



Facultad de Veterinaria  
Universidad Zaragoza



# Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Glaucoma primario en la especie canina: actualización del  
tratamiento quirúrgico

Primary glaucoma in canine species: update on  
the surgical treatment

Autor/es

Natalia Pilar Gabás Royo

Director/es

María Eugenia Lebrero Berna

Facultad de Veterinaria

2021

---

## ÍNDICE

1. RESUMEN.....	3
2. ABSTRACT .....	4
3. INTRODUCCIÓN .....	5
4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....	7
5. METODOLOGÍA.....	7
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	8
6.1. FISIOPATOLOGÍA DEL GLAUCOMA.....	8
6.1.2. Mecanismo de producción de humor acuoso.....	8
6.1.2. Mecanismo de absorción de humor acuoso .....	9
6.1.3. Factores que influyen en la PIO .....	10
6.2. CLASIFICACIÓN DEL GLAUCOMA .....	11
6.2.1 Glaucoma primario .....	11
6.2.2 Glaucoma secundario .....	12
6.2.3 Glaucoma congénito .....	12
6.3. SIGNOS CLÍNICOS.....	13
6.3.1. Signos clínicos en etapas tempranas y agudas .....	13
6.3.2. Signos clínicos en etapas crónicas y terminales.....	15
6.4. DIAGNÓSTICO.....	16
6.4.1. Tonometría .....	16
6.4.2. Gonioscopia .....	17
6.4.3. Oftalmoscopia.....	18
6.5. TRATAMIENTO MÉDICO .....	19
6.6. TRATAMIENTO QUIRÚRGICO.....	22
6.6.1. Tratamiento quirúrgico de ojos visuales.....	22
6.6.1.1. Técnicas de ciclodestrucción: ciclofotocoagulación por láser .....	22

6.6.1.1.1. Ciclofotocoagulación transescleral (TSCP) .....	23
6.6.1.1.2. Ciclofotocoagulación con endoláser (ECP) .....	25
6.6.1.2. Técnicas de filtración: gonioimplantes .....	27
6.6.1.2.1. Gonioimplante subconjuntival .....	28
6.6.1.3. Combinación de técnicas .....	29
6.6.2. Tratamiento quirúrgico de ojos ciegos .....	30
6.6.2.1. Evisceración y prótesis intraescleral .....	30
6.6.2.2. Ablación química del cuerpo ciliar .....	31
6.6.2.3. Enucleación .....	32
6.7. TRATAMIENTO PREVENTIVO .....	32
7. CONCLUSIONES .....	33
8. CONCLUSIONS .....	34
9. VALORACIÓN PERSONAL Y AGRADECIMIENTOS .....	35
10. BIBLIOGRAFÍA .....	36

## 1. RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo elaborar una revisión bibliográfica de las técnicas quirúrgicas más utilizadas hoy en día en la resolución del glaucoma primario canino con el fin de que el veterinario pueda actualizar sus conocimientos y escoja el procedimiento más adecuado para cada paciente. Para ello, toda la información recabada sobre el tratamiento quirúrgico se ha basado en libros y artículos científicos publicados desde el 2010 hasta la actualidad.

El glaucoma es un conjunto de enfermedades oculares neurodegenerativas de carácter multifactorial que conllevan a la muerte de las células ganglionares retinales y a la degeneración del nervio óptico. Todas ellas se caracterizan por el aumento de la presión intraocular, por lo que su medición es clave para el control de la enfermedad. No es una patología letal, pero cursa con dolor y pérdida de visión que van acentuándose progresivamente con el tiempo si esta no se trata, además de haber otros síntomas que perjudican la calidad de vida del perro.

Ante esta diversidad de enfermedades, surgen numerosos fenotipos, de manera que el glaucoma se clasifica según su etiología (primario, secundario o congénito). Además, en el caso del glaucoma primario es importante indicar cómo se encuentra el ángulo iridocorneal (abierto o cerrado). Un buen diagnóstico es fundamental para establecer esta clasificación y poder aplicar el tratamiento más adecuado, incluso preventivo si se hace a tiempo. Para ello, las técnicas más utilizadas en veterinaria son la tonometría, la gonioscopia y la oftalmoscopia.

Existe una gran variedad de fármacos con el objetivo de mantener la presión intraocular estable y en valores fisiológicos. Estos están basados en diferentes mecanismos de acción que actúan sobre la producción y el drenaje del humor acuoso. No obstante, su coste es elevado de mantener en el tiempo y a veces resultan insuficientes, por lo que se suelen combinar con la cirugía.

La elección del procedimiento quirúrgico varía en función de la capacidad visual del paciente. Actualmente, para aquellos globos oculares que aún mantienen la visión, el objetivo es bajar y estabilizar la presión intraocular a unos niveles fisiológicos mediante la ciclotocoagulación con láser diodo de forma transescleral o endoscópicamente, la utilización de gonioimplantes o una combinación de ambos. Mientras que en aquellos ojos no visuales, se utilizan técnicas más cruentas como la ablación química de los cuerpos ciliares, la evisceración o la enucleación, para quitar el dolor y mejorar la calidad de vida del animal.

Palabras clave: *glaucoma primario, canino, humor acuoso, presión intraocular, tratamiento quirúrgico.*

## 2. ABSTRACT

The main purpose of this study is to elaborate a literature review about the most common surgical techniques used for mending primary canine glaucoma nowadays so that the veterinarian can update his knowledge and choose the most suitable treatment for each patient. To this end, all the information gathered about surgical treatment has been based on scientific books and articles published since 2010 to present.

Glaucoma is a group of ocular neurodegenerative diseases with multifactorial nature that lead to the death of retinal ganglion cells and degeneration of the optical nerve. All of them are characterized for increasing intraocular pressure, therefore its measuring is essential to control the disease. It is not a lethal pathology but causes pain and loss of vision which increase progressively in time if it is not treated as well as other harmful symptoms for the wellness of the dog.

Due to this diversity of illnesses, a great number of phenotypes can be found. Therefore, glaucoma is classified according to its etiology (primary, secondary or congenital). Moreover, when facing primary glaucoma it is important to indicate the morphology of the iridocorneal angle (open or closed). A good diagnosis is fundamental to classify and apply the most appropriate treatment, even preventive if it is made in time. For that purpose, the most usual techniques in veterinary are tonometry, gonioscopy and ophthalmoscopy.

There are a large variety of drugs to keep the intraocular pressure stable and in physiological levels. These are based in different mechanisms of action which affect the production and drainage of aqueous humor. Nevertheless, they are expensive when used for long periods of time and sometimes they are insufficient, so they are usually combined with surgery.

The selection of the surgical procedure depends on the visual capacity of the patient. Currently, for those eyeballs which still preserve the vision, the goal is to low and stabilize the intraocular pressure to physiological levels using transscleral or endoscopic cyclophotocoagulation with diode laser, inserting gonioimplants or a combination of both. Whereas for non-visual eyes, the methods are harsher and include chemical ablation of the ciliary bodies, evisceration or enucleation of the eyeball, as a way to remove the pain and improve the wellness of the animal.

