

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA MANUEL HUAMÁN GUERRERO**  
**ESCUELA DE RESIDENTADO MÉDICO Y ESPECIALIZACIÓN**



**ASOCIACIÓN ENTRE HISTÉRESIS CORNEAL Y PROGRESIÓN DE  
GLAUCOMA EN EL HOSPITAL MARÍA AUXILIADORA ENTRE JULIO  
DE 2018 Y JUNIO 2019.**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN OFTALMOLOGÍA.**

**PRESENTADO POR RUBI PUMACAYO QUISPEHUAMAN**

**ASESOR**

**JOSÉ PEREZ AVELLANEDA, MÉDICO OFTALMÓLOGO**

**LIMA PERÚ**

**2021**

## **INDICE**

<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	3
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2 Formulación del problema.....	4
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
Identificar las características epidemiológicas.....	4
1.4 Justificación del estudio .....	4
1.5 Limitaciones .....	5
1.6 Viabilidad .....	5
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	6
2.1 Antecedentes de Investigación.....	6
2.3 Definiciones Conceptuales .....	16
2.4 Hipótesis.....	16
<b>CAPITULO III METODOLOGÍA</b> .....	16
3.1 Tipo de Estudio .....	16
3.2 Diseño de investigación .....	16
3.3 Población y muestra.....	17
3.3.1 Población .....	17
3.3.2 Tamaño de la muestra .....	17
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	18
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	19
3.6 Procesamiento y plan de análisis de datos .....	19
3.7 Aspectos éticos .....	19
<b>CAPÍTULO IV RECURSOS Y CRONOGRAMA</b> .....	20
4.1 RECURSOS.....	20
4.2 CRONOGRAMA.....	20
4.3 PRESUPUESTO .....	21
<b>Bibliografía</b> .....	23
<b>ANEXOS</b> .....	27
Anexo 1 .....	27
Anexo 2 .....	28
Tabla de recolección de datos.....	28

## **CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

La discapacidad visual es un problema de salud pública que afecta a gran parte de la población a nivel mundial. Se define como una limitación funcional de uno o ambos ojos o del sistema visual (1). Dentro de uno de esos problemas es responsable el glaucoma. La Organización Mundial de la Salud estima que el número de personas ciegas por glaucoma en el 2002 fue de 4,4 millones (12,3% de personas ciegas en el mundo) (2), he ahí la importancia de su detección temprana y tratamiento.

El presente trabajo busca evaluar un relativamente nuevo método tecnológico que apoyen el diagnóstico y herramientas que nos permitan predecir qué parámetros llevarían a la progresión del glaucoma, dentro de ellas tenemos a la histéresis corneal (CH) que se define como la capacidad corneal de absorber y disipar energía (3), como también al factor de resistencia corneal (CRF) el cual es un indicador de la resistencia global de la córnea (4). Por lo tanto, es importante encontrar la relación que existe entre la histéresis corneal y la progresión del glaucoma porque de esta manera se puede seleccionar a aquellos pacientes con este índice alterado y así evaluar la posibilidad de ofrecer tratamientos médicos más intensivos o quirúrgicos de manera más temprana.

En un estudio de Ying Hong se concluyó que una presión intraocular corregida más alta y una histéresis corneal bastante bajo se asocia con la progresión del campo visual en pacientes con glaucoma normotensivo (5). Hazem Helmy analizó la biomecánica corneal con un Analizador de Respuesta Ocular donde concluyó que la Histéresis corneal, Factor de resistencia corneal eran predictores muy fuertes de glaucoma normotensivo para la progresión del glaucoma (6).

En un estudio en pacientes con glaucoma a tensión normal se concluyó que las propiedades biomecánicas se correlacionan con la progresión de daño en el campo

visual (7). Un estudio que refuerza esta idea que las propiedades biomecánicas de la córnea estarían incluso involucradas en otras patologías, es el de Spörl donde concluyó que los cambios en CH y CRF reflejarían enfermedades de la córnea como queratocono y glaucoma (8).

Con este respaldo se pretende realizar un análisis en nuestro medio con estos indicadores innovadores de modo que se pueda tener más herramientas para predecir que paciente podría tener una peor progresión en el glaucoma, ya que como se mencionó es un problema de salud pública, y en nuestro país cerca del 2% de la población padece de esta enfermedad (9), cabe mencionar que el Hospital María Auxiliadora es el principal centro de referencia de Lima Sur recibiendo un aproximado de 2000 pacientes por mes (10).

## 1.2 Formulación del problema

¿Cuál es la asociación entre histéresis corneal y la progresión de glaucoma en pacientes atendidos en el Servicio de Oftalmología del Hospital María Auxiliadora entre julio del 2018 y junio 2019?

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo general

Determinar la asociación entre histéresis corneal y la progresión de glaucoma en pacientes, atendidos del Servicio de Oftalmología del Hospital María Auxiliadora entre julio del 2018 y junio 2019.

### 1.3.2 Objetivos específicos

Identificar las características epidemiológicas.

Determinar la medida de histéresis corneal.

Precisar la progresión en DM en el campo visual.

