

Trabajo Fin de Grado

Cambios refractivos tras las distintas técnicas quirúrgicas del glaucoma. Revisión bibliográfica.

Refractive changes after different glaucoma surgical techniques. Bibliographic review.

Autor/es

Juan Enguita Carrascón

Director/es

Blanca Ferrández Arenas
Diana Soriano Pina

Universidad de Zaragoza, Facultad de ciencias

Grado en Óptica y optometría

Curso 2021-2022

Índice

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. GLAUCOMA	4
1.1.1. TIPOS	4
1.1.2. DIAGNÓSTICO	5
1.1.3. TRATAMIENTO	8
2. HIPÓTESIS	11
3. OBJETIVO	11
4. MÉTODOS	12
4.1. ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA	12
4.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	12
4.3. EXTRACCIÓN DE DATOS	12
5. RESULTADOS	12
6. DISCUSIÓN	13
6.1. CIRUGÍA LÁSER	15
6.1.1. IPL	15
6.1.2. TSL	16
6.2. CIRUGÍA CLÁSICA	17
6.2.1. TRABECULECTOMÍA	17
6.2.2. EPNP	18
6.2.3. IMPLANTES DE DDG AHMED Y BAERVELDT	18
6.3. CIRUGÍA MÍNIMAMENTE INVASIVA	20
6.3.1. IMPLANTE iSTENT	20
6.3.2. TRABECTOMO	21
6.3.3. CANALOPLASTIA	21
6.3.4. IMPLANTES DE GEL XEN Y PRESERFLO	21
7. CONCLUSIONES	22
8. BIBLIOGRAFÍA	23

ABREVIATURAS

AV: Agudeza visual

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina

CV: Campo visual

DDG: Dispositivos de drenaje en el glaucoma

ENPN: Esclerectomía profunda no perforante

GDX: Polarímetro láser

GNT: Glaucoma normotensivo

GPAA: Glaucoma primario de ángulo abierto

GPAC: Glaucoma primario de ángulo cerrado

HA: Humor acuoso

HRT: Láser confocal de barrido

IPL: Iridotomía periférica con láser

LA: Longitud axial

OCT: Tomografía de coherencia óptica

PIO: Presión intraocular

SC: Sensibilidad al contraste

TLA: Trabeculoplastia con láser de argón

TSL: Trabeculoplastia selectiva con láser

1. INTRODUCCIÓN

1.1. GLAUCOMA

El glaucoma es en la actualidad la principal causa de ceguera irreversible a nivel mundial. Se estima que existen aproximadamente 80 millones de personas afectadas por esta enfermedad y en el año 2040 serán alrededor de 110 millones.^{1,2} La prevalencia del glaucoma aumenta con la edad, siendo a los 70 años entre 3 y 8 veces más frecuente la probabilidad de padecerlo que con 40 años. Con unas prevalencias por encima de 4,5%, los africanos y los latinoamericanos son los más afectados por glaucoma; los europeos y oceánicos son los que menor prevalencia tienen, sobre un 2,9%.³

El glaucoma engloba a un grupo de trastornos que difieren en su fisiopatología, factores de riesgo, manifestaciones, tratamientos y pronósticos. La característica común entre estos trastornos es la degeneración progresiva del nervio óptico, con pérdida de células ganglionares de la retina, adelgazamiento de la capa de fibras nerviosas de la retina (CFNR) y aumento de la excavación progresiva del disco óptico.⁴ Este daño en el nervio óptico provoca en los pacientes una pérdida progresiva e irreversible del campo visual (CV) inicialmente periférico, que en muchos casos tarda en ser detectada hasta fases avanzadas de la enfermedad. Algunos pacientes experimentan otros síntomas desde estadios más tempranos como visión borrosa, halos y disminución de la agudeza visual (AV) en contrastes bajos. Varios estudios sugieren que el glaucoma también se asocia con una peor capacidad de lectura y con defectos en la visión del color, especialmente en el eje azul-amarillo.^{5,6}

El principal factor de riesgo en el desarrollo de la neuropatía óptica glaucomatosa es el incremento de la presión intraocular (PIO). Sin embargo, numerosas personas toleran presiones oculares elevadas sin que exista pérdida de fibras nerviosas de la retina, por lo que una PIO elevada no es suficiente para diagnosticar glaucoma. También existen casos de glaucoma normotensivo (GNT), en los que la persona afectada por el glaucoma presenta valores normales de PIO (<21 mmHg).^{7,8}

1.1.1. TIPOS

Existen diferentes maneras de clasificar los tipos de glaucoma, entre las que podemos destacar:

- Según la morfología del ángulo iridocorneal: glaucoma de ángulo abierto o de ángulo cerrado.
- Según la presencia o no de factores asociados: primarios y secundarios.
- Según la edad: congénito, infantil, juvenil y del adulto.⁹

El GPAA es el más frecuente de los dos y las personas que lo sufren un suelen presentar síntomas hasta llegar a fases avanzadas porque evoluciona de forma muy lenta y progresiva sin existir

disminución de AV porque afecta primeramente al CV periférico.

En cuanto al GPAC, ya sea en su forma aguda o subaguda, la PIO del afectado aumenta de forma repentina y presenta distintos síntomas como dolor y enrojecimiento ocular o pupila semidilatada.¹⁰

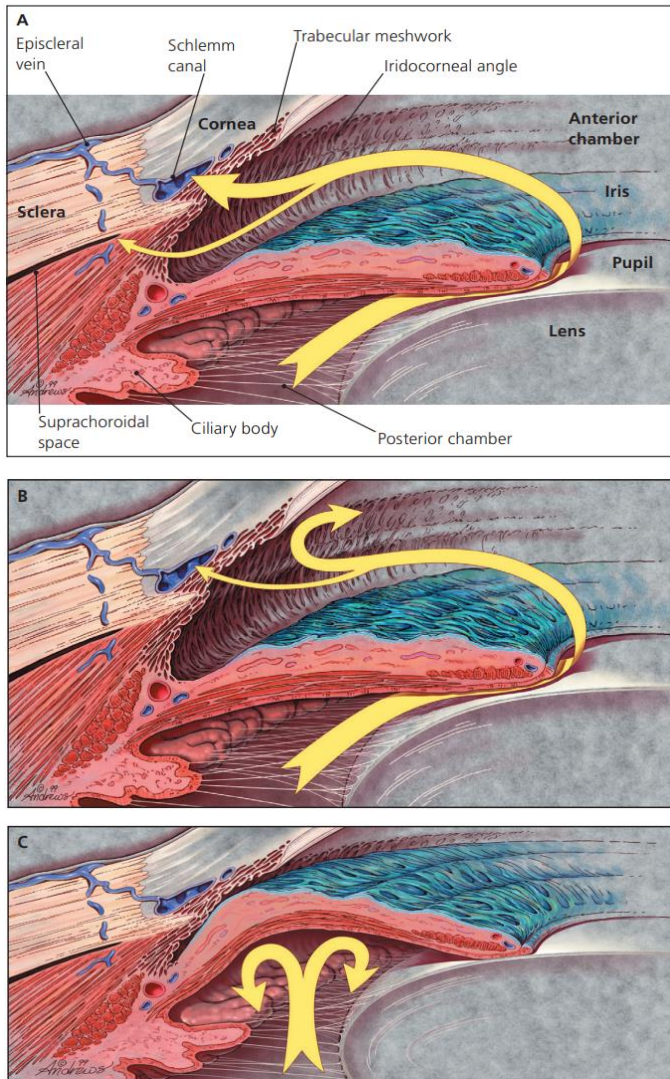


Ilustración 1.- Flujo del HA normal y anormal. La primera imagen (A) corresponde a un ojo sano, en el que la mayor parte del HA se drena por la malla trabecular (flecha grande) y el resto por la vía uveoescleral (flecha pequeña). En la segunda imagen (B), el flujo de HA por ambas vías se ve reducido a pesar de existir un ángulo iridocorneal abierto (GPAA). En la última imagen (C), que representa un GPAC, el iris está posicionado de una forma anormal que no permite el paso de HA a través del ángulo iridocorneal.¹¹

1.1.2. DIAGNÓSTICO

Además de la PIO elevada, existen otros factores de riesgo del glaucoma como la edad avanzada, miopía en GPAA o hipermetropía en GPAC, antecedentes familiares, hipo o hipertensión arterial, hipotiroidismo, grosor corneal central reducido, etnia y diabetes.

Según la Academia Americana de Oftalmología, una persona sospechosa de glaucoma es aquella

que posee un conjunto de características clínicas que suponen un mayor riesgo para desarrollar un GPAA. Estas características clínicas son: apariencia sospechosa de la cabeza del nervio óptico y capa de fibras nerviosas, campos visuales sospechosos de glaucoma sin existir signos clínicos ni otras neuropatías, hipertensión ocular con campos visuales, cabeza del nervio óptico y fibras nerviosas normales, ausencia de pseudoexfoliación, dispersión pigmentaria y resección angular traumática.^{12,13}

Para diagnosticar el glaucoma, existen pruebas estructurales y funcionales.