Key words: *primary glaucoma, canine, aqueous humor, intraocular pressure, surgical treatment.*

### 3. INTRODUCCIÓN

El ojo es el órgano encargado del sentido de la visión: capta la luz del exterior, enfoca las imágenes correctamente en la retina y las transmite a través del nervio óptico hacia el cerebro para que sean interpretadas. Este órgano se encuentra en la cavidad orbitaria, que en el caso de la especie canina se trata de una órbita ósea incompleta y cerrada por el ligamento orbitario. Está formado por el globo ocular (de aproximadamente 20-22 milímetros de diámetro, aunque varía según las razas) y sus anejos (párpados, conjuntiva, aparato nasolagrimal, músculos extraoculares y grasa) (Murphy, Samuelson y Pollock, 2012).

El globo ocular (Figura 1) se compone por tres capas concéntricas: la túnica fibrosa, la túnica vascular y la túnica nerviosa. La más externa, la túnica fibrosa, es responsable de mantener la forma del globo, proteger contra cuerpos externos y refractar la luz que le llega. Está constituida posteriormente por la esclera, que es una capa opaca de colágeno y fibras elásticas, y anteriormente por la córnea, que es una capa transparente y ligeramente oval cuyo principal componente es agua. Ambas partes se unen por el limbo esclerocorneal. La túnica vascular o úvea contiene, de anterior a posterior: el iris, los cuerpos ciliares y la coroides. El iris es un diafragma con una apertura central, y circular en la especie canina, llamada pupila, que regula la cantidad de luz que entra al globo y alcanza la retina gracias a la acción de los músculos dilatador y constrictor de la pupila (Murphy, Samuelson y Pollock, 2012). El cuerpo ciliar es una estructura pigmentada en forma de anillo compuesta por el músculo ciliar, encargado de la acomodación del cristalino, y los procesos ciliares, que son pliegues triangulares cuyo interior contiene capilares que producen el humor acuoso (Meekins, Rankin y Samuelson, 2021). La coroides se trata de una capa vascular pigmentada que engloba casi todo el hemisferio posterior del globo excepto por la cabeza del nervio óptico y entre sus funciones se encuentra limitar la cantidad de luz dentro del ojo y nutrir las diferentes estructuras. La túnica interna nerviosa está formada por la retina, que contiene dos tipos de fotorreceptores (conos y bastones) responsables de captar la energía luminosa y fototransducirla en potenciales de acción hacia el nervio óptico y cerebro (Murphy, Samuelson y Pollock, 2012).

El globo ocular se divide en tres cámaras: cámara anterior, cámara posterior y cámara vítrea. La cámara anterior alberga el espacio comprendido entre la córnea, el ángulo iridocorneal, el iris y la superficie anterior del cristalino. El ángulo iridocorneal está situado entre la córnea y la esclera, en la raíz del iris. Durante el desarrollo embrionario se forma una hendidura a la que más tarde, durante la gestación y el periodo postnatal, se le une un conjunto de pilares de colágeno en forma de red que recibe el nombre de ligamento pectinado. Estas hebras son

escasas en número y delgadas, de manera que dejan espacios anchos intertrabeculares a través de los cuales se drena el humor acuoso hacia el plexo angular acuoso constituyendo la vía de drenaje convencional. Por otro lado, la cámara posterior (de menor tamaño que la anterior) es delimitada por el iris, el epitelio del cuerpo ciliar, la zónula, la cápsula del cristalino y la cara anterior del cuerpo vítreo. Ambas cámaras están interconectadas a través de la pupila y contienen humor acuoso, pieza fundamental en la fisiopatología del glaucoma ya que cumple la función de mantener la presión intraocular (PIO). La cámara vítrea es la cámara más grande del globo ocular, englobada por la retina, que abarca desde la cápsula del cristalino y la zónula hasta el nervio óptico (II par craneal) y contiene el cuerpo vítreo (Murphy, Samuelson y Pollock, 2012).

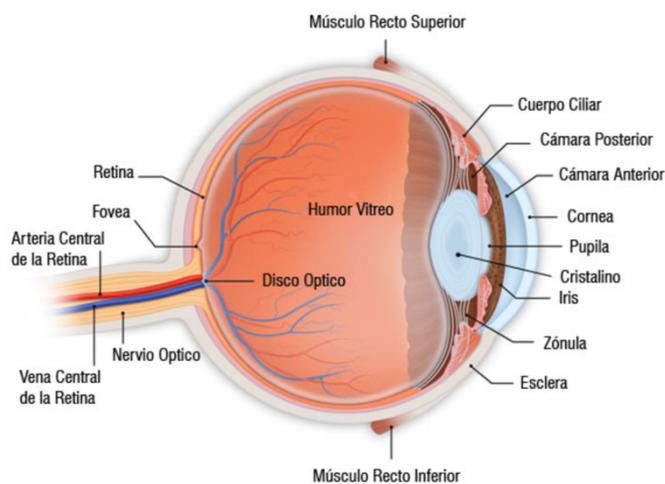


Figura 1. Estructura del globo ocular (Centro oftalmológico Dr. Alfredo Bermúdez, 2018)

El glaucoma se trata de un conjunto de enfermedades cuyo denominador común es el aumento de presión intraocular, dando lugar a la muerte progresiva de las células ganglionares retinales (CGRs) y a la degeneración del nervio óptico, desembocando en la pérdida de visión irreversible (Gelatt, 2003). Este aumento de PIO se produce cuando hay un desequilibrio entre la secreción y drenaje del humor acuoso, de manera que se acumula en la cámara anterior. El ojo, de forma fisiológica intenta compensarlo con una menor producción de humor acuoso; no obstante, a medida que avanza la enfermedad, este mecanismo de compensación no es suficiente por lo que se requiere de tratamiento médico y/o quirúrgico (Miller, 2009).

Normalmente, se empieza con un tratamiento médico, pero es complicado y caro de mantener en el tiempo, llegando a ser incluso insuficiente, por lo que se procede a pasar por quirófano. En los últimos años, los procedimientos quirúrgicos de resolución del glaucoma en perros han ido evolucionando y mejorando de manera muy rápida, por lo que es necesario que cualquier veterinario especialista en oftalmología se forme constantemente para conocer las técnicas más innovadoras y eficaces del mercado y aplicar el método más acorde a cada paciente.

## 4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El glaucoma es una de las enfermedades más importantes en la oftalmología veterinaria canina. A pesar de no ser una enfermedad mortal, es dolorosa y compromete la calidad de vida del animal, por lo que ha sido objeto de investigación durante los últimos años.

