



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE MEDICINA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN OFTALMOLOGÍA
HOSPITAL "DR. MIGUEL PÉREZ CARREÑO"

**CAMBIOS EN LA BIOMECÁNICA CORNEAL Y PRESIÓN INTRAOCULAR POST
ESCLERECTOMÍA PROFUNDA NO PENETRANTE O LA TRABECULECTOMÍA**

Trabajo Especial de Grado que se presenta para optar al título de especialista en
oftalmología

María Corina del Valle Ponte-Dávila

Caracas, mayo 2022



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE MEDICINA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN OFTALMOLOGÍA
HOSPITAL "DR. MIGUEL PÉREZ CARREÑO"

**CAMBIOS EN LA BIOMECÁNICA CORNEAL Y PRESIÓN INTRAOCULAR POST
ESCLERECTOMÍA PROFUNDA NO PENETRANTE O LA TRABECULECTOMÍA**

Trabajo Especial de Grado que se presenta para optar al título de especialista en
oftalmología

María Corina del Valle Ponte-Dávila

Tutora: Yubisai del Rosario Acevedo Loreto

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	10
MÉTODOS	23
RESULTADOS	27
DISCUSIÓN	28
REFERENCIAS	33
ANEXOS	37



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE MEDICINA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Medicina de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el Trabajo de Grado presentado por: María Corina del Valle Ponte-Dávila Stolk, Cedula identidad 11736635 bajo el título CAMBIOS EN LA BIOMECANICA CORNEAL Y LA PRESION INTRAOCULAR POST ESCLERECTOMIA PROFUNDA NO PENETRANTE O TRABECULECTOMIA. a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de Oftalmólogo HOSPITAL MIGUEL PEREZ CARREÑO (HMPC), dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 3 de mayo de 2020 a las 7 pm para que María Corina Ponte-Dávila lo defendiera en forma pública, lo que esta hizo en conexión directa vía zoom, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió aprobarlo, sin hacerse solidario con la idea expuesta por la autora, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los días 3 de mayo de 2022, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como coordinadora del jurado Lorena Villarreal.

Jecce Pardo Arrieche / CI 6912208.
Institución Domingo Luciani
Jurado

Marco Tulio Álvarez Blanco / CI 6550663
Institución Miguel Pérez Carreño
Jurado

Yubisai Acevedo Loreto / CI 12337688
Institución Miguel Pérez Carreño
Tutora

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR
PARA LA ENTREGA DEL TRABAJO ACADÉMICO
EN FORMATO IMPRESO Y FORMATO DIGITAL

Yo, Yubisai del Rosario Acevedo Loreto portador de la Cédula de identidad N° 12337688, tutor del trabajo: CAMBIOS EN LA BIOMECANICA CORNEAL Y LA PRESION INTRAOCULAR POST ESCLERECTOMIA PROFUNDA NO PENETRANTE O TRABECULECTOMIA, realizado por el (los) estudiante (es) María Corina del Valle Ponte-Dávila Stolk

Certifico que este trabajo es la versión definitiva. Se incluyó las observaciones y modificaciones indicadas por el jurado evaluador. La versión digital coincide exactamente con la impresa.



Firma del Profesor

En Caracas, a los 31 días del mes de mayo de 2022

Autorización para la publicación electrónica

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE MEDICINA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

AUTORIZACIÓN PARA LA DIFUSIÓN ELECTRONICA DE TRABAJO ESPECIAL DE GRADO,
TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD DE MEDICINA.
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA.

Yo, **María Corina Ponte-Davila Stolk** autora del trabajo o tesis, **CAMBIOS EN LA BIOMECANICA CORNEAL Y LA PRESION INTRAOCULAR POST ESCLERECTOMIA PROFUNDA NO PENETRANTE O TRABECULECTOMIA**, presentado para optar: **Título de Oftalmólogo**.

Autorizo a la Facultad de Medicina de la Universidad Central de Venezuela, a difundir la versión electrónica de este trabajo, a través de los servicios de información que ofrece la Institución, sólo con fines de académicos y de investigación, de acuerdo a lo previsto en la Ley sobre Derecho de Autor, Artículo 18, 23 y 42 (Gaceta Oficial N° 4.638 Extraordinaria, 01- 10-1993).

Si autorizo

X	Si autorizo
	Autorizo después de 1 año
	No autorizo
	Autorizo difundir sólo algunas partes del trabajo
Indique:	

Firma autor



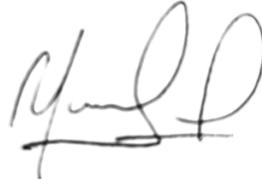
C.I. No. 11.736.635

e-mail: ponte.corina@gmail.com

En Caracas, a los 30 del mes de mayo de 2022.

Nota: En caso de no autorizarse la Escuela o Coordinación de Estudios de Postgrado, publicará: la referencia bibliográfica, tabla de contenido (índice) y un resumen descriptivo, palabras clave y se indicará que el autor decidió no autorizar el acceso al documento a texto completo.

La cesión de derechos de difusión electrónica, no es cesión de los derechos de autor, porque este es intransferible.



Yubisai del Rosario Acevedo Loreto

CI: 12.337.688

e-mail: miaraloreto@gmail.com

Tutora



Marco Tulio Álvarez Blanco

CI: 6.550.663

e-mail: mtalvarez64@gmail.com

Director del programa de especialización en oftalmología



Sonia Ojea

CI: 11.932.880

e-mail: soniaojea@gmail.com

Coordinadora del programa de especialización en oftalmología

Dedicatoria

A Dios por tantas bendiciones en mi vida
A mi esposo y mis hijos por el amor y el apoyo en cada reto de mi vida.
A mi mamá, por el ejemplo y desde el cielo abrirme caminos,
A mi papa por su apoyo, empuje y constancia.

CAMBIOS EN LA BIOMECÁNICA CORNEAL Y PRESIÓN INTRAOCULAR POST ESCLERECTOMÍA PROFUNDA NO PENETRANTE O LA TRABECULECTOMÍA

María Corina Ponte-Davila Stolk CI 11.736.635 Sexo: Femenino, E-mail: ponte.corina@gmail.com. Movíl, +51 951079663 Dirección: Calle la Guayanita, Antímano La Yaguara. Programa de Especialización en Oftalmología

Tutora: **Yubisai del Rosario Acevedo Loreto**. CI.12337688, E-mail: miaraloreto@gmail.com Telf.: +58 414 1198236 Dirección: Calle la Guayanita, Antímano La Yaguara. Especialista en Oftalmología

RESUMEN

Objetivo: Evaluar los cambios de la presión Intraocular y la biomecánica corneal en el postoperatorio de trabeculectomía convencional o esclerectomía profunda no penetrante asistida con class (EPNP CLASS). **Métodos:** estudio retrospectivo en pacientes con glaucoma primario de ángulo abierto requirieron trabeculectomía convencional en el 2013 y los que se realizó EPNP CLASS en el 2015. Se calculó la media y la desviación standard de PIO, PIOg, PIOcc, HC, FRC en el preoperatorio y al año de postoperatorio. **Resultados:** 29 pacientes, 16 pacientes operados de trabeculectomía y 13 EPNP CLASS. La media de la edad fue de 68.7 ± 7.2 y de 62.7 ± 7.2 ; 7 respectivamente. La trabeculectomía PIO con Goldman fueron preop 21.06 ± 7.42 , al año la PIO fue de 14.13 ± 1.41 . Las medidas con el ORA fueron PIOg preop 19.43 ± 6.66 y al año 14.19 ± 1.59 . Las PIO CC preop 22.36 ± 6.64 y al año 17.14 ± 2.04 . La CH preop 7.64 ± 1.35 y al año 8.13 ± 1.08 y el CRF preop 9.2 ± 1.7 y al año 8.84 ± 1.7 . En EPNP CLASS la media de la PIO con Goldman fue preop 23.54 ± 12.0 , al año fue de 13.62 ± 1.4 . Las medidas con el ORA fueron PIOg preop 20.76 ± 9.2 y al año 14.19 ± 1.59 ; Las PIO CC pre 23.36 ± 8.3 y al año 15.29 ± 2.2 ; La CH pre 7.74 ± 1.81 y al año 8.08 ± 1.09 y el CRF pre 8.84 ± 1.7 y al año 8.39 ± 1.16 . **Conclusión:** Ambas técnicas disminuyen la presión intraocular siendo la PIO y PIOg más bajas que las PIO cc y la HC y FRC solo aumentaron levemente

PALABRAS CLAVE: trabeculectomía, biomecánica corneal, presión intraocular.