## 1.4 Justificación del estudio

Se sabe que en nuestro país la cantidad de atenciones aumenta lo que va conforme con la patología oftalmológica donde las cataratas y el glaucoma

aumentan considerablemente a partir de los 50 años <sup>(11)</sup>. La importancia de preservar la salud ocular en el paciente es que tienen niveles de empleos más bajos, lo que da como resultado ingresos anuales más bajos (12), es ahí la importancia de buscar más parámetros para ampliar herramientas que nos permitan cuidar y alertar a los pacientes de llegar a la ceguera la cual es irreversible en el caso del glaucoma.

Cabe recalcar que en la actualidad no contamos con estudios similares en la institución ni a nivel nacional, lo cual enfatiza la importancia de este estudio.

#### 1.5 Limitaciones

- a) Alto costo para realización de exámenes (Ocular Response Analyzer).
- b) Evaluación de progresión del glaucoma.
- c) Integridad de la córnea.
- d) Historias clínicas incompletas.
- e) Disponibilidad de las instituciones para desarrollar los exámenes auxiliares.

#### 1.6 Viabilidad

Se solicitará autorización a la Institución para realizar la investigación y se contará con el apoyo de los especialistas. Se accederá al archivo de historias clínicas del Hospital María Auxiliadora a través de la base de datos del Click View y CIE-10.

Se realizarán las pruebas de Análisis de Respuesta Ocular (ORA) en el Instituto Oftalmosalud y el Instituto Nacional de Oftalmología mediante un acuerdo entre las instituciones.

## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de Investigación**

En un estudio prospectivo, longitudinal, se evaluó el rol de la histéresis corneal como factor de riesgo de progresión en el campo visual. Se evaluaron 114 ojos con glaucoma seguidos por 4 años, la CH se evaluó con el Analizador de Respuesta Ocular de modo que se comprobó que por cada 1 mmHg que la CH disminuía, el campo visual progresaba en un 0,25 % por año; por lo cual sugieren considerar a CH como un factor de progresión en pacientes con glaucoma (13).

En un estudio de Liang, analizó la relación de las características de la histéresis corneal y su relación con el glaucoma, donde halló que las personas con glaucoma de ángulo abierto, ángulo cerrado, tensión normal, congénita; tenían valores más bajos que las personas normales además que un valor bajo de CH puede resultar también en un index bajo en el campo visual, así mismo se concluyó que la CH puede ser utilizado como un predictor de riesgo de glaucoma (14).

En un estudio de Park y Shin evaluaron la relación entre las propiedades biomecánicas y los parámetros estructurales en pacientes recientemente diagnosticados y glaucoma a tensión normal. Se evaluó histéresis corneal (CH), factor de resistencia corneal (CRF), espesor corneal central (CCT) entre otros. Se halló que la CH y CRF fueron significativamente más bajos en ojos glaucomatosos avanzados y con ello también que la CH estuvo directamente asociada al área de anillo, volumen de anillo y grosor de capa de fibras nerviosas de la retina y que todo esto era independiente del grosor corneal, edad y la presión intraocular (15).

Murphy y Pokrovskaya, compararon la medida de CH en pacientes con glaucoma, hipertensión ocular y discos ópticos seudoglaucomatosos en 123 pacientes, donde resultó que valores más altos de CH en pacientes seudoglaucomatosos comparados al glaucoma, pacientes con hipertensión ocular tenían valores más altos de CH que los pacientes con glaucoma. Así concluye que la CH alto podría tener un efecto protector frente al desarrollo de

glaucoma (16).

En una revisión de Deol se discutió los hallazgos respecto a la histéresis corneal que estaría asociada al riesgo y progresión de glaucoma, en la cual citan estudios donde una CH baja estaría asociada con daño de nervio óptico y riesgo de progresión estructural y funcional en glaucoma, es así que mencionan que la CH podría estar fuertemente asociado con la presencia de glaucoma, riesgo de progresión más que el espesor corneal (17).

En un estudio de Nathan, donde se estudiaron 49 pacientes con fotografías documentadas de hemorragia de disco para determinar la relación con la histéresis corneal, se concluyó que una histéresis corneal baja y un gran radio vertical de la copa de disco están independientemente asociados a las hemorragias de disco. Esto sugiere utilizar la histéresis corneal como un marcador de anomalía de nervio óptico y así evaluar la progresión del glaucoma (18).

Larae Zimprich e investigadores realizaron una revisión de diversos artículos que respaldan la relación entre la histéresis corneal y el glaucoma en aspectos como factor de riesgo, gravedad, progresión del glaucoma en un campo visual entre otros, de esa manera concluyeron en la importancia de este parámetro al momento de tomar decisiones quirúrgicas (19).

En un estudio de Tais Estrela y colaboradores analizaron la relación entre las asimetrías de las propiedades corneales y las asimetrías en las tasas de progresión del glaucoma, en la cual después de un análisis multivariado, la variable histéresis corneal resultó estar significativamente asociada con la progresión asimétrica dejando así sentado la importancia de ésta para la progresión del glaucoma (20)

Bianca N Susanna y colaboradores realizaron un estudio de 4 años de seguimiento y así determinar los factores de riesgo para progresión en el campo visual de pacientes con glaucoma en ojos con presión intraocular controlada, demostrando así que la cuarta parte de los pacientes del estudio con un PIO bien controlada podían tener cambios en el campo visual relacionado a progresión y

que la córnea delgada y la histéresis corneal eran los principales factores de riesgo (21).