El avance de la tecnología, el mayor conocimiento de su fisiopatología y la mayor conciencia y preocupación de los propietarios sobre la salud de sus mascotas ha favorecido el desarrollo de nuevas técnicas terapéuticas, tanto médicas como quirúrgicas para resolverla. Estas estrategias son normalmente adoptadas directamente de la medicina humana, no obstante, no siempre resultan eficaces puesto que son fármacos o técnicas que se han diseñado especialmente para la especie humana, por lo que para poder aplicarlas a la canina primero deben de tenerse en cuenta las diferencias existentes entre ambas especies, entre ellas la carencia del canal de Schlemm en los cánidos y la presencia del plexo angular acuoso (Komáromy *et al.*, 2019) o la dosis efectiva de cada fármaco. Por estos motivos, los veterinarios deben formarse y actualizar sus conocimientos de manera continua para poder diagnosticar y dar con el tratamiento más apropiado para cada paciente.

El objetivo del presente trabajo es la elaboración de una revisión bibliográfica sobre el glaucoma primario en la especie canina detallando los diferentes aspectos de la enfermedad, haciendo especial hincapié en las posibilidades quirúrgicas más utilizadas hoy en día, por ser esta una pieza cada vez más relevante en el control de la enfermedad y estar en continua discusión y actualización.

## 5. METODOLOGÍA

Este trabajo es una revisión bibliográfica sobre la actualización del tratamiento quirúrgico del glaucoma primario canino basada en la búsqueda exhaustiva y selectiva de información dentro de la última década (desde el año 2010 hasta la actualidad), tanto en español como en otros idiomas, en diferentes plataformas y recursos científicos:

- Libros de referencia en la especialidad de oftalmología veterinaria.
- Artículos de revistas científicas.
- Buscadores electrónicos de bibliografía (Alcorze, Google Académico...) que cuentan con bases de datos y portales web científicos (PubMed, ScienceDirect, Wiley Online Library, AVEPA ...).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. FISIOPATOLOGÍA DEL GLAUCOMA

El glaucoma es un término médico que engloba diferentes enfermedades neurodegenerativas de carácter multifactorial, compartiendo todas ellas un aumento de la PIO. El principal responsable del mantenimiento de la PIO es el humor acuoso. Se trata de un líquido incoloro y bajo en proteínas producido en el cuerpo ciliar que baña las cámaras anterior y posterior con el propósito de mantener la PIO en unos valores menores de 20 mmHg, que está relacionada directamente con la firmeza y forma del globo ocular. Además, allí nutre y recoge las sustancias de desecho del metabolismo de las estructuras de alrededor y es reabsorbido en el ángulo iridocorneal hacia el sistema venoso (Murphy, Samuelson y Pollock, 2012).

#### 6.1.2. Mecanismo de producción de humor acuoso

El humor acuoso viaja desde los capilares ciliares al estroma de los procesos ciliares por el epitelio ciliar hasta la cámara posterior (Miller, 2009). Existen dos tipos de mecanismos que regulan la formación del humor acuoso: activos y pasivos (difusión y ultrafiltración).

El mecanismo activo es el responsable de la formación del 80-90% del humor acuoso y se basa en la utilización de energía proveniente de la hidrólisis de adenosín trifosfato (ATP) y dos enzimas (la bomba Na-K ATPasa y la anhidrasa carbónica) localizadas en el epitelio no pigmentado del cuerpo ciliar. Como resultado, se transportan diferentes iones (principalmente sodio y cloro) y provoca una diferencia de gradiente de concentración entre ambos espacios promoviendo el mecanismo pasivo de formación del humor acuoso (Miller, 2009).

El mecanismo pasivo consta: por un lado, de la difusión, en la que las sustancias liposolubles atraviesan la membrana celular del epitelio ciliar según el gradiente de concentración a ambos lados (Miller, 2009); y de la ultrafiltración, que consiste en el paso de agua y sustancias hidrosolubles a través de las fenestras de los vasos de los cuerpos ciliares, resultantes de la diferencia de presiones (tanto hidrostáticas como oncóticas) entre los cuerpos ciliares y la cámara posterior (Pizzirani y Gong, 2015). En las primeras etapas del glaucoma, el organismo intenta compensar el acúmulo de humor acuoso mediante la menor producción de este por las vías de mecanismo pasivo (Miller, 2009).

### 6.1.2. Mecanismo de absorción de humor acuoso

En cuanto al drenaje del humor acuoso, se trata de un proceso pasivo en el cual destacan dos vías (convencional y no convencional) (Figura 2) que deben mantenerse en equilibrio para asegurar una PIO óptima y no desencadenar problemas como el glaucoma.

En la vía de drenaje convencional (que es responsable del 85% del humor acuoso drenado en la especie canina), debido a la diferencia de presiones que hay en el ojo y en los vasos, el humor acuoso fluye desde la cámara posterior a la anterior a través de la pupila. Después, sale de la cámara anterior atravesando los ligamentos pectinados para penetrar en la hendidura ciliar y en la malla trabecular. A partir de ahí, cruza las membranas de las células endoteliales de la malla hacia unos vasos colectores exangües que constituyen el plexo acuoso angular. Por último, se dirigen a unos vasos interconectados llenos de humor acuoso y sangre, el plexo venoso escleral, hasta finalmente ir hacia las vénulas episclerales y conjuntivales o al sistema de venas vorticosas, para acabar en la circulación sistémica (Miller, 2009).

En la vía de drenaje no convencional, también llamada uveoscleral, fluye el resto de humor acuoso que ha evadido la vía convencional, filtrándose a través de la porosidad del tejido conectivo laxo y la matriz extracelular de los cuerpos ciliares y llegando al espacio supracoroideo (entre la coroides y la esclera) o el espacio supraciliar (entre el cuerpo ciliar y la esclera) para alcanzar desde estas localizaciones los vasos sanguíneos. Este proceso se lleva a cabo gracias a la diferencia de presiones osmóticas entre los vasos de la coroides y esclerótica, y el tejido uveal de los cuerpos ciliares (Pizzirani y Gong, 2015).

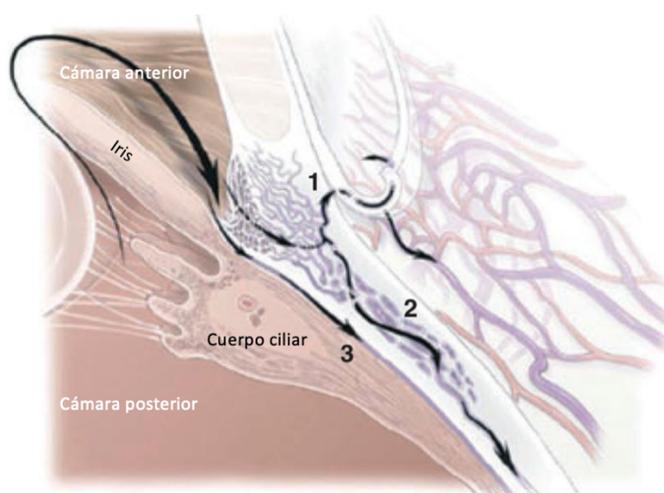


Figura 2. Esquema del flujo de humor acuoso. Inicialmente se produce en el cuerpo ciliar y pasa a la cámara anterior a través de la pupila. A partir de aquí es reabsorbido por la vía convencional, atravesando el plexo venoso escleral y circula por las vénulas episclerales (1) y el sistema de venas vorticosas (2) hasta la circulación sistémica. También puede ser reabsorbido por la vía no convencional (3) (Komáromy *et al.*, 2019, p.728)

