptico del ojo.

El humor acuoso se produce en el epitelio no pigmentado de los procesos ciliares a un flujo de 2-3 microlítros por minuto.<sup>8</sup> Existen en el ser humano entre 60- 70 procesos ciliares y la mayoría del humor acuoso se genera en las puntas de estos procesos por 3 métodos básicos: transporte activo, ultrafiltración y difusión.

Durante el transporte activo se utiliza ATP para transportar sodio, agua y moléculas altamente cargadas como aminoácidos y ascorbato hacia el humor acuoso.

La ultrafiltración consiste por su parte, en el paso de materiales impulsado por la presión hidrostática y el gradiente osmótico, a través de micro poros en la membrana celular.

Y la difusión, permite que moléculas liposolubles pasen a través de la parte lipídica de la membrana celular hasta la cámara posterior, impulsado por gradientes de concentración.<sup>9</sup>

La eliminación del humor acuoso al igual que la formación del mismo, se produce en un rango de 2-3 microlítrros por minuto.<sup>8</sup> Y tiene 2 vías para su drenaje: la convencional o trabecular y la vía no convencional o uveoescleral.<sup>9, 10</sup>

La vía trabecular se encarga del drenaje de aproximadamente el 90% del humor acuoso, el cual fluye a través del trabéculo hacia el canal de Schlemm y de ahí es evacuado por las venas episclerales. Esta vía es sensible a la presión del volumen por flujo, aumentando su drenaje al aumentar la presión.

Y la vía uveoescleral, se ocupa a su vez del drenaje del 10% del humor acuoso restante. El cual pasa a través del cuerpo ciliar hacia el espacio supracoroideo, y es drenado por la circulación venosa de la coroides, el cuerpo ciliar y la esclerótica.<sup>9, 10, 11</sup>

La presión intraocular se mide de forma objetiva a través de la tonometría. La cual consiste en la estimación indirecta de la presión intraocular calculando la resistencia del ojo a la indentación o aplanación por una fuerza aplicada. Estudios en individuos normales revelan que la presión intraocular media en el ser humano es de 15.5 mmHg con una desviación estándar de 2.5 mmHg.<sup>12</sup>

La tonometría forma parte integral del examen oftalmológico y pieza indispensable en la evaluación y seguimiento de pacientes con glaucoma o en aquellos con riesgo de desarrollar neuropatía óptica glaucomatosa, ya que constituye el único factor de riesgo modificable del glaucoma.<sup>13, 14, 15</sup>

En la evolución histórica de la tonometría, Sir William Bowman en 1826 fue el primero en enfatizar la importancia de la medición de la presión ocular, al destacar la relevancia que tenía la estimación digital de la tensión ocular durante la práctica clínica oftalmológica.

Posteriormente Albrecht von Graefe estableció los primeros intentos de crear instrumentos mecánicos para medir la presión intraocular en 1860. Y es en el mismo año, que Donders diseña el primer instrumento capaz de estimar la presión intraocular. El cual, fue posteriormente refinado por Smith y Lazerat en 1880, quienes midieron la curvatura de la esclera en el sitio de contacto y usaron esta medida para determinar la profundidad de la indentación producida por la punta del tonómetro.

En 1884 Carl Koller descubre la cocaína como anestésico ocular, lo cual avanza la tonometría de contacto. Y en 1867 Adolf Weber diseña el primer tonómetro de aplanación sin punto de indentación.

Posteriormente, Alexei Maklakoff en 1885 introduce otras versiones de tonómetros de aplanación. Sin embargo su aceptación en la comunidad oftalmológica fue poca, con predominancia del uso de tonometría a través de la palpación digital.<sup>16</sup>

Fue hasta 1905 cuando Hjalmar Schiötz diseña el primer tonómetro mecánico aceptado por la comunidad oftalmológica para evaluar la presión intraocular.<sup>17</sup> Ya que era simple, fácil de usar y preciso. Considerándose el estándar de oro desde inicios de 1910 hasta la llegada del tonómetro de aplanación de Goldmann en 1955. Hans Goldmann de esta manera, aplica por primera vez el principio de aplanación corneal para la tonometría, creando con ello el tonómetro de aplanación que lleva su nombre. El cual ha sido

considerado desde entonces hasta el día de hoy el estándar de oro para la medición de la presión intraocular.<sup>16, 18</sup>

En 1959 Mc Kay y Marg introducen su tonómetro basado en una combinación de aplanación e indentación. El tonómetro tenía un diámetro de superficie de aplanación de 3,06 mm en su base y en el centro sobresalía un pequeño émbolo conectado a un medidor de tensión, el cual a medida que se ponía en contacto con el ojo ocasionaba una resistencia refleja de la córnea y la presión intraocular se registraba como un aumento de la fuerza por el medidor de tensión.<sup>16</sup>

Basado en el método de Mc Kay y Marg, en 1970 el Dr. Bernard Grolman desarrolla la tonometría de soplo de aire o neumotonómetro, el cual es un método de aplanación utilizando un flujo de aire estandarizado para aplanar la córnea.<sup>16, 19</sup>

Existen en resumen 2 métodos para cuantificar la presión intraocular: por aplanación o por indentación, y los distintos tonómetros existentes utilizan uno u otro, u ambos métodos para realizar la medición de la presión intraocular.<sup>12</sup>

La tonometría de aplanación constituye el método de elección y el más utilizado en la mayoría de la consulta oftalmológica. Se basa en el principio de Imbert-Fick, que postula que en una esfera ideal, seca y de paredes delgadas, la presión dentro de la esfera es igual a la fuerza necesaria para aplanar la superficie, dividida por el área de aplanación.<sup>20</sup>

El principio de Imbert-Fick no se cumple en su totalidad en el ojo humano, ya que no es una esfera ideal, además la córnea es rígida y se resiste a la aplanación.

Aunque, la atracción capilar del menisco tiende a atraer el tonómetro hacia la córnea compensando la rigidez corneal cuando el área de aplanación tiene un diámetro de 3,06



mm, área que aplica el tonómetro de Goldmann para realizar la medición de la presión intraocular.

