

**COMPARACIÓN DE PRESIÓN INTRAOCULAR TOMADA CON GOLDMANN Y
TONO-PEN XL EN NIÑOS DE 6 A 15 AÑOS**

**ADRIANA PAOLA DIAZ ESPINOSA
50092002
JUAN MANUEL MANCIPE NOREÑA
50101059**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE OPTOMETRIA
BOGOTA DC
2015**

**COMPARACIÓN DE PRESIÓN INTRAOCULAR TOMADA CON GOLDMANN Y
TONO-PEN EN NIÑOS DE 6 A 15 AÑOS**

ADRIANA PAOLA DIAZ ESPINOSA

50092002

JUAN MANUEL MANCIPE NOREÑA

50101059

**DIRECTORA DE INVESTIGACION
DRA. LUISA FERNANDA FIGUEROA O.**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE OPTOMETRIA
BOGOTA DC
2015**

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO 1

JURADO 2

CIUDAD _____

FECHA _____

TABLA DE CONTENIDO

1. Lista de tablas.....	6
2. Lista de gráficos.....	7
3. Resumen.....	8
4. Introducción.....	9
5. Marco teórico.....	11
5.1. Formación del humor acuoso.....	12
5.2. Salida del humor acuoso.....	13
5.2.1. Flujo Trabecular.....	13
5.2.2. Flujo Uveoescleral.....	13
5.3. Presión intraocular.....	14
5.4. Tonometría.....	15
5.5. Tonómetro de aplanación de Goldmann.....	16
5.6. Tonómetro TONO-PEN XL.....	17
6. Materiales y métodos.....	18
6.1. Objetivos.....	18
6.1.1. Objetivo general.....	18
6.1.2. Objetivos específicos.....	18
6.2. Tipo de investigación.....	18
6.3. Población.....	18
6.4. Muestra poblacional.....	18
6.5. Criterios de inclusión.....	18

6.6. Criterios de exclusión.....	18
6.7. procedimiento.....	19
6.8. aspectos éticos.....	20
7. Análisis de resultados.....	21
7.1. Descripción de la población.....	20
7.1.1. Descripción de la población según la edad.....	21
7.1.2. Descripción de la población según genero.....	21
7.2. Estadística descriptiva.....	22
7.3. Prueba F para varianzas de dos muestras.....	23
8. Discusión.....	24
9. Conclusiones.....	27
10. Recomendaciones.....	28
11. Bibliografía.....	29
12. Anexos.....	32
12.1. Procedimiento tonometría de Goldmann.....	32
12.2. Procedimiento de tonometría con TONO-PEN XL.....	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estadística descriptiva.

Tabla 2. Prueba F para varianzas de dos muestras.

1. LISTA DE GRAFICOS

Grafico 1. Esquema de un tonómetro de aplanación de Goldmann.

Grafico 2. Tonómetro TONO-PEN XL.

Grafico 3. Distribución de la población según la edad.

Grafico 4. Distribución porcentual de la población según género.

2. RESUMEN

Evaluar la presión intraocular en pacientes pediátricos es esencial al momento de realizar diagnósticos oportunos y tratamientos efectivos de patologías oculares como el glaucoma. El TONOPEN XL es un equipo útil y versátil que puede ser utilizado de forma alterna al Tonómetro de Goldmann. **Objetivo:** Comparar los valores de presión intraocular tomada con el tonómetro de Goldmann y el TONO-PEN XL en niños de 6 a 15 años. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio comparativo en una muestra de 25 pacientes con edades comprometidas entre los 6 y los 15 años de la clínica de optometría de la universidad de la Salle. La presión intraocular de 50 ojos fue evaluada con el tonómetro de Goldmann y el tonómetro TONO-PEN XL. **Resultados:** El estudio demostró que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos con el tonómetro de Goldmann y el tonómetro TONO-PEN XL sin embargo, clínicamente si existe una diferencia promedio entre las dos técnicas de 5,95 mm/Hg. **Conclusiones:** los pacientes mostraron mayor empatía hacia el TONO-PEN XL sin embargo la diferencia clínica existente es relevante y debe ser tomada en cuenta por parte del examinador al momento de utilizar el TONO-PEN XL, debido a que en algunos casos los valores de PIO siguen siendo muy elevados lo que podría generar confusión en el examinador.

Palabras clave: Presión Intraocular, TONO-PEN XL, tonómetro de aplanación de Goldmann.

3. INTRODUCCION

La tonometría es una prueba diagnóstica esencial dentro del examen optométrico tanto del paciente adulto como del paciente pediátrico. Un caso claro en el cual es clave la realización de la tonometría es en el diagnóstico y en el control de la evolución del glaucoma (Moreno, Sabada & Heras, 2005) una de las patologías asociadas a ceguera y la segunda causa mayor de ceguera bilateral, la cual afecta a unos 13 millones de personas en el mundo siendo sólo la incidencia del glaucoma congénito primario de 1:10.000 nacidos a la que habría que añadir todas las formas de glaucoma secundario infantil (Montero, Márquez & Morales, 2006).

Actualmente la tonometría de Goldmann es considerada la técnica “Gold estándar” para evaluar la presión intraocular en pacientes adultos (Ogbuehi, Chijuka & Osuagwo, 2011). Sin embargo, es una técnica difícil de aplicar en pacientes pediátricos pues los niños sienten temor por dos razones: La instilación de anestésico tópico y el contacto directo de la córnea con el cono del tonómetro. Además, es importante considerar que aumenta el riesgo de que se produzcan infecciones (AlMubrad, 2011).