ABSTRACT

Objective: To evaluate postoperative changes in intraocular pressure and corneal biomechanics in patients with primary open-angle glaucoma who underwent conventional trabeculectomy or non-penetrating deep sclerectomy assisted with CO2 laser. (NPS CLASS) **Methods:** A retrospective study was conducted in patients with primary open-angle glaucoma not controlled by medication who required conventional trabeculectomy in 2013 and those who underwent NPS CLASS in 2015. The variables of IOP, IOPg, IOPcc, HC, FRC preoperatively and one year postoperatively. **Results:** 29 patients, 16 patients operated on trabeculectomy and 13 NPS CLASS. Trabeculectomy, mean age was 68.7 ± 7.2 and 62.7 ± 7.2 ; 7 respectively. The IOP with Goldman was 21.06 ± 7.42 preop, at one year the IOP was 14.13 ± 1.41 . The measurements with the ORA were IOPg preop 19.43 ± 6.66 and at one year 14.19 ± 1.59 . CC IOP preop 22.36 ± 6.64 and at one year 17.14 ± 2.04 . The CH preop 7.64 ± 1.35 and at one year 8.13 ± 1.08 and the CRF preop 9.2 ± 1.7 and at one year 8.84 ± 1.7 . In NPS CLASS, the mean IOP with Goldman was 23.54 ± 12.0 preop, at one year it was 13.62 ± 1.4 . The measurements with the ORA were IOPg preop 20.76 ± 9.2 and at one year 14.19 ± 1.59 ; CC IOP before 23.36 ± 8.3 and at one year 15.29 ± 2.2 ; The HC pre 7.74 ± 1.81 and at one year 8.08 ± 1.09 and the CRF before 8.84 ± 1.7 and at one year 8.39 ± 1.16 . **Conclusion:** Both techniques decrease intraocular pressure, with IOP and IOPg lower than IOP cc and HC and FRC only slightly increased

KEY WORDS: trabeculectomy, corneal biomechanics, intraocular pressure.

INTRODUCCIÓN

El glaucoma es la primera causa de ceguera irreversible a nivel mundial, en estadios iniciales el glaucoma se controla con medicamentos, sin embargo, en los casos moderados o avanzados no se puede controlar con medicamentos siendo necesario una cirugía para evitar su progresión. Durante las últimas décadas las cirugías más realizadas han sido la trabeculectomía y la esclerectomía profunda no penetrante para el control de las presiones intraoculares.¹ Estas cirugías están acompañadas de incisiones en la córnea que pueden variar las características estructurales de la misma.

El glaucoma como enfermedad y su buen control de la presión intraocular representan un problema de salud pública de gran importancia por su repercusión en la visión y por su prevalencia; siendo la presión intraocular el factor principal a evaluar para evitar la progresión en estos pacientes.

Planteamiento y delimitación del problema

El Glaucoma es una enfermedad crónica y silenciosa que causa ceguera en estadios avanzados. El factor principal que determina la progresión de la enfermedad es la presión intraocular, cuyo valor incrementado no produce síntomas visuales hasta que el daño avanza, provocando contracción del campo visual que puede llegar a visión tubular y por último la ceguera irreversible.³

El valor de la Presión Intraocular (PIO) es influenciada por las propiedades biomecánicas de la córnea como lo son la elasticidad y la viscosidad, a partir de estas, se derivan términos como la histéresis corneal (CH) y el Factor de Resistencia Corneal (CRF)². Siendo conocido que la CH y el CRF son además signos de progresión en los glaucomas crónicos.²

Estudios recientes han demostrado que variaciones en la CH y el CRF pueden ocurrir posterior a cirugías de glaucoma, donde se evidencia que el CH puede aumentar y el CRF disminuir transitoriamente; al existir cambios en la biomecánica corneal: En este sentido, la investigación se plantea como interrogante científica: el

valor registrado de la presión intraocular estará afectado en el postoperatorio de los pacientes con glaucoma y resultar menos confiable para evaluar la progresión de la enfermedad?.⁷

Justificación e Importancia

En los últimos años ha habido un interés particular en el comportamiento de la biomecánica corneal en los pacientes con glaucoma ya que se ha demostrado que influye en el cálculo de la presión intraocular (PIO) medida por el tonómetro de aplanación de Goldman que es el más usado a nivel mundial. Se sabe que el grosor corneal afecta el valor de la PIO de este tonómetro. Las Histéresis Corneal y el factor de Resistencia Corneal están alterados en los pacientes con Glaucoma y representan un signo de progresión. Múltiples factores pueden afectar la biomecánica corneal: edad, grosor, curvatura corneal, cirugías láser, cirugías intraoculares donde se realizan incisiones en la córnea entre ellas las cirugías de glaucoma. La Biomecánica Corneal es un factor importante a estudiar en el postoperatorio de pacientes con glaucoma ya que cualquier alteración en la misma compromete el valor de las presiones intraoculares registradas y por consiguiente su correcto control con la finalidad de evitar progresión.⁶

Al considerar estos conceptos se puede afirmar que es importante estudiar los cambios postoperatorios de la biomecánica corneal en las cirugías de glaucoma en especial la trabeculectomía que es la cirugía gold standard a nivel mundial. La esclerectomía profunda no penetrante asistida por láser de CO2 es una técnica que se está utilizando cada vez más en Europa y que tiene como ventaja que al ser una cirugía no penetrante, no se entra en cámara anterior por ello se presentan menos incisiones en córnea, menos complicaciones postoperatorias como menor incidencia de cámaras estrechas, menor inflamación por lo que se conserva mejor la agudeza visual.¹⁸

En la actualidad existen estudios que analizan diferentes técnicas, pero en nuestro conocer no existe ningún estudio que compare los cambios en la biomecánica y la presión intraocular en el control postoperatorio en estas dos técnicas específicamente.

Antecedentes

Teruyo et al, en el 2007 publicaron un artículo sobre el efecto de la edad en las propiedades de la biomecánica corneal y su efecto en las mediciones de la presión intraocular en las 24 horas del día. Midieron pacientes entre 50-80 años y evidenciaron que a pesar que la histéresis corneal y el factor de resistencia corneal disminuyen con la edad estos parámetros no afectan la medida de la presión intraocular en las 24 horas. La paquimetría no cambia al aumentar la edad. ²⁶

En el 2008, Raciha Beril Kucumen et al, al evaluaron el comportamiento de biomecánica corneal y la presión intraocular en pacientes a los que se les realizó facoemulsificación de catarata con implante de lente intraocular evidenciando cambios temporales en la histéresis corneal y el factor de resistencia corneal que se normalizaron a los 3 meses y en el caso de la presión intraocular si se evidenció la tendencia a disminuir 2-3 mm hg. ²⁷

En el 2010, Gedden Steven J et al en su estudio multicéntrico TVT compararon la trabeculectomía con mitomicina C y el implante de Baerveldt (350 mm) y un seguimiento a 3 años evidenciaron un mejor control de la presión intraocular en la trabeculectomía en los primeros 3 meses postoperatorios, un buen control de la PIO por los dos primeros años pero luego requieren alto número de medicamentos. El implante de Baerveldt evidenció buen control de la presión intraocular a partir del tercer mes hasta los 3 años de seguimiento con menor necesidad de gotas a los 3 años. Las complicaciones fueron más frecuentes en la trabeculectomía. ²⁸

Kirwan j.F et al, en el 2013, evaluaron la eficacia y efectividad de la trabeculectomía a dos años en 428 ojos en un estudio multicéntrico en el Reino Unido. Observaron un buen control de la presión intraocular, un 87 % de los pacientes tuvieron la presión intraocular " a 21 mmhg y el 78 % de los pacientes " a 18 mmhg con una baja tasa de complicaciones por debajo del 10%. Los pacientes requirieron un cuidado postoperatorio frecuente. ²⁹

En Irán, Pakravan et al en el 2014, realizaron un estudio prospectivo para evaluar la biomecánica corneal en pacientes con glaucoma operados de diferentes procedimientos quirúrgicos para glaucoma, definiendo específicamente los cambios

obtenidos posterior a cirugía de trabeculectomía, faco-trabeculectomía, facoemulsificación sola e implante Valvular de Ahmed. En todos los casos encontraron que la histéresis corneal y el factor resistencia Corneal aumento a los 3 meses postoperatorio posterior al control de la Presión Intraocular.³