- Pruebas diagnósticas estructurales:

En presencia de glaucoma, la pérdida de células ganglionares en la papila del afectado se traduce en un adelgazamiento de la CFNR, la capa en la que se encuentran los axones de las células ganglionares. Es posible detectar el glaucoma en sus fases iniciales si se observa un daño en esos axones.

El método más utilizado para evaluar el estado de la cabeza del nervio óptico es la exploración oftalmoscópica. El oftalmoscopio indirecto es el menos recomendado para valorar una neuropatía glaucomatosa porque no detecta los cambios pequeños en la estructura de la cabeza del nervio óptico y la papila. El oftalmoscopio directo no permite obtener una visión tridimensional de estas estructuras por ser un instrumento que se usa de forma monocular, pero sí que proporciona una exploración con aumentos relativamente amplios del fondo de ojo.¹⁴

Técnicas más novedosas como el polarímetro láser (Gdx), el láser confocal de barrido (HRT) o la tomografía de coherencia óptica (OCT) consiguen medir de forma objetiva y cuantitativa la pérdida de axones en la papila y el área peripapilar. El OCT utiliza una fuente de luz infrarroja y proporciona imágenes de las capas de la retina con una gran resolución. El HRT funciona con un láser diodo de unos 670nm y genera imágenes en 3D del nervio óptico. El GDx hace un análisis de la retina y crea un mapa que indica el grosor de la CFNR de gracias a un láser polarizado de 780nm; es ideal para realizar seguimiento del glaucoma ya que determina cambios estructurales mínimos.¹⁵

Para estudiar el ángulo iridocorneal se suele utilizar la técnica de gonioscopía. Esta técnica nos permite diferenciar si se trata de GPAA o GPAC. Con una lente de aumento apoyada en la córnea se observan las estructuras que permiten que el HA se drene correctamente. Si está abierto y se ven todas las estructuras drenando correctamente coincide con una buena profundidad de la cámara anterior observada en la biomicroscopía. Se define el ángulo iridocorneal como estrecho si el espolón escleral no se observa y además el cuerpo ciliar y la inserción del iris se encuentran ocultos.¹⁶

También es muy importante realizar una tonometría para saber si la PIO se encuentra dentro del rango de normalidad, teniendo en cuenta el grosor corneal obtenido en la paquimetría.

Medir el grosor corneal central y la histéresis corneal (capacidad de la córnea para absorber y disipar energía) en la primera consulta del paciente sospechoso o afectado de glaucoma puede ayudar a identificar a aquellos que tienen mayor riesgo de progresión de la enfermedad, ya que existe una relación entre las características biomecánicas corneales y el desarrollo de glaucoma.^{17,18}

- Pruebas diagnósticas funcionales:

Ante un caso de glaucoma o sospecha de glaucoma es importante conocer la función visual del paciente midiendo su AV y la sensibilidad al contraste (SC).

La refracción del paciente es un dato fundamental en el estudio del glaucoma, puesto que las ametropías (especialmente las miopías axiales altas¹⁹) son un factor de riesgo para el desarrollo de la enfermedad. Es complicado diagnosticar un glaucoma en ojos con miopías altas, porque son ojos que tienden a presentar discos ópticos de mayor tamaño, excavaciones más extensas y no tienen un borde claramente definido²⁰. Un metaanálisis de 14 estudios poblacionales de distintos países ²¹, concluyó que los miopes presentan una probabilidad unas 1,6 veces mayor que los emétopes de padecer GPAA (los miopes con más de -3,00D aumentan esta probabilidad hasta más de 2,9). Por cada dioptría más de miopía, se incrementa la probabilidad de padecer GPAA un 20% aproximadamente.²² Un estudio en Corea del Sur ²³ comprobó que los participantes jóvenes (menos de 40 años) con una miopía alta tenían una prevalencia mayor de GPAA que los participantes mayores de 60 años con miopía baja. En cuanto a los ojos hipermétropes, suelen ser más cortos, por lo que el ángulo iridocorneal puede ser menor y provocar mayor riesgo de GPAC, aunque no se ha demostrado que exista tanta relación entre la hipermetropía y el GPAC como entre la miopía y el GPAA.²⁴

El estudio funcional del CV también es esencial para el diagnóstico y el seguimiento de un paciente con glaucoma o con sospecha de padecerlo. En una campimetría, la primera manifestación del glaucoma suele presentarse como un escalón nasal, extendiéndose la afectación por la periferia del CV, respetando la mácula y el meridiano horizontal. En etapas iniciales afecta especialmente la zona superior o inferior, pero con el avance la patología, pueden llegar a juntarse estas dos afectaciones arqueadas (forma que se corresponde con la localización de las fibras nerviosas en la retina) para acabar formando un escotoma anular en el CV.^{14,25}

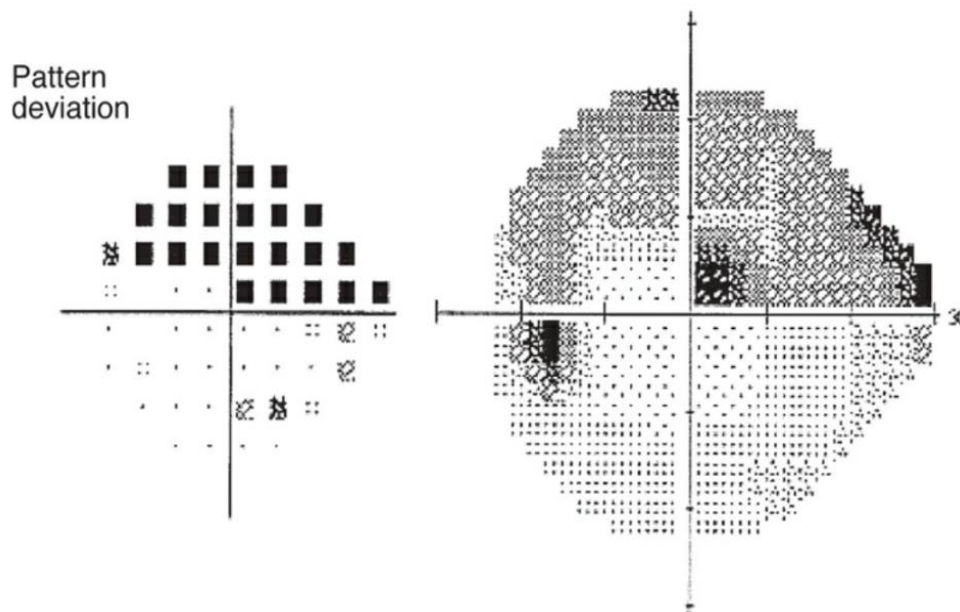


Ilustración 2.- Campo visual de un ojo derecho afectado por glaucoma. Presenta un defecto arqueado en la parte superior debido a la lesión de las fibras nerviosas de la retina. ²⁶

1.1.3. TRATAMIENTO

No existe ninguna cura para el glaucoma, cualquier tratamiento para esta enfermedad tiene como objetivo ralentizar la progresión de la misma y así reducir los daños causados, vigilando la función visual durante el proceso. Para lograr esto, los distintos tipos de tratamientos tratan de reducir y mantener el valor de la PIO en los valores adecuados para cada paciente. Existen tres opciones de tratamiento para el glaucoma: farmacológico, con láser o quirúrgico. El farmacológico por vía tópica oftálmica es el tratamiento inicial de elección si no existen contraindicaciones, pero si no es suficiente, es necesario recurrir al láser o la cirugía que mejores expectativas proporcione según la gravedad y el tipo de glaucoma.²⁷

Entre las cirugías para tratar el glaucoma con láser, las más populares son la iridotomía periférica con láser (IPL) y la trabeculoplastia con láser de argón (TLA) o selectiva (TSL):

- IPL: se utiliza especialmente en GPAC. La técnica consiste en realizar un pequeño orificio en la periferia del iris para que el HA pueda ser drenado a través de él, alejado del borde pupilar. Es preferible hacerlo en una cripta del iris, donde el mismo tiene menor espesor.
- TLA: la TLA se utiliza en GPAA. Se aplica láser argón sobre el trabéculo del ojo para aumentar el flujo de salida del HA. Generalmente, se tratan primero la mitad de los canales de líquido pertenecientes a los 180° inferiores del trabéculo; esto permite aplicar en la zona superior un procedimiento no penetrante en un futuro.
- TSL: para el tratamiento de GPAA. La TSL utiliza un láser a niveles muy bajos de energía. Trata células pigmentadas específicas de forma selectiva en la malla trabecular y deja intactas las partes no tratadas. Suele ser el tratamiento inicial para los pacientes que no

responden o que no pueden tolerar la farmacoterapia.^{28,29,30}

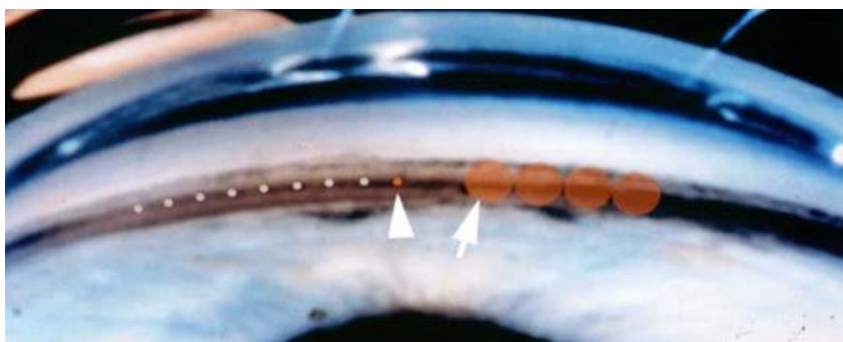


Ilustración 3.- Diferencia de tamaño de la zona de acción de la TLA (flecha izquierda) y la TSL (flecha derecha). En el TLA es de aproximadamente 50µm.³⁰