Bradfield, Kaminski, Repka y Melia (2012) consideran que el TONO-PEN XL es una técnica que puede tener ciertas ventajas sobre la tonometría de aplanación de Goldmman, de hecho el mencionan que puede ser utilizado en esos pacientes poco colaboradores o niños que le tengan miedo a la tonometría de Goldmann. Aunque se trate también de un tonómetro de aplanación su área de contacto y el tiempo de aplicación de la prueba son menores, lo que puede provocar una menor impresión en los pacientes, además mencionan que este equipo puede ser utilizado en pacientes pequeños o bebés implementando la técnica en posición supina.

El objetivo principal de esta investigación fue comparar los valores de presión intraocular tomada con Goldmann y TONO-PEN XL en niños de 6 a 15 años. El propósito era determinar si existía una diferencia significativa entre los valores de

presión intraocular obtenidos con el TONO-PEN XL respecto a los valores obtenidos con el tonómetro de Goldmann, el fin de la comparación era poder decir si el TONO-PEN XL es una técnica fiable que podría ser utilizada como alternativa para medir la presión intraocular en pacientes pediátricos.

4. MARCO TEORICO

Junto con la rigidez de la esclerótica, la constancia de la presión interna del ojo es responsable del correcto mantenimiento de la forma externa del globo ocular. La presión interna del ojo depende, sobre todo, de la cantidad del humor producido y drenado continuamente. El humor acuoso se produce en el cuerpo ciliar y pasa desde la cámara posterior a través de la pupila al interior de la cámara anterior. Aunque existen múltiples caminos para la salida del humor acuoso desde la cámara anterior, la mayor parte del mismo drena a través de la red trabecular situada en el ángulo formado por la intersección entre la periferia corneal y la superficie anterior del iris (Kumar, Abbas, Fausto y Aster, 2002). La malla se divide clásicamente en tres partes: La parte uveal esta adyacente a la cámara anterior y se dispone en bandas que se extienden desde la raíz del iris y el cuerpo ciliar hasta la córnea periférica; la malla corneo- escleral, está formada por la lámina del trabeculum que va desde el espolón escleral hasta la pared lateral del surco escleral y la malla yuxta-canalicular, que se considera el principal lugar de resistencia del drenaje, está adyacente y en realidad forma la pared interna del canal de Schlemm. El humor acuoso se mueve a través y entre las células endoteliales que tapizan la pared interna del canal de Schlemm. Esta malla funciona como una válvula unidireccional que permite que el humor acuoso salga, pero limita el flujo en otras direcciones, sin gasto de energía (Academia Americana de Oftalmología, 2010).

Según la Academia Americana de Oftalmología cualquier otro tipo de drenaje diferente al extra-trabecular se denomina drenaje uveo-escleral. Este mecanismo de drenaje representa el 10% de salida normal de humor acuoso, inicia con el paso de humor acuoso desde la cámara anterior hacia el cuerpo ciliar continuando hacia el espacio supra-coroideo de donde es drenado por la circulación venosa del cuerpo ciliar, la coroides y la esclerótica (Kansky, 2004).

Es necesario el flujo constante de humor acuoso a través de las cámaras del ojo para una función visual normal. La relación entre las tasas de formación y drenaje del humor acuoso determina la presión intraocular. Es necesario un globo ocular formado por una presión intraocular (PIO) adecuada para mantener la eficacia óptica. Además el humor acuoso aporta los sustratos necesarios para la función metabólica normal de los tejidos avasculares a los cuales baña, particularmente cristalino, córnea y red trabecular. El flujo constante de humor acuoso repone los nutrientes captados por tejidos oculares circundantes y se lleva los desperdicios metabólicos (Kaufman & Alm, 2004).

5.1 Formación del humor acuoso

La formación del humor acuoso tiene lugar en los procesos ciliares, los cuales se encuentran ubicados en el epitelio no pigmentado del cuerpo ciliar, su producción se da como resultado de la secreción activa de electrolitos desde los procesos ciliares hacia la cámara posterior. El humor acuoso proviene del plasma sanguíneo, sin embargo este tiene que atravesar la barrera hematoacuosa la cual está conformada por estrechas uniones entre las células epiteliales no pigmentadas y capilares no fenestrados del iris, durante el paso a través de esta barrera se excluyen moléculas grandes lo que mantiene la claridad del humor acuoso y la integridad óptica del ojo (Kaufman & Alm, 2004).

Hay tres mecanismos básicos por los cuales la materia puede cruzar una barrera epitelial: difusión simple, ultrafiltración y transporte activo. La difusión se caracteriza por el movimiento pasivo de iones a través de membranas celulares y ocurre desde el lado de mayor concentración hacia el lado de menor concentración, las sustancias liposolubles que penetran con facilidad en membranas celulares se mueven fácilmente de esta forma. La ultrafiltración tiene lugar cuando el flujo de una sustancia a través de una membrana es incrementado por una fuerza de movimiento hidrostática, en este caso el desplazamiento de

humor acuoso al interior del globo ocular depende de la diferencia en la presión hidrostática existente entre los capilares y la PIO. Proceso de transporte activo requiere el ingreso de energía celular (habitualmente en la forma de trifosfato de adenosina) para secretar material contra un gradiente de concentración, este mecanismo no depende de la presión. Aunque los tres procesos pueden contribuir con la formación del humor acuoso, es probable que la mayor contribución provenga del transporte activo, seguido por el flujo osmótico de agua hacia la cámara posterior. (Academia Americana de Oftalmología, 2011-2012)

5.2 Salida del Humor Acuoso

Hay dos vías por las cuales el humor acuoso sale de los ojos: Una que depende de la presión y una que no depende de la presión

4.2.1 Flujo trabecular: Está vía es la encargada del drenaje del 90 % de humor acuoso, es dependiente de la presión. Inicia con el flujo de humor acuoso desde y a través de poros presentes en la red trabecular que se dirigen hacia el conducto de Schlemm, de este canal el humor acuoso es evacuado por medio de unos conductos colectores a través de la esclerótica para luego dirigirse hacia venas episclerales (Kansky, 2004).