En un estudio de Kyoung Min Lee e investigadores, evaluaron la asociación de la histéresis corneal con la curvatura de la lámina cribosa en pacientes con glaucoma de ángulo abierto, donde analizaron una serie de variables tales como histéresis corneal, factor de resistencia corneal, PIO corregida y el índice de curvatura de la lámina cribosa visto por tomografía de coherencia óptica que por un análisis multivariado se concluyó que una histéresis corneal baja se relacionó con una lámina cribosa más curvada y de esta manera establecería una base que la histéresis corneal representaría un riesgo para el desarrollo y progresión de glaucoma (22).

## 2.2 Bases Teóricas

### Definición

El glaucoma representa un grupo de enfermedades que tienen por definición a una neuropatía óptica característica que coincide con la excavación y el debilitamiento de los elementos del tejido conectivo y neural del disco óptico y por el desarrollo eventual de patrones distintivos de disfunción visual.

### Epidemiología

El glaucoma primario de ángulo abierto (GPAA) representa un importante problema de salud pública. La prevalencia que se estima de GPAA en los Estados Unidos en personas mayores de 40 años es de 1,86%.

La OMS estimó que la población mundial de personas con presión intraocular alta (> 21 mm Hg) es de 104,5 millones. La incidencia de GPAA se estimó en 2,4 millones de personas por año. La prevalencia de ceguera para todos los tipos de glaucoma se estimó en más de 8 millones de personas, de las cuales la mitad representa el tipo causado por GPAA. Se calcula que el glaucoma es responsable en teoría del 12,3% de la ceguera. Esto hace que el glaucoma sea la segunda causa principal de ceguera en todo el mundo, después de las cataratas (23).

## Patogénesis de neuropatía óptica

La pérdida de células ganglionares de la retina (CGR) es un evento característico en el glaucoma. La pérdida de campo visual mayormente sucede en un patrón arqueado para coincidir con la ubicación del daño dentro de la fibra del nervio retiniano y la cabeza del nervio óptico. Estas observaciones clínicas nos proporcionan evidencia determinante de que los eventos fisiopatológicos que inician la pérdida de CGR ocurren en la cabeza del nervio óptico. Los cambios secundarios, como las hemorragias en la capa de la fibra nerviosa retiniana peripapilar, la desviación posterior de la lámina cribosa o la pérdida de tejido criboso con el desarrollo de fosas en la cabeza del nervio óptico, se asocian al empeoramiento de la visión.

El conocimiento de los factores de riesgo clínico para el desarrollo de glaucoma ha sido importante para dar forma a nuestra visión de los eventos que ocurren en la cabeza del nervio óptico en esta enfermedad.

La edad avanzada sigue siendo el mayor factor de riesgo (pero intratable) de todos riesgos tratables, la presión intraocular elevada es la más fácil de reconocer, pero es probable que la ametropía y el tamaño del disco óptico también jueguen un rol importante. Además, hay pruebas fidedignas de que el suministro de sangre de la cabeza del nervio óptico influye en la supervivencia de las células ganglionares de la retina (24).

## Glaucoma de ángulo Abierto

El glaucoma primario de ángulo abierto (GPAA) es una neuropatía óptica crónica, lentamente progresiva, con patrones característicos de daño del nervio óptico y que por ende llevan a una pérdida del campo visual. El glaucoma primario de ángulo abierto no presenta los factores de riesgo que se identifican en los glaucomas secundarios de ángulo abierto, tales como la dispersión de pigmento en el glaucoma pigmentario o el material exfoliativo observado en el síndrome de pseudoexfoliación. Además de la presión intraocular elevada (PIO) como factor de riesgo importante para el GPAA; existen otros factores, como la presión de

perfusión ocular inferior, raza, grosor corneal central bajo (TCC), mayor edad y antecedentes familiares positivos, que también contribuyen al riesgo de desarrollar esta enfermedad. GPAA es un proceso de enfermedad multifactorial con numerosos contribuyentes, susceptibilidad y factores de protección que pueden incluir anomalías axonales o ganglionares, trastornos de la matriz extracelular de la lámina cribosa y metabolismo celular.

GPAA tiene las características de tener un inicio insidioso, lentamente progresivo e indoloro. En su gran mayoría es bilateral, pero puede ser bastante asimétrico ya que la visión central no se compromete hasta el final de la enfermedad. La pérdida del campo visual, medida por la perimetría automatizada estándar, puede ser grave antes de que se observen los síntomas. Para el diagnóstico del GPAA se necesita la evaluación de la estructura del disco óptico y el campo visual (23).

### Glaucoma de Ángulo Cerrado

En el glaucoma de ángulo cerrado (GAC) primaria, aunque se sabe que la resistencia al flujo de salida acuoso aumenta, las estructuras adyacentes a la malla trabecular no aumentan la resistencia al flujo de salida acuoso y la resistencia anómala al flujo de salida está en la misma malla.