La cirugía ofrece mayor precisión en el control de la PIO, permite una curva circadiana (picos, fluctuaciones de la presión, etc.) y un valor de PIO más estable a largo plazo. Pese a estas ventajas, la cirugía en el glaucoma tiene riesgos como hemorragias en cámara anterior, pérdida parcial o total del CV, cambios refractivos... Dentro de los tratamientos quirúrgicos para tratar el glaucoma se puede distinguir entre cirugía clásica y mínimamente invasiva.^{14,27}

- Cirugía clásica:

- Trabeculectomía: a día de hoy sigue siendo el gold standard en la cirugía de glaucoma. Se crea una vía de salida artificial de HA desde la CA hacia el espacio subconjuntival extirpando una porción de tejido esclerocorneal profundo. La mitomicina C (MMC) es un antimetabolito que se usa en ocasiones antes de realizar una trabeculectomía con el objetivo de que la cicatrización postoperatoria no sea excesiva y reducir de esta manera el riesgo de fracaso y las complicaciones.³¹

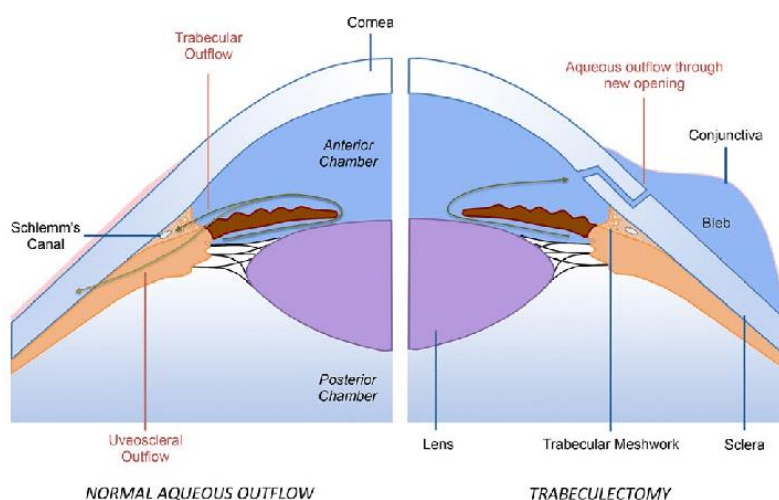


Ilustración 4.- Comparación entre el drenaje normal del HA y el que se produce tras realizar una trabeculectomía.³¹

- Esclerectomía profunda no perforante (EPNP): se trata de una variante menos invasiva de la trabeculectomía convencional. Se hace una pequeña incisión en la esclera que expone la membrana trabéculo-descemática, que permite la fuga de HA desde la CA sin apertura de la misma.
 - Implante de dispositivos de drenaje en el glaucoma (DDG): tienen un reservorio extraescleral (plato), y un tubo de conexión intraocular que comunica con el plato y permite que circule el HA a través de él. Existen implantes no valvulados como el de Baerveldt (no restrictivos) y valvulados como el de Ahmed (restrictivos).³²
- Cirugía mínimamente invasiva:
- Implante trabecular iStent: está diseñado para que al ser implantado forme un canal permanente a través del lugar de bloqueo principal (malla trabecular) y restaure la salida natural del HA. Para una implantación segura, es imprescindible tener una buena visualización del ángulo camerular del paciente.³²
 - Trabectomía: es un dispositivo quirúrgico con una punta diminuta que se inserta a través de la córnea y utiliza un pulso eléctrico para extraer una tira del tejido del canal de Schlemm bloqueado para restablecer la vía de drenaje natural del ojo y bajar la PIO.³³
 - Cirugía del conducto de Schlemm: el Hydrus es un implante con forma de semiluna hueca que tiene tres ventanas de apertura y se introduce en el canal de Schlemm a través de una incisión corneal. Es ideal para implantar en combinación con la cirugía de catarata, ya que no precisa nuevas incisiones y el manejo del ángulo es más sencillo en los ojos pseudofáquicos, aunque también se puede usar en ojos fáquicos con ángulo abierto.³⁴ La canaloplastia es una cirugía no penetrante relativamente nueva para pacientes afectados por glaucoma. En esta técnica se utiliza un microcatéter para realizar una canulación 360° del canal de Schlemm y se inyecta un material viscoelástico. Después de esto, se retira el catéter y se hace una sutura dentro del canal para que permanezca abierto.³⁵
 - Cirugía subconjuntival: se basa en la creación de un canal artificial entre la CA y el espacio subconjuntival, típicamente a través de un stent. Dos ejemplos de dispositivos que crean este canal artificial son el stent de gel XEN y el Preserflo. El stent de gel XEN es un tubo flexible hidrofílico de 6 mm y Preserflo es un implante compuesto por un material sintético biocompatible (SIBS) con forma tubular y 8 milímetros de longitud.^{36,37}

- Cirugía supracoroidea: algunos implantes como el CyPass se introducen en el espacio supracoroideo. El implante crea un conducto permanente entre la CA y el espacio supraciliar.^{38,39} El CyPass fue retirado del mercado por Alcon en 2018 tras comprobar que, tras 5 años, se produjo una pérdida significativa de células endoteliales de los pacientes con este tipo de implante. Un microstent supracoroideo similar que se encuentra actualmente en evaluación es el iStent Supra, que se implanta de la misma manera que el CyPass.

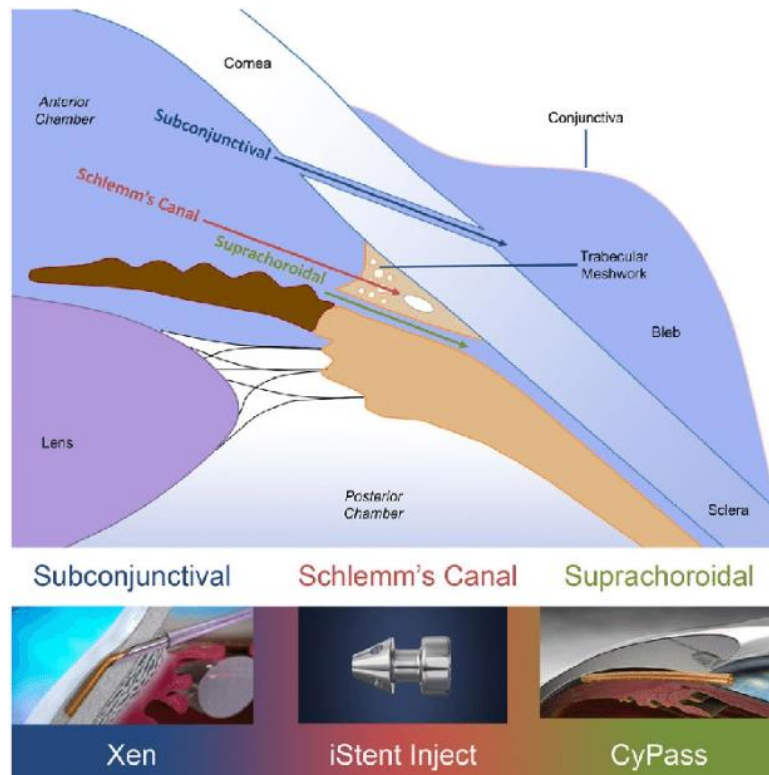


Ilustración 5.- Rutas potenciales de drenaje de HA con la implantación de distintos dispositivos de drenaje para tratar el glaucoma.³¹

Se ha demostrado que los procedimientos quirúrgicos para tratar el glaucoma pueden afectar a la longitud axial (LA) y las mediciones de queratometría de los ojos tratados. Aunque la reducción significativa de la PIO sea el principal factor que contribuye a los cambios biométricos y refractivos a corto plazo, la inducción de cambios en la córnea y otras estructuras oculares durante las intervenciones pueden contribuir en estos cambios.⁴⁰

2. HIPÓTESIS

Las personas afectadas por glaucoma que se someten a un tratamiento quirúrgico con el objetivo de reducir la PIO pueden sufrir distintos cambios refractivos dependiendo del método utilizado.

3. OBJETIVO

Estudiar y comparar los cambios refractivos, como complicación postoperatoria, que pueden

sufrir los pacientes que se someten a alguna de las técnicas quirúrgicas para tratar el glaucoma.

4. MÉTODOS

Se ha realizado la revisión bibliográfica consultando en bases de datos de contenido científico-académico en un periodo comprendido entre mayo del 2022 y agosto del 2022.

4.1. ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA

Toda la búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos "Pubmed" (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) y el motor de búsqueda "Google Scholar" (<https://scholar.google.es/schhp?hl=es>), utilizando en ambas varias palabras clave en inglés.