4.2.2 Flujo uveoescleral: La segunda vía de flujo del humor acuoso fue descrita por Bill, quien afirmaba que el humor acuoso se escurre frente al cuerpo ciliar que forma parte del ángulo de la cámara entre la raíz del iris y el espolón escleral. El humor acuso pasa hacia el cuerpo ciliar y coroides (pero no hacia los procesos ciliares) en parte para ser absorbido hacia los vasos sanguíneos y parcialmente filtrarse a través de la esclerótica hacia tejidos orbitales. Parece bastante extraño que a través de un amplio espectro de presiones, la tasa de flujo del humor acuoso a través de esta vía uveoescleral no esté afectada por la

presión. Así el flujo uveoescleral se comporta como una bomba con una tasa constante, aunque no hay evidencias de ningún mecanismo metabólico involucrado. La falta de efecto de la PIO sobre la tasa del flujo uveoescleral se debe a la compresión del tejido blando uveal contra la esclerótica, formándose así una válvula para el flujo en porción de la PIO (Kaufman & Alm, 2004).

5.3. Presión Intraocular

La presión intraocular (PIO) es la presión del contenido ocular. La PIO promedio estándar es de 16 mm/Hg en pacientes adultos normales esto según estudios epidemiológicos occidentales reportados por la Academia Americana de Oftalmología en 2011. En pacientes menores de 13 años de edad se consideran normales valores sobre los 13 mm/Hg (Ministerio de Salud Pública Del Ecuador, sf); en lactantes oscila entre los 12 y 15.9 mm/Hg esto dependiente de la técnica utilizada para su medición (Reddy & Alias, 2014). Según Sihota, Tuli, Dada, Gupta, y Sachdeva. (2006) en edades entre los 0 y 12 años de edad los valores medios de son de 12,02 mm/Hg con una desviación estándar de 1,79 mm/Hg. Claro que esto es meramente una conveniencia, porque la PIO está cambiando constantemente aproximadamente +/- 1 mm/Hg alrededor de una presión media a corto plazo con las fases de la presión arterial, aproximadamente otro +/- 1 mm Hg con las fases de la respiración y alrededor de una presión media a largo plazo con la hora del día y la estación del año (Kaufman & Alm, 2004). También hay otros factores que influyen en la variación de la PIO como son la posición del cuerpo al momento de la toma de la medida (existe una elevación cuando el paciente se encuentra en posición decúbito supino), el cierre forzado de los párpados, la ingesta de líquidos, el uso de fármacos sistémicos y tópicos o el consumo de sustancias como el alcohol y el cannabis, en estos dos últimos casos la presión tiende a disminuir (Academia Americana de Oftalmología, 2011-2012).

5.4. Tonometría

La tonometría consiste en la medida *indirecta* de la presión intraocular mediante la medición de la fuerza requerida para deformar el ojo. Esta medida puede ser estimada a través de diferentes equipos los cuales están clasificados según la forma como logran deformar las estructuras oculares (Alguire, sf).

Alguire (sf), describe que existen dos tipos principales de tonometrías: la tonometría de aplanación y la tonometría de indentación, sin embargo la Academia Americana De Oftalmología (2010), hace referencia a un tercer tipo que corresponde a la tonometría de no contacto en la cual se destacan la tonometría de rebote y la tonometría neumática.

La tonometría por aplanación se basa en el principio de ImberFick que afirma que para una esfera ideal, seca y de paredes finas la presión en su interior (P) es igual a la fuerza necesaria para aplanar su superficie (F) dividida entre el área de aplanamiento (A) (es decir, $P = F/A$). La PIO es proporcional a la presión aplicada al globo (en la práctica la córnea) y el espesor de las paredes del globo (es decir, el espesor de la córnea, que es variable) (Academia Americana de Oftalmología, 2011-2012).

La tonometría de rebote consiste en la utilización de un tonómetro que tiene una estructura con dos muelles coaxiales que impulsan una sonda magnetizada hacia el tejido corneal, este instrumento tiene la capacidad de medir la desaceleración que sufre la sonda al entrar en contacto con la córnea y esto es lo que permite medir la presión intraocular (López et al., 2007).

En cuanto a la tonometría neumática su principio básicamente consiste en dirigir una pequeña corriente de aire hacia la córnea con el fin de conseguir aplanarla, la medida de la presión de aire, en función del tiempo, necesaria para aplanar la

superficie de la córnea dará el valor de la presión intraocular (Márquez, Oroz & Lopez, 2003).