Principalmente, los GAC se dividen en 2 categorías principales: primaria y secundaria cierre de ángulo. Las categorías están subdivididas por la etiología, sintomatología, y el tiempo de duración de cada una de las enfermedades. En el cierre de ángulo primario, no hay una patología causante pero lo que si podemos identificar es la predisposición anatómica para que ocasiona el bloqueo pupilar. En cambio, en el cierre de ángulo secundario, si encontramos una causa identificable, como un cristalino intumesciente, neovascularización del iris, inflamación crónica, una migración endotelial corneal, o un crecimiento epitelial que inicia el cierre del ángulo (23).

### Factores de Riesgo

Edad Avanzada:

Este es un factor de riesgo muy importante para el desarrollo de GPAA y su progresión. Se encontró que en el estudio *Baltimore Eye Survey* que la prevalencia de glaucoma aumentaba exponencialmente con la edad, en especial en las personas de raza negra, superando el 11% en aquellos de 80 años o más. Además, en el estudio Colaborativo de Tratamiento de Glaucoma Inicial (CIGTS, por sus siglas en inglés), encontraron que los defectos en el campo visual tuvieron 7 veces más probabilidades de progresar en aquellos pacientes de 60 años o más que en los menores de 40 años.

## TONOMETRIA

La presión intraocular se calcula por medir la fuerza requerida para aplanar un área de la córnea (tonometría de 'aplanación'). Esto se deriva del área de aplanación, el cual se derivó de la experimentación empírica y el principio de Imbert-Fick.

El principio nos dice que la presión (P) de un cuerpo de fluido encapsulado dentro de una esfera es directamente proporcional a la fuerza (W) necesaria para aplanar un área

(A) de la esfera:

$$W = PA (10^{-1})$$

El principio se mantiene siempre que la superficie que engloba el fluido sea completamente delgada, perfectamente elástica, seca y perfectamente flexible y que la única fuerza que actúa sobre ella sea la superficie aplanadora, pero al extrapolar esto a la córnea, ninguna de estas suposiciones es cierta. Goldmann tuvo que modificar la ecuación ya que iba a tomar en cuenta las características corneales (un espesor, rigidez medible y fuerzas de atracción capilar de la película lagrimal precorneal). Se asumió que, en ausencia de algún problema corneal, el grosor corneal central (TCC) no variaba mucho de 500  $\mu\text{m}$ .

La fórmula modificada incluyó factores que explican la resistencia de la córnea a la aplanación y la acción de la tensión superficial del menisco lagrimal en el

prisma del tonómetro:

$$W + s = PA + b \quad (10-2)$$

Donde W = fuerza del tonómetro

s = tensión superficial de precorneal, película lagrimal,

P = presión intraocular,

A = área de aplanación

b = rigidez / resistencia corneal a la flexión.

Las fuerzas de tensión se cancelan aproximadamente cuando el área aplanada llega a 7,35 mm<sup>2</sup> y es así que, al aplanar esta área, una fuerza de 0,1 g se corresponde con una PIO de 1 mmHg.

La tonometría de aplanación de Goldman (TAG) es el estándar de referencia para la tonometría. El tonómetro está adherido a la lámpara de hendidura y está disponible en una forma de mano modificada (el tonómetro Perkins). Cuando se examina a través de la lámpara de hendidura, podemos ver que la imagen del menisco lagrimal fluorescente es dividida en dos anillos semicirculares. Una rueda marcada numéricamente al lado del tonómetro se ajusta para variar la fuerza que se aplica al ojo, y esto hace que los anillos se junten o se separen, el objetivo es que los bordes internos de los anillos entren en contacto.

En 1965 se sugirió usar prismas desechables y que esta manera se reduciría el riesgo de infección por el tonómetro de contacto. Alternativamente, se pueden usar prismas TAG con cubiertas desechables. Habría que tener en cuenta que para el uso de estas modificaciones es necesaria su precisión comparativa y su acuerdo con TAG utilizando el prisma estándar (25).

## CAMPO VISUAL

El punto de referencia moderno utilizado para medir el campo visual en el

glaucoma es la perimetría automatizada estándar (SAP). Se han hecho muchas investigaciones en las que concluyen que la pérdida de campo visual por glaucoma se detecta una manera más confiable con la perimetría automatizada a diferencia que con la perimetría de Goldman.

La sensibilidad de la luminancia está determinada por una matriz fija de puntos de prueba que varían en la intensidad del estímulo hasta que solo se ve cada ubicación de prueba: y a este punto se le conoce como umbral. El paciente no percibirá un estímulo luminoso presentado por debajo del umbral, a diferencia de que sí lo detectará si está por encima del umbral. La unidad para la sensibilidad de umbral se expresa en decibelios (dB) el cual indica la forma expresada de logaritmos de la intensidad de la luz en una escala lineal, cabe mencionar que valores de aproximadamente 30 dB son normales. Estos son valores relativos los cuales no se pueden comparar con otras perimetrías de distintas marcas.

El perímetro SAP es un estándar que ayuda a medir los defectos del campo visual en glaucoma, este produce resultados expresados en números los cuales son distribuidos en una cuadrícula de puntos. (26).

## PATRONES EN CAMPO VISUAL

No existe una regla para la disposición del patrón de pérdida en el campo visual, pero esta seguiría la ubicación de las capas de fibra nerviosa de la retina, es así que las fibras de la retina temporal son las más propensas a dañarse y esto produce defectos en el hemisferio superior mayormente. Los escotomas arqueados se producen por daños aislados en las áreas que comprometen los 10° a 20°.