Las palabras clave que se ha utilizado en este estudio han sido "glaucoma", "outcomes", "surgery", "refractive", "spherical", "axial" y "astigmatism". Las palabras fundamentales en la búsqueda fueron "glaucoma", "outcomes" y "surgery". En cuanto a "refractive", "spherical", "axial" y "astigmatism", son palabras relacionadas con los objetivos del trabajo y ayudaron en el filtrado de artículos durante la búsqueda. En las búsquedas se especificó que estas palabras debían aparecer en el título, en el resumen o en las palabras clave de los artículos. Se usaron los operadores booleanos "AND" y "OR" para realizar búsquedas simultáneas con varias palabras claves.

4.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

- Se han incluido los artículos en los que se analizan distintos cambios refractivos en pacientes diagnosticados de glaucoma primario o secundario de ángulo abierto o de ángulo cerrado.
- Los criterios de exclusión fueron: diagnóstico de glaucoma traumático, presencia de AV muy reducida y afaquia. También han sido excluidos los artículos realizados en años previos al 2005.

4.3. EXTRACCIÓN DE DATOS

Se hizo una estrategia para la extracción de datos para esta revisión bibliográfica en relación con la identificación de artículos, la fecha de publicación, los autores y el lugar de los estudios, la información de la muestra teniendo en cuenta el tipo de glaucoma, y el método o los métodos de cirugía de glaucoma utilizados.

5. RESULTADOS

Se encontraron 15927 artículos relacionados con el tema propuesto, entre los que se incluyeron 18 finalmente. Para la elección de esos 18 artículos se centró la búsqueda de las palabras clave en el título, resumen o palabras clave del artículo y se realizó un filtrado para asegurar que se cumplían los criterios de inclusión y exclusión. A partir de ahí, se llevó a cabo una selección más precisa por los títulos y resúmenes de los artículos y, en caso de ser necesario, el texto completo.

Todo esto se puede ver de forma más gráfica en el siguiente diagrama de flujo (Ilustración 2):

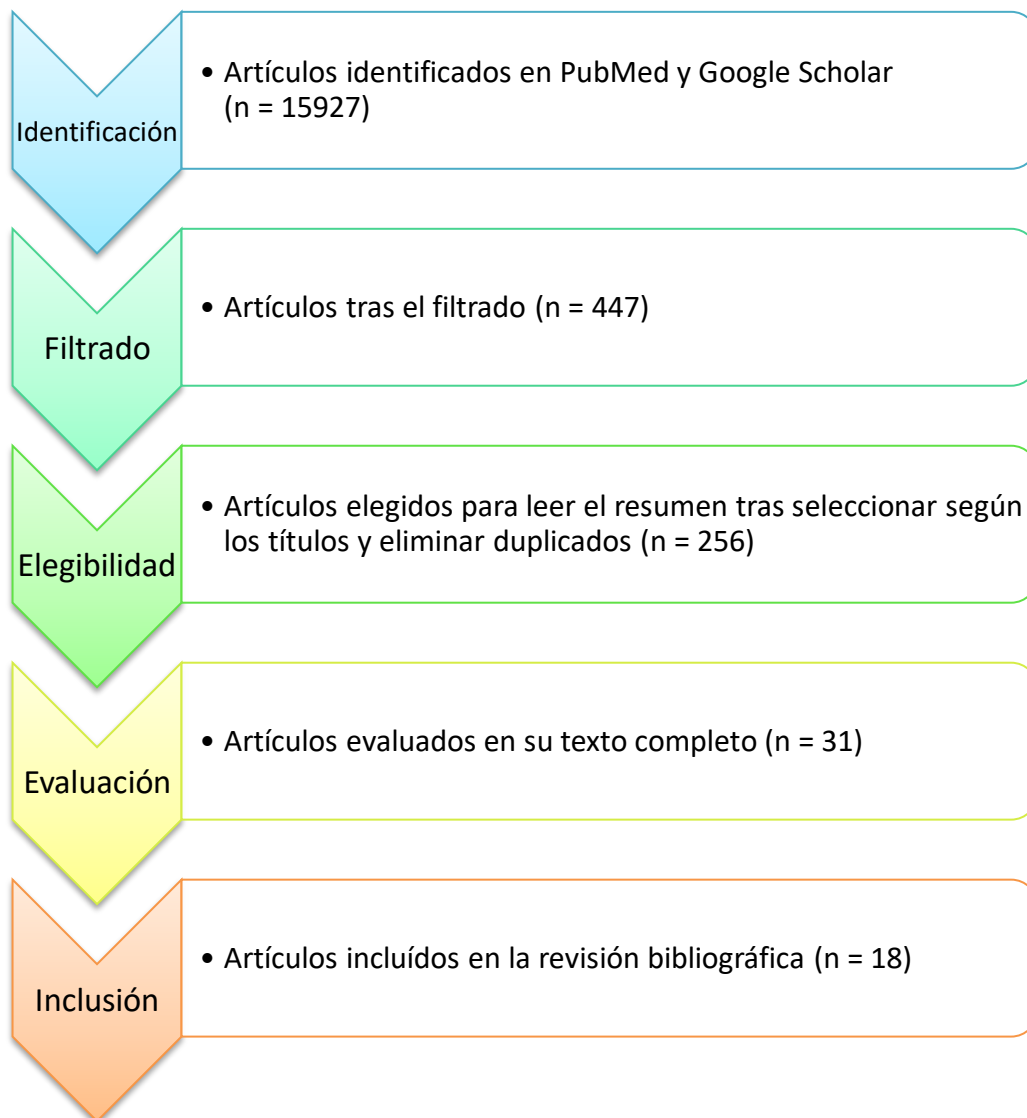


Ilustración 6.- Diagrama de flujo de la revisión bibliográfica.

6. DISCUSIÓN

Tras el proceso de selección, se incluyeron en la revisión bibliográfica 18 artículos que se ajustan a los criterios de inclusión explicados anteriormente.

Fecha de publicación	Autor/es	Lugar	Muestra	Métodos
Febrero de 2009	Lei et al.	Hospital Beijing Tongren, China	15 ojos con GPAC	IPL

Septiembre de 2018	Pinto et al.	Centro hospitalario universitario Lisboa Norte, Portugal	37 ojos con ángulo estrecho	IPL
Agosto de 2017	Atalay et al.	Hospital de formación e investigación de Bağcılar, Turquía	33 ojos con GPAA	TSL
Enero de 2014	Lee et al.	Universidad de Hong Kong, China	111 ojos con GPAA	TSL
Abril de 2016	Delbeke et al.	Hospital universitario de Leuven, Bélgica	47 ojos sospechosos o afectados con GPAA	Trabeculectomía
Junio de 2017	Popa-Cherecheanu et al.	Universidad de Medicina y Farmacia Carol Davila, Rumanía	48 ojos con GPAA	Trabeculectomía
Agosto de 2019	Iwasaki et al.	Hospital universitario de Fukui, Japón	97 ojos con GPAA, glaucoma pseudoexfoliativo o glaucoma uveítico	Trabeculectomía
Marzo de 2014	El-Saied et al.	Hospital Kasr El Aini del Cairo, Egipto	120 ojos con GPAA	Trabeculectomía y EPNP
Mayo de 2022	Byszewska et al.	Instituto militar de medicina de Varsovia, Polonia	75 ojos con GPAA, glaucoma pigmentario o glaucoma pseudoexfoliativo	EPNP y canaloplastia combinadas con cirugía de cataratas
Febrero de 2022	Mehta et al.	Illinois Eye & Ear Infirmary (IEEI), Estados Unidos	42 ojos con catarata y GPAA	Implantes de DDG Ahmed y Baerveldt
Julio de 2020	Dehghanian et al.	Universidad de Teherán, Irán	32 ojos con GPAA	Trabeculectomía e implantes de DDG Ahmed

Enero de 2005	Francis et al.	Doheny Eye Institute, Estados Unidos	39 ojos con GPAA	Trabeculectomía e implantes de DDG Baerveldt
Septiembre de 2021	Asano et al.	Sistema de Salud de la Universidad Nacional (NUHS), Singapur	206 ojos con cataratas, 100 de ellos sospechosos o afectados con GPAA	Trabeculectomía e implantes de DDG Ahmed combinadas con cirugía de cataratas
Febrero de 2020	Ioannidis et al.	Hospital de Melbourne, Australia	89 ojos con catarata y GPAA	Implante iStent
Septiembre de 2021	Rho et al.	Centro médico CHA Bundang, Corea del Sur	36 ojos con catarata y GPAA	Implante iStent
Diciembre de 2014	Luebke et al.	Universidad de Friburgo, Alemania	137 ojos con catarata GPAA o glaucoma pseudoexfoliativo	Trabectomo
Enero de 2014	Moelle et al.	Hospital universitario de Erlangen, Alemania	14 ojos con GPAA y 12 ojos con glaucoma pseudoexfoliativo	Canaloplastia
Agosto 2022	Wagner et al.	Hospital universitario de Maguncia, Alemania	105 ojos sospechosos o afectados con GPAA	Trabeculectomía e implantes de gel XEN y Preserflo

Tabla 1.- Sumario de aspectos de los artículos incluidos en la revisión bibliográfica.