5.4.1. Tonómetro de aplanación de Goldmann

Como su nombre lo indica es un tonómetro de aplanación, que mide la fuerza necesaria para aplanar el tejido corneal, específicamente un área de 3.06 mm de diámetro. Determina la presión intraocular en milímetros de mercurio, está compuesto por un prisma que divide la imagen en dos semicírculos los cuales permiten al examinador determinar el área aplanada con precisión. En su implementación se indica el uso de fluoresceína para teñir la película lagrimal y la superficie ocular, de este modo se tiene una mejor observación de los semicírculos los cuales se tienen que desplazar hasta hacer coincidir sus bordes internos (figura 1) (Academia Americana De Oftalmología, 2011-2012).

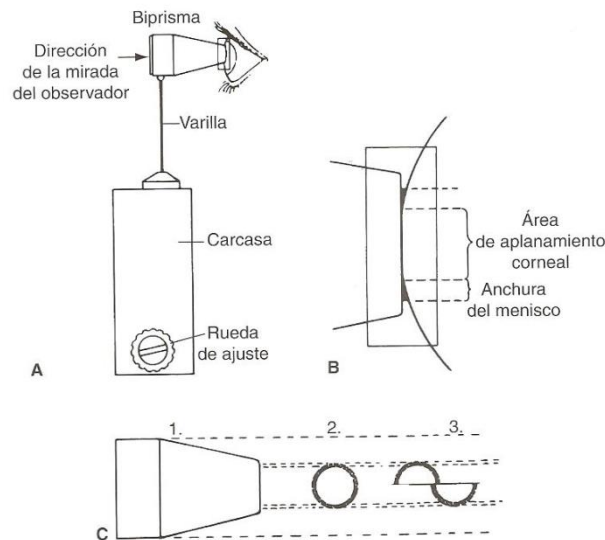


Grafico 1. Esquema de un tonómetro de aplanación de Goldmann (A) características básicas del tonómetro, (B) vista del menisco de la película lagrimal creado por el contacto entre la córnea y el prisma. (C) vista a través del prisma en el cual se observan los dos semicírculos (tomado de la Academia Americana De Oftalmología, 2011- 2012).

5.4.2. Tonómetro TONO-PEN XL

Este instrumento electrónico y portátil emplea un transductor microscópico que convierte la PIO, obtenida mediante pequeños contactos sobre la superficie corneal, en ondas eléctricas que a su vez son analizadas por un microchip. Se realizan 4 lecturas sucesivas y automáticamente el Tono-Pen calcula la media y la desviación estándar. Los datos aparecen en una pantalla digital de fácil lectura. Es un instrumento de pequeño tamaño (63,76 g de peso y 18,4 cm de longitud) (figura 2) (Márquez, Oroz & Lopez, 2003).

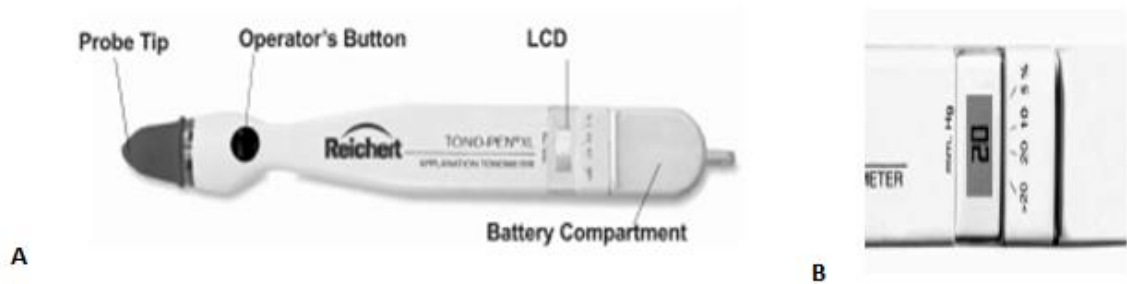


Grafico 2. Imagen del tonometro TONO-PEN XL (A) se observan las partes principales del tonometro: sonda o punta de medida, botón de operación, pantalla LCD y compartimiento para las baterías. (B) imagen de la pantalla LCD donde se puede observar el valor en mm/Hg de la presión intraocular. (Tomado de Reichert, 2012).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Objetivos

6.1.1 objetivo general: Comparar los valores de presión intraocular tomada con Goldmann y TONO- PEN XL en niños de 6 a 15 años.

6.1.2. Objetivos específicos

- Comparar los datos obtenidos presión intraocular con respecto a los datos reportados en la literatura.
- Establecer si existen cambios en los valores de PIO relacionados con la edad.

6.2. Tipo de investigación Estudio descriptivo de cohorte transversal.

6.3. Población: Niños entre 6 y 15 años de la ciudad de Bogotá que asistieron a consulta a la unidad de Optometría Pediátrica de la Clínica de la Universidad de La Salle.

6.4. Muestra poblacional: Se evaluaron un total de 25 pacientes tanto en ojo derecho como en ojo izquierdo es decir un total de 50 ojos con cada tonómetro, la muestra fue elegida a conveniencia.

6.5. Criterios de inclusión: Niños de 6 a 15 años usuarios de la Clínica de la Universidad de La Salle.

6.6. Criterios de Exclusión: Los criterios de exclusión incluyeron pacientes con afectación corneal (queratoconjuntivitis, úlceras, Post quirúrgicos, ectasias corneales, leucomas, edemas), pacientes con conjuntivitis y/o blefaritis bacteriana, hipertensión ocular, anormalidades del segmento anterior, usuarios de lentes de contacto al momento de la consulta, historial farmacológico de uso de esteroides

dentro de los 4 meses anteriores al examen, glaucoma, anormalidades del disco óptico y pacientes poco colaboradores.