Otra configuración importante de la pérdida temprana puede ser el "escalón nasal", esto lleva a una asimetría en la sensibilidad de la retina a ambos lados de la línea media horizontal temporal. A medida que el glaucoma se cronifica puede involucrar a los dos hemisferios.

Se cree que se producen otros patrones de pérdida, como la exposición o el

aumento de la mancha ciega y la depresión generalizada de la sensibilidad del campo, pero estos son signos no específicos de pérdida glaucomatosa. Para citar un ejemplo, la pérdida difusa puede ocurrir en diversas patologías que afectan la función visual, como la opacidad de lente intraocular y la catarata, y esta última a veces causa dificultades al tratar de determinar si un defecto del campo visual está empeorando en los siguientes controles del paciente. Las pruebas de campo involucran una cuadrícula 'cuadrada' de 6 puntos separados probados a 30 ° en el instrumento Humphrey (llamado 30-2), o el patrón 24-2 ligeramente más delimitado. Se utilizan distintas configuraciones para calcular los algoritmos de detección en la perimetría del umbral superior, donde es muy importante evaluar la extensión espacial del defecto. (26).

## PROGRESION DEL GLAUCOMA

El glaucoma es una neuropatía óptica progresiva que se define por los cambios estructurales característicos del nervio óptico los cuales se corresponden con cambios funcionales en el campo visual, ya que la pérdida de visión ocasionada es irrecuperable, se le está prestando mucha atención a la parte diagnóstica y a la detección temprana. Incluso con el apoyo de tecnología avanzada, los métodos para detectar la enfermedad glaucomatosa temprana son parcialmente efectivos. Los estudios han demostrado que la pérdida de la visión ocasionada por el glaucoma está relacionada con dificultades con las actividades de la vida diaria y esto puede desencadenar en accidentes de gran consideración.

Los cambios estructurales que se producen en el nervio óptico glaucomatoso suelen ser progresivos y, a menudo, asimétricos. Estos cambios los podemos observar en la papila óptica como resultado de una pérdida patológica de las fibras nerviosas, que en última instancia es el proceso que lleva a la pérdida irreversible de la visión.

Podemos estudiar diversos patrones característicos, los cuales pueden correlacionarse con una gran variedad de patrones y que a la vez pueden relacionarse con el patrón normal de la disposición de las fibras nerviosas en medida de cómo se irradian desde el disco óptico.

El tejido que rodea al nervio óptico se va adelgazando, el cual ocurre de manera focalizada, y esto lleva a muescas localizadas o de manera más dispersa, concéntrica. Podemos observar mayormente una formación vertical u oblicua del nervio óptico en la neuropatía óptica glaucomatosa.

A medida que progresa esta enfermedad, se observa un adelgazamiento del borde temporal siendo el borde nasal el último en ser afectado. Además, se verá que a medida que se produzca una pérdida axonal, la profundización de la copa del nervio óptico se hará más evidente, todo esto se acompaña de una inclinación hacia atrás y un colapso de la lámina cribosa (27).

#### ANALIZADOR DE RESPUESTA OCULAR

El analizador de respuesta ocular (ORA; Reichert Corporation; Nueva York, EE. UU.) este es un tonómetro de no contacto que mide la dinámica de la deformación

corneal por un pulso de aire.

La aplanación se logra por un pulso de aire que va directo a la córnea y este actúa como un disparador para apagar ese pulso de aire. Si hay un retraso en el tiempo, esto dará en un aumento adicional en la presión del aire que lleva de alguna manera a la indentación corneal.

Luego de llegar al pico, la presión de aire desciende drásticamente hasta terminar por desaparecer. Este instrumento realiza dos medidas, en las cuales; la primera fuerza aplanar la córnea a medida que va aumentando la presión del aire (aplanación 'force-in', P1) y luego viene la fuerza que lleva a que la córnea se aplane nuevamente cuando la presión de aire cae (aplanación 'forzada hacia fuera', P2).

Se conoce como histéresis corneal a la diferencia de presiones entre ambos eventos de aplanación. La histéresis corneal es una forma de medir directamente las propiedades biomecánicas de la córnea y puede describir de una mejor manera la contribución de la resistencia corneal a las mediciones de la PIO que el CCT.

Solo se realizan dos mediciones de las propiedades biomecánicas corneales, la histéresis corneal (CH) y el factor de resistencia corneal (CRF). Mientras que CH se determina como la diferencia absoluta entre las presiones de aplanación P1 y P2, el CRF se deriva de la fórmula  $(P1 - kP2)$ , en la cual "k" es una constante.

Se menciona que la CH refleja principalmente las propiedades viscosas de la córnea y que el CRF explica mejor las propiedades elásticas (25).

### 2.3 Definiciones Conceptuales

Sexo: El sexo es la determinación hecha a través de la aplicación de criterios biológicos para clasificar a las personas como hombres o mujeres (28).

Edad: Es el número de años transcurridos desde el nacimiento de la persona (29).