6.1. CIRUGÍA LÁSER

6.1.1. IPL

En un estudio de 2009, *Lei et al.*⁴¹ estudiaron los cambios morfológicos en el segmento anterior de 15 ojos con GPAC de personas diferentes tras una IPL utilizando un OCT-SA. La OCT-SA tras aplicar la IPL se hizo en un rango de 7-48 días en todos los pacientes. La profundidad de CA sufrió un pequeño aumento de 1,6% de media en la zona central. La zona periférica también aumentó su profundidad, por lo que el volumen de la cámara anterior pasó de una media de 73,86µl a 84,14µl. Los cambios en el diámetro y el espesor del cristalino no fueron estadísticamente significativos. Ninguno de estos cambios morfológicos provocó cambios significativos en la refracción ni la AV de los ojos tratados.

En un estudio de 2018, *Pinto et al.*⁴² comprobaron si la IPL producía cambios pupilares y refractivos en los pacientes. Para ello se midió la refracción con el pupilómetro, el área y el diámetro pupilar medio, el diámetro pupilar máximo horizontal y vertical y la AV. Se realizaron las medidas preoperatorias y tras 2 semanas y 6 meses de la operación. No existieron cambios en los parámetros de refracción ni en la AV en ninguno de los casos, lo que sugiere que la IPL es un procedimiento relativamente seguro del que podemos esperar estabilidad de la refracción tras sólo 2 semanas y a largo plazo. En cambio, apareció una disminución estadísticamente significativa en el diámetro de la pupila en todas las evaluaciones a los 6 meses, en comparación con los valores antes de la IPL. Estos cambios, sin embargo, no parecen clínicamente significativos en términos ópticos porque la esfera equivalente permaneció igual durante el estudio.

6.1.2. TSL

En un estudio de 2017, *Atalay et al.*⁴³ investigaron la presencia de alteraciones corneales a largo plazo (entre 3 y 6 meses después de la operación) entre los pacientes con GPAA que se sometieron a única sesión de TSL en los 360° de la red trabecular. El cambio en el ECC fue significativo, 4µm de disminución media aproximadamente. Entre todas las medidas de la potencia (anterior y posterior) y la asfericidad corneal, el único cambio significativo se produjo en la asfericidad de la cara posterior a 5 y 8mm de la córnea central, que adquirió valores algo más negativos (córnea más prolata). A pesar de esta serie de alteraciones estadísticamente significativas en los hallazgos topográficos de la córnea 3 a 6 meses después del tratamiento SLT, estos fueron clínicamente insignificantes, ya que ni la AV ni los valores de Zernike sufrieron cambios en las medidas postoperatorias.

En un estudio clínico en Hong Kong (China) realizado por *Lee et al.*⁴⁴ de 111 ojos de 66 personas con GPAA, se comprobaron los cambios en una semana y un mes en el espesor corneal central y equivalente esférico tras una única sesión de TSL en los 360° de la red trabecular. En cuanto al espesor corneal central, se observó un adelgazamiento general tras una semana de la cirugía láser (de una media de 549.4mm a 543.9mm), que volvió a un valor parecido al preoperatorio al ser medido en un mes; este adelgazamiento temporal puede ser debido a la disipación del calor de la energía del láser en el estroma corneal, lo que resulta en contracciones térmicas de las fibras de colágeno del estroma. Se comprobó que aplicar mayor energía láser resultaba en un adelgazamiento mayor del espesor corneal central, pero estas córneas también eran capaces de cicatrizar y remodelar su estroma para volver a valores prácticamente idénticos a los preoperatorios. En cuanto al error refractivo medio, medido en dioptrías de esfera equivalente, no se observó ningún cambio significativo al ser evaluado tras una semana y tras un mes de la intervención. En la medición de la AV después de un mes del láser, se observó que incluso había aumentado la media ligeramente, quizás por el efecto placebo de algunos pacientes, que pudieron entender que el tratamiento al que se sometían mejoraría su visión. La inflamación de la CA tras el TSL permaneció durante 3-4 días.

6.2. CIRUGÍA CLÁSICA

6.2.1. TRABECULECTOMÍA

En un estudio de 2016, *Delbeke et al.*⁴⁵ analizaron 47 ojos de 47 pacientes sospechosos o afectados por GPAA que se sometieron a una trabeculectomía. Se midió la refracción y la AV de los pacientes antes de la cirugía y después de 1, 3 y 6 meses. La esfera equivalente media cambió de -0,47D a -0,07D tras 6 meses. 20 de los 47 ojos presentaron miopía adquirida (media de -0,70D), 26 de los 47 presentaron hipermetropía adquirida (1,06D de media) y un único paciente no presentó ningún cambio en su refracción. La AV final disminuyó desde 0,17 LogMAR hasta 0,14 LogMAR de media a los 6 meses.

Después de 6 meses, 12/47 ojos tuvieron un cambio en la potencia del cilindro de $\pm 1,00D$, de los cuales 8 ojos cambiaron a favor de la regla. No hubo diferencia entre los pacientes pseudofáquicos y fáquicos en el cambio medio del equivalente esférico después de 6 meses. Después de 1 mes, existía una correlación significativa entre el cambio en el astigmatismo y la disminución de la PIO: cuanto menor es la PIO, mayor es el astigmatismo a favor de la regla. Esta correlación desapareció a los 6 meses.

Este estudio mostró un cambio pequeño, aunque estadísticamente significativo, en el astigmatismo a favor de la regla, que se estabiliza desde los 3 meses de la trabeculectomía en adelante. El equivalente esférico y AV no cambiaron apenas en comparación con los valores preoperatorios. En la mayoría de los casos, no existirá un cambio en el valor de la corrección después de la trabeculectomía.

En un estudio de 2017, *Popa-Cherecheanu et al.*⁴⁶ realizaron un análisis de los cambios refractivos y de LA en 40 ojos tras someterse a facoemulsificación y trabeculectomía por GPAA. En un grupo de 21 sujetos se realizó la facoemulsificación antes que la trabeculectomía y en el otro grupo de 27 sujetos se llevaron a cabo las cirugías en el orden contrario. El intervalo de tiempo entre las dos intervenciones para cada ojo fue de mínimo 6 meses. Todas las mediciones se realizaron antes de la trabeculectomía así como a los 6 y 12 meses después de la trabeculectomía. El resultado refractivo final se comparó después de haber realizado las dos cirugías en cada ojo. La trabeculectomía provocó una reducción de unos 0,4mm de la LA muy similar en ambos grupos, que se mantuvo constante en las mediciones a los 6 y a los 12 meses. A pesar de haber cambiado su LA de forma similar, la diferencia en el cambio refractivo de ambos grupos fue notoria: el grupo en el que se realizó la trabeculectomía en primer lugar obtuvo un resultado refractivo prácticamente amétrope, mientras que la esfera equivalente del otro grupo fue de +0,34D (hipermetropización) a los 12 meses de la trabeculectomía. El efecto sobre el resultado refractivo depende de la secuencia de cirugías, y es mejor el resultado refractivo si la facoemulsificación se realiza después de la trabeculectomía

En un estudio de 2019, *Iwasaki et al.*⁴⁷ evaluaron los cambios refractivos que sufrieron 97 ojos de 97 pacientes distintos tras una cirugía de trabeculectomía. Los 97 ojos analizados fueron divididos en 2 subgrupos: 61 fáquicos y 36 pseudofáquicos. Las medidas de la AV y la refracción se realizaron antes de la trabeculectomía y después de 1, 3, 6 y 12 meses.

En ojos fáquicos, se observó una miopización general, con una media de -0,46 D a los 3 meses de la cirugía, -0,52D a los 6 meses y -1,31D a los 12. En los ojos pseudofáquicos, en cambio, no

se encontró ningún cambio significativo de la refracción en ninguna de las visitas de seguimiento postquirúrgicas.

La AV con la mejor corrección posible bajó desde 0,3 logMAR de media hasta 0,9 logMAR tras un año en los ojos que tuvieron un cambio miópico. Se observó que esta pérdida de AV era debida a la opacificación postoperatoria del cristalino de los ojos fáquicos tras ser operados mediante trabeculectomía.

6.2.2. EPNP

*El-Saied et al.*⁴⁸, en un estudio de 2014, dividieron 120 ojos de 87 pacientes en dos grupos para comparar el astigmatismo inducido por dos métodos distintos de cirugía de glaucoma. Se realizó una queratometría de dos grupos (A y B) utilizando el autoqueratorrefractómetro Topcon KR-7000P antes de la operación y a los 6 meses después de la operación. Se utilizó análisis vectorial para analizar el astigmatismo inducido quirúrgicamente. En el grupo A; fueron operados de EPNP con mitomicina C (MMC) 60 ojos, mientras que en el grupo B fueron operados mediante trabeculectomía con MMC otros 60 ojos. La PIO postoperatoria fue seguida en los 120 ojos durante 6 meses. La correlación entre el cambio del astigmatismo con la caída de la PIO fue estadísticamente insignificante para ambos grupos.

Tanto la trabeculectomía como la EPNP indujeron un astigmatismo postoperatorio significativo. Se encontró aplanamiento a lo largo del meridiano vertical, mayor con trabeculectomía que con EPNP.