6.7. Procedimiento

- Los padres o acudientes de los pacientes evaluados fueron informados en detalle sobre los procedimientos que se iban a realizar. Posteriormente, firmaron un consentimiento en el cual autorizaban la realización de la prueba. De igual manera los pacientes firmaron un asentimiento informado.
- Antes de aplicar las pruebas se realizó una evaluación del estado de la superficie ocular con el fin de descartar cualquier alteración que pudiera afectar los resultados del examen y la integridad del paciente.
- Siguiendo los protocolos establecidos para cada técnica se realizó la evaluación de la presión intraocular con ambos equipos.
- El tonómetro TONO-PEN XL se calibro todos los días antes de iniciar las pruebas y sólo se registraron mediciones con un nivel de confiabilidad del 95%.
- Se realizó una tabla en Excel, la versión utilizada fue Excel Microsoft office profesional plus 2013, la tabla contiene la siguiente información: Nombre y apellidos del paciente, edad, número de documento de identidad, nombre del acudiente, teléfono de contacto, valores de presión intraocular de ojo derecho y ojo izquierdo con ambos aparatos, estado de la superficie ocular antes y después de realizar la prueba y conducta.
- Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente primero de modo descriptivo, posteriormente se realizó una prueba F para varianzas de dos muestras con el fin de determinar si existía una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos con los dos aparatos y finalmente, se realizó una comparación de las medias correspondientes a los resultados de cada técnica con respecto a los datos existentes en la literatura.

6.8. Aspectos éticos

Teniendo en cuenta que se trata de una investigación en seres humanos los protocolos de los procedimientos fueron previamente aprobados por el COMITÉ DE ETICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD DE LA SALLE por medio del acta de evaluación N° 008 del 26 de marzo de 2015, adicionalmente la presente investigación se rigió de acuerdo a las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud establecidas en la resolución 008430 de 1993 como también de Los principios éticos promulgados por la declaración de HELSINKY según la cual en investigaciones médicas con seres humanos, el bienestar de la persona que participa en la investigación debe primar sobre cualquier otro interés.

7. ANALISIS DE RESULTADOS

7.1. Descripción de la población

7.1.1. Descripción de la población según la edad

La edad mínima fue 7 años y la edad máxima 15, la edad promedio 10,12 años de edad.

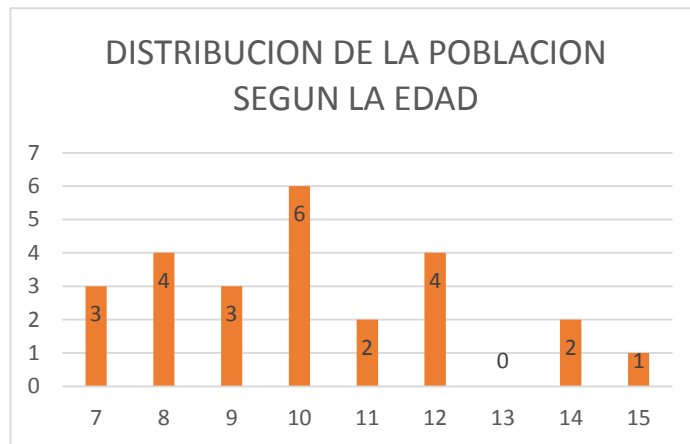


Gráfico.3 Distribución de la población según la edad.

7.1.2. Descripción de la población según género

Se evaluó la presión intraocular de 50 ojos (25 pacientes) de los cuales 15 eran mujeres equivalentes al 60% y 10 eran hombres equivalentes al 40%.

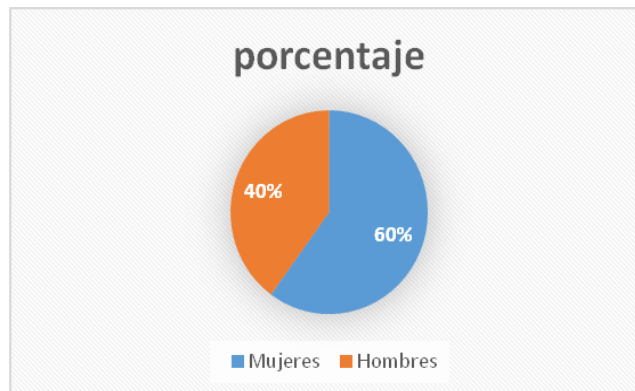


Grafico 4. Distribución porcentual de la población según género.

7.2. Estadística descriptiva

ESTADISTICA DESCRIPTIVA			
GOLDMANN		TONOPEN XL	
PROMEDIO	12,28	PROMEDIO	18,22
MEDIANA	12	MEDIANA	18
MODA	12	MODA	18
PERCENTIL95	14	PERCENTIL95	22
DESVIACION ESTANDAR	1,21	DESVIACION ESTANDAR	2,23
COEFICIENTE DE VARIACION	9,88%	COEFICIENTE DE VARIACION	12,26%
VALOR MINIMO	11	VALOR MINIMO	14
VALOR MAXIMO	18	VALOR MAXIMO	23

Tabla 1. Estadística descriptiva

En este cuadro de estadística descriptiva se encuentra el análisis de cada una de las técnicas aplicadas. El promedio, producto de la suma de todos los valores obtenidos en la aplicación de cada técnica dividido entre el número de evaluaciones, la mediana que es el número central de un conjunto de números, la moda que hace referencia al valor que más se repitió entre los resultados obtenidos en cada una de las pruebas, el percentil 95 el cual indica que el 95% de los valores está por debajo de este valor, la desviación estándar la cual indica

la media de distancia que tiene los datos con respecto a su promedio o media aritmética, el coeficiente de variación que es la misma desviación estándar expresada en porcentaje, el valor mínimo o valor menor y el valor máximo o valor mayor.