Entre los tonómetros que emplean el método por aplanación se incluyen además del Goldmann, el tonómetro de Perkins, el Tono-Pen y el neumotonómetro.<sup>11,20</sup>

El tonómetro de aplanación de Goldmann, consta de un doble prisma que se aplica al ojo con una fuerza variable y aplanar una zona de 3,06 mm de diámetro, como ya antes se mencionó.<sup>8</sup>

Tiene la ventaja de ser un instrumento de medición de la presión intraocular fiable, preciso, fácilmente incorporado al examen oftalmológico rutinario en la lámpara de hendidura que muestra baja variabilidad inter e intraobservadores, características que lo llevan a considerarlo el estándar de oro en la tonometría, sin embargo, muestra algunas desventajas, tales como: difícil de utilizar en niños, en pacientes que no cooperan, pacientes valorados bajo anestesia general en quirófano, postrados en cama, o con problemas esqueléticos que les impide colocarse en la lámpara de hendidura, así como en pacientes con córneas opacas o irregulares. Además, sus lecturas están influenciadas por el grosor corneal central.<sup>1, 2, 18, 21, 22, 23</sup>

También, las pulsaciones cardíacas pueden ocasionar que los semicírculos ubicados en los prismas en la punta del tonómetro cambien de posición dificultando la interpretación cuantitativa de la presión intraocular, y la presencia de mayor o menor fluoresceína durante la exploración tonométrica hace que el grosor de los semicírculos varíe modificando con ello las lecturas de presión intraocular.<sup>2, 19</sup>

El tonómetro de Perkins, por su parte, se considera un tonómetro tipo Goldmann portátil usado en pacientes en posición supina o en aquellos incapaces de acercarse a la lámpara de hendidura.<sup>2,3</sup>

El neumotonómetro es a su vez, un tonómetro de no contacto, que aplana la córnea con una sonda conectada a una cámara llena de gas, cuantificando el cambio de presión en la columna de gas. Utiliza para ello un soplo de aire, calculando la cantidad de tiempo necesario para aplanar la córnea. Este método tiene como ventaja que puede utilizarse para cuantificar la presión intraocular en pacientes con córneas opacas, edematosas o irregulares, que no requiere la instilación previa de anestesia ya que es un tonómetro de no contacto, disminuyendo de forma consecuente el riesgo de infección o abrasión corneal por el contacto. Aunque, existen investigaciones que informan de posible infección viral por el flujo de aire hacia la película lagrimal.<sup>8,24</sup>

Tiene también la ventaja de ser más fácilmente utilizado, ya que toma la lectura de la presión intraocular automáticamente y de forma independiente al operador; por lo que cualquier asistente puede tomar la medición.

Además al no existir contacto, se convierte en un método más confortable, por lo que es más probable que el paciente coopere en la toma de la presión intraocular. Lo cual lo hace un tonómetro útil en pacientes pediátricos.<sup>2,8</sup>

Tiene, también la ventaja de que la toma de mediciones repetidas de la presión intraocular no reduce la misma, contrario a lo que ocurre con los tonómetros de contacto que ejercen un efecto de masaje ocular que disminuye la presión intraocular.<sup>8</sup>

La tonometría de indentación a su vez, está representada de forma clásica por el tonómetro de Schiötz. Y a esta se agregó en años recientes el Tono-pen que utiliza tanto el

método de aplanación como el método de indentación para realizar la medición de la presión intraocular.

El tonómetro de Schiötz, mide la presión intraocular al indentar la córnea y reportar esta indentación producida a través de una escala, la cual, posteriormente se localiza en una tabla de conversión que la expresa en milímetros de mercurio. Este tipo de tonómetro tiene la ventaja de ser barato, fácil de usar, durable, portátil y no requerir una fuente de energía externa para su uso, como baterías.<sup>12, 25, 26</sup>

Sin embargo, tiene la desventaja de no poderlo utilizar en pacientes con abrasiones corneales, infección ocular, edema corneal, o secuelas de daño corneal, ya que puede dar un valor falsamente elevado,<sup>25, 26</sup> así mismo, de ser un tonómetro con una certeza inferior a los tonómetros por aplanación y actualmente poco utilizado en la exploración oftalmológica, según lo menciona Kirstein en su trabajo.<sup>16</sup>

El Tono-Pen, utiliza un calibrador de tensiones electrónico para aplanar la córnea. Y es un tonómetro de gran utilidad para cuantificar la presión intraocular en córneas opacas o irregulares.<sup>1, 7</sup>

Pese a la gran cantidad de tonómetros existentes, y al surgimiento actual de novedosos instrumentos para evaluar la presión intraocular, tales como: la tonografía por flujo sanguíneo ocular y el tonómetro de contorno dinámico, ninguno ha logrado sustituir hasta el momento al tonómetro de aplanación de Goldmann como el estándar de oro en la medición de la presión intraocular.<sup>1, 18, 27</sup>

Existen en la literatura actual trabajos de investigación que comparan la variabilidad en las lecturas de la presión intraocular entre los distintos tonómetros, con la finalidad de conocer el grado de confianza existente en estas lecturas. Sin embargo, existe poca

información sobre la variación en las lecturas de la presión intraocular entre el tonómetro de Goldmann, el neumotonómetro y el tonómetro de Schiötz.

Al respecto, Bhan, en un estudio realizado en el 2002 encontró que las mediciones de presión intraocular tomadas con el neumotonómetro mostraron corresponderse con aquellas tomadas con el tonómetro de Goldmann, en pacientes sin enfermedad corneal y sin tomar en cuenta el grosor corneal central. Ya que si se toma en cuenta el grosor corneal central, estas se observaron mayores que las obtenidas con el tonómetro de Goldmann.<sup>23</sup>

Tonnu por su parte, menciona que el neumotonómetro sobrestima la presión intraocular cuando se encuentra con presiones intraoculares elevadas, e infraestima las mismas cuando las cifras de presión intraocular son bajas al compararlo con el tonómetro de Goldmann.

Además, encontró que el coeficiente de repetibilidad entre lecturas de la presión intraocular (esto es la diferencia entre 2 o más lecturas de presión intraocular efectuadas por la misma persona, en el mismo paciente y en el mismo momento, lugar y aparato) fue mejor con el tonómetro de aplanación de Goldmann que con otros tonómetros.<sup>28</sup>

Heras en el 2007, comenta en su trabajo que el neumotonómetro infravalora las presiones intraoculares altas y supravalora las bajas al compararlo con el tonómetro de Goldmann.<sup>19</sup> Y Brock en el 2012, refiere que el neumotonómetro supraestima las lecturas de presión intraocular.<sup>26</sup>

Molina por su parte, reporta que el neumotonómetro tiende a sobrevalorar los niveles de presión intraocular cuando estos son bajos y a infravalorarlos cuando estos son altos, al compararlos con el tonómetro de aplanación de Goldmann.<sup>24</sup>

Y Farhood informa en su publicación, que las lecturas obtenidas con neumotonómetro fueron mayores que aquellas obtenidas con el tonómetro de aplanación de Goldmann en 74% de su muestra explorada. Además, encontró que la diferencia en las lecturas entre estos 2 tonómetros incrementó cuando la presión intraocular medida con tonómetro de aplanación de Goldmann excedió los 24 mmHg.<sup>8</sup>

Firat por su parte, comenta que las mediciones obtenidas con tonómetro de no contacto (neumotonómetro) fueron mayores que aquellas obtenidas con tonómetro de aplanación de Goldmann.<sup>29</sup>