En un estudio de 2022, *Byszewska et al.* analizaron los cambios en el astigmatismo refractivo de pacientes glaucomatosos que se operaban mediante una EPNP o una canaloplastia, ambas combinadas con una cirugía de catarata. Estos cambios en el astigmatismo se midieron con un autoqueratorrefractómetro antes de la intervención combinada y tras 6 y 24 meses.

En el sexto mes de seguimiento, la AV media no mostró diferencias grandes entre los dos grupos, pues se encontraba entre valores de 0,05 y 0,07 logMAR en los dos. Sin embargo, 2 años después de la intervención, la AV media fue mejor en los operados por canaloplastia (0,05 logMAR de media) que en los operados por EPDP (0,12logMAR).

El valor medio del astigmatismo no sufrió cambios significativos durante los 24 meses de seguimiento en ninguno de los dos grupos, únicamente fluctuaciones muy pequeñas. En cuanto a la dirección del eje, el astigmatismo era en contra de la regla en las medidas preoperatorias de ambos grupos y mantuvo esa dirección durante el seguimiento, sin mostrar ningún cambio de eje significativo.

6.2.3. IMPLANTES DE DDG AHMED Y BAERVELDT

En un estudio de 2022 de *Mehta et al.*⁴⁹ analizó los resultados refractivos de la cirugía combinada de facoemulsificación e implante de DDG (Ahmed o Baerveldt). Se evaluó si el equivalente esférico (SE) de los pacientes se encontraba entre $\pm 1,00D$ de la refracción objetivo tras 3-6 meses de la operación, buscando la relación con la LA preoperatoria de los ojos. Se logró una refracción que difería entre +1,00D y -1,00D de la refracción objetivo en 30 de los 42 ojos, en los que se observó que existía una pequeña miopía adquirida de -0,15D de media tras las intervenciones. En los ojos que tras la intervención estaban fuera de la refracción objetivo

$\pm 1,00D$, en cambio, se produjo una hipermetropización de $+0,28D$. La LA de los ojos en los que no se logró la refracción objetivo tenía una media de $25,37mm$ antes de someterse a la cirugía, mientras que en los que sí se logró se observó una LA media mucho menor, de $23,34mm$. Observando los valores de queratometría pre y postoperatorios, se observó que la mayoría no presentaba ningún astigmatismo inducido. Los 12 ojos que sí presentaron astigmatismo inducido tras ser sometidos a la doble cirugía, tenían una media de $0,52D$ de cilindro.

En un estudio de 2020 de *Dehghanian et al.*⁵⁰ se compararon los cambios en los errores refractivos de los pacientes con GPAA antes de la operación con los obtenidos una semana, un mes y tres meses tras ser intervenidos. En 16 ojos se realizó una trabeculectomía y en otros 16 se implantó un DDG Ahmed. Se realizaron las medidas de la refracción con retinoscopio y autorrefractómetro, tres veces por cada ojo. Además, un oftalmólogo examinó el segmento anterior con lámpara de hendidura. La AV de los pacientes se midió sin corrección con el test de Snellen a 6 metros de distancia. Los resultados del estudio mostraron que los ojos operados se volvían más hipermétropes tras la cirugía porque se produce una reducción de la LA del ojo, especialmente en la trabeculectomía; esta hipermetropización se estabilizó a los 3 meses en ambos métodos y apenas existía diferencia con las refracciones obtenidas antes de la cirugía. En cuanto al astigmatismo, en el implante de Ahmed no se vieron apenas cambios, mientras que tras la trabeculectomía se observó que una semana después de la operación todos los pacientes tenían su astigmatismo a favor de la regla y muy aumentado, aunque se reducía hasta valores no muy alejados de los preoperatorios con el paso de los meses. *Cunliffe et al.*⁵¹ determinaron que este cambio es debido al corte realizado en la trabeculectomía, que retrae el borde corneal y eso reduce el radio corneal vertical. Estos cambios refractivos provocaron una reducción de la AV muy notable tras la primera semana con ambos métodos, aunque tras 3 meses sólo se redujo de manera muy leve en los operados mediante trabeculectomía.

En un estudio de 2005, *Francis et al.*⁵² analizaron los cambios en la LA de 39 pacientes tratados de GPAA con trabeculectomía y 22 con Baerveldt. Se midió la LA de estos pacientes antes de la operación para compararla con la obtenida una semana, un mes y más de tres meses después. Se realizaron estas medidas mediante biometría óptica. La LA se redujo de forma significativa y de forma parecida en los ojos operados con ambos métodos. Pasados más de tres meses, la reducción media pasó de $0,15mm$ a $0,08mm$. Un $10,2\%$ de los ojos sometidos a la trabeculectomía presentó hipotonía ocular a los 3 meses, por lo que la disminución de la LA era mayor pero menos significativa por los valores tan reducidos de PIO. Llegaron a la conclusión de que la reducción de LA era pequeña pero estadísticamente significativa en ambos métodos y se podía predecir con la siguiente fórmula a los 3 meses: Reducción de LA (mm) = $-1,99 + 0,006 * \text{reducción PIO} + 0,008 * \text{PIO final}$.

*Asano et al.*⁵³ en un estudio de 2021 estudiaron los resultados refractivos de la cirugía de cataratas combinada con la trabeculectomía y un implante de DDG Ahmed. Había un total de 206 ojos en el análisis: 50 se operaron con cirugía combinada de cataratas y trabeculectomía y 50 se operaron con cirugía combinada de cataratas e implantación de DDG. 106 ojos solo se sometieron a cirugía de cataratas (grupo de control). Se compararon los resultados refractivos de los 2 grupos de cirugía combinada con el grupo de control. El análisis de subgrupos fue realizado en los siguientes subgrupos de LA: corta ($<22,5mm$), media ($\geq 22,5$ a $<25,5mm$) y larga

($\geq 25,5$ mm). Las mediciones postoperatorias se realizaron de media a 20,3, 20,4 y 6,4 semanas después de la operación en trabeculectomía, el implante DDG y el grupo de control respectivamente.

No hubo diferencia estadísticamente significativa en la predicción del error refractivo general entre el grupo DDG y el grupo de control. Sí que existe un cambio miópico significativo en la predicción de error refractivo en el grupo de trabeculectomía (-0,18D de media). El resultado de este estudio coincide con estudios previos que demuestran que se observa un mayor error refractivo miópico en el grupo de facotrabeculectomía en comparación con el de cirugía de catarata únicamente.^{54,55}

En el grupo DDG, los ojos con LA corta ($< 22,5$ mm) mostraron un error refractivo más hipermetrope del esperado (+0,75D). A parte de esta desviación significativa en los ojos cortos, la cirugía de cataratas combinada con la implantación de DDG no mostró un error refractivo significativo.

Aunque las diferencias fueron pequeñas en este estudio, la predicción refractiva que se puede lograr con la implantación de GDD parece mejor en comparación con la trabeculectomía si ambas son combinadas con cirugía de cataratas.

6.3. CIRUGÍA MÍNIMAMENTE INVASIVA

6.3.1. IMPLANTE iSTENT

*Ioannidis et al.*⁵⁶ en un estudio de 2020 analizaron 89 ojos con GPAA de 89 pacientes distintos que se sometieron de manera simultánea a una cirugía de cataratas asistida con láser de femtosegundo y a un implante trabecular iStent (la inserción del implante del dispositivo iStent se llevó a cabo justo después de la cirugía de catarata). La AV, la refracción y el análisis del vector astigmático se analizaron y compararon a partir de las medidas preoperatorias y 4 semanas después de la operación. El 73,9% de los ojos estaban dentro de $\pm 0,50$ D del objetivo refractivo y el 98,9% de los ojos dentro de $\pm 1,00$ D del objetivo refractivo predicho. No hubo diferencia significativa entre el equivalente esférico pre y postoperatorio, aunque la reducción media en el astigmatismo refractivo sí fue estadísticamente significativo después de la cirugía siendo que las lentes intraoculares implantadas fueron monofocales.

En un estudio de 2021, *Rho et al.*⁵⁷ analizaron 36 ojos de 36 pacientes coreanos que se sometieron a una cirugía conjunta de cataratas e implante iStent para tratar el GPAA. Se realizaron las medidas del estado refractivo y la AV de los pacientes en distintas ocasiones durante un seguimiento de 6 meses. Se compararon los resultados obtenidos con un grupo de control de 100 ojos sin glaucoma que sólo se sometió a una facoemulsificación.

El error refractivo medio fue de 0,33D de media a los 6 meses y el 83,3% de los ojos sometidos a la cirugía combinada tenían su equivalente esférico dentro de un rango de $\pm 0,50$ D del objetivo. Este porcentaje fue de un 76% en el grupo de control. A los 6 meses, la AV había vuelto a los valores preoperatorios en ambos grupos. Este estudio sugirió el implante del iStent como un buen método quirúrgico para el glaucoma combinado con la cirugía de cataratas por el mínimo impacto refractivo que produce.