### 6.1.3. Factores que influyen en la PIO

De este modo, el glaucoma se produce cuando existe un fenómeno primario o secundario que perturba de manera sostenida el equilibrio entre la secreción y drenaje del humor acuoso (al menos deben estar afectadas las vías de drenaje entre un 80 y 90%), acumulándose en la cámara anterior, lo cual lleva a un aumento de la PIO. Con el tiempo, el incremento de la PIO llega a ser tan elevado que comprime el flujo axoplásmico del nervio óptico y el flujo sanguíneo, provocando una carencia de sustancias nutricias (neurotrofinas) e incremento de sustancias tóxicas (óxido nítrico y aminoácidos excitotóxicos) que llevan a la atrofia de las CGRs y degeneración del nervio óptico. Como consecuencia, todos estos hechos acaban originando la pérdida de campo visual y ceguera irreversible del animal (Gelatt, 2003).

Algunos de los factores que influyen en la presión intraocular son (Miller, 2009; Pizzirani, 2015):

- Genética. Algunos genes son responsables de defectos en estructuras como los cuerpos ciliares, que favorecen la aparición del glaucoma. Un ejemplo es la mutación del gen ADAMTS10 en perros de raza Beagle, que provoca un menor drenaje del humor acuoso debido a defectos en la matriz extracelular y da lugar al glaucoma primario de ángulo abierto.
- Momento del día. En perros, se ha comprobado que a lo largo del día va bajando la PIO de manera que por las mañanas es cuando se encuentra más alta.
- Edad. Con la edad se reduce tanto la producción como el drenaje de humor acuoso; no obstante, en algunos individuos el drenaje se reduce en mayor grado que la producción resultando en un aumento de la PIO.
- Flujo sanguíneo. Aquellas patologías que lo reducen también lo hacen sobre la PIO.
- Algunos fármacos. Hay medicamentos que disminuyen la PIO (los antiglaucomatosos y la mayoría de anestésicos y tranquilizantes) mientras que otros la aumentan (como la ketamina, que lo hace transitoriamente).
- Inflamación ocular. Ya sea patológica o postquirúrgica, normalmente disminuye la producción de humor acuoso y la PIO.

## 6.2. CLASIFICACIÓN DEL GLAUCOMA

El glaucoma engloba enfermedades que tienen en común el aumento de la PIO; no obstante, son patologías diferentes entre sí, por lo que surgen glaucomas de fenotipos diversos. Debido a esta gran variedad, es muy importante clasificar y subclasificar el glaucoma de cada paciente para poder ofrecer el mejor tratamiento personalizado para su caso y realizar un pronóstico. Hay muchas clasificaciones diferentes, pero las más comunes son establecer el origen de la enfermedad (primario, secundario o congénito) y, sobretodo en el caso del glaucoma primario, definir si la apariencia gonioscópica del ángulo iridocorneal es abierta o cerrada. Además, también es interesante hacer un estadiaje de la enfermedad (agudo, crónico, terminal) (Pizzirani, 2015).

### 6.2.1 Glaucoma primario

El glaucoma primario es aquel que se presenta sin que haya ninguna otra enfermedad concurrente a nivel ocular, a diferencia del glaucoma de tipo secundario. Suele presentarse de forma bilateral, lo cual es interesante cuando el paciente hasta el momento solo manifiesta enfermedad en un ojo, ya que se puede establecer un tratamiento preventivo para el ojo sano, pudiendo salvarle la visión (Pizzirani, 2015). Además, se cree que es de carácter hereditario puesto que hay una gran predisposición según la raza; no obstante, a pesar de ser la misma enfermedad, se han visto diferencias entre las diferentes razas en aspectos como la edad de presentación, los valores de PIO o la presentación clínica, entre otras (Gelatt, 2003).

El aumento de la PIO en estos casos se debe a la alteración del drenaje del humor acuoso a causa del ángulo iridocorneal, por lo que en este tipo de glaucomas se hace una subclasificación según la apariencia gonioscópica del ángulo de filtración (Gelatt, 2003):

- Glaucoma primario de ángulo abierto (GPAA). Originado por el metabolismo bioquímico anormal de las células de la malla trabecular que provocan una mayor resistencia en el sistema de salida de flujo de humor acuoso. Inicialmente el ángulo iridocorneal se encuentra abierto, pero con el tiempo va cerrándose lentamente, de manera que la PIO va aumentando de forma gradual y sin síntomas evidentes (Ferreira, 2018). Además, se presenta en animales jóvenes y de edad media de forma bilateral (Miller, 2009). Este tipo de glaucoma es frecuente en muchas razas y en algunas, como en el Beagle, está asociado al gen autosómico recesivo ADAMTS10 (Park *et al.*, 2019).

- Glaucoma primario de ángulo estrecho/cerrado (GPAC). En la clínica veterinaria este tipo es más frecuente que el de ángulo abierto (Miller y Bentley, 2015). Existe un defecto de desarrollo del ángulo iridocorneal que va frecuentemente asociado a la displasia del ligamento pectinado (DLP). La DLP consiste en la sustitución de los ligamentos pectinados, que fisiológicamente tienen una morfología estrecha y delgada para facilitar el flujo del humor acuoso por la hendidura ciliar, por láminas anchas y extrañas de tejidos pigmentados que lo dificultan (Gelatt, 2003). A pesar de que los glaucomas de ángulo cerrado se asocian normalmente con DLP, los pacientes con DLP no tienen porqué desarrollar este tipo de glaucomas (Miller y Bentley, 2015). Aunque es un trastorno bilateral, suele aparecer primero en un ojo de forma aguda (Ferreira, 2018) y después de un tiempo en el otro. También afecta a numerosas razas pero, a diferencia del GPAA, a perros de edad media o viejos (Miller, 2009).

### 6.2.2 Glaucoma secundario

El glaucoma secundario es aquel en el que el aumento de PIO se vincula con alguna otra enfermedad ocular concurrente y predecesora que obstruye las vías de circulación y drenaje del humor acuoso. A diferencia de los primarios, no es hereditario (aunque algunas de las patologías concurrentes sí lo son, como la luxación de cristalino) y suele ser unilateral (Gelatt, 2003). Este tipo de glaucoma es de dos a tres veces más frecuente que el glaucoma primario en la especie canina (Torrubia, 2007) y la prevalencia en hembras es el doble que en machos (Miller, 2009).

Al igual que en el glaucoma primario, se puede subclasificar según la apariencia del ángulo iridocorneal (Ferreira, 2018) y también según la enfermedad antecesora que provoca el aumento de la PIO (algunos ejemplos son uveítis, luxación de cristalino, catarata intumescente...) (Gelatt, 2003).

### 6.2.3 Glaucoma congénito

Normalmente están asociados a alteraciones en el desarrollo de las vías de flujo de humor acuoso y los signos clínicos se manifiestan desde el nacimiento o poco después; sin embargo, es poco frecuente en perros (Ferreira, 2018).

### 6.3. SIGNOS CLÍNICOS

La sintomatología del glaucoma es muy diversa dependiendo de la fase de la enfermedad y el tipo de glaucoma. Además, dentro de un mismo individuo, cada ojo puede presentar una sintomatología diferente (Gelatt, 2003). No obstante, a continuación, se exponen solamente los efectos clínicos derivados del aumento de PIO en el glaucoma primario.

#### 6.3.1. Signos clínicos en etapas tempranas y agudas

Normalmente, los signos clínicos tardan en aparecer, de manera que cuando se advierten la PIO ya se encuentra bastante elevada (Santiago *et al.*, 2020); por eso, es recomendable hacer revisiones anuales que incluyan mediciones de la PIO.

A continuación, se exponen los diferentes signos que se pueden observar en las primeras etapas y a lo largo de la enfermedad:

- Signos de malestar. Ante casos agudos, el paciente puede encontrarse mal, con náuseas e incluso vomitar. Sin embargo, esto depende bastante del individuo ya que otros, en cambio, están más letárgicos, comen menos o se muestran más intolerables e incluso agresivos (Miller y Bentley, 2015).
- Dolor ocular. A menudo desestimado, se da en aquellos casos en los que hay un notable aumento de la PIO. El dolor aumenta conforme lo hace la PIO. Empieza en el ojo afectado, no obstante, va extendiéndose alrededor de la órbita y generalizándose con dolores de cabeza. Como consecuencia de ese dolor expandido, el paciente manifiesta blefarospasmo en ambos ojos aunque solo hubiera afectado uno (Miller y Bentley, 2015) e intenta mitigar esa sensación de molestia rascándose la zona ocular y de alrededor con ayuda de las extremidades (Santiago *et al.*, 2020).
- Ingurgitación o congestión epiescleral (Figura 3). Consiste en la aparición de vasos sanguíneos engrosados, rectos y dilatados en la esclerótica que no suelen remitir con el tratamiento con vasoconstrictores tópicos, a diferencia de la hiperemia conjuntival. A pesar de ser el primer signo que aparece en el glaucoma, suele pasar desapercibido ya que es bastante inespecífico (Ferreira, 2018). Además de relacionarse con el aumento de PIO, también está asociado a la activación de factores de vasodilatación y la rotura de las vías de drenaje del humor acuoso y la sangre (Miller y Bentley, 2015).
- Edema de córnea (Figura 3). Una PIO por encima de los valores normales provoca el fallo de las bombas de Na-K ATPasa de las células endoteliales de la córnea,

responsables de mantener deshidratada y transparente la córnea. Debido a este mal funcionamiento, entra fluido en la córnea y resulta en un edema difuso que se manifiesta tornando menos transparente la córnea (Ferreira, 2018). Cuando la PIO baja, el edema es reversible, a excepción de los casos crónicos (Miller y Bentley, 2015).

- Midriasis (Figura 3). Una PIO elevada provoca el colapso de los vasos sanguíneos del iris, produciendo isquemia y atrofia especialmente en los músculos del esfínter pupilar, de manera que la pupila permanece en midriasis. Esta atrofia, además, provoca la liberación de pigmento sobre la superficie del iris y el endotelio de la córnea (Miller y Bentley, 2015).
- Atrofia de la retina y defectos en la visión. Debido a la alta PIO, se pueden ocluir los vasos de la retina y la coroides causando lesiones isquémicas de los fotorreceptores y capas retinianas externas resultando en pérdida de visión. Esta pérdida se hace mayor a medida que aumenta la PIO y esta no es tratada: si la elevación de PIO es muy pronunciada la pérdida total de visión puede ser en cuestión de horas o días, mientras que si la subida de PIO es más leve puede demorarse en semanas o meses (Miller, 2009). En humana es fácil de detectar que hay defectos en la visión; sin embargo, en perros es más complicado, sobretodo cuando solo se encuentra afectado uno de los ojos (Ferreira, 2018).
- Degeneración del disco óptico. El abombamiento o excavación de la papila óptica es un signo característico del glaucoma (Miller, 2009). El exceso de PIO produce la deformación de la lámina cribosa, comprimiendo las fibras del nervio óptico y dañándolo (Ferreira, 2018). En estadios iniciales se muestra con un color más pálido (por falta de perfusión) e inflamado con un sutil edema de retina alrededor. Conforme avanza la enfermedad, van apareciendo áreas atróficas del disco de manera generalizada (Miller y Bentley, 2015).



Figura 3. Globo ocular de un perro que presenta congestión episcleral, midriasis y edema corneal debido a glaucoma primario (IVO, 2019)

### 6.3.2. Signos clínicos en etapas crónicas y terminales

Si el glaucoma primario no llega a tratarse y la PIO continúa subiendo de manera que la enfermedad avanza y/o se cronifica, además de los signos anteriores más agudizados (a excepción de la ingurgitación episcleral), se puede observar:

- Disminución o ausencia de los reflejos fotomotores directos. Ocurre en el glaucoma crónico o cuando hay una gran elevación de la PIO de forma aguda (Miller, 2009).
- Bftalmos. El aumento de PIO provoca el estiramiento de las fibras de colágeno de la esclerótica, así como las de la córnea, provocando un mayor tamaño del globo ocular. Este puede variar según las oscilaciones de la PIO; sin embargo, lo normal es que una vez que ocurre sea irreversible. A medida que aumenta, se observan opacidades corneales lineales y profundas, llamadas estrías de Haab, debido a la rotura de la membrana de Descemet. El aumento de tamaño ocular conlleva a una mayor exposición de este al aire y daños externos, de manera que aumenta la probabilidad de aparición de queratitis, ulceración corneal y subluxación de cristalino, entre otras alteraciones (Miller y Bentley, 2015).
- Reducción de la inyección episcleral. Con el tiempo, la inyección episcleral vista en las anteriores etapas, va siendo menos aparente. No se sabe exactamente la razón, pero se cree que pueda estar relacionada con un cambio en el flujo de sangre en el ojo o isquemia (Miller y Bentley, 2015).
- Edema corneal constante. Cuando el glaucoma se vuelve crónico, aunque la PIO vuelva a valores normales, el endotelio corneal está tan dañado que no es capaz de volver a tener su claridad (Miller y Bentley, 2015). Además, pueden aparecer bullas subepiteliales que si llegan a romperse dan lugar a ulceraciones corneales (Miller, 2009).
- Catarata y/o subluxación de la lente. Un ojo glaucomatoso con catarata subluxada puede ocurrir de diferentes maneras, pero en el caso del glaucoma primario, se debe a la bftalmia derivada por el propio glaucoma en los casos avanzados. Esta provoca la rotura zonular con la consiguiente luxación del cristalino (Miller, 2009).
- Atrofia de la retina grave. En los casos de glaucoma crónico terminal, la atrofia es mayor y se manifiesta con atenuación vascular, hiperreflectividad tapetal y oscurecimiento del disco óptico (Ferreira, 2018). Tanto las lesiones de la retina como las del disco óptico son irreversibles (Miller, 2009).

- Ptisis bulbi. En los casos avanzados de glaucoma, los cuerpos ciliares van cesando la producción de humor acuoso, favoreciendo la degeneración y atrofia del globo ocular (Miller y Bentley, 2015).

## 6.4. DIAGNÓSTICO

El diagnóstico de glaucoma comienza con una exploración básica en la que se da especial relevancia a la tonometría y oftalmoscopia, junto con la recopilación de los signos clínicos. Además, como prueba complementaria relevante que aporta gran información se dispone de la gonioscopia. Otras pruebas de menor relevancia en la oftalmología veterinaria son la tonografía, la ecografía en modo A y la electrorretinografía (Gelatt, 2003).

### 6.4.1. Tonometría

La tonometría consiste en la medición de la presión intraocular (al menos dos o tres lecturas para que sea fiable) basándose en la turgencia del globo ocular. La PIO normal en perros es de aproximadamente 10-20 mmHg (Gelatt, 2003); no obstante, existen diferencias entre individuos y no se puede establecer un valor exacto para todos, por lo que a la hora de hacer la medición es conveniente comparar los dos ojos del mismo animal y confirmar que la diferencia entre ambas presiones no supera el 20% (Maggs, 2009). A partir de una presión de 20-25 mmHg el paciente podría padecer glaucoma siendo asintomático (Ferreira, 2018).

Dentro de la tonometría existen diferentes tipos: digital, por indentación, aplanamiento y de rebote. La tonometría digital, es aquella que se hace manualmente con los dedos y que, por ello, es muy subjetiva y poco precisa, requiriendo gran experiencia por parte del veterinario, por lo que no es utilizada. La tonometría por indentación, en la que se incluye el popular y en desuso tonómetro de Schiötz, utiliza un aparato de peso conocido que se apoya perpendicularmente a la córnea del paciente. Los inconvenientes de esta técnica son la utilización de anestésico tópico y la dificultad para realizar la prueba en pacientes poco cooperativos, de manera que si no se realiza bien se obtienen resultados poco fiables. En la tonometría de aplanamiento se mide la fuerza con la que se deforma la superficie de la córnea, de manera que también hay que aplicar un anestésico tópico. Dentro de este tipo están los aparatos conocidos Tono-Pen XL y Tono-Pen Vet. Las ventajas que presenta son que es fácil de usar, es preciso y no son necesarias tablas de conversión. Por último, la tonometría de rebote (TonoVet), basada en el acercamiento y rebote de una sonda en forma de aguja roma e inocua

hacia la córnea, ha ganado popularidad en la clínica hoy en día por su facilidad de uso, su fiabilidad y por no ser necesario un anestésico tópico (Maggs, 2009).

Es muy importante conocer algunos factores que pueden perturbar las mediciones realizadas. Por un lado, se deben tomar las mediciones sobre las mismas horas y teniendo en cuenta en qué momento se realizan ya que en un mismo individuo existen variaciones diurnas de la PIO, de manera que a primera hora de la mañana los valores de PIO son más altos, mientras que por la tarde se obtienen los más bajos (Gelatt, 2003). Otro aspecto importante es la utilización del mismo tipo de tonómetro ya que entre ellos pueden existir diferencias en la medición y el seguimiento sería impreciso. Además, durante la medición hay que evitar comprimir la yugular del cuello por el uso de un collar muy ceñido o al contener al paciente, ni manipular excesivamente el párpado debido a que puede dar lugar a valores de PIO más elevados (Ferreira, 2018). A la hora de hacer el examen, lo ideal es que el animal se encuentre tranquilo, con su cabeza a la misma distancia del corazón en cada intervalo y con la superficie de la córnea sin ningún material viscoso para evitar falsas mediciones (Miller y Bentley, 2015).

#### 6.4.2. Gonioscopia

La gonioscopia (Figura 4) consiste en la examinación del ángulo iridocorneal, así como de la abertura del surco ciliar o del ángulo de filtración, mediante una fuente de luz y unas lentes corneales especiales llamadas goniolentes (Ferreira, 2018). Estas pueden ser directas, como la de Koeppel, en las que se ve la imagen directa del ángulo, o indirectas como la de Goldmann, que ofrecen una imagen a través de un espejo (Maggs, 2009).

Se realiza con el paciente inmovilizado y anestesia tópica. Además, debe hacerse de manera periódica ya que la morfología del ángulo es dinámica en función del avance de la enfermedad y el agrandamiento ocular (Gelatt, 2003). Esta prueba requiere que sea ejecutada e interpretada por un especialista con experiencia y debe efectuarse después de la tonometría, ya que puede alterar el valor de PIO (Miller y Bentley, 2015).

Esta técnica es muy importante a la hora de establecer un tratamiento y el seguimiento del caso ya que permite identificar dónde y qué (cuerpos extraños, restos mesodérmicos, tumores...) está causando la obstrucción del flujo, evaluar la gravedad de la obstrucción y el funcionamiento de la terapia, y clasificar el glaucoma del paciente en abierto, estrecho y cerrado (Maggs, 2009). Algunos goniolentes, además, están diseñados de manera que se puede visualizar el disco óptico, que también es conveniente revisar ya que está sujeto a cambios provocados por el glaucoma (Miller y Bentley, 2015).

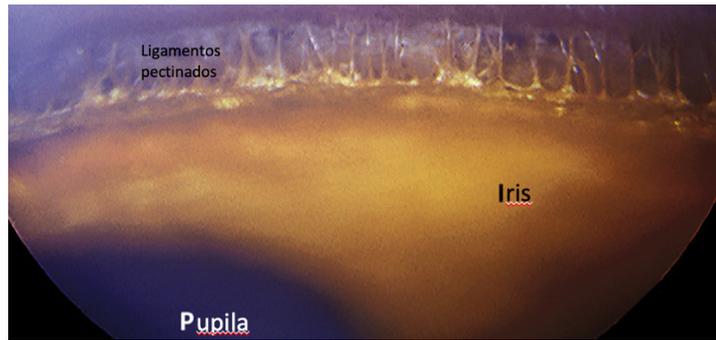


Figura 4. Visualización normal del ángulo iridocorneal mediante gonioscopia en un perro (Pizzirani y Gong, 2015, p.1105)

#### 6.4.3. Oftalmoscopia

El examen visual del fondo de ojo (Figura 5) se realiza mediante un oftalmoscopio y, en los casos de glaucoma, lo idóneo es combinar la oftalmoscopia directa e indirecta para buscar si existe una excavación papilar, que es un rasgo patognomónico del glaucoma. La directa permite evaluar la cabeza del nervio óptico. En la indirecta es necesaria la dilatación pupilar con fármacos, como por ejemplo la tropicamida, y el uso de lentes de 20 dioptrías para observar si hay una posible degeneración o lesiones periféricas ante la elevación de PIO al inicio de la enfermedad y durante el tratamiento médico (Santiago *et al.*, 2020). El filtro aneritro (luz verde) del instrumento ayuda a visualizar el nervio óptico y la capa de fibras nerviosas retinianas durante el examen (Miller, 2009).

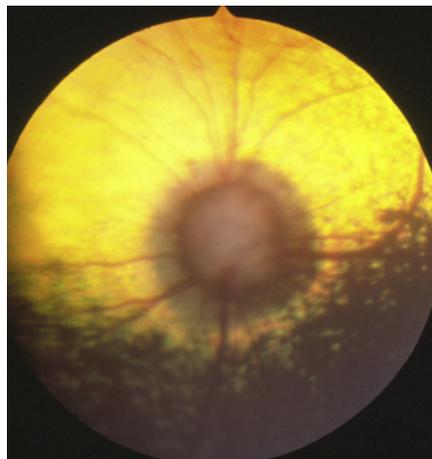


Figura 5. Imagen oftalmoscópica de un perro con GPAC que presenta excavación del disco óptico (Miller y Betley, 2015, p.32)

## 6.5. TRATAMIENTO MÉDICO

El tratamiento médico tiene como objetivo reducir la PIO a un rango en el que la pérdida de CGRs por el glaucoma sea mínima. A pesar de que los diferentes autores que han investigado sobre el glaucoma canino definen distintos rangos de PIO ideal, coinciden en que esta debe ser menor de 20 mmHg. En muchas ocasiones, el tratamiento médico acompaña al tratamiento quirúrgico (Alario, Strong y Pizzirani, 2015).

Las principales estrategias que usan los fármacos para reducir la PIO son la disminución de la producción de humor acuoso o el aumento de su drenaje. El problema de los fármacos que hay en el mercado es que están diseñados específicamente para humana, de manera que no se obtienen los mismos resultados cuando se aplican a la especie canina, además de las diferencias existentes en la respuesta al tratamiento entre canes (Komáromy *et al.*, 2019). Asimismo, a la hora de pautar el tratamiento, hay que tener en cuenta el tipo de glaucoma y la fase ya que no se utilizan los mismos fármacos para todos (Barsotti y Nardi, 2016).

Entre los fármacos más comunes que hay para tratar el glaucoma primario en la actualidad, con diferentes mecanismos de acción, se encuentran:

- Agentes osmóticos. Este grupo incluye fármacos como manitol, glicerol o hidroxietilalmidón. Actúan incrementando la osmolaridad del plasma a través de la barrera hematoacuosa que separa este del humor acuoso. La PIO se reduce por el gradiente osmótico que favorece la salida de fluido del tejido intraocular y por la inhibición de la ultrafiltración en los cuerpos ciliares (Alario, Strong y Pizzirani, 2015). Esto implica cierta deshidratación, por lo que hay que utilizarlo con precaución en pacientes cardíacos, renales, con edemas pulmonares y deshidratados (Ferreira, 2018). Son administrados oral o intravenosamente en casos de glaucoma primario de tipo agudo en situaciones de emergencia y prequirúrgicamente (Silva, 2017).
- Análogos de prostaglandinas. Dentro de esta familia se encuentran latanoprost (el más popular), bimatoprost y travoprost. Se biotransforman en prostaglandinas y funcionan remodelando la matriz extracelular del músculo ciliar del iris y aumentando el drenaje por la vía uveoescleral del humor acuoso, resultando en una reducción de la PIO (Santiago *et al.*, 2020) de hasta un 50% (Ferreira, 2018).

Son muy comunes en el tratamiento de glaucoma por tener un efecto hipotensor mayor que otros fármacos, ser rápidamente metabolizados y aptos para pacientes comprometidos cardiopulmonarmente. No obstante, producen una intensa miosis, irritación local e hiperemia conjuntival por la liberación de óxido nítrico y factores

inflamatorios (Silva, 2017). Son administrados de forma tópica y se pueden utilizar como terapia única o junto a otros fármacos tópicos hipotensivos. También se emplean en el tratamiento profiláctico. Se recomienda aplicarlos una vez al día, preferiblemente por la noche; sin embargo, en los casos más avanzados, es preferible dos veces al día ya que mitiga las fluctuaciones circadianas de la PIO (Alario, Strong y Pizzirani, 2015).

- Inhibidores de la anhidrasa carbónica. Estos fármacos bloquean la enzima anhidrasa carbónica, localizada en el epitelio no pigmentado de los procesos ciliares y encargada de la producción de humor acuoso, por lo que disminuyen la PIO al reducir hasta un 40% la formación de humor acuoso (Alario, Strong y Pizzirani, 2015). Se utilizan en el tratamiento de urgencia, pero pueden combinarse con análogos de las prostaglandinas y agentes hiperosmóticos para reducir más la presión (Ferreira, 2018).

Dentro de este grupo, hay fármacos que se administran de manera tópica (dorzolamida, brinzolamida...) y otros oral (metazolamida, doclorfenomida, acetazolamida...), siendo estos últimos ligeramente más eficaces, pero con mayores efectos secundarios por lo que son preferidos los de vía tópica (Silva, 2017). Debido a que esta enzima se encuentra en numerosas localizaciones del cuerpo, pueden aparecer diversos efectos secundarios: diarrea, vómito, diuresis, hipocalcemia, hiperventilación, hipocalemia, etc. (Alario, Strong y Pizzirani, 2015 y Ferreira, 2018).

- Agonistas colinérgicos o parasimpaticomiméticos (mióticos). Esta familia incluye la pilocarpina, el carbacol y el bromuro de demecario. Activan el sistema parasimpático nervioso directamente (estimulando los receptores de acetilcolina) o indirectamente (inhibiendo la acetilcolinesterasa) (Alario, Strong y Pizzirani, 2015). Esto provoca contracción de los músculos ciliares, miosis y apertura de los espacios intertrabeculares, lo cual lleva a un mayor drenaje por la vía convencional (Silva, 2017 y Ferreira, 2018). Son bastante eficaces para reducir la PIO siempre que no sea muy elevada, que en ese caso se asocian a otros fármacos como los análogos de prostaglandinas o los inhibidores de la anhidrasa carbónica. Algunos de los efectos secundarios son blefarospasmo, hiperemia conjuntival y epífora. Además, producen una interrupción transitoria de la barrera hematoacuosa, lo que predispone a la inflamación intraocular y el bloqueo pupilar (Maślanka, 2014a). Debido a la miosis, no son efectivos en los glaucomas de ángulo estrecho o cerrado (Barsotti y Nardi, 2016) o en casos avanzados en los que las vías trabeculares están irreversiblemente comprometidas (Chavez, 2019).

- Betabloqueantes. En esta familia destacan el timolol, betaxolol y levobunolol (Ferreira, 2018). Su mecanismo de acción consiste en el bloqueo de los receptores beta de los cuerpos ciliares resultando en la reducción de la formación de humor acuoso y en la bajada de la PIO (Silva, 2017). Se suelen utilizar cuando los inhibidores de la anhidrasa carbónica o las prostaglandinas no funcionan en el control de la PIO (Alario, Strong y Pizzirani, 2015) o junto a estos y otros tratamientos contra el glaucoma ya que por sí solos tienen un efecto débil para reducir la PIO (Maślanka, 2014b). Los efectos adversos que pueden aparecer son: irritación local ante la instilación, fotofobia, ptosis, blefaroconjuntivitis, queratitis, miosis bilateral (incluso si solo se ha medicado un ojo), etc. Además, pueden absorberse vía sistémica y producir efectos cardiovasculares y pulmonares indeseados (bradicardia, broncoconstricción...) por lo que no se deben administrar en aquellos pacientes que estén comprometidos a nivel cardiopulmonar (Wynne, 2020).
- Agonistas  $\alpha_2$ -adrenérgicos selectivos. Este grupo incluye la apraclonidina y brimonidina, entre otros. Su mecanismo de acción para bajar la PIO consiste en la inhibición de la liberación de norepinefrina de manera que la producción de humor acuoso en los cuerpos ciliares se ve disminuida. También afecta, por otros mecanismos, a la resistencia de la vía uveoescleral favoreciendo el drenaje del humor acuoso (Alario, Strong y Pizzirani, 2015). No obstante, estos fármacos demuestran una baja eficacia para bajar la PIO, por lo que no son utilizados como única terapia para el glaucoma en la especie canina sino que son asociados a otros fármacos hipotensores (Maślanka, 2014b). Entre los efectos secundarios se aprecian menor frecuencia cardíaca, blefaroespamo y palidez conjuntival (Silva, 2017).
- Agonistas adrenérgicos no selectivos. En este tipo de fármacos solamente se encuentran la epinefrina y un profármaco de esta, la dipivefrina, y son administrados de manera tópica (Alario, Strong y Pizzirani, 2015). Su mecanismo de acción consiste en la mejora del drenaje del humor acuoso; sin embargo, bajan muy levemente la PIO por lo que suelen administrarse junto a otros fármacos más potentes. Además, son utilizados en pacientes de glaucoma primario de ángulo abierto debido a que la midriasis que provocan podría reducir la amplitud del ángulo iridocorneal e incrementar la resistencia del flujo de humor acuoso, lo cual perjudicaría a los glaucomas de ángulo estrecho o cerrado (Maślanka, 2014a).

## 6.6. TRATAMIENTO QUIRÚRGICO

Inicialmente, la mayoría de perros con glaucoma son tratados médicamente para mantener la PIO en unos valores adecuados, pero este control es difícil de sostener a lo largo del tiempo debido a su coste y la falta de eficacia de los fármacos ya que están diseñados para la especie humana, por lo que los pacientes acaban requiriendo cirugía. No obstante, los procedimientos quirúrgicos no están exentos de inconvenientes como el precio, intensos postoperatorios, falta de eficacia y aparición de complicaciones que pueden acabar en la pérdida de visión (Komáromy *et al.*, 2019; Isard *et al.*, 2018). Sin embargo, los tratamientos quirúrgicos han avanzado enormemente en los últimos años, así como el conocimiento de la patogenia de la enfermedad, por lo que han adquirido mayor relevancia y son cada vez más recomendados como tratamiento en etapas tempranas (Bras y Maggio, 2015b).

En la oftalmología veterinaria, el enfoque del tratamiento quirúrgico depende de capacidad visual del ojo. En aquellos ojos que aún conservan la vista, el tratamiento se enfoca en el control de la PIO en niveles fisiológicos para evitar la progresión del daño óptico y así preservar la vista; mientras que en aquellos ojos que son ciegos, está dirigido a prevenir complicaciones corneales, eliminar el dolor y proporcionar calidad de vida al paciente (Bras y Maggio, 2015a).

### 6.6.1. Tratamiento quirúrgico de ojos visuales

Las técnicas más comunes para la resolución del glaucoma primario en ojos con capacidad visual son: las técnicas ciclodestructivas para reducir la producción de humor acuoso, la implantación de dispositivos de drenaje o gonioimplantes con el objetivo de desviar o mejorar las vías de drenaje del humor acuoso o una combinación de ambas (Komáromy *et al.*, 2019). La elección de una técnica u otra se basa en diferentes factores: tipo de glaucoma y estadio en el que se encuentra, potencial de visión y pronóstico, expectativas de los propietarios, coste de la cirugía, cuidados postquirúrgicos y preferencia del cirujano veterinario (basado en su experiencia, habilidad e instrumental disponible de la clínica) (Bras y Maggio, 2015b).

#### 6.6.1.1. Técnicas de ciclodestrucción: ciclofotocoagulación por láser

Desde la década de los años 30 se utilizan diferentes técnicas quirúrgicas de ciclodestrucción o destrucción de los cuerpos ciliares como tratamiento para el glaucoma primario, entre ellas la diatermia, crioterapia, ultrasonografía o la fotoablación (Bras y Maggio, 2015b). La crioterapia con óxido nitroso o nitrógeno líquido era el método de preferencia para el tratamiento del glaucoma hasta que aparecieron los procedimientos con láser (Isard *et al.*, 2018; Webb, 2021).

La ciclofotocoagulación por láser tiene como propósito la disminución de producción del humor acuoso mediante la destrucción parcial del epitelio del cuerpo ciliar. Actualmente, en la clínica oftalmológica veterinaria se usan dos tipos de láser: cristal de granate de itrio-aluminio o el láser de diodo. A pesar de obtener resultados ciclodestructivos parecidos a nivel histológico, se suele utilizar el láser de diodo por su mejor portabilidad, su precio y por producir una menor inflamación (Silva, 2017; Webb, 2021).

En veterinaria hay dos maneras de realizar esta cirugía: por ciclofotocoagulación transescleral (TSCP) o por ciclofotocoagulación endoláser (ECP). Ambas, se basan en la aplicación del láser con el objetivo de que la energía sea absorbida por la melanina de las estructuras pigmentadas del epitelio posterior del cuerpo ciliar, resultando en la coagulación y necrosis parcial de este y falta de perfusión por oclusión vascular. Sin embargo, también pueden llegar a verse afectadas estructuras periféricas dando lugar a consecuencias no deseadas (Bras y Maggio, 2015b).

#### 6.6.1.1.1. Ciclofotocoagulación transescleral (TSCP)

Se trata de una cirugía fácil de realizar, en la que el láser llega al