Y Martínez de la Casa al comparar las presiones intraoculares medidas con tonómetro de aplanación de Goldmann con las obtenidas con tonómetro de no contacto (neumotonómetro) encontró que la media de mediciones con tonómetro de aplanación de Goldmann fue menor que la media de mediciones con neumotonómetro.<sup>30</sup>

Rao concluyó así, en su estudio, que las mediciones obtenidas con tonómetro de no contacto (neumotonómetro) fueron más certeras cuando la presión intraocular fue menor de 20 mmHg.<sup>31</sup>

Lagerlöf por su parte, mostro en su trabajo de investigación, que las mediciones de presión intraocular tomadas con tonómetro de no contacto fueron poco fiables cuando la presión intraocular se encontró entre los 20- 30 mmHg.<sup>32</sup>

Finalmente, Krieglstein en un trabajo publicado en 1975, encontró que las lecturas de presión intraocular fueron más bajas cuando se midieron con tonómetro de Schiötz que cuando estas fueron obtenidas con tonómetro de aplanación de Goldmann.<sup>33</sup>

## **MATERIAL Y METODO:**

El presente trabajo constituyó un estudio observacional descriptivo transversal que fue aprobado por el comité de ética e investigación e incluyó una muestra de 206 pacientes, que cumplieron con los siguientes criterios de inclusión y de exclusión:

De inclusión: Pacientes de primera vez, mayores de 18 años, de ambos géneros (masculino y femenino), que acudieron a la consulta externa de oftalmología de la Unidad Médica de Alta Especialidad No. 14, Adolfo Ruíz Cortines.

De exclusión: Pacientes que presentaron irregularidad de la superficie corneal, opacidad corneal, edema corneal, queratitis y/o conjuntivitis infecciosa (viral, bacteriana, micótica, parasitaria), menores de 18 años, encamados, ansiosos, en silla de ruedas, con limitación esquelética u obesidad que impidió su exploración en la lámpara de hendidura o el neumotonómetro y pacientes bajo sedación profunda o intubados.

Ningún paciente presentó criterios de eliminación.

La medición de la presión intraocular se realizó con 2 tonómetros de Goldman HAAG- Streit Bern H03 Serie No. 90079832 y 90032635, un tonómetro de Schiötz Umrechnungstabelle 1955, con pesa de 5.5 gr, 7.5 gr y 10 gr. Y un neumotonómetro TOPCON CT-80 computerized tonometer SER. NO. 1580576, en cada ojo de los pacientes estudiados.

Las mediciones se efectuaron del 01 al 29 de agosto del 2014 de las 8:00 a las 12:00 hr para eliminar el efecto de la variación diurna de la presión intraocular, en ambos ojos de

los pacientes estudiados. Espaciando 15 minutos la medición entre cada uno de los 3 tipos de tonómetros y manteniendo la aplanación o indentación de los mismos menos de 5 segundos, para retirar el efecto de masaje corneal sobre las lecturas de la presión intraocular. La medición con cada uno de los tonómetros se ordenó de la siguiente manera: Primero tonómetro de Goldmann, luego neumotonómetro y finalmente tonómetro de Schiötz.

La recolección de los datos se efectuó a través de fichas médicas (ver anexo II), anotando la presión intraocular obtenida en cada ojo de cada paciente con cada uno de los tonómetros.

#### PROCEDIMIENTO:

- 1) Se evaluó la presión intraocular en los pacientes que cumplieron con los criterios de selección anteriormente mencionados, previa autorización de su participación en el estudio a través de la firma del consentimiento informado.
  
- 2) Se realizó la limpieza del prisma del tonómetro de Goldmann con agua y jabón, posteriormente se instiló una gota de clorhidrato de tetracaína en cada ojo del paciente y se colocó una tira oftálmica de fluoresceína sódica en contacto con el saco conjuntival de cada ojo por 2 segundos. A continuación, se posicionó el dial del tonómetro en 1 y se colocó al paciente sentado frente a la lámpara de hendidura con la cabeza firmemente apoyada en el reposacabezas, seguido a esto, se realizó la medición de la presión intraocular, primero en el ojo derecho y

después en el ojo izquierdo. Finalmente, estas lecturas se multiplicaron por 10 y se anotaron en la ficha médica de recolección de datos.

- 3) Se efectuó la limpieza de la base y el émbolo del tonómetro de Schiötz con agua y jabón, y posteriormente con una torunda de alcohol. En seguida, se ensambló el tonómetro y se calibró apoyando el mismo sobre la pieza metálica de prueba incluida en el estuche del tonómetro, corroborando que la lectura obtenida fue 0. Después se colocó al paciente en posición supina y se efectuó la medición de la presión intraocular con la pesa de 5.5 gr, si la lectura obtenida en la escala fue menor de 4 se colocó la pesa de 7,5 gr y se repitió el procedimiento, cuando nuevamente se obtuvo una lectura menor de 4 se retiró la pesa de 7,5 gr y se colocó una de 10 gr, con la finalidad de corroborar la presión intraocular obtenida. Estos pasos se realizaron primero en el ojo derecho y posteriormente en el ojo izquierdo. Finalmente se convirtieron las lecturas obtenidas con el tonómetro a milímetros de mercurio usando para ello la tabla de conversión incluida en el estuche del mismo. Y por último, se anotaron las lecturas obtenidas en la ficha médica de recolección de datos.

- 4) Se colocó al paciente sentado en el taburete frente al neumotonómetro con la cabeza firmemente apoyada en el reposacabeza de este y mirando al punto de fijación incluido en el tonómetro, posteriormente se midió la presión intraocular tomando el promedio de 3 lecturas, obtenidas primero en el ojo derecho y luego



en el ojo izquierdo. Por último, se anotó el promedio de las lecturas obtenidas en cada ojo en la ficha médica de recolección de datos.

#### ANALISIS ESTADISTICO:

Las variables cualitativas presentes en este estudio se expresaron en frecuencias y porcentajes. Y las variables cuantitativas en promedio y desviación estándar. La evaluación del grado de acuerdo entre los 3 tipos de tonómetros se realizó con el coeficiente de correlación intraclase, a través del paquete de análisis estadístico SPSS para Windows versión 20, con un intervalo de confianza del 95%.

#### CONSIDERACIONES ETICAS:

El presente estudio tuvo un riesgo mínimo según lo expuesto en el artículo 17 de la Ley General de Salud en Materia de Investigación y se apegó a las normas éticas estipuladas en la Ley General de Salud en Materia de Investigación y en la Declaración de Helsinki. No violándose ninguno de los principios éticos de la investigación en seres humanos y manejando los datos colectados de forma confidencial.

Así mismo, contó con un consentimiento informado según lo establecido en los artículos 20 al 27 de la Ley General de Salud en Materia de Investigación previo a la medición de la presión intraocular en cada paciente estudiado (Anexo I).