En el 2016, Dan Ching Wen et al, realizaron a un grupo de 41 pacientes esclerectomía profunda no penetrante asistida con el láser de CO2, lo dividieron en dos grupos a uno se le realizó adicionalmente la facoemulsificación de catarata y al otro no se le realizó. Evidenciaron que en ambos grupos hubo reducción significativa de la presión intraocular y del número de medicamentos que utilizaban.³⁰

Greifner et al en el 2016. Compararon la esclerectomía profunda no penetrante asistida con láser de CO2 (EPNP Asistida con CO2) y la esclerectomía profunda no penetrante sin asistencia (EPNP) con 58 pacientes que dividieron en dos grupos evidenciándose un buen control de la presión intraocular en ambos casos con una tasa de éxito de 71% y 89% respectivamente, poca tasa de complicaciones con un seguimiento a 12 meses.⁵

Casado et al, en el 2017, Comparan las diferencias en la biomecánica corneal entre la trabeculectomía convencional y la esclerectomía profunda no penetrante reporta que los ojos sometidos a este último presentaron valores mayores de histéresis Corneal y Factor de Resistencia Corneal durante el postoperatorio.⁴

En el 2018, Izquierdo et al publicaron estudio comparando los resultados obtenidos con la esclerectomía profunda no penetrante asistida con laser de CO2 (EPNP Asistida con CO2) y la trabeculectomía convencional. Estudiaron 70 ojos divididos en dos grupos, evidenciaron un buen control de la presión intraocular, con un porcentaje de reducción de 37 % aproximado en ambos grupos, sin embargo, el grupo de de EPNP asistida con CO2 presentó mejor agudeza visual y menor número de complicaciones.³¹

En el 2019, Gabai et al publicaron un metanálisis donde comparan la trabeculectomía y la esclerectomía profunda no penetrante con un seguimiento a 2 años y concluyen que la trabeculectomía es más efectiva en el control de las presiones pero presenta mayor riesgo de complicaciones³²

Marco Teórico

Biomecánica corneal.

La córnea es un tejido complejo formado de fibras de colágeno y matriz extracelular de glicosaminoglicanos y proteoglicanos, la relación entre los componentes permite determinar las propiedades como rigidez, elasticidad o viscosidad corneal. La rigidez está determinada por las fibras de colágeno corneal y la viscoelasticidad está determinada por el contenido del agua, las macromoléculas y las uniones entre los glicosaminoglicanos y los proteoglicanos .²

Para medir estas propiedades corneales se creó en el 2005 el ORA Ocular Response Analyzer que es un analizador de respuesta rápida que utiliza pulsos de 20 ms de aire para indentar la córnea y es analizado con sistema computarizado de avanzada que registra la aplanación inicial y la aplanación en el movimiento de regreso a posición de origen. Debido a las propiedades biomecánicas de la córnea existe una diferencia entre la aplanación 1 y la aplanación 2 o retorno, con este analizador tenemos la posibilidad de registrar estas diferencias y darle número a estos conceptos.

- P1 es la aplanación inicial

- P2 es la aplanación de retorno a posición inicial.

El promedio entre P1-P2 es la PIOg correlacionada.

Histéresis corneal es la diferencia entre P1-P2. Esto es el resultado de la viscoelasticidad del tejido y de ahí se derivan dos valores adicionales que son la PIO compensada (PIO cc) esta es una medida empírica de la PIO que proviene de datos clínicos de pacientes pre y post lasik con la finalidad de excluir el grosor corneal ya que se conoce que las córneas más delgadas presentan un subregistro de la presión intraocular. El otro valor que se determina es el factor de resistencia corneal, (FRC) su significado exacto no se conoce pero se sabe que es un indicador de la resistencia total de la córnea y es expresado por $FRC = k1 \times (P1 - 0.7 \times P2) + k2$ (K1 y K2 son constantes).⁷

Las relaciones entre estos factores actualmente están en estudio, se sabe que la respuesta de deformación corneal producida por el pulso de aire del ORA se determina por la histéresis corneal y el factor de resistencia corneal.

El Ocular Response Analyzer (ORA) funciona al emitir un pulso de aire rápido que induce una fuerza de respuesta en la córnea que por ser tan rápido el estímulo se considera estático y no dinámico permitiendo medir las presiones intraoculares de forma estática sin dar tiempo a que la biomecánica corneal influya en la respuesta corneal.

Mediante el ORA podemos obtener las siguientes mediciones:

-Presión intraocular Compensada, (PIOcc) Es una medida empírica de presión intraocular registrada por el Ocular Response Analyzer (ORA) donde se suprime las variaciones que existen en el registro de la PIO con los diferentes grosores corneales.

-Histéresis Corneal (HC) Es el resultado de la viscosidad corneal. Depende de la relación que existe entre las fibras de colágeno y la matriz de proteoglicanos. Es registrada en ORA ¹¹

-Factor de Resistencia Corneal (FRC)Es una ecuación que expresa resistencia corneal y es producto de la siguiente ecuación:

$FRC = k_1 \times (P_1^{0.7} \times P_2) + k_2$ (k_1 y k_2 son Constantes y P_1 es presión de aplanación y P_2 presión de retorno a posición habitual) ¹¹

Factores que afectan la histéresis y el factor de resistencia corneal.

El grosor corneal aumentado incrementa la resistencia de la córnea ante una fuerza de aplanamiento por lo que no solo afecta la toma de la presión con tonómetros convencionales de Goldman sino que también aumenta la histéresis corneal siendo inversamente proporcional lo que ocurre en córneas delgadas. Se ha demostrado que los cambios corneales en la cirugía de lasik afectan la histéresis corneal.⁸ Algunos estudios han demostrado que la histéresis posterior al lasik disminuye una media de 10.4 ± 1.7 mmhg a 9.3 ± 1.9 mmhg y el factor de resistencia corneal de 10.1 ± 1.9 mm hg a 8.9 ± 1.8 mm hg. ⁹ Las presiones intraoculares elevadas también aumentan la resistencia corneal pero disminuyen la histéresis ya que no permite ese rango de movimiento ante la fuerza.

Con la edad se ha visto que hay disminución de los proteoglicanos y glicosaminoglicanos de la matriz extracelular por lo que la histéresis o resistencia corneal disminuye en una tasa -0.25 mm cada década. ¹⁰

La miopía ha demostrado tener un impacto importante en la biomecánica corneal debido a que estos ojos tienen menor rigidez en la esclera y lámina cribosa. Anatómicamente la córnea es el tejido transparente que ocupa la zona anterior del ojo dando continuidad a la esclera, ambos están formados por colágeno por lo que se relaciona directamente su histología¹¹

Diferentes estudios han reportado la relación que existe entre la histéresis corneal como un factor para determinar progresión o estadios avanzados de glaucoma. Existe una continuidad estructural aparente entre la córnea y la lámina cribosa que es la base de la cabeza del nervio óptico. Se sabe que la resistencia de la lámina cribosa es menor en pacientes con glaucoma y de ahí los cambios anatómicos que se observan en los estadios más avanzados. La histéresis corneal y el factor de resistencia corneal también están disminuidos en estadios avanzados,⁵ entonces, por la continuidad anatómica y comportamiento similar se explica que la HC y el FRC son números que nos determinan severidad de la enfermedad y nos explica porque en glaucomas avanzados al corregir la PIO la HC no se modifica y en pacientes con hipertensión ocular o glaucoma iniciales al disminuir la PIO si mejora la histéresis corneal.