7.3. Prueba F para varianza de dos muestras

Prueba F para varianzas de dos muestras		
	<i>TONO-PEN XL</i>	<i>Goldmann</i>
Media	18,22	12,28
Varianza	4,991428571	1,471020408
Observaciones	50	50
Grados de libertad	49	49
F	3,393174251	
P(F<=f) una cola	1,79171E-05	
Valor crítico para F (una cola)	1,607289463	

Tabla 2. Prueba F para varianzas de dos muestras

Según la prueba F para varianzas de dos muestras y teniendo en cuenta que el valor F es mayor que el valor crítico se rechaza la hipótesis nula, Según la cual no existe diferencia entre la variabilidad entre las mediciones con el método de TONO-PEN XL y la variabilidad del método de Goldmann y se acepta la hipótesis alternativa según la cual si existe una diferencia estadística entre los valores de PIO obtenidos con TONO- PEN XL con respecto a los valores obtenidos con el Tonometro de Goldmann.

8. DISCUSIÓN

Antes de empezar a desarrollar esta investigación se planteó la necesidad de buscar una técnica para medir la presión intraocular que fuera reproducible, repetible, útil, sencilla y confiable, que pudiera emplearse de una manera más práctica en pacientes menores de edad. Como se ha mencionado anteriormente en la actualidad la tonometría de Goldmann es la técnica estándar para evaluar la presión intraocular, sin embargo, también se ha hecho constante referencia sobre las desventajas de esta (Bhartiya, Jindal, Sharma, Chaturvedi & Dada, 2011).

En los últimos años han surgido nuevas técnicas y equipos que han ido ganando popularidad y son hoy ampliamente utilizadas en el diagnóstico y monitoreo del glaucoma, (Bhartiya, 2011) siendo este el caso de equipos como el PT 100, el Icare, el corvis ST y el Tonopen XL (Lasseck, Jehle, Feltgen & Lagreze, 2008).

El TONO-PEN XL se presenta entonces como una alternativa frente a la tonometría de Goldman, presumiendo ciertas características que lo hacen más indicado que la misma tonometría de Goldmann. Se considera que el TONO-PEN XL puede reducir la variación de la presión intraocular relacionada con el factor aplanación dado que su área de aplanación es mucho menor que la de la tonometría de Goldmann, adicional a esto, esta técnica es más segura para el paciente pues reduce el tiempo de contacto con la córnea, además emplea unos protectores de latex estériles que cubren la punta del tonómetro los cuales se cambian para cada uno de los pacientes (Bhartiya et al., 2011).

Teniendo en cuenta los objetivos planteados en la investigación y de acuerdo a los resultados obtenidos se puede evidenciar que hubo una diferencia estadística entre los valores dados por el tonómetro TONO-PEN XL respecto a los valores dados por el tonómetro de Goldmann. Además, clínicamente el resultado demostró una diferencia entre los datos obtenidos con cada una de las técnicas.

Para la investigación realizada por Bradfield, Kaminski, Repka y Melia (2012), no existió una diferencia estadísticamente significativa sin embargo si existió una diferencia clínica notoria la cual tiene relación directa con respecto al rango de presión intraocular. Cuando la presión intraocular se encuentra en un rango menor a los 11 mm/Hg los datos obtenidos con el TONO-PEN XL tienden a ser infravalorados con respecto a la tonometría de Goldmann, mientras que para un rango de presión intraocular entre los 11 y los 20 mm/Hg la presión intraocular con TONO-PEN XL tiende a ser sobrevalorada, lo que coincide con los resultados del presente trabajo.

Para esta investigación la diferencia entre los promedios de las dos técnicas fue de 5,95 mm/Hg siendo siempre mayores los valores obtenidos con el TONO-PEN XL, en un rango de presión intraocular entre 11-23 mm/Hg. Según Minckler et al. (1987), la presión intraocular con TONOPEN XL es 1.7 mm/Hg mayor que la tonometría de Goldman en un rango de presión intraocular entre 6 – 24 mm/Hg, sin embargo, este estudio fue realizado en adultos. Para Bradfield, Kaminski, Repka y Melia (2012), en presiones intraoculares que se encontraban en el rango de 11-20 mm/Hg la diferencia entre los dos equipos era de 3,0 mm/Hg con una desviación estándar con respecto a la media aritmética de 6,4, la cual para la presente investigación fue de 2,07.

En cuanto a las limitaciones del estudio realizado, se debe mencionar que una de las principales fue la disponibilidad en términos de tiempo de los pacientes, dado que esto no permitió realizar pruebas retest con ninguna de las técnicas, lo que sugiere que de haberse realizado estas repeticiones se hubiera podido obtener resultados más veraces. Por otro lado, con relación al objetivo en el que se quería establecer si existían cambios en los valores de PIO relacionados con la edad, se debe mencionar que no fue posible realizar este análisis debido a dos razones: primero el tamaño de la muestra la cual era pequeña y el segundo tiene que ver con que no se pudieron establecer rangos de edad que permitieran hacer esta

comparación debido a que la mayor parte de pacientes se encontraba en un mismo grupo de edad.