## RESULTADOS:

Se estudiaron 206 pacientes, con un promedio de edad de 58.68 años, y una desviación estándar de 14.5. Los pacientes del presente estudio contaron con una edad mínima de 19 años y máxima de 87 años.

La muestra estuvo constituida en un 57.8% por mujeres y en un 42.2% por hombres (Ver figura 1).

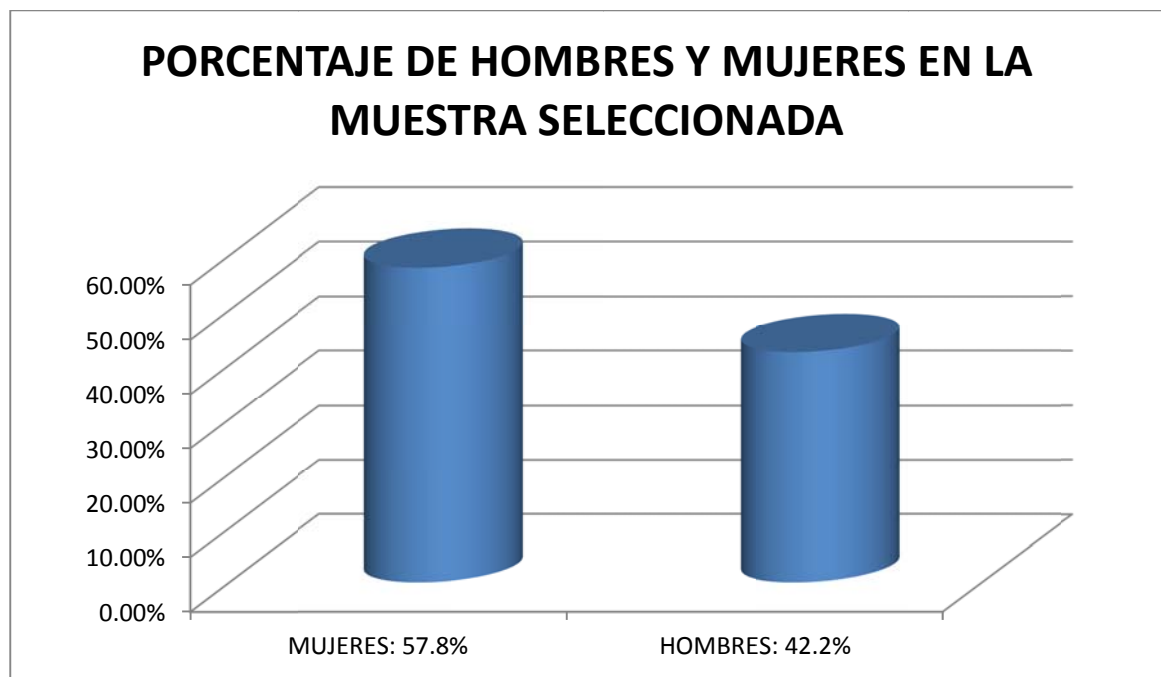


FIGURA 1: PORCENTAJE DE HOMBRES Y MUJERES EN LA MUESTRA SELECCIONADA.

Al comparar las lecturas obtenidas con tonómetro de Goldman en ojos derechos con las obtenidas con el tonómetro de Schiötz en ojos derechos encontramos un coeficiente de

correlación intraclase de 0.120, con un límite inferior de -0.109 y un límite superior de 0.328, el cual presenta un grado de acuerdo leve según lo establecido en la escala propuesta por Landis y Koch (Ver cuadro I y II).<sup>34</sup>

Las lecturas de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Goldmann en ojos derechos al compararlas con las obtenidas con neumotonómetro en ojos derechos, presentaron un coeficiente de correlación intraclase de 0.701 con un límite inferior de 0.599 y un límite superior de 0.776, el cual corresponde a un grado de acuerdo substancial respecto a la escala propuesta por Landis y Koch (Ver cuadro I y II).

Las lecturas de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Goldmann en ojos izquierdos al ser comparadas con las obtenidas con tonómetro de Schiötz en ojos izquierdos presentaron un coeficiente de correlación intraclase de 0.267 con límite inferior de -0.175 y un límite superior de 0.574, el cual corresponde a un grado de acuerdo regular en base a la escala propuesta por Landis y Koch (Ver cuadro I y III).

Al comparar las lecturas de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Goldmann en ojos izquierdos respecto a las obtenidas con neumotonómetro en ojos izquierdos se encontró un coeficiente de correlación intraclase de 0.793 con límite inferior de 0.643 y un límite superior de 0.869, el cual corresponde a un grado de acuerdo substancial basados en la escala propuesta por Landis y Koch (Ver cuadro I y III).

Las mediciones de presión intraocular obtenidas con neumotonómetro en ojos izquierdos al ser comparadas con las obtenidas con tonómetro de Schiötz en ojos izquierdos presentaron un coeficiente de correlación intraclase de 0.246 con límite inferior de -0.141 y un límite superior de 0.574, el cual corresponde a un grado de acuerdo regular respecto a lo establecido en la escala propuesta por Landis y Koch (Ver cuadro I y IV).

Las mediciones de presión intraocular obtenidas con neumotonómetro en ojos derechos al ser comparadas con las obtenidas con tonómetro de Schiötz en ojos derechos revelaron un coeficiente de correlación intraclase de 0.162 con un límite inferior de -0.128 y un límite superior de 0.430, el cual corresponde a un grado de acuerdo leve respecto a lo establecido en la escala propuesta por Landis y Koch (Ver cuadro I y IV).

CUADRO I: ESCALA PROPUESTA POR LANDIS Y KOCH.

ESCALA PROPUESTA POR LANDIS Y KOCH.	
VALOR	GRADO DE ACUERDO
0	Pobre
0.01-0.20	Leve
0.21- 0.40	Regular
0.41- 0.60	Moderado
0.61- 0.80	Substancial
0.81- 1.00	Casi perfecto

CUADRO II: COEFICIENTE DE CORRELACION INTRACLASE PARA EVALUAR EL GRADO DE ACUERDO ENTRE TONOMETRO DE GOLDMANN, TONOMETRO DE SCHIÖTZ Y NEUMOTONOMETRO EN OJOS DERECHOS.

Coeficiente de correlación intraclase para evaluar el grado de acuerdo entre tonómetro de Goldmann, tonómetro de Schiötz y neumotonómetro en ojos derechos.		
	Tonómetro de Schiötz	Neumotonómetro
Tonómetro de Goldman	CCI*: 0.120 Límite inferior: -0.109 Límite superior: 0.328	CCI*: 0.701 Límite inferior: 0.599 Límite superior: 0.776

\*CCI: Coeficiente de correlación intraclase.