El valor de normalidad de la histéresis corneal es de $10,39 \pm 2,22$ mm Hg, en los hipertensos oculares es $9,93 \pm 2,07$ mm Hg, en los glaucomas incipientes es $9,63 \pm 2,17$ mm Hg, en los glaucomas moderados es $9,33 \pm 2,01$ mm Hg y en los avanzados $8,83 \pm 2,37$ mm Hg.¹²

Trabeculectomía

La trabeculectomía fue introducida en 1968 por Cairns y hasta la actualidad se ha considerado el Gold Standard para controlar las presiones intraoculares de los pacientes con glaucoma refractarios a tratamiento médico.¹³ El objetivo de esta cirugía es crear una fístula entre la cámara anterior y el espacio subconjuntival que permita el drenaje de humor acuoso en cantidades suficientes que suministre presiones intraoculares adecuadas para el paciente. El drenaje del humor acuoso formará una ampolla subconjuntival llamada ampolla de filtración, ella permite que el humor acuoso contenido pueda filtrarse a través de ella o ser reabsorbido por el tejido conectivo vascular o perivascular.¹⁴

Es una técnica de filtración con diferentes modalidades quirúrgicas que van a depender del cirujano. Se puede utilizar peritomía base limbo o peritomía base fornix, se puede realizar flap escleral triangular, cuadrado o rectangular o hacer simplemente un túnel escleral según lo desee el cirujano. La esclerectomía puede ser con Punch de Kelly o hacer una resección en cuña de la esclera.¹⁴

La Técnica Quirúrgica¹³

- La anestesia subconjuntival con lidocaína se combinó con mitomicina C diluida a 0,04 mg.
- Se colocó punto de tracción Corneal con Vycril 8.0.
- Se realizó Peritomía base fórnix.
- Se realizó un colgajo escleral de 1/3 de espesor de 4 × 4 hasta la córnea transparente.
- Se realizó facoemulsificación de catarata con implante del lente intraocular haciendo una incisión en 140° a través de la córnea transparente.
- Entramos a la cámara anterior a nivel de córnea con un cuchillete de 15°
- Se realizó la trabeculectomía de 1 mm con el Punch de Kelly
- Se realizó iridectomía periférica,
- Se suturó el colgajo escleral con nylon 10.0 con 2 o 3 puntos hasta no encontrar fuga de humor acuoso.
- Se insertó el implante subconjuntival Ologen, en un espacio libre en fondo se sacó subconjuntival previamente.
- Se cerró la peritomía con nylon 10.0 y realizó una prueba de Seidel.
- Finalmente, se aplica antibiótico intracameral de Cefuroxime.

A pesar de ser una técnica sencilla, con una curva de aprendizaje rápida en cirujanos de experiencia su porcentaje de éxito en gran parte depende del manejo postoperatorio y de la presencia de complicaciones precoces o tardías.

Dentro de las complicaciones postoperatorias precoces más frecuentes encontramos el desprendimiento coroideo, hipotonía, cámara estrecha e hifema.

Estas complicaciones la mayoría de los casos si se manejan temprana y adecuadamente se logran resolver sin comprometer el éxito de la cirugía. Las complicaciones postoperatorias tardías por lo general son producto de tener una fístula de comunicación constante entre cámara anterior y el espacio subconjuntival. Entre las más frecuentes se encuentran la fuga a través de la ampolla, blebitis y endoftalmitis.¹⁴

Se ha demostrado que el éxito de esta cirugía depende en gran medida del funcionamiento adecuado de la ampolla conjuntival, es éxito oscila entre 67% y 94% a los dos años. La cicatrización de la ampolla se encuentra en el 20 % de los casos, siendo necesario inyectar agentes antifibróticos como 5 Fluorouracilo o Bevacizumac para contrarrestar esta fibrosis. Se sabe que el 5 Fluoracilo es más efectivo en inhibir la cicatrización, pero presenta efectos secundarios como ampollas delgadas que pueden filtrar es por eso que se recomienda al inicio colocar Bevacizumab y de no tener el resultado esperado proceder a inyectar el 5 Fluoracilo subconjuntival.¹⁵

La trabeculectomía es la cirugía incisional de glaucoma más realizada mundialmente hasta finales de los años 90 y principios de los 2000 donde comenzó a disminuir el número de trabeculectomía realizadas anualmente por los Cirujanos debido al advenimiento de nuevas herramientas farmacológicas en la época y a que un número de cirujano comenzó a migrar a técnicas no penetrantes las cuales han demostrado tener buenos controles de la presión intraocular con una tasa menor de complicaciones.¹⁶

Esclerectomía profunda no penetrante asistida con láser de CO2

La esclerectomía profunda no penetrante (EPNP) es una técnica quirúrgica utilizada por Krasnov en 1969,¹ ha tenido varias modificaciones hasta la actualidad. La EPNP es una técnica creada para disminuir el número de complicaciones que potencialmente pueden ocurrir en la trabeculectomía convencional manteniendo la membrana trabéculo descemetica (MTD) intacta, sin embargo, su desventaja es que es una técnica con una larga curva de aprendizaje incluso en cirujanos con experiencia. La Técnica requiere de la disección precisa de dos flap esclerales uno

superficial y otro profundo que permite en su disección destechar el canal de schlemm permitiendo la percolación o el paso de humor acuoso a través de la MTD. Para evitar entrar en cámara anterior y no perforar la MTD es necesario ser muy preciso en la disección del 95% del grosor escleral.¹⁷ Es un procedimiento que por requerir altas habilidades quirúrgicas no ha sido ampliamente adoptado por muchos cirujanos al compararlo con la trabeculectomía.¹⁸

El Sistema Láser AcuPulse CO2 se usa con un brazo adaptador al microscopio creado por IOptiMate (Lumenis, Yokneam, Israel) utilizando Láser CO2 en la esclera que tiene la propiedad de fotoablacionar los tejidos secos para que una vez realizado el flap escleral, se procede destechar el canal de Schlemm con el Láser CO2. Esto es posible porque las radiaciones infrarrojas (longitud de onda de 10.600) de este láser es absorbida por el líquido permitiendo dar seguridad al procedimiento al proteger la MTD una vez iniciada la percolación. Es un procedimiento que se ha utilizado en Asia, Europa y en Latinoamérica (México y Perú). Actualmente está en proceso de ser aprobado por FDA.¹⁹

El Sistema laser CO2 de IOptimate consta de dos componentes, Un Scanner de laser que está adaptado al microscopio quirúrgico y que se conecta con la unidad base por un brazo plegable y de ahí se controla los parámetros del láser, poder, forma y tamaño del spot.

Técnica quirúrgica.⁵

- Se infiltra anestesia subconjuntival, lidocaína con mitomicina C diluida al 0,04 mg.
- Se realizó un peritomia base en fórnix exponiendo la esclera.
- Se realizó un colgajo escleral de 1/3 de grosor parcial de 5 × 5 calculado con el caliper del láser de CO2, se diseco el flap hasta cornea clara permitiendo visualizar la línea gris que anatómicamente correspondería al Canal Schlemm.
- Se realizó facoemulsificación de catarata más implante de lente intraocular, a través de una incisión temporal en cornea clara de 2.2 mm en 140 grados
- Se aplicó el Laser de CO2 en la zona distal del lecho escleral, realizando el reservorio escleral de 2x3 mm

- Se aplicó el láser de CO2 en la línea gris perilimbal, se hizo ablación hasta que se observó la percolación del humor acuoso. El proceso de ablación se produjo en todo el ancho del área gris del colgajo escleral hasta que se observa una percolación suficiente y constante del humor acuoso
- Se cierra el flap escleral con 1 o 2 puntos de Nylon 10.0. Se colocan los puntos necesarios hasta que se observe poca filtración.
- Se coloca el implante subconjuntival de Ologen en el espacio libre de fondo de saco conjuntival, fue creado durante la disección colgajo escleral. El ologen es una matriz de colágeno que moldea la cicatrización conjuntival permitiendo la correcta formación de la ampolla subconjuntival.
- Se cierra la peritomía con nylon 10,0, se realizó una prueba de Seidel para verificar filtración.
- Se colocó antibiótico intracameral.

Se ha demostrado en diferentes estudios ¹⁸ que la eficacia de la reducción de la presión intraocular en la esclerectomía profunda asistida con láser CO2 es comparable a la reducción que se encuentra posterior a un EPNP. ^{18,20} La tasa de éxito al año en ambos procedimientos es aproximadamente del 85-90 %. Se definió tasa de éxito PIO > 5 mmhg y menor de 21 mmhg con o sin medicamentos antiglaucomatoso. En ambos casos se ha observado que el uso de medicamentos postoperatorios disminuye significativamente y al compararlo con los resultados en el tiempo de la trabeculectomía, en las cirugías no penetrantes el número de medicamentos utilizados es menor ya que en el postoperatorio mediato o tardío es posible realizar la goniopuntura como procedimiento de rescate que permite con el yag láser liberar el iris encarcelado, abrir la membrana trabéculodescemética y restituir la salida del humor acuoso que es lo que produce aumento de presión intraocular. Este procedimiento se puede realizar las veces que se considere que es un beneficio.