6.3.2. TRABECTOMO

En un estudio de 2014, *Luebke et al.*⁵⁸ estudiaron los resultados y las complicaciones refractivas de dos grupos distintos: uno sometido a cirugía de catarata únicamente y otro a la misma cirugía combinada con el trabectomo para tratar el GPAA o el glaucoma pseudoexfoliativo. En 137 ojos que se sometieron a una cirugía combinada de trabectomo y cataratas, se comparó el error de refracción postoperatorio y la mejor AV después de al menos 2 meses tras la operación con los resultados obtenidos un grupo de control interno de 1704 ojos que se sometieron a una cirugía de cataratas.

El valor de la AV de ambos grupos era prácticamente igual tras la operación, un 0,8 de media en ambos. El error de predicción biométrica se definió como la diferencia entre la refracción planificada determinada por biometría y el equivalente esférico de la refracción final; el valor de este error tuvo una media de 0,53D tras la cirugía combinada y sólo 0,05D menos en la cirugía de cataratas. En el estudio, este error quedó en el rango de $\pm 1,00D$ en el 86,9% de los casos y entre $\pm 0,50D$ en el 60,6% de los casos.

En conclusión, estos datos no muestran diferencias en cuanto a AV o resultados refractivos entre la cirugía combinada o simple. Una combinación de trabectomo y la cirugía de cataratas es tan precisa como la cirugía de cataratas sola y no mostró mayor riesgo de complicaciones.

6.3.3. CANALOPLASTIA

En un estudio de 2014, *Moelle et al.*⁵⁹ observaron los cambios en la AV, el astigmatismo y el equivalente esférico después de la canaloplastia. Se realizaron las medidas a las 2 semanas, al mes, a los 3 meses y a los 6 meses.

La AV fue medida con las propias gafas de los pacientes. A las 2 semanas, pasó de 0,11 logMAR a 0,51 logMAR de media; a los 2 meses, el valor medio era de 0,22 logMAR y a los 3 y 6 meses el valor era prácticamente idéntico al obtenido antes de la intervención.

El equivalente esférico preoperatorio medio fue de 1,2D, que aumentó significativamente a 1,8D a las 2 semanas. A las 4 semanas, el equivalente esférico fue de 1,5D y a las 12 semanas de 1,6D. A los 6 meses, el equivalente esférico estaba dentro del rango preoperatorio (1,1D). Los ojos sufrieron un aumento en el astigmatismo medio desde el valor preoperatorio de 0,77D a 3,3D a las 2 semanas. A partir de entonces, el astigmatismo sufrió una disminución, alcanzando 1,9D a las 4 semanas después de la operación y 1,2D a las 12 semanas del postoperatorio. 6 meses después de la canaloplastia, el astigmatismo medio alcanzó prácticamente el valor preoperatorio (0,86D). El aumento postoperatorio del astigmatismo parece ser inducido por la sutura de la membrana de Descemet en la posición de las 12 en punto. Esto produce una reducción en el radio corneal vertical y da como resultado un cambio a favor de la regla en el astigmatismo corneal.

6.3.4. IMPLANTES DE GEL XEN Y PRESERFLO

En un estudio de 2022, *Wagner et al.*⁶⁰ investigaron y realizaron un seguimiento de la AV y los cambios refractivos en ojos con sospecha o afectados de GPAA durante 6 meses tras someterse a una cirugía de glaucoma subconjuntival (gel XENT y Preserflo) o a una trabeculectomía. La AV se deterioró en el postoperatorio en todos los grupos, pero alcanzó los

niveles preoperatorios en todos los grupos tras 6 meses. En el grupo implantado con el Preserflo, hubo una miopización de -0,50D a -1,10D de media en la esfera equivalente; en los otros dos grupos no hubo apenas cambio en el equivalente esférico. En cuanto al astigmatismo, la potencia cilíndrica no cambió significativamente en ninguno de los grupos.

7. CONCLUSIONES

La cirugía de glaucoma trata de favorecer la filtración y el drenaje del HA del ojo afectado con el objetivo de bajar la PIO, pero no está exenta de complicaciones. En esta revisión bibliográfica se han escogido 18 estudios científicos de múltiples técnicas de cirugía para el glaucoma, con el fin de comparar cómo varía entre ellas una de las principales complicaciones postoperatorias que existen en este tipo de cirugía: los cambios refractivos.

- La cirugía láser (IPL y TSL) puede modificar el grosor y la forma de la córnea y el cristalino, así como provocar cambios en la CA del ojo operado, como aumento del volumen; estos cambios refractivos y biométricos son muy pequeños y no afectan a la visión de las personas intervenidas.
- La trabeculectomía (gold standard) es el tipo de cirugía de glaucoma de la que mayor información respecto a cambios refractivos postoperatorios existe. Puede producirse miopización o hipermetropización del ojo operado dependiendo de varios factores: desplazamiento del diafragma irido-cristaliniano, reducción del volumen de la CA, elevación macular, disminución de la LA... Después de la trabeculectomía también es común la aparición de un cambio astigmático (normalmente con valor a favor de la regla) cuyo origen no se conoce con certeza, aunque es sabido que algunos factores como la tensión y localización de las suturas influyen en el eje y la potencia astigmática final.
- La EPNP y los implantes DDG, al igual que la trabeculectomía, pueden ocasionar cambios en la potencia y el astigmatismo del ojo que afecten a la visión de los ojos glaucomatosos, aunque suelen ser de menor magnitud e importancia.
- Con los estudios realizados hasta la fecha, se ha observado que los diferentes métodos de cirugía mínimamente invasiva para el glaucoma también pueden producir cambios refractivos en los pacientes, pero generalmente son mucho menores que los producidos por la cirugía clásica.
- Es necesario seguir investigando y realizar nuevos estudios acerca de los cambios refractivos que producen las técnicas de cirugía de glaucoma, especialmente de las mínimamente invasivas porque son las más novedosas y menos conocidas. La cirugía de glaucoma está en constante evolución y surgen nuevas técnicas que tratan de reducir la PIO de manera efectiva provocando el menor número de complicaciones posibles, entre las que se encuentran los cambios refractivos.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Jaumandreu L, Antón A, Pazos M, Rodríguez-Uña I, Rodríguez Agirretxe I, Martínez de la Casa JM, et al. Progresión en glaucoma. Guía de práctica clínica. Arch Soc Esp Oftalmol. 2022.
2. el Afrit MA, Saadouli D, Hachicha G, ben Mansour K, el Afrit N, Yahyaoui S. Evaluación de resultado del tratamiento quirúrgico en el glaucoma avanzado. Arch Soc Esp Oftalmol. 2021.
3. Tham YC, Li X, Wong TY, Quigley HA, Aung T, Cheng CY. Global Prevalence of Glaucoma and Projections of Glaucoma Burden through 2040 A Systematic Review and Meta-Analysis. Ophthalmology. 2014.
4. Schuster AK, Erb C, Hoffmann EM, Dietlein T, Pfeiffer N. The Diagnosis and Treatment of Glaucoma. Dtsch Arztebl Int. 2020.
5. Balbuena Ogando D. Característica de pacientes con glaucoma que asisten al programa de evaluación oftalmológica en el Hospital Central de las FFAA, periodo 2014-2016. 2019.
6. Bambo MP, Ferrandez B, Güerri N, Fuertes I, Cameo B, Polo V, et al. Evaluation of Contrast Sensitivity, Chromatic Vision, and Reading Ability in Patients with Primary Open Angle Glaucoma. J Ophthalmol. 2016.
7. Jeong JH, Park KH, Jeoung JW, Kim DM. Preperimetric normal tension glaucoma study: long-term clinical course and effect of therapeutic lowering of intraocular pressure. Acta Ophthalmol. 2014.
8. Wang X, Jiang C, Ko T, Kong X, Yu X, Min W, et al. Correlation between optic disc perfusion and glaucomatous severity in patients with open-angle glaucoma: an optical coherence tomography angiography study. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2015.
9. Cameo Gracia B. Nuevos métodos diagnósticos para la detección y seguimiento del glaucoma. Universidad de Zaragoza (Escuela de Doctorado). 2019.
10. Khaw PT, Elkington AR. Glaucoma--1: diagnosis. BMJ. 2004.
11. Gupta D, Chen PP. Glaucoma. 2016.
12. Diez RC, Román JJ, Barbosab MJI. Open angle glaucoma suspect: Definition, diagnosis and treatment. Revista Mexicana de Oftalmología. 2014.
13. Gedde SJ, Vinod K, Wright MM, Muir KW, Lind JT, Chen PP, et al. Primary Open-Angle Glaucoma Preferred Practice Pattern®. Ophthalmology [Internet]. 2021.
14. Julián García Sánchez A, Honrubia López FM, García Feijóo J, Pablo Júlvez L. DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DEL GLAUCOMA DE ÁNGULO ABIERTO LXXXIX Ponencia Oficial de la Sociedad Española de Oftalmología 2013. 2013.
15. Martínez Viviana P, Espinosa Castañeda AP. Descripción y análisis del OCT, HRT y GDX en glaucoma: un enfoque para la optometría clínica Citación recomendada. 2014.
16. Pérez González H, Castro Blanco M, Gómez Martínez N, Rivera López M, Concha YG. Utilidad de la gonioscopia diagnóstica en el glaucoma Usefulness of gonioscopy for diagnosing glaucoma. Rev Ciencias Médicas Septiembre-Octubre. 2014.
17. Jones Romero O, Pedro Alexei Bacardí Zapata I, Yordanis Páez Candelaria I, Lázaro Ibrahím Romero García I, Yolanda Alba Carcasé I, Karima Maricel Gondres Legró I Policlínico II, et al. Biomecánica corneal y glaucoma Corneal biomechanical properties and glaucoma. Revista Cubana de Oftalmología. 2017.
18. Vasile P, Cătălina C, Valeria C, Speranța S, Mihaela C, Miruna B, et al. The importance of corneal assessment in a glaucoma suspect – a review. Rom J Ophthalmol. 2019.
19. Perera SA, Wong TY, Tay WT, Foster PJ, Saw SM, Aung T. Refractive error, axial dimensions, and primary open-angle glaucoma: the Singapore Malay Eye Study. Arch Ophthalmol. 2010.
20. Flitcroft DI. The complex interactions of retinal, optical and environmental factors in myopia aetiology. Prog Retin Eye Res. 2012.