CUADRO III: COEFICIENTE DE CORRELACION INTRACLASE PARA EVALUAR EL GRADO DE ACUERDO ENTRE TONOMETRO DE GOLDMANN, TONOMETRO DE SCHIÖTZ Y NEUMOTONOMETRO EN OJOS IZQUIERDOS.

Coeficiente de correlación intraclase para evaluar el grado de acuerdo entre tonómetro de Goldmann, tonómetro de Schiötz y neumotonómetro en ojos izquierdos.		
	Tonómetro de Schiötz	Neumotonómetro
Tonómetro de Goldman	CCI*: 0.267 Límite inferior: -0.175 Límite superior: 0.574	CCI*: 0.793 Límite inferior: 0.643 Límite superior: 0.869

\*CCI: Coeficiente de correlación intraclase.

CUADRO IV: COEFICIENTE DE CORRELACION INTRACLASE PARA EVALUAR EL GRADO DE ACUERDO ENTRE TONOMETRO DE SCHIÖTZ Y NEUMOTONOMETRO.

Coeficiente de correlación intraclase para evaluar el grado de acuerdo entre tonómetro de Schiötz y neumotonómetro.		
	Neumotonómetro ojos derechos	Neumotonómetro ojos izquierdos
Tonómetro de Schiötz	CCI*: 0.162 Límite inferior: -0.128 Límite superior: 0.430	CCI*: 0.246 Límite inferior: -0.141 Límite superior: 0.574

\*CCI: Coeficiente de correlación intraclase.

Por tanto, el grado de acuerdo entre los equipos se encontró substancial en las mediciones de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Goldmann versus neumotonómetro, y con un grado de acuerdo de leve a regular en las obtenidas con

tonómetro de Goldmann versus tonómetro de Schiötz y neumotonómetro versus tonómetro de Schiötz.

Además, se observó que las lecturas de presión intraocular obtenidas con neumotonómetro fueron mayores a las obtenidas con tonómetro de Goldmann en un 58.49%, menores respecto a las obtenidas con tonómetro de Goldmann en un 29.85%, e iguales en un 11.40% (ver figura 2).

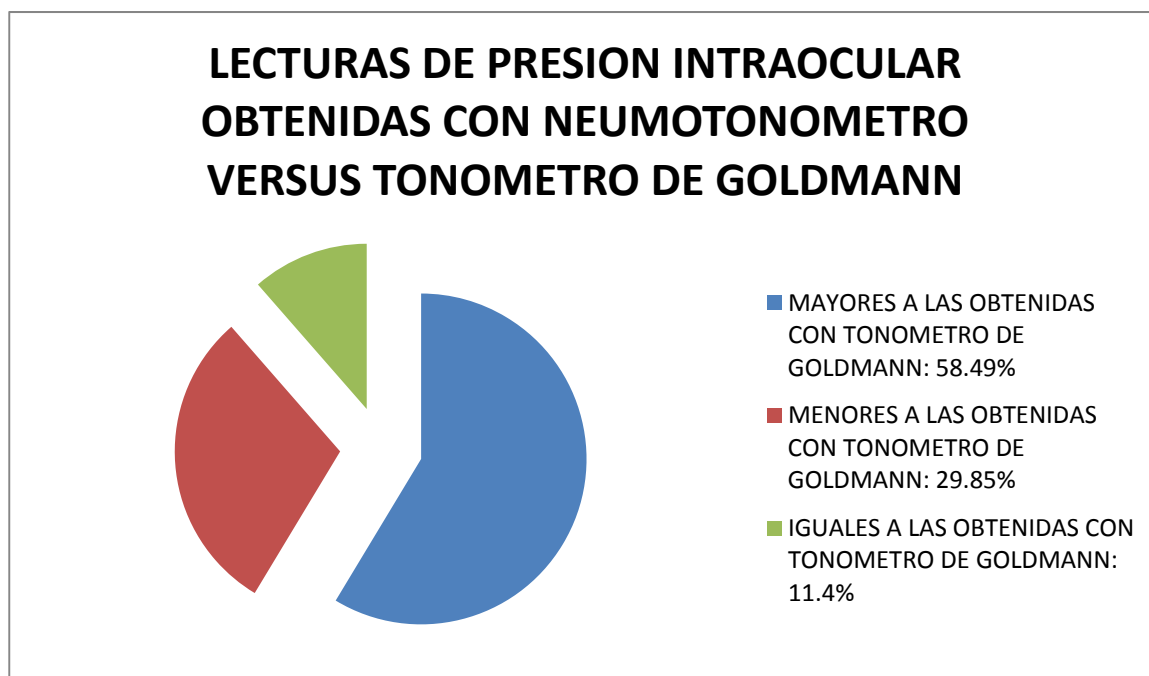


FIGURA 2: LECTURAS DE PRESION INTRAOCULAR OBTENIDAS CON NEUMOTONOMETRO VERSUS TONOMETRO DE GOLDMANN.

Por su parte, las lecturas de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Schiötz se encontraron más bajas a las obtenidas con tonómetro de Goldman en un 98.05%, más

altas respecto a las obtenidas con tonómetro de Goldmann en un 1.45% e iguales en solo un 0.48% (ver figura 3).