Histéresis Corneal: Representa la capacidad de amortiguamiento viscoso del tejido corneal. (30)

Factor de resistencia corneal: refleja la resistencia "global" de la córnea (30)

Progresión de glaucoma: Se definirá como una tasa promedio de desviación media (DM) en el campo visual de  $< -2.0$  dB/año en el mejor ojo (31).

### 2.4 Hipótesis

Valores bajos (menores de 12.36 mmHg) de resistencia corneal e histéresis corneal se asocia a una progresión de glaucoma en el campo visual en los pacientes con el diagnóstico de glaucoma en el Servicio de Oftalmología en el Hospital María Auxiliadora entre julio de 2018 y junio de 2019.

## **CAPITULO III METODOLOGÍA**

### 3.1 Tipo de Estudio

Retrospectivo, observacional.

### 3.2 Diseño de investigación

Descriptivo correlacional.

### 3.3 Población y muestra

#### 3.3.1 Población

Unidad: Paciente con glaucoma que presenta progresión en los campos visuales

Población: Todos los pacientes con progresión de glaucoma en los campos visuales.

En el servicio se han evaluado 1597 pacientes, asumiendo que el 30% de ellos progresa, podemos establecer que 480 de ellos conforman nuestra población en el estudio.

Criterios de inclusión:

Pacientes continuadores, mayores de 40 años de edad, con el diagnóstico de glaucoma de ángulo abierto, que tenga 2 campos visuales Humphrey 24-2, en intervalos de un año con una DM < 2 dB de diferencia, en tratamiento antiglaucomatoso

Criterios de exclusión:

Pacientes con historias clínicas incompletas o datos no concluyentes.

Pacientes con AV < 20/70.

Pacientes cuyo campo visual sea atribuido a otra causa diferente a glaucoma.

Pacientes con historia de algún tratamiento quirúrgico o láser

#### 3.3.2 Tamaño de la muestra

Se cuenta con una población de atendidos de 1597 pacientes al año aproximadamente (32). El cálculo se realizó con una calculadora de tamaño muestral GRANMO la cual ubicamos en la página web <https://www.imim.cat/ofertadeserveis/software-public/granmo/>.

El resultado fue que una muestra aleatoria de 226 individuos es suficiente para estimar, con una confianza del 95% y una precisión de +/- 5 unidades porcentuales, un porcentaje poblacional que previsiblemente será de alrededor

del 50%. En porcentaje de reposiciones necesaria se ha preveo que será del 10%.

### 3.3.3 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia.

### 3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ESCALA DE MEDICIÓN	TIPO DE VARIABLE RELACION Y NATURALEZA	CATEGORÍA O UNIDAD
Edad	Número de años del paciente al momento del diagnóstico de la enfermedad	Número de años indicado en la historia clínica	Razón Discreta	Independiente Cuantitativa	Años cumplidos
Sexo	Género orgánico	Género señalado en la historia clínica	Nominal Dicotómica	Independiente Cualitativa	0= Femenino 1= Masculino
Histéresis corneal baja	Representa la capacidad de amortiguamiento viscoso del tejido corneal.	Menor o igual de 12.36 mmHg medido en el ORA	Dicotómica	Independiente Cualitativa	0= Si 1= No
Progresión de glaucoma	Cambios estructurales en nervio óptico correspondientes en campo visual	< -2.0 dB/año en el mejor ojo	Dicotómica	Independiente Cualitativa	0= Si 1= No
Histéresis corneal	Representa la capacidad de amortiguamiento viscoso del tejido corneal.	Valor en mmHg medido en el ORA	Razón continua	Independiente Cuantitativa	mmHg

### 3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para recolectar la información de los registros médicos en las historias clínicas, utilizaremos una ficha de recolección de la información (ver anexo 1).

El estado de progresión se determinará observando el campo visual Humphrey 24 -2 SITA Fast, que acompaña a la historia clínica del paciente donde detalla la desviación media  $< -2.0$  dB/año en el mejor ojo. La medida de la histéresis corneal se determina en base a un tonómetro de no contacto donde se trabaja con un pulso de aire que deforma la córnea hacia adentro dando el primer momento de aplanación (P1) la cual es registrada, luego la presión de aire empieza a disminuir y esto hace que la córnea vuelva a su basal y así pasa por su segundo punto de aplanación (P2). Al final se calcula la diferencia entre P1 y P2, la cual nos da el valor de la histéresis corneal.

### 3.6 Procesamiento y plan de análisis de datos

Se realizará un análisis de correlación mediante el cálculo de chi cuadrado así mismo se organizará las variables en frecuencias relativas y absolutas, además se calculará medias, moda y mediana de las variables, todo esto se organizará en gráficos y tablas. Utilizaremos el programa estadístico informático SPSS para el procesamiento de datos.

### 3.7 Aspectos éticos

Se solicitará el permiso correspondiente al Hospital María Auxiliadora, presentando el proyecto de investigación ante el Comité Institucional de Ética en Investigación de la mencionada institución. Se protegerá los nombres de los pacientes ya que se asignará a las historias clínicas un número nuevo en la ficha de recolección de datos.