21. Haarman AEG, Enthoven CA, Willem Tideman JL, Tedja MS, Verhoeven VJM, Klaver CCW. The Complications of Myopia: A Review and Meta-Analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2020.
22. Ha A, Kim CY, Shim SR, Chang IB, Kim YK. Degree of Myopia and Glaucoma Risk: A Dose-Response Meta-analysis. *Am J Ophthalmol*. 2022.
23. Shim SH, Sung KR, Kim JM, Kim HT, Jeong J, Kim CY, et al. The Prevalence of Open-Angle Glaucoma by Age in Myopia: The Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Curr Eye Res*. 2017.
24. van Romunde SHM, Thepass G, Lemij HG. Is Hyperopia an Important Risk Factor for PACG in the Dutch Population?—A Case Control Study. *J Ophthalmol*. 2013.
25. González Verano A. Utilidad del angio-OCT en el glaucoma y la miopía. Revisión bibliográfica. 2020.
26. Rocha M. Guia práctico para interpretação do campo visual Humphrey - Blog da Oftalmomaster. 2017.
27. Wang T, Cao L, Jiang Q, Zhang T. Topical Medication Therapy for Glaucoma and Ocular Hypertension. *Front Pharmacol*. 2021.
28. R. Sampaolesi J, A. Blanco Bernal J, Sampaolesi R. Laser en glaucoma (una guía práctica). 2006.
29. Halprin R et al. Cirugía láser | glaucoma.org. 2022.
30. Latina MA, de Leon JMS. Selective laser trabeculoplasty. *Ophthalmol Clin North Am*. 2005.
31. Lee RMH, Bouremel Y, Eames I, Brocchini S, Khaw PT. Translating Minimally Invasive Glaucoma Surgery Devices. *Clin Transl Sci*. 2020.
32. Merino-De-Palacios C, Gutiérrez-Díaz E, Chacón-Garcés A, Montero-Rodríguez M, Mencía-Gutiérrez E. Intermediate-term outcome of glaucoma drainage devices. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2008.
33. Jordan JF, Wecker T, van Oterendorp C, Anton A, Reinhard T, Boehringer D, et al. Trabectome surgery for primary and secondary open angle glaucomas. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2013.
34. Otarola F, Virgili G, Shah A, Hu K, Bunce C, Gazzard G. Ab interno trabecular bypass surgery with Schlemm's canal microstent (Hydrus) for open angle glaucoma. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020.
35. Riva I, Brusini P, Oddone F, Michelessi M, Weinreb RN, Quaranta L. Canaloplasty in the Treatment of Open-Angle Glaucoma: A Review of Patient Selection and Outcomes. *Adv Ther*. 2019.
36. Scheres LMJ, Kujovic-Aleksov S, Ramdas WD, de Crom RMPC, Roelofs LCG, Berendschot TTJM, et al. XEN® Gel Stent compared to PRESERFLO™ MicroShunt implantation for primary open-angle glaucoma: two-year results. *Acta Ophthalmol*. 2021.
37. Gillmann K, Mansouri K. Minimally Invasive Glaucoma Surgery: Where Is the Evidence? *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2020.
38. Chaves Vargas SM. Microcirugía en Glaucoma: Implante Trabecular i-Stent. 2017.
39. Olea Zorita G. Resultado a medio plazo del implante supracoroideo gold glaucoma micro shunt en pacientes con glaucoma refractario. Universidad Complutense de Madrid; 2017.
40. Ioannidis AS, Töteberg-Harms M, Hamann T, Hodge C. Refractive Outcomes After Trabecular Micro-Bypass Stents (iStent Inject) with Cataract Extraction in Open-Angle Glaucoma. *Clin Ophthalmol*. 2020.
41. Lei K, Wang N, Wang L, Wang B. Morphological changes of the anterior segment after laser peripheral iridotomy in primary angle closure. *Eye (Lond)*. 2009.
42. Pinto Ferreira N, Sousa DC, Mano S, Canastro M, Marques-Neves C, Abegão Pinto L. Pupillary changes after laser peripheral iridotomy. *Acta Ophthalmol*. 2018.
43. Atalay K, Kirgiz A, Serefoglu Cabuk K, Erdogan Kaldirim H. Corneal topographic alterations after selective laser trabeculoplasty. *Int Ophthalmol*. 2017.
44. Lee JWY, Chan JCH, Chang RT, Singh K, Liu CCL, Gangwani R, et al. Corneal changes after a single

- session of selective laser trabeculoplasty for open-angle glaucoma. *Eye (Lond)*. 2014.
45. Delbeke H, Stalmans I, Vandewalle E, Zeyen T. The Effect of Trabeculectomy on Astigmatism. *J Glaucoma*. 2016.
 46. Popa-Cherecheanu A, Iancu RC, Schmetterer L, Pirvulescu R, Coviltir V. Intraocular Pressure, Axial Length, and Refractive Changes after Phacoemulsification and Trabeculectomy for Open-Angle Glaucoma. *J Ophthalmol*. 2017.
 47. Iwasaki K, Takamura Y, Arimura S, Tsuji T, Matsumura T, Gozawa M, et al. Prospective Cohort Study on Refractive Changes after Trabeculectomy. *J Ophthalmol*. 2019.
 48. El-Saied HMA, Foad PH, Eldaly MA, Abdelhakim MASE. Surgically induced astigmatism following glaucoma surgery in Egyptian patients. *J Glaucoma*. 2014.
 49. Mehta R, Tomatzu S, Cao D, Pleet A, Mokhur A, Aref AA, et al. Refractive Outcomes for Combined Phacoemulsification and Glaucoma Drainage Procedure. *Ophthalmol Ther*. 2022.
 50. Nasrabadi FD, Hashemi H, Amiri MA, Fakhraie G, Baghban AA, Jafarzadehpour E, et al. Evaluation of Changes in Refractive Errors Before and After Trabeculectomy and Shunt Surgery. *Clin Optom (Auckl)*. 2020.
 51. Cunliffe IA, Dapling RB, West J, Longstaff S. A prospective study examining the changes in factors that affect visual acuity following trabeculectomy. *Eye (Lond)*. 1992.
 52. Francis BA, Wang M, Lei H, Du LT, Minckler DS, Green RL, et al. Changes in axial length following trabeculectomy and glaucoma drainage device surgery. *Br J Ophthalmol*. 2005.
 53. Asano S, Koh TCV, Aquino MC, Lim KAD, Sng CCA, Loon SC, et al. Comparison of refractive outcomes after combined cataract and glaucoma surgery: trabeculectomy and glaucoma drainage device implantation. *J Cataract Refract Surg*. 2021.
 54. Bae HW, Lee YH, Kim DW, Lee T, Hong S, Seong GJ, et al. Effect of trabeculectomy on the accuracy of intraocular lens calculations in patients with open-angle glaucoma. *Clin Exp Ophthalmol*. 2016.
 55. Tzu JH, Shah CT, Galor A, Junk AK, Sastry A, Wellik SR. Refractive outcomes of combined cataract and glaucoma surgery. *J Glaucoma*. 2015.
 56. Ioannidis AS, Töteberg-Harms M, Hamann T, Hodge C. Refractive Outcomes After Trabecular Micro-Bypass Stents (iStent Inject) with Cataract Extraction in Open-Angle Glaucoma. *Clin Ophthalmol*. 2020.
 57. Rho S, Lim SH. Clinical Outcomes After Second-Generation Trabecular Microbypass Stents (iStent inject®) with Phacoemulsification in Korean Patients. *Ophthalmol Ther*. 2021.
 58. Luebke J, Boehringer D, Neuburger M, Anton A, Wecker T, Cakir B, et al. Refractive and visual outcomes after combined cataract and trabectome surgery: a report on the possible influences of combining cataract and trabectome surgery on refractive and visual outcomes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2015.
 59. Moelle MC, Cursiefen C, Rejdak R, Horn FK, Jünemann AGM. Time course of induced astigmatism after canaloplasty. *J Glaucoma*. 2014.
 60. Wagner FM, Schuster AK, Munder A, Muehl M, Pfeiffer N, Hoffmann EM. Comparison of subconjunctival microinvasive glaucoma surgery and trabeculectomy. *Acta Ophthalmol*. 2022.