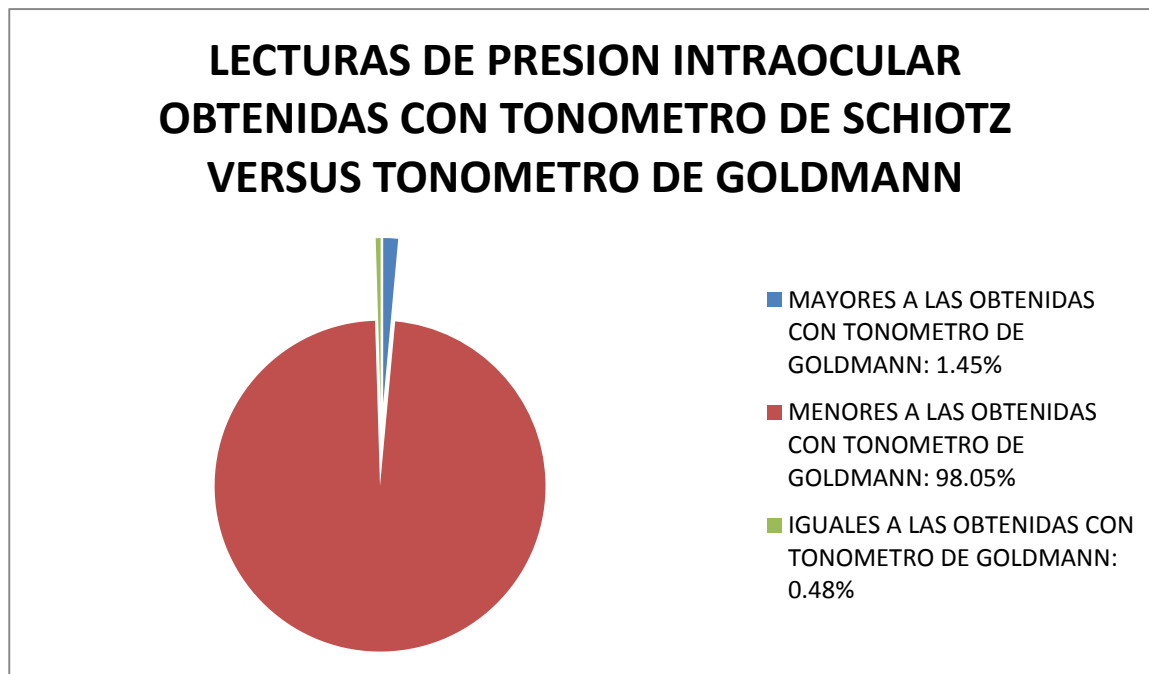


FIGURA 3: LECTURAS DE PRESION INTRAOCULAR OBTENIDAS CON TONOMETRO DE SCHIÖTZ VERSUS TONOMETRO DE GOLDMANN

Mientras que las lecturas de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Schiötz fueron menores a las obtenidas con neumotonómetro en un 97.81%, mayores en un 0.97% e iguales en un 1.21% (ver figura 4).

Además, se observó que la variabilidad en las lecturas obtenidas con neumotonómetro respecto a las obtenidas con el tonómetro de Goldmann se presentó tanto con lecturas de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Goldmann mayores de 20 mmHg como con aquellas menores de 20mmHg.

## LECTURAS DE PRESION INTRAOCULAR OBTENIDAS CON NEUMOTONOMETRO VERSUS TONOMETRO DE SCHIOTZ

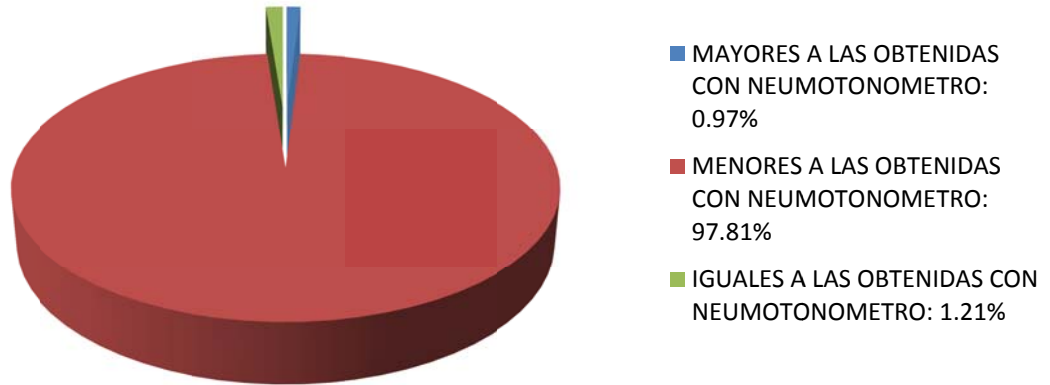


FIGURA 4: LECTURAS DE PRESION INTRAOCULAR OBTENIDAS CON NEUMOTONOMETRO VERSUS TONOMETRO DE SCHIÖTZ.



## **DISCUSION:**

En base a los resultados obtenidos, nosotros observamos que si existe variabilidad en las lecturas de presión intraocular obtenidas con cada uno de los 3 tonómetros evaluados en este estudio (tonómetro de Goldmann, tonómetro de Schiötz y neumotonómetro). Además, encontramos que tanto el tonómetro de Schiötz como el neumotonómetro mostraron una confiabilidad menor al tonómetro de Goldmann al comparar sus lecturas con este, el cual se tomó como tonómetro de referencia debido a que la literatura lo refiere como el estándar de oro en la evaluación de la presión intraocular. Por lo cual, al igual que lo sugieren trabajos previos se recomienda evitar su uso para sustituir al tonómetro de Goldmann, en la mayoría de los casos, y reservarlos únicamente para ser utilizados en aquellos casos en los cuales no es posible usar el tonómetro de Goldmann debido a las limitaciones propias que este tipo de tonómetro presenta.<sup>8, 33</sup>

De los tres tipos de tonómetros evaluados en este estudio, el tonómetro de Schiötz fue el que presentó el menor grado de acuerdo, convirtiéndolo en el instrumento menos confiable para medir la presión intraocular tal como lo menciona literatura previa.<sup>16, 33</sup>

Al comparar nuestros datos con los reportados en la literatura observamos que las lecturas de presión intraocular obtenidas con neumotonómetro fueron mayores a las obtenidas con tonómetro de Goldmann en la mayoría la muestra estudiada, correlacionándose con lo reportado anteriormente por Brock, Farhood, Firat y Martínez de la Casa.<sup>8, 26, 29, 30</sup>

A diferencia de lo reportado en literatura previa por Farhood, Rao y Lagerlöf, nosotros observamos que la variabilidad en las lecturas de presión intraocular obtenidas con

neumotonómetro respecto a las obtenidas con tonómetro de Goldmann se manifestó tanto con lecturas de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Goldmann mayores de 20 mmHg como con aquellas menores de 20mmHg.<sup>8, 31, 32</sup>

Al igual que menciona Krieglstein en su trabajo, nosotros observamos que las lecturas de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Schiötz se encontraron más bajas respecto a las obtenidas con tonómetro de Goldman en la mayoría de la muestra estudiada.<sup>16, 33</sup>

Adicionalmente, las lecturas de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Schiötz también fueron menores a las obtenidas con neumotonómetro en la mayoría de la muestra estudiada (97.81%), dato que no se había referido previamente en la literatura.

En base a lo comentado anteriormente consideramos que existe la probabilidad de que lecturas normales de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Schiötz en realidad correspondan a lecturas elevadas de presión intraocular que pasan desapercibidas, lo cual se traduciría en un inadecuado control de la presión intraocular en dichos pacientes, con las consiguientes implicaciones que esto conlleva.<sup>33</sup>

## CONCLUSIONES:

Nosotros concluimos que si existe variabilidad en las lecturas de presión intraocular obtenidas con los 3 tipos de tonómetros evaluados (tonómetro de Goldmann, tonómetro de Schiötz y neumotonómetro) en este estudio.

Así mismo, observamos que el grado de acuerdo y confiabilidad fue menor con el neumotonómetro al compararlo con el tonómetro de Goldmann. Y fue aún menor con el tonómetro de Schiötz al compararlo con el tonómetro de Goldmann.

Adicionalmente, el tonómetro de Schiötz presentó también una confiabilidad menor al compararlo con el neumotonómetro.