21,22

La agudeza visual en las cirugías no penetrantes se conserva mejor que en las trabeculectomía donde convencionalmente se observa una pérdida de al menos una o dos líneas de visión, esto se debe a la descompresión brusca y a las cámaras

estrechas que frecuentemente encontramos en estos pacientes. En los pacientes con EPNP o CLASS al no entrar en cámara no hay descompresión, la cámara permanece cerrada y con ello disminuye el riesgo de cámaras estrechas, hipotonías con lo cual la visión no se ve tan comprometida como en las trabeculectomías.^{23,24,25}

Objetivo general

Analizar los cambios de la presión intraocular, con el tonómetro de Goldmann y con el ocular response analyzer (ORA) y de la biomecánica corneal en el preoperatorio y al año después de operados de trabeculectomía convencional en el 2013 y esclerectomía profunda no penetrante asistida con láser de CO2 en el 2015, en el Instituto de Ojos de Oftalmosalud, Lima, Peru.

Objetivos específicos.

1. Definir cambios en la presión intraocular medida por tonómetro de aplanación de Goldman (TG)
2. Definir cambios en la presión intraocular medida por ORA (PIOg)
3. Determinar los cambios en la Presión Intraocular Compensada (ORA) (PIO CC)
4. Precisar los cambios en la histéresis corneal (CH)
5. Determinar los cambios en el factor de resistencia corneal (CRF)

Hipótesis

Si existen cambios en la biomecánica corneal y la presión intraocular en ojos sometidos a trabeculectomía convencional o esclerectomía profunda no penetrante asistida con láser de CO2 entonces en el postoperatorio podría considerarse que estas variables no son comparables ni confiables para el seguimiento postoperatorio de pacientes con glaucoma.

Aspectos éticos

El presente trabajo se realizará respetando la confidencialidad de los datos registrados y cumpliendo con los 4 principios bioéticos fundamentales: autonomía, el paciente participa libremente con conocimiento y consentimiento; beneficencia, se previene cualquier daño y se respetan los derechos del paciente; no maleficencia, no

se realizará daño intencionalmente; justicia social, se dará a cada paciente el trato justo y apropiado.

El director médico de la clínica Oftalmosalud y el comité de ética han autorizado la investigación, el personal de historias, quirófano y secretarías prestarán apoyo en la recolección de datos. No se realizará ningún procedimiento terapéutico experimental y no se darán los datos personales de los pacientes que participen en el trabajo de investigación.

MÉTODOS

Tipo de estudio

Se realizó un estudio retrospectivo, comparativo donde se analizaron los datos de los pacientes operados de trabeculectomía del 2013 y de esclerectomía profunda no penetrante asistida con láser de CO2 del 2015, técnicas quirúrgicas establecidas, no se va a crear ninguna variación sino analizar sus resultados. Es longitudinal porque realizamos mediciones a lo largo del tiempo.

Población

La población estuvo constituida por pacientes de ambos sexos que acudieron la Clínica Oftalmosalud con diagnóstico de glaucoma no controlado médicamente que requirieron trabeculectomía convencional en el 2013 y los que se realizó esclerectomía profunda no penetrante asistida con láser de CO2 en el 2015.

Muestra

La muestra estuvo constituida por los pacientes de ambos sexos que fueron operados en el servicio de glaucoma de la Clínica Oftalmosalud de trabeculectomía convencional durante el 2013 y pacientes con esclerectomía profunda no penetrante asistida con láser de CO2, ambos grupos cumplieron con todos los criterios de inclusión y los controles postoperatorios completos por un año.

La muestra se seleccionó de forma no probabilística, se tomó a conveniencia tomando en cuenta todos los criterios de inclusión y exclusión para así hacer homogénea la muestra.

Criterios de Inclusión.

- Pacientes sometidos a trabeculectomía convencional o esclerectomía profunda no penetrante asistida con láser de CO2.
- Pacientes con glaucoma primario de ángulo abierto.
- Pacientes sin patología ocular previa.
- Pacientes sin antecedentes de cirugías oculares previas.

Criterios de Exclusión.

- Pacientes con complicaciones intraoperatorias.

-Pacientes con seguimiento menor a un año.

Variables

La investigación se realizó en el Instituto de Ojos Oftalmosalud, se revisó las historias de los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión y que se les realizó trabeculectomía convencional 2013 o esclerectomía profunda no penetrante asistido con láser CO2 en el 2015.

Se registraron los datos de edad y sexo, así como PIO Goldman, PIO cc, histéresis corneal y factor de resistencia corneal (FRC) en el preoperatorio y al año de seguimiento utilizando ocular response analyzer (ORA)

Operacionalización de las Variables

En la investigación se definirán como variables las siguientes:

Variable	Nivel de Medición	Definición Operacional	Tipo de Variable	Indicador
Presión Intraocular (PIO)	Es la presión que ejercen los líquidos intraoculares contra la pared del ojo, es necesaria para mantener el ojo distendido y funcionando correctamente	PIO medida por el tonómetro de aplanación Goldmann (mmhg)	Independiente Cuantitativa	Valores entre >5 mmhg y ■18 mmhg
Presión Intraocular Corregida (PIO CC)	Medida Empírica de PIO donde se suprime las variaciones que existen en el registro de la PIO con los diferentes grosores corneales	Medida tomada por el Ocular Response Analyzer (ORA) (mmhg)	Independiente Cuantitativa	Valores entre >5 mmhg y ■18 mmhg
Histéresis Corneal	Esto es el resultado de la viscoelasticidad del tejido corneal	Es la diferencia entre P1-P2	dependiente Cuantitativa	VN:10,39 ± 2,22 mm Hg, -Hipertensos oculares: 9,93 ± 2,07 -Glaucomas incipientes 9,63 ± 2,17 -Glaucomas moderados 9,33 ± 2,01 -Glaucomas Avanzados 8,83 ± 2,37
Factor Resistencia Corneal (FRC)	Es una ecuación que expresa resistencia corneal	-Son Constantes -P1 es presión de aplanación -P2 presión de retorno a posición habitual)	dependiente Cuantitativa	FRC= $k1 \times (P1^{0.7} \times P2) + k2$ (k1y K2)

Procedimientos

La técnica utilizada para recabar la información fue la revisión documental, a través de las historias clínicas se obtuvieron los datos de las variables a estudiar. La muestra se seleccionó tomando en cuenta cada uno de los criterios de inclusión. Se dividió en dos grupos el estudio, los pacientes de trabeculectomía convencional que fueron operados en el año 2013 y el otro grupo son los pacientes operados de esclerectomía profunda no penetrante asistida con el láser de CO2 en el 2015, fecha en la cual se empezó a realizar esta técnica en la institución en vez de la trabeculectomía. Se registraron las variables a estudiar, tomadas en el preoperatorio y al año postoperatorio. Los datos se incluyeron en la hoja de recolección, respectivamente para cada técnica. Se realizó una base de datos en excel, los datos se analizaron y se compararon por el estadista encargado de la clínica. Se realizó análisis de resultados, gráficas y discusión de los mismos elaborándose esta manera el informe final. (ANEXO 1)

Tratamiento estadístico

A los efectos de cumplir con los objetivos de este estudio, pacientes de ambos sexos que se le realizó trabeculectomía convencional 2013 o esclerectomía profunda no penetrante asistido con láser CO2 en el 2015, se aplicó técnicas estadísticas descriptivas que permiten visualizar con tablas y gráficos el comportamiento de las variables implícitas en el estudio.

Se elaboró una base de datos en MS Excel para la transferencia de los datos desde la fuente original (historia clínica). Para el análisis estadística se importó esta base al programa estadístico R versión 3.4.1. Usando el diagrama de cajas y bigotes se verifico la presencia de datos atípicos (“outliers”). Los datos atípicos se contrastaron con la fuente original para verificar la ausencia de un error de digitación. Las variables cuantitativas fueron resumidas usando los estadísticos descriptivos de tendencia central: media y mediana. Como medida de dispersión se utilizó la desviación estándar, el rango intercuartílico y el rango (valor mínimo y máximo). Las variables cualitativas se expresaron en frecuencia absoluta y relativa.

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

Recursos Materiales:

- a) Instrumental Microquirúrgico oftalmológico.
- b) Instrumental Quirúrgico Trabeculectomía (Punch de Kelly).
- c) El Sistema Laser C02 de IOptimate.
- d) Microscopio Quirúrgico.
- e) Viscoelásticos, suturas

Financiamiento

Los procedimientos quirúrgicos fueron por cada paciente al momento de la cirugía según fuera el caso y realizados en el Institutos de Ojos Oftalmosalud, las consultas postoperatorias y los exámenes complementarios como Ocular Response Analyzer (ORA) fueron completamente gratuitas para los pacientes.