9. CONCLUSIONES

- Aunque existe una diferencia estadística esta no permite sugerir que el TONO-PEN XL no es un equipo fiable, sin embargo la diferencia clínica existente es importante y debe ser tomada en cuenta por parte del examinador al momento de utilizar este equipo. Aunque existen casos en los cuales aun teniendo en cuenta la diferencia, los valores de PIO siguen siendo muy elevados lo que podría generar confusión en el examinador.
- Se encontró una gran correlación entre los valores de las medias obtenidas dentro de la aplicación de las dos pruebas con respecto a las medias de presión intraocular reportadas en la literatura.
- Según lo percibido por los examinadores los pacientes mostraron una mayor aceptación hacia la tonometría realizada con Tonopen XL.

10.RECOMENDACIONES

Sería de gran interés, realizar estudios posteriores a este, en los cuales:

- Se realice esta misma investigación pero con una muestra más grande.
- Se comparen equipos diferentes a los tonómetros de contacto, como es el caso del tonómetro ICARE.
- Se analicen pacientes con alteración de la presión intraocular.
- Se tengan en cuenta factores que pueden influir en la medida de la PIO como los son: El espesor corneal y la posición del paciente al momento de realizar el examen.

11. BIBLIOGRAFÍA

Academia Americana de Oftalmología. (2010). *Glaucoma*. San Francisco.

Academia Americana de Oftalmología. (2011-2012). *Glaucoma*. España, Barcelona, Editorial Elsevier.

Alguire, P. Tonometry recuperado el 21 de abril de 2014 de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK222/>

AlMubrad, T. (May, 2011). Performance of the PT 100 noncontact tonometer in healthy eyes. *Clinical Ophthalmology* 2011:5 661–666. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3104795/pdf/opth-5-661.pdf>.

Bhartiya, S.; Jindal, S.; Sharma, R.; Chaturvedi, N. & Dada, T. (Enero 2011). *Comparative evaluation of TonoPen AVIA, Goldmann applanation tonometry and non-contact tonometry*. New Delhi, India.

Bradfield, Y.; Kaminski, B.; Repka, M. & Melia, M. (Junio, 2012). *Comparison of TonoPen and Goldmann applanation tonometers for measurement of intraocular pressure in healthy children*. American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. Published by Mosby.

Kaufman, P. & Alm, A. (2004). *Adler fisiología del ojo: aplicación clínica (10ª ed)*. Madrid, España, editor Elsevier.

Kanski, J. (2004). *Oftalmología Clínica (5ª ed)*. Madrid España, Editorial Elsevier, (p. 199).

- Kumar, V.; Abbas, A.; Fausto, N. & Aster, J. (2002). *Robins y Cotran: Patología estructural y funcional*. Madrid, España. (p.1435).
- Lasseck, J.; Jehle, T.; Feltgen, N. & Lagreze, W. (14 de junio 2008). *Comparison of intraocular tonometry using three different non-invasive tonometers in children*. Publicado 14 junio de 2008, Alemania.
- López, C.; Contreras I.; Muñoz, F.; Rebolleda G.; Cabrejas. L. & Marcelo, P. (Mayo de 2007) Tonometría de rebote en la práctica clínica. Comparación con tonometría de aplanación. Madrid, España. *arch soc esp oftalmol* ; 82: 273-278
- Marquez, A.; Oroz, F. & Lopez, A. (Abril 2003). *Estudio comparativo de dos Tonómetros portátiles: Tono-Pen XL y Perkins*. *Arch Soc Esp Oftalmol* v.78 n.4 Madrid.
- Minckler, DS.; Baerveldt, G.; Heuer, DK.; Quillen-Thomas, B.; Walonker, AF. & Weiner, J. (1987). Clinical evaluation of the Oculab Tono-Pen. *Am J Ophthalmol*. 1987; 104:168–173. [PubMed: 3618714]
- Ministerio de salud pública del ecuador Guía Para La Atención Primaria Oftalmológica Infantil. Recuperado el 24 de abril de 2014. <file:///C:/Users/casa/Downloads/guiaoftalmol%C3%B3gicainfantil.pdf>
- Montero de Espinosa, I.; Márquez de Aracena, R. & Morales, C. (2006). *Tratamiento de la hipertensión ocular infantil con colirio de brimonidina 0,2%*. *ArchSocEspOftalmol*, Vol.81 No.3. Madrid. Recuperado el 13 de marzo de 2012, de: <http://www.oftalmo.com/seo/archivos/maquetas/2/67C5BB43-DDE9-DC09-828B-0000597D3942/articulo.html>.
- Moreno, J.; Sádaba, L. & Heras, H., (2005). *Medición de presión intraocular con el tonómetro Proview*. Recuperado el 13 de marzo de 2012, de: <http://www.oftalmo.com/seo/archivos/maquetas/5/6F75BAEE-E1B3-5FC8-9A1B-000064765BB5/articulo.html>.

Ogbuehi, K.; Chijuka, J. & Osuagwu, U. (August, 2011). Two-position measurement of intraocular pressure by PT 100 noncontact tonometry in comparison with Goldmann tonometry. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3180489/pdf/oph-5-1227.pdf>

Reichert, inc. (2012). *Tono-pen XL Tonometer user's guide*. Recuperado de <http://doclibrary.com/MS167/PRM/68E3441-Rev-F-XL-UG-T3612.pdf>.