De esta forma, debido a que el neumotonómetro se encontró en este estudio con una confiabilidad sustancial en sus lecturas de presión intraocular al compararlo con las lecturas obtenidas con el tonómetro de Goldmann, concluimos que podría ser utilizado en nuestra institución solo como un instrumento para medir la presión intraocular en situaciones en las cuales no se pueda utilizar el tonómetro de Goldmann, y ante la presencia de lecturas sospechosas de presión intraocular (mayores de 20 mmHg o menores de 10 mmHg) sugerimos estas sean corroboradas con otro tonómetro que muestre una mayor confiabilidad, tal como lo sugiere literatura previa.<sup>8, 24</sup> (Arora, et al. Al respecto, recomiendan el uso del tonómetro de Perkins en estos casos).<sup>3</sup>

Así mismo, ya que las lecturas de presión intraocular obtenidas con tonómetro de Schiötz mostraron una confiabilidad de leve a regular al compararlas con las obtenidas con tonómetro de Goldmann, nosotros concluimos que el tonómetro de Schiötz podría ser utilizado en nuestra institución solo en aquellos casos en los cuales no sea posible el uso del

tonómetro de Goldmann o el neumotonómetro por limitaciones propias de estos ya antes comentadas, y solo para obtener un estimado de la presión intraocular presente en el paciente, la cual deberá ser corroborada en cuanto sea posible por otro tonómetro que muestre una mayor confiabilidad.<sup>25</sup>

Por el contrario, si se contara con otro tonómetro portátil que mostrara una mayor confiabilidad que el tonómetro de Schiötz, entonces convendría valorar el desuso del tonómetro de Schiötz, tal como lo refiere literatura previa.<sup>33</sup>

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:**

- 1) Henrique M, Betinjane A, Quiroga V. Correlations between different tonometries and ocular biometric parameters in patients with primary congenital glaucoma. *Arq Bras Oftalmol.* 2013; 76:354-356.
- 2) Mohan S, Tiwari S, Jain A. Clinical comparison of Pulsair non-contact tonometer and Goldmann applanation tonometer in Indian population. *Journal of Optometry* 2014; 7:86-90.
- 3) Arora R, Bellamy H, Austin M. Applanation tonometry: a comparison of the Perkins handheld and Goldmann slit lamp-mounted methods. *Clin Ophthalmol* 2014; 8:605–610.
- 4) Avila M, Munera A, Guzman A. Noninvasive intraocular pressure measurements in mice by pneumotonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005; 46:3274–3280.
- 5) Hong J, Xu J, Wei A. A new tonometer-The Corvis ST Tonometer: clinical comparison with noncontact and Goldmann applanation tonometers. *IOVS* 2013; 1: 659-665.

- 6) Fung D, Roensch M, Kooner K. Epidemiology and characteristics of childhood glaucoma: results from the Dallas Glaucoma Registry. *Clin Ophthalmol* 2013; 7:1739–1746.
- 7) Mohammadi S, Mirhadi S, Mehrjardi H. An algorithm for glaucoma screening in clinical settings and its preliminary performance profile. *J Ophthalmic Vis Res* 2013; 8:314-320.
- 8) Farhood Q. Comparative evaluation of intraocular pressure with an air-puff tonometer versus a Goldmann applanation tonometer. *Clin Ophthalmol* 2013; 7:23-27.
- 9) Cioffi G, Durcan F. Glaucoma. Basic and clinical science course. Singapore, American Academy of ophthalmology; 2008.
- 10) Wallace L, Alward W. Glaucoma los requisitos en oftalmología. Madrid, Elsevier Science; 2001.
- 11) Kanski J. Oftalmología clínica. 6 ed. Barcelona, Elsevier; 2009.
- 12) Alguire P. Tonometry. In: Walker K, Dallas W, eds. *The History, Physical, and Laboratory Examinations*. 3era ed. Boston: Butterworths; 1990. pp. 581-584.

- 13) Davey P, Elsheikh A, Garway D. Clinical evaluation of multiparameter correction equations for Goldmann applanation tonometry. *Eye* 2013; 27:621–629.
- 14) Shemesh G, Soiberman U, Kurtz S. Intraocular pressure measurements with Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry in eyes after IntraLASIK or LASEK. *Clin Ophthalmol* 2012; 6:1967–1970.
- 15) Shousha S, Steit M, Hosny M. Comparison of different intraocular pressure measurement techniques in normal eyes, post surface and post lamellar refractive surgery. *Clin Ophthalmol* 2013; 7:71–779.
- 16) Kirstein E, Elsheikh A. Tonometry Past, Present and Future. In: Guvant P, eds. *Glaucoma. Current Clinical and Research Aspects*. Croatia: INTECH; 2011.pp. 85-108.
- 17) Cridland B. The tonometer of Schiotz. *Br J Ophthalmol* 1917; 1:352-358.
- 18) Farrahi F, Sharifipour F, Malekhamdi M. Comparison of IOPen rebound tonometer with Goldmann applanation tonometer at different IOP levels. *Int J Ophthalmol* 2013; 5:637- 640.

- 19) Heras H, Moreno J, Sádaba L. Comparación del tonómetro pascal con el neumotonómetro y el tonómetro Goldmann. Arch Soc Esp Oftalmol 2007; 82:337-342.
- 20) Kniestedt C, Lin S. Clinical comparison of contour and applanation tonometry and their relationship to pachymetry. Arch Ophthalmol 2005; 123:1532-1537.
- 21) Hella A, Puertas R, Tabasa S. Comparison of handheld rebound tonometry with Goldmann applanation tonometry in children with glaucoma: a cohort study. Br J Ophthalmol 2013; 3:1-6.
- 22) Schweier C, Hanson J, Funk J. Repeatability of intraocular pressure measurements with Icare PRO rebound, Tono-Pen AVIA, and Goldmann tonometers in sitting and reclining positions. Br J Ophthalmol 2013; 13:1-8.
- 23) Bhan A, Browning A, Shah S. Effect of corneal thickness on intraocular pressure measurements with the pneumotonometer, Goldmann applanation tonometer, and Tono-pen. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2002; 43:1389–1392.
- 24) Molina N, Milla E, Bitrian E. Comparación del tonómetro de Goldmann, neumotonómetro de contacto y el efecto del grosor corneal. Arch Soc Esp Oftalmol 2010; 85:325–328.