RESULTADOS

Se reunieron un total de 29 pacientes, divididos en dos grupos 16 pacientes fueron operados de trabeculectomía convencional y 13 de esclerectomía profunda no penetrante.

Del grupo de la trabeculectomía 4 fueron hombres y 12 mujeres, la media de la edad fue de 68.7 ± 7.2 . 5 ojos fueron derechos y 11 izquierdos. En el grupo de la esclerectomía profunda no penetrante CLASS 10 pacientes fueron hombres y 3 mujeres. La edad media fue de $62.7 + 7.2$; 7 ojos fueron derechos y 6 ojos fueron izquierdos. (Tabla 1)

En el grupo de la trabeculectomía convencional la media de la PIO con el tonómetro de aplanación fueron preop 21.06 ± 7.42 , al año la PIO fue de 14.13 ± 1.41 . Las medidas con el ORA fueron PIOg preop $19,43 \pm 6,66$ y al año $14,19 \pm 1.59$. Las PIO CC preop 22.36 ± 6.64 y al año 17.14 ± 2.04 . (tabla 2). La CH preop 7.64 ± 1.35 y al año $8,13 \pm 1,08$ y el CRF preop $9.2 \pm 1,7$ y al año 8.84 ± 1.7 . (tabla 3)

Por otro lado, en el grupo de la esclerectomía profunda no penetrante CLASS la media de la PIO con el tonómetro de aplanación fueron preop 23.54 ± 12.0 , al año la PIO fue de $13,62 \pm 1,4$ Las medidas con el ORA fueron PIOg preop $20,76 \pm 9,2$ y al año $14,19 \pm 1.59$; (tabla 4) Las PIO CC pre $23,36 \pm 8,3$ y al año $15,29 \pm 2,2$; La CH pre 7.74 ± 1.81 y al año $8,08 \pm 1,09$ y el CRF pre $8,84 \pm 1,7$ y al año 8.39 ± 1.16 . (Tabla 5)

Realizando la comparación de las variables que las PIO con el tonómetro Goldmann en ambos grupos disminuyó el valor de la PIO. En la trabeculectomía descendió en un 42% y en la esclerectomía profunda no penetrante CLASS un 33%. (Tabla 6)

De las medidas tomadas con el ORA ambas PIOg disminuyeron pero en un menor porcentaje al compararlas con las del Goldman. En la trabeculectomía un 24.2% y en la esclerectomía profunda no penetrante CLASS un 26%. Las PIOcc disminuyeron en porcentajes aún inferiores, en la trabeculectomía un 21% y en la esclerectomía profunda no penetrante CLASS un 18%.

Las medidas de la biomecánica corneal las CH en el grupo de la trabeculectomía la media y mediana fue en el pre 7.64 ± 1.35 y 7.8 y al año 8.12 ± 1.08 y 8.5 respectivamente. El CRF en el pre 9.24 ± 1.66 y mediana de 8.6 y al año

7.92 ± 1.26 y 8.1. En el grupo del CLASS la media y la medias respectivamente fueron en la HC en el preoperatorio 7.74 ± 1.81 y 7.4 y al año 7.54 ± 1.67 y la mediana de 7.6.

Discusión

La presión intraocular es una medida influenciada por las propiedades de la biomecánica corneal como lo es la histéresis corneal y el factor de resistencia corneal, la influencia de cirugías intraoculares en el valor registrado post operatorio de la presión intraocular aun no es bien conocida. En este estudio comparativo entre dos técnicas dirigidas a disminuir la presión intraocular para controlar la progresión del glaucoma observamos que de los 29 pacientes evaluados la media de edad en ambos grupos estuvo en la década de los 60, esto es debido a que el glaucoma primario de ángulo abierto es una enfermedad que tiende a progresar a partir de los 55 -60 años donde las capas de fibra nerviosas disminuyen con la edad, la catarata comienza a aparecer y con ello cambios a nivel del segmento anterior y el ángulo camerular condicionan el aumento de la presión intraocular con mayor necesidad de medicamentos y procedimientos quirúrgicos para controlar la progresión de la enfermedad.³³

En el estudio retrospectivo se encontró que las presiones intraoculares tomadas en ambos grupos con el tonómetro de aplanación de Goldmann en el preoperatorio eran similares, en la trabeculectomía fue 21.06 ±7 y en el Class 23.54 ±12.0 evidenciándose gran dispersión en ambos casos; disminuyó la presión intraocular en ambos grupo en un 33 % y la dispersión también disminuyó. Si comparamos con las presiones intraoculares tomadas con el ORA vemos que también descenso de la PIOg y la PIO cc pero en menor proporción con la trabeculectomía un 26% y 18% y con el Class 24% y 21 % respectivamente. Esto nos puede sugerir que las presiones intraoculares tomadas con el Goldman después de las cirugías tienden a ser menores que las que se registran en el ORA que considera la biomecánica corneal como es el caso de la PIOcc. Hallazgos similares presenta Pillunat et. al al reportar que la

diferencia entre la PIO Goldman y PIOcc en paciente post operados de trabeculectomía es de 3-4 mmhg mayor en la PIOcc que en el PIO Goldmann.³⁴ Sullivan-Mee et compararon estas medidas en pacientes con y sin glaucoma y observaron que las PIO Goldman y PIO g (ORA) eran 2,7 mmhg de hg mayores en pacientes sin glaucoma; las PIO cc también eran 4.1 mm hg mayores en pacientes sin glaucoma.³⁵ Esto se puede asociar a que el FRC es mayor en los pacientes sin glaucoma por lo que se requiere mayor esfuerzo para la lograr la aplanación registrándose mayores presiones intraoculares. También altos CRF en el preoperatorio producidos por el aumento de la presión intraocular pueden condicionar sobreestimaciones de las presiones intraoculares.

En relación a las medidas de biomecánica corneal evidenciamos que en ambos grupos la histéresis corneal aumentó y el factor de resistencia corneal en ambos grupos disminuyó levemente al año del postoperatorio. La histéresis corneal por la diferencia entre P1-P2 nos describe mejor la contribución que tiene la resistencia corneal en las medidas de presión intraocular, el factor de resistencia corneal refleja más la elasticidad de la córnea.³⁶

Existen algunas publicaciones donde se estudian los cambios en la biomecánica corneal después de facoemulsificación realizada por vía córnea clara y no se evidencian cambios en la HC ni FRC .³⁷ Mohamad et al³⁸ estudiaron cambios en la biomecánica corneal posterior a trabeculectomía y dispositivos de drenaje, evidenciaron que existe un ascenso en el postoperatorio en los valores de HC y FRC en las cirugías donde las presiones intraoculares disminuyó, sobretodo en aquellas donde la PIO descendió más 10 mm hg, a mayor presión intraocular preoperatoria mayor es el porcentaje de descenso debido a que disminuye la resistencia al cambio y con ello aumenta la histéresis, la presión de aplanación y de regreso al inicio son menores.³⁸ Ha sido reportado en estudios que no existe relación entre los valores de HC y las queratometrías, en las cirugías de glaucoma no solo se afecta la curvatura corneal sino que se realizan cambios en la esclera al realizar flap corneal y esto podría originar cambios en la HC³⁹. En cirugías donde las presiones se mantienen

constantes se ha visto que las incisiones pueden o no variar la HC por lo que podríamos concluir que el efecto de disminuir la PIO en el postoperatorio produce mayores efectos en la HC que los mismos cambios anatómicos que se producen por las incisiones o la vía de abordaje en las cirugías.⁴⁰

Otro efecto importante a considerar estudiado por Baudouin et al⁴¹ es el uso crónico de gotas en pacientes con glaucoma, debido a que los preservantes se conoce pueden producir cambios en la superficie ocular que teóricamente podría modificar las propiedades viscoelásticas de la córnea, entonces, discontinuar o reducir medicamentos en el postoperatorio podría aumentar al HC por mejoría en la superficie.

41

En este estudio se analizan dos técnicas donde se debilita la esclera por lo que su HC y FRC deberían disminuir si este cambio anatómico así lo hiciera, sin embargo esos no son los resultados que se encontraron, al igual que en el estudio de Pinullate et al. donde estudian los cambios postoperatorios de la biomecánica corneal en la trabeculectomía.³⁴

Las limitaciones del estudio podrían ser que por ser un estudio retrospectivo no se registró medidas de biomecánica corneal en el postoperatorio reciente, 3 o 6 meses, se tomó las medidas del ORA realizado al año para evaluar la progresión de los pacientes. Otra desventaja es que por el tamaño de la muestra de cada grupo puede no ser un reflejo de los cambios reales en la magnitud en la histéresis corneal y el factor de resistencia corneal.