Reddy SC. & Alias, R. (2014). Tono-pen measurement of intraocular pressure under topical anaesthesia in full term normal newborns.7(1):92-94

Sihota, R.; Tuli, D.; Dada, T.; Gupta, V. & Sachdeva, M. (2006). *Distribution and Determinants of Intraocular Pressure in a Normal Pediatric Population*. Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus, New Delhi, India. Volume 43.

12. ANEXOS

12.1. Procedimiento Tonometría de Goldmann

1. Explicar el procedimiento al paciente.
2. Limpiar con yodo povidona o peróxido de hidrogeno el punto de contacto del cono del tonómetro
3. Aplicar anestésico tópico en el saco conjuntival de ambos ojos y esperar 5 o 10 segundos al efecto de la gota.
4. Aplicar fluoresceína en el saco conjuntival de ambos ojos.
5. Ubicar al paciente en la lámpara de hendidura con la frente y el mentón bien apoyados en la frentonera y la mentonera.
6. Con el filtro azul cobalto proyectar oblicuamente el prisma, el prisma se centra en el frente del ápice de la córnea.
7. El prisma se avanza hacia el ojo hasta que toque el ápice de la córnea.
8. Observar un patrón de dos semicírculos, uno por encima y por debajo de la horizontal en una línea media, que representan la fluoresceína manchada sobre la película lagrimal.
9. El dial del tonómetro se gira para alinear el interior de las márgenes de los semicírculos.
10. La lectura en el tablero, multiplicado por 10 es igual a la presión intraocular.
Forma de anotación: el dato obtenido en el tambor, multiplicado por 10; registrar en unidades de milímetros de mercurio (mm/hg).

Ojo derecho: 10 mm/hg Ojo izquierdo: ____ 11 mm/hg: ____

Este procedimiento de medida de la presión intraocular con el Tonómetro De Aplanación De Goldmann fue tomado del protocolo de atención de la clínica de la universidad de la Salle elaborado en el 2011.

12.3. Procedimiento Tonometría con TONO-PEN XL

1. Explicar el procedimiento al paciente.
2. Aplicar anestésico tópico en el saco conjuntival de ambos ojos y esperar 5 o 10 segundos al efecto de la gota.
3. Indique al paciente que mire hacia adelante en el objetivo de fijación con Su / sus ojos completamente abiertos.
4. Sujete la unidad XL Tono-Pen como si fuera un lápiz.
5. Colóquese en posición para facilitar la visualización del lugar donde se pone en contacto la punta de la sonda y la córnea del paciente, en corneas sanas se recomienda el contacto corneal central
6. Apoye el talón de su mano en la mejilla del paciente para la estabilidad mientras se mantiene la unidad de Tono-Pen XL perpendicular hacia y dentro de ½ pulgadas de la córnea del paciente. (Véase la Figura 6 para el posicionamiento correcto.)
7. Para iniciar una medición de la PIO, presione el botón del operador una vez, y sólo una vez.
8. Inicialmente podrás ver una breve presentación de [8.8.8.8]. Esta es una prueba automática de la pantalla LCD (Liquid Crystal Display). Si alguno de los segmentos de la pantalla no se muestran, el Tono-Pen requiere servicio.
9. Si una pantalla momentánea de [CAL] es visto, seguido inmediatamente por una Sola fila de guiones [---], indica que el Tono-Pen requiere calibración antes de que se mida.
10. Si una doble fila de guiones [====] se ve y un tono "beep " es oído, indica que el Tono-Pen está listo para medir la PIO. Proceda con aplanamiento en 15 segundos.
11. Una vez activado, después se visualiza [====] y un tono "beep " es oído acerce el Tono-Pen XL a la córnea del paciente hasta hacer contacto, luego retírela. Repetir el mismo procedimiento varias veces. No se requiere indentación esta puede dar lugar a lecturas inexactas.

12. Un sonido sonará y aparecerá una medición de la PIO digital cada vez que se obtenga una lectura válida. En la parte inferior de la pantalla LCD hay una barra que indica la fiabilidad estadística.

13. Después de cuatro (4) medidas se obtienen lecturas válidas, un pitido final, sonará y la medición promediada aparecerá en la pantalla LCD junto con la única barra que indica la fiabilidad estadística.

Nota: Si una sola fila de guiones [----] aparece en la pantalla LCD después de la Pitido final, se recogió un número insuficiente de lecturas válidas. Si esto ocurre, repita el procedimiento de examen del paciente, a partir del paso 1.

13. Para tomar otra medida, reactivar la unidad de Tono-Pen XL presionando y soltando el interruptor de activación tal como se describe en el paso 7.

14. Vuelva a colocar la cubierta de punta Ocu- Film antes de utilizar el Tono-Pen XL unidad en otro paciente y antes de guardarlo.

Nota: Si no se reactiva dentro de los 25 segundos, la unidad Tono-Pen XL se apagará automáticamente y la pantalla se borrará , colocando el dispositivo en modo de reposo , para ahorrar batería . Si esto ocurre, activar el TONO PEN XL pulsando el Botón del Operador una vez.

Nota: Si no se coloca la cubierta de punta Ocu-Film entre los pacientes puede dar lugar a lecturas poco fiables de la PIO al permitir a los desechos entrar en la conjunto transductor (Reichert, 2012).