## CAPÍTULO IV RECURSOS Y CRONOGRAMA

### 4.1 RECURSOS

<b>A. Bienes</b>
Libros y separatas
Útiles de Oficina
Otros
<b>B. Servicios</b>
Fotocopias
Digitación
Recolección de Información
Anillados (5 juegos x S/. 3.00)
Encuadenación (5 juegos x S/.3.00)
Pasajes y refrigerios
Trabajo del investigador
<b>C. ORA</b>

### 4.2 CRONOGRAMA

	2019	2019	2019- 2020	2020	2020	2020	2020
Actividades	Feb	Mar	Jul- Jun	Ago	Sep	Oct	Nov
1. Rev. Bibliográfica	X	X					
2. Anteproyecto: Elaboración	X	X					
3. Revisión y Correcciones	x	X					
4. Elaboración de proyecto		X					

5. Aprobación de proyecto		X					
6. Recolección de Datos			x				
7. Preparación de resultados				X	x	x	
8. Procesamiento de datos				X	x	x	
9. Elaboración de conclusiones						x	
10. Redacción de informe						X	
11. Presentación de tesis							X
12. Documento a publicarse							X

#### 4.3 PRESUPUESTO

<b>A. Bienes</b>	<b>S/. 600.00</b>
Libros y separatas	200.00
Útiles de Oficina	300.00
Otros	100.00
<b>B. Servicios</b>	<b>S/. 1080.00</b>
Fotocopias	150.00
Digitación	100.00
Recolección de Información	150.00
Anillados (5 juegos x S/. 3.00)	15.00
Encuadenación (5 juegos x S/.3.00)	15.00
Pasajes y refrigerios	100.00

Trabajo del investigador	500.00
<b>C. ORA</b>	Convenio entre Instituciones

## Bibliografía

1. López C, Belalcázar S, Dávila F. Prevalencia del Glaucoma y su contribución a la discapacidad en Colombia. Socoftalm. Vol. 48 (2): 2015. p 175 -181.
2. Nolan W, Ly Yip J. Prevalence and geographical variations. Glaucoma. 2nd China: Elsevier; 2015. p. 1-10.
3. Del Buey Sayas M. Estudio de la biomecánica corneal: relación entre las propiedades biomecánicas corneales, determinadas mediante el Analizador de Respuesta Ocular ORA y la patología ocular. Tesis doctoral. Zaragoza: Universidad de Zaragoza, Departamento de Cirugía, Obstetricia y Ginecología; 2013. Report No.: ISSN 2254-7606.
4. Romero J, Bacardí PA, Páez Y, Romero LI, Alba Y, Gondres KM. Biomecánica corneal y glaucoma. Rev Cubana Oftalmol. 30 (3): 2017. p 1-11.
5. Hong Y, Shoji N, Morita T, Hirasawa K, Matsumura K, Kasahara M et al. Comparison of corneal biomechanical properties in normal tension glaucoma patients with different visual field progression speed. Int J Ophthalmol. Vol 9 (7): 2016. p 973-8.
6. Helmy H, Leila M, Zaki AA. Corneal biomechanics in asymmetrical normal-tension glaucoma. Clin Ophthalmol. Vol 18(10): 2016. p 503-10.
7. Park JH, Jun RM, Choi KR. Significance of corneal biomechanical properties in patients with progressive normal-tension glaucoma. Br J Ophthalmol. Vol 99(6): 2015. p 746-51.
8. Spörl E, Terai N, Haustein M, Böhm AG, Raiskup-Wolf F, Pillunat LE. Biomechanische Zustand der Hornhaut als neuer Indikator für pathologische und strukturelle Veränderungen [Biomechanical condition of the cornea as a new indicator for pathological and structural changes]. Ophthalmologe. Vol 106(6): 2009.p 512-20.
9. El Comercio. Glaucoma: un 2% de los peruanos tiene dicha enfermedad. El Comercio. [Online] [consultado 12 mar 2017]. Disponible en <https://elcomercio.pe/lima/glaucoma-2-peruanos-dicha-enfermedad-144371-noticia>.

10. Compendio Estadístico "H. M.A en cifras" 1er semestre 2013. Compendio Estadístico. Lima: Hospital María Auxiliadora, Oficina de Estadística e Informática; 2013.
11. Sánchez LA. La Salud Ocular en el Perú 92. Informe de Investigación. Lima: Congreso de la República, Área de Servicios de Investigación; 2014.
12. Kiang L, Lee P. Economics of Glaucoma Care. Glaucoma. 2<sup>nd</sup>. China: Elsevier; 2015. p. 20-29.
13. Medeiros FA, Meira-Freitas D, Lisboa R, Kuang TM, Zangwill LM, Weinreb RN. Corneal hysteresis as a risk factor for glaucoma progression: a prospective longitudinal study. *Ophthalmology*. Vol 120(8): 2013. p 1533-40.
14. Liang L, Zhang R, He LY. Corneal hysteresis and glaucoma. *Int Ophthalmol*. Vol 39 (8):2019. p 1909-1916.
15. Park K, Shin J, Lee J. Relationship between corneal biomechanical properties and structural biomarkers in patients with normal-tension glaucoma: a retrospective study. *BMC Ophthalmol*. Vol 18(1): 2019. p 7.
16. Murphy ML, Pokrovskaya O, Galligan M, O'Brien C. Corneal hysteresis in patients with glaucoma-like optic discs, ocular hypertension and glaucoma. *BMC Ophthalmol*. Vol 17(1): 2017. p 1.
17. Deol M, Taylor DA, Radcliffe NM. Corneal hysteresis and its relevance to glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol*. Vol 26(2): 2015. p 96-102.
18. Radcliffe NM, Tracer N, De Moraes CGV, Tello C, Liebmann JM, Ritch R. Relationship between optic disc hemorrhage and corneal hysteresis. *Can J Ophthalmol*. Vol 55(3): 2020. p 239-244.
19. Zimprich L, Diedrich J, Bleeker A, Schweitzer JA. Corneal Hysteresis as a Biomarker of Glaucoma: Current Insights. *Clin Ophthalmol*. Vol 10(14): 2020. p 2255-2264.
20. Estrela T, Jammal AA, Mariottoni EB, Urata CN, Ogata NG, Berchuck SI, Medeiros FA. The Relationship Between Asymmetries of Corneal Properties and Rates of Visual Field Progression in Glaucoma Patients. *J Glaucoma*. Vol 29(10): 2020. p 872-877.
21. Susanna BN, Ogata NG, Jammal AA, Susanna CN, Berchuck SI, Medeiros

- FA. Corneal Biomechanics and Visual Field Progression in Eyes with Seemingly Well-Controlled Intraocular Pressure. *Ophthalmology*. 2019; 126(12):1640-1646.
22. Lee KM, Kim TW, Lee EJ, Girard MJA, Mari JM, Weinreb RN. Association of Corneal Hysteresis With Lamina Cribrosa Curvature in Primary Open Angle Glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Vol 60(13): 2019.p 4171-4177.
  23. Cioffi G, Durcan J, Girkin C, Gupta N, Piltz-Seymour J, Samuelson T, et al Glaucoma. En: Ann McGuire. American Academy of Ophthalmology. Section 10. Italy: Elsevier; 2015.
  24. Morgan J. Pathogenesis of Glaucomatous Optic Neurophaty. En: Humayra Rahman Khan. Glaucoma. 2nd. China: Elsevier; 2015. p. 57-66.
  25. Kotecha A, Sheng K, Hirn C, Garway-Heath D. Tonometry and Intraocular, Pressure Fluctuation. Glaucoma. 2nd. China: Elsevier; 2015. p. 98-108.
  26. Crabb DP. Visual Fields. En: Humayra Rahman Khan. Glaucoma. 2nd. China: Elsevier; 2015. p. 109-124.
  27. Song BJ, Caprioli J. Measuring Glaucoma Progression in Clinical Practice. Glaucoma. 2nd. China: Elsevier; 2015. p. 268-276.
  28. Grassi MPL. Evolución del concepto de género. Informe Expositivo. Valparaiso: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Departamento de Estudios, Extensión y Publicaciones; 2017. p 1-7.
  29. García AM, Salazar AM. Análisis del concepto de envejecimiento. Gerokomos. Vol 25(2): 2014. p 57-62.
  30. James D Brandt, Roberts CJ. The Impact of Central Corneal Thickness and Corneal Biomechanics on Tonometry. Glaucoma. 2nd. China: Elsevier; 2015. p. 201-208.
  31. Waisbourd M, Sanvicente CT, Coleman HM, Sieburth R, Zhan T, Gogte P, et al. Vision-related Performance and Quality of Life of Patients With Rapid Glaucoma Progression. *J Glaucoma*. 2019 Mar;28(3):216-222. doi: 10.1097/IJG.0000000000001179. PMID: 30624386. Waisbourd M et al. Vision-related Performance and Quality of Life of Patients With Rapid Glaucoma Progression. *J Glaucoma*. 2019; 28(3):216-222.

32. Hospital María Auxiliadora. Compendio Estadístico. Informe Estadístico.  
Lima: Hospital María Auxiliadora, Oficina de Estadística e Informática; 2019.

## ANEXOS

### Anexo 1

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Cuál es la asociación entre histéresis corneal y la progresión de glaucoma en pacientes atendidos en el Servicio de Oftalmología del Hospital María Auxiliadora entre julio del 2018 y junio 2019?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b> ¿Cuáles son las características epidemiológicas? ¿Cuál es la histéresis corneal promedio? ¿Cuál es la progresión de glaucoma en el campo visual?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Determinar la asociación entre histéresis corneal y la progresión de glaucoma en pacientes atendidos del Servicio de Oftalmología del Hospital María Auxiliadora entre los años 2018 y 2019.</p> <p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b> Identificar las características epidemiológicas. Determinar la histéresis corneal. Precisar la progresión del glaucoma en el campo visual.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Histéresis corneal</p> <p>Indicadores de la V.I. Factor de resistencia corneal. Presión intraocular corregida</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Progresión de glaucoma</p> <p>Indicadores de la V.I. DM en campo visual Determinación de la agudeza visual Valoración de nervio óptico.</p>	<p>Diseño de Investigación:</p> <p>Retrospectivo, observacional. Descriptivo correlacional.</p> <p>Población y Muestra Población Todos los pacientes con progresión de glaucoma en los campos visuales. Muestra: muestra aleatoria de 226 individuos es suficiente para estimar, con una confianza del 95% y una precisión de +/- 5 unidades porcentuales</p>