En conclusión, al valorar esta serie de casos, podríamos decir que posterior a ambas cirugías la presión intraocular disminuye sin embargo el valor de la presión intraocular con el tonómetro de aplanación de goldmann es menor que las registradas en la PIOcc medidas con el ORA. La histéresis Corneal y el factor de resistencia corneal tienden a aumentar al disminuir las presiones intraoculares y en menor proporción por los cambios en la biomecánica corneal propiamente dicha.

AGRADECIMIENTO

Especial agradecimiento al servicio de oftalmología del Hospital “Dr. Miguel Pérez Carreño”, “Dr. Rafael González Sirit”, por permitir la realización del presente estudio, por todo el apoyo y la solidaridad que me han brindado y al instituto de ojos Oftalmosalud por prestar sus pacientes, sus recursos personales, laborales y financieros en la elaboración del estudio.

REFERENCIAS

1. Yick DWF, Lee JWY, Tsang S, Yeung BYM, Yuen CYF. Preliminary results of CO2 laser-assisted sclerectomy surgery (CLASS) in the treatment of advanced glaucoma in a Chinese population. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(45):e5294. doi:10.1097/MD.00000000000005294.
2. Terai N, Raiskup F, Haustein M, Pillunat LE, Spoerl E. Identification of biomechanical properties of the cornea: the ocular response analyzer. *Curr Eye Res*. 2012;37(7):553-562. doi:10.3109/02713683.2012.669007.
3. Pakravan M, Afrozifar M, Yazdani S. Corneal Biomechanical Changes Following Trabeculectomy, Phaco-trabeculectomy, Ahmed Glaucoma Valve Implantation and Phacoemulsification. *J Ophthalmic Vis Res*. 2014;9(1):7-13.
4. Casado A, Cabarga C, Pérez-Sarriegui A, Fuentemilla E. Differences in Corneal Biomechanics in Nonpenetrating Deep Sclerectomy and Deep Sclerectomy Reconverted into Trabeculectomy. *J Glaucoma*. 2017;26(1):15-19. doi:10.1097/IJG.0000000000000538.
5. Greifner G, Roy S, Mermoud A. Results of CO2 Laser-assisted Deep Sclerectomy as Compared With Conventional Deep Sclerectomy. *J Glaucoma*. 2016;25(7):e630-638. doi:10.1097/IJG.0000000000000187.
6. Skaat A, Goldenfeld M, Cotlear D, Melamed S. CO2 laser-assisted deep sclerectomy in glaucoma patients. *J Glaucoma*. 2014;23(3):179-184. doi:10.1097/IJG.0b013e3182707406.
7. Piñero DP, Alcón N. Corneal biomechanics: a review. *Clin Exp Optom*. 2015;98(2):107-116. doi:10.1111/cxo.12230.
8. Hwang ES, Stagg BC, Swan R, et al. Corneal biomechanical properties after laser-assisted in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy. *Clin Ophthalmol Auckl NZ*. 2017;11:1785-1789. doi:10.2147/OPHTH.S142821.
9. Chansangpetch S, Panpruk R, Manassakorn A, et al. Impact of Myopia on Corneal Biomechanics in Glaucoma and Nonglaucoma Patients. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2017;58(12):4990-4996. doi:10.1167/iovs.17-22219.
10. Spörl E, Terai N, Haustein M, Böhm AG, Raiskup-Wolf F, Pillunat LE. [Biomechanical condition of the cornea as a new indicator for pathological and structural changes]. *Ophthalmol Z Dtsch Ophthalmol Ges*. 2009;106(6):512-520. doi:10.1007/s00347-008-1910-0.
11. He LY, Liang L, Zhu MN. [Application value of corneal hysteresis in diagnosis and treatment of glaucoma]. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi Chin J Ophthalmol*. 2017;53(2):140-143.
12. Mansouri K, Leite MT, Weinreb RN, Tafreshi A, Zangwill LM, Medeiros FA. Association between corneal biomechanical properties and glaucoma severity. *Am J Ophthalmol*. 2012;153(3):419-427.e1. doi:10.1016/j.ajo.2011.08.022.
13. Eldaly ZH, Maasoud AA, Saad MS, Mohamed AA. Comparison between Ologen implant and different concentrations of Mitomycin C as an adjuvant to trabeculectomy surgery. *Oman J Ophthalmol*. 2017;10(3):184-192. doi:10.4103/ojo.OJO_199_2016.
14. Conlon R, Saheb H, Ahmed IIK. Glaucoma treatment trends: a review. *Can J Ophthalmol J Can Ophthalmol*. 2017;52(1):114-124. doi:10.1016/j.jcjo.2016.07.013.

15. Simsek T, Cankaya AB, Elgin U. Comparison of needle revision with subconjunctival bevacizumab and 5-fluorouracil injection of failed trabeculectomy blebs. *J Ocul Pharmacol Ther Off J Assoc Ocul Pharmacol Ther*. 2012;28(5):542-546. doi:10.1089/jop.2012.0035.
16. Gedde SJ, Schiffman JC, Feuer WJ, et al. Treatment outcomes in the Tube Versus Trabeculectomy (TVT) study after five years of follow-up. *Am J Ophthalmol*. 2012;153(5):789-803.e2. doi:10.1016/j.ajo.2011.10.026.
17. Geffen N, Ton Y, Degani J, Assia EI. CO2 laser-assisted sclerectomy surgery, part II: multicenter clinical preliminary study. *J Glaucoma*. 2012;21(3):193-198. doi:10.1097/IJG.0b013e3181f7b14f.
18. Sarodia U, Shaarawy T, Barton K. Nonpenetrating glaucoma surgery: a critical evaluation. *Curr Opin Ophthalmol*. 2007;18(2):152-158. doi:10.1097/ICU.0b013e328091c1ae.
19. Assia EI, Rotenstreich Y, Barequet IS, Apple DJ, Rosner M, Belkin M. Experimental studies on nonpenetrating filtration surgery using the CO2 laser. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol*. 2007;245(6):847-854. doi:10.1007/s00417-006-0413-4.
20. Gedde SJ, Schiffman JC, Feuer WJ, et al. Three-year follow-up of the tube versus trabeculectomy study. *Am J Ophthalmol*. 2009;148(5):670-684. doi:10.1016/j.ajo.2009.06.018.
21. Shaarawy T, Nguyen C, Schnyder C, Mermoud A. Comparative study between deep sclerectomy with and without collagen implant: long term follow up. *Br J Ophthalmol*. 2004;88(1):95-98.
22. Bissig A, Rivier D, Zaninetti M, Shaarawy T, Mermoud A, Roy S. Ten years follow-up after deep sclerectomy with collagen implant. *J Glaucoma*. 2008;17(8):680-686. doi:10.1097/IJG.0b013e318182ed9e.
23. Chiselita D. Non-penetrating deep sclerectomy versus trabeculectomy in primary open-angle glaucoma surgery. *Eye Lond Engl*. 2001;15(Pt 2):197-201. doi:10.1038/eye.2001.60.
24. Mermoud A, Schnyder CC, Sickenberg M, Chiou AG, Hédiguer SE, Faggioni R. Comparison of deep sclerectomy with collagen implant and trabeculectomy in open-angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg*. 1999;25(3):323-331.
25. Chiou AG, Mermoud A, Jewelewicz DA. Post-operative inflammation following deep sclerectomy with collagen implant versus standard trabeculectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol*. 1998;236(8):593-596.
26. Gabai A, Cimarosti R, Battistella C, Isola M, Lanzetta P. Efficacy and Safety of Trabeculectomy Versus Nonpenetrating Surgeries in Open-angle Glaucoma: A Meta-analysis. *J Glaucoma*. 2019;28(9):823-833. doi:10.1097/IJG.0000000000001323
27. Kucumen RB, Yenerel NM, Gorgun E, et al. Corneal biomechanical properties and intraocular pressure changes after phacoemulsification and intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34(12):2096-2098. doi:10.1016/j.jcrs.2008.08.017
28. Ho DCW, Perera SA, Hla MH, Ho CL. Evaluating CO2 laser-assisted sclerectomy surgery with mitomycin C combined with or without phacoemulsification in adult Asian

glaucoma subjects. *Int Ophthalmol*. 2021;41(4):1445-1454. doi:10.1007/s10792-021-01707-2