- 25) Ponka D, Baddar F. Top 10 Forgotten Diagnostic Procedures. Schiötz tonometry. Canadian Family Physician 2014; 60:252.
- 26) Brock, G, Gurekas V. The Practitioner le praticien. The occasional tonometry. Can J Rural Med 2012; 17:65-68.
- 27) Kotecha A, White E, Shewry J. The relative effects of corneal thickness and age on Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry. Br J Ophthalmol 2005; 89:1572-1575.
- 28) Tonnu P, Ho T, Sharma K. A comparison of four methods of tonometry: method agreement and interobserver variability. Br J Ophthalmol 2005; 89:847–850.
- 29) Firat P, Cankaya C. The influence of soft contact lenses on the intraocular pressure measurement. Eye 2012; 26:278–282.
- 30) Martinez de la Casa J, Jimenez Santos M. Performance of the rebound, noncontact and Goldmann applanation tonometers in routine clinical practice. Acta Ophthalmol. 2011; 89:676–680.
- 31) Rao B. Clinical evaluation of the non-contact tonometer and comparison with Goldmann applanation tonometer. Indian J Ophthalmol 1984; 32:432–434.

- 32) Lagerlöf O. Airpuff tonometry versus applanation tonometry. *Acta Ophthalmol* 1990; 68:221–224.
- 33) Krieglstein G, Waller W. Goldmann applanation versus hand-applanation and schiötz indentation tonometry. *Arch Klin Exp Ophthalmol* 1975;194:11-16.
- 34) Mandeville P. El coeficiente de correlación intraclase. *Ciencia UANL* 2005; 3:414-416.

**ANEXO I. CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.**



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO  
SOCIAL  
UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN  
Y POLITICAS DE SALUD  
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN  
SALUD**

**CARTA DE CONSENTIMIENTO  
INFORMADO**

**(ADULTOS)**

**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN  
PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN**

Nombre del estudio:	Variación cuantitativa de la presión intraocular entre el tonómetro de aplanación de Goldmann, tonómetro de Schiötz y neumotonómetro.
Patrocinador externo (si aplica):	No aplica
Lugar y fecha:	
Número de registro:	
Justificación y objetivo del estudio:	El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo evaluar si existe o no variabilidad en las lecturas de la presión intraocular medida con el tonómetro de Schiötz, el neumotonómetro y el tonómetro de Goldmann, con el fin de conocer el grado de confiabilidad entre estas lecturas, y en base a ello decidir el manejo más adecuado de pacientes con glaucoma, puesto que la presión intraocular constituye el único factor de riesgo de progresión del daño glaucomatoso modificable.
Procedimientos:	Medición de la presión intraocular en cada ojo con cada uno de los 3 tonómetros (tonómetro de Goldmann, Schiötz y

	neumotonómetro) en cada paciente.
Posibles riesgos y molestias:	Infección, abrasión corneal, dolor, ansiedad momentánea durante la medición tonométrica.
Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:	Conocer la variabilidad y el grado de confiabilidad de las lecturas de la presión intraocular obtenidas a través de cada uno de los 3 tonómetros.
Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:	Nos comprometemos a informar a usted sobre las lecturas de la presión intraocular obtenidas en usted, así mismo sobre la necesidad de tratamiento para corregir la presión intraocular elevada en caso de encontrar que requiera el mismo.
Participación o retiro:	También, nos comprometemos a responderle a usted cualquier duda que tenga con respecto a este trabajo. Y le informamos que tiene la completa libertad de abandonar el estudio si usted así lo decide, sin que esto afecte la atención médica que recibe en esta institución.
Privacidad y confidencialidad:	Todos los datos aquí proporcionados se manejarán de manera confidencial.
En caso de colección de material biológico (si aplica):	
<input type="checkbox"/>	No autoriza que se tome la muestra.
<input type="checkbox"/>	Si autorizo que se tome la muestra solo para este estudio.
<input type="checkbox"/>	Si autorizo que se tome la muestra para este estudio y estudios futuros.
Disponibilidad de tratamiento médico en derechohabientes (si aplica):	Se proporcionará el manejo médico que requiera como consecuencia de lesiones o infecciones corneales o conjuntivales derivadas del presente estudio. Así mismo, se proporcionará manejo hipotensor ocular en caso de encontrar que lo requiera, en base a las lecturas tonométricas obtenidas.
Beneficios al término del estudio:	Conocer la variación y grado de confiabilidad de las lecturas de la presión intraocular obtenidas con neumotonómetro, tonómetro de Schiötz y tonómetro de Goldmann, tomando como parámetro de referencia a este último, por

ser el estándar de oro actual.

En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:

Investigador Responsable: Aída Cristina Chávez Velasco. Residente de 3°. Año del Servicio de Oftalmología de la Unidad Médica de Alta Especialidad No. 14 “Adolfo Ruíz Cortines”. Consultorio 19-21 de Oftalmología de este hospital, de lunes a viernes de 8:00 a 19:00 horas.

Colaboradores:

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Comisión de Ética de Investigación de la CNIC del IMSS: Avenida Cuauhtémoc 330 4° piso Bloque “B” de la Unidad de Congresos, Colonia Doctores. México, D.F., CP 06720. Teléfono (55) 56 27 69 00 extensión 21230, Correo electrónico: [comision.etica@imss.gob.mx](mailto:comision.etica@imss.gob.mx)

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del sujeto

Aída Cristina Chávez Velasco  
98313035

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma de quien obtiene el  
consentimiento

Testigo 1

Testigo 2

\_\_\_\_\_  
Nombre, dirección, relación y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre, dirección, relación y firma

Este formato constituye una guía que deberá completarse de acuerdo con las características propias de cada protocolo de investigación, sin omitir información relevante del estudio

**Clave: 2810-009-013**

**ANEXO II: INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE INFORMACION.**

FICHA MEDICA DE RECOLECCION DE DATOS		
EDAD		
FECHA Y HORA		
	OJO DERECHO	OJO IZQUIERDO
PRESION INTRAOCULAR CON TONOMETRO DE GOLDMANN		
PRESION INTRAOCULAR CON TONOMETRO DE SCHIÖTZ		
Con pesa de 5,5 gr		
Con pesa de 7,5 gr		
Con pesa de 10 gr		
PRESION INTRAOCULAR CON NEUMOTONOMETRO		

## **AGRADECIMIENTOS:**

Agradezco a mis padres y hermano todo el apoyo incondicional y cariño que me brindaron en todo momento durante mis 3 años de residencia.

También agradezco al Dr. Armando Muñoz Pérez el gran apoyo, orientación, paciencia y tiempo que me brindo en la realización del protocolo y de la presente tesis.

Así mismo, agradezco al Dr. Felipe González Velázquez el gran apoyo y orientación que me brindo en la asesoría metodológica y estadística durante la realización del protocolo y la presente tesis, además de toda su paciencia y su tiempo.

Agradezco también a mis maestros, por todas sus enseñanzas, apoyo, compañía y la oportunidad que me brindaron de realizar bajo su tutela la residencia de Oftalmología.

Por último, agradezco a mis compañeros y amigos que me acompañaron y apoyaron durante estos 3 años de residencia.