29. Kirwan JF, Lockwood AJ, Shah P, et al. Trabeculectomy in the 21st century: a multicenter analysis. *Ophthalmology*. 2013;120(12):2532-2539. doi:10.1016/j.ophtha.2013.07.049

30. Villavicencio JCI, Baltodano FPQ, Ramirez Jimenez IM, Mendez ALG, Ponte-Davila MC. Comparative Clinical Results of Phacoemulsification Combined with CO2 Laser-Assisted Sclerectomy vs. Phacoemulsification Combined with Trabeculectomy in Patients with Open-Angle Glaucoma. *J Clin Exp Ophthalmol*. 2018;09(05). doi:10.4172/2155-9570.1000749

31. Kida T, Liu JHK, Weinreb RN. Effects of aging on corneal biomechanical properties and their impact on 24-hour measurement of intraocular pressure. *Am J Ophthalmol*. 2008;146(4):567-572. doi:10.1016/j.ajo.2008.05.026

32. Gedde SJ, Heuer DK, Parrish RK, Tube Versus Trabeculectomy Study Group. Review of results from the Tube Versus Trabeculectomy Study. *Curr Opin Ophthalmol*. 2010;21(2):123-128. doi:10.1097/ICU.0b013e3283360b68

33. Weinreb RN, Aung T, Medeiros FA. The Pathophysiology and Treatment of Glaucoma. *JAMA*. 2014;311(18):1901-1911. doi:10.1001/jama.2014.3192

34. Pillunat KR, Spoerl E, Terai N, Pillunat LE. Corneal Biomechanical Changes After Trabeculectomy and the Impact on Intraocular Pressure Measurement. *J Glaucoma*. 2017;26(3):278-282. doi:10.1097/IJG.0000000000000595

35. Sullivan-Mee M, Billingsley SC, Patel AD, Halverson KD, Alldredge BR, Qualls C. Ocular Response Analyzer in subjects with and without glaucoma. *Optom Vis Sci*. 2008;85(6):463-470. doi:10.1097/OPX.0b013e3181784673

36. Kotecha A, Elsheikh A, Roberts CR, Zhu H, Garway-Heath DF. Corneal thickness- and age-related biomechanical properties of the cornea measured with the ocular response analyzer. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2006;47(12):5337-5347. doi:10.1167/iovs.06-0557

37. de Freitas Valbon B, Ventura MP, da Silva RS, Canedo AL, Velarde GC, Ambrósio R. Central corneal thickness and biomechanical changes after clear corneal phacoemulsification. *J Refract Surg*. 2012;28(3):215-219. doi:10.3928/1081597X-20111103-02

38. Pakravan M, Afroozifar M, Yazdani S. Corneal Biomechanical Changes Following Trabeculectomy, Phaco-trabeculectomy, Ahmed Glaucoma Valve Implantation and Phacoemulsification. *J Ophthalmic Vis Res*. 2014;9(1):7-13.

39. Hager A, Loge K, Füllhas MO, Schroeder B, Grossherr M, Wiegand W. Changes in corneal hysteresis after clear corneal cataract surgery. *Am J Ophthalmol*. 2007;144(3):341-346. doi:10.1016/j.ajo.2007.05.023

40. Montard R, Kopito R, Touzeau O, et al. [Ocular response analyzer: feasibility study and correlation with normal eyes]. *J Fr Ophthalmol*. 2007;30(10):978-984. doi:10.1016/s0181-5512(07)79273-2

41. Baudouin C, Riancho L, Warnet JM, Brignole F. In vitro studies of antiglaucomatous prostaglandin analogues: travoprost with and without benzalkonium chloride and preserved latanoprost. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007;48(9):4123-4128. doi:10.1167/iovs.07-0266

ANEXOS

(ANEXO 1)

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

TRABECULECTOMÍA

Nombre	Edad	Sexo	PIO PRE	PIOcc PRE	HC PRE	FRC PRE	PIO 1A	PIOcc 1A	HC 1 A

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

ESCLERECTOMÍA PROFUNDA NO PENETRANTE ASISTIDA CON CLASS

Nombre	Edad	Sexo	PIO PRE	PIOcc PRE	HC PRE	FRC PRE	PIO 1A	PIOcc 1A	HC 1 A

(ANEXO 2)

Hoja de Consentimiento Informado
**CAMBIOS EN LA PRESIÓN INTRAOCULAR Y BIOMECÁNICA CORNEAL EN
PACIENTES CON GLAUCOMA OPERADOS DE ESCLERECTOMIA-PENETRANTE
O TRABECULECTOMÍA**

Yo _____ DNI _____ declaro
que:

- He sido informado sobre el estudio, he recibido suficiente información y he podido preguntar todas mis dudas siendo satisfactoriamente resueltas.
- Comprendo que mi participación médica es voluntaria y esto no afecta mi atención médica,
- Comprendo que mi participación es voluntaria y que si rehúso otorgar mi autorización, mi atención médica no se verá afectada;
- Comprendo que puedo retirarme del estudio cuando quiera, sin que repercuta en mis cuidados médicos.
- Accedo a que los médicos responsables de este estudio contacten conmigo en el futuro
- Al firmar el presente documento, presto voluntariamente mi consentimiento para participar
- En este estudio y doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos guardando la confidencialidad de mis datos personales.
- Recibiré una copia firmada y fechada de este documento de consentimiento informado.

Fecha: ___ / ___ / ___ Fecha: ___ / ___ / ___

Nombre del

Participante _____

Firma del investigador

REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Yo, _____ DNI _____ revoco
el consentimiento prestado y no deseo continuar participando en el estudio.

Nombre del

Participante _____

Firma del investigador

Fecha: ___ / ___ / ___

Tabla No. 1

Datos Demográficos

	Trabe	CLASS	Total
Hombres	4	10	14
Mujeres	12	3	15
Derecho	5	7	12
Izquierdo	11	6	17
Edad	68.7 ± 7.2.	63.1 ± 10.4	65.9 ± 8.6
TOTAL	16	13	29

Tabla No. 2

Trabeculectomía

Presión Intraocular

Variable	mean	sd	min	máx	median	qnt_25	qnt_75
PIO pre	21.06	7.42	13	42	19	17	22
PIO 1 año	14.13	1.41	12	16	14	13	15
PIO pre	19.43	6.66	12	36	18.1	14.025	22.35
PIO 1 año	14.19	1.59	12.3	17.3	13.9	12.875	15.175
PIOcc pre	22.36	6.64	14.9	38.8	21.6	16.35	26.725
PIOcc 1 año	17.14	2.04	14.1	21.9	16.6	15.8	18.75

Tabla No. 3
Trabeculectomía
Biomecánica Corneal

Variable	mean	sd	min	máx	median	qnt_25	qnt_75
CH pre	7.00	1.35	4.9	10.1	7.8	6.775	8.7
CH 1 año	8.13	1.08	5.8	9.2	8.5	7.85	8.9
CRF pre	9.24	1.66	7.5	12.9	8.6	8.05	10.1
CRF 1 año	8.56	1.27	6.7	12.1	8.55	7.975	9.025

Tabla No. 4
Esclerectomía profunda no penetrante asistida CLASS
Presión Intraocular

Variable	mean	sd	min	máx	median	qnt_25	qnt_75
PIO pre	23.54	12.00	11	55	21	18	22
PIO 1 año	13.62	1.39	11	16	13	13	15
PIOg pre	20.76	9.24	8.7	38.9	19.5	15.5	22.1
PIOg 1año	15.29	2.18	12.4	20.5	14.8	13.5	16.6
PIOcc pre	23.29	8.28	12.8	41.5	22.3	19.7	24.2
PIOcc 1año	18.68	3.12	14.4	23.4	18.2	16	21.9

Tabla No. 5
Esclerectomía profunda no penetrante asistida CLASS
Biomecánica Corneal

Variable	mean	sd	min	máx	median	qnt_25	qnt_75
CH pre	7.74	1.81	5	12.7	7.4	6.9	8
CH 1 año	7.54	1.67	4.8	10.3	7.6	6.7	8.9
CRF pre	9.68	3.06	6.2	15.7	8.9	8.2	9.6
CRF 1 año	7.92	1.26	5.7	9.7	8.1	6.9	8.8

Tabla No. 6
Porcentaje de disminución de la presión intraocular

	TRABE	CLASS
Goldmann	33%	42%
PIO g	26%	24%
PIO cc	18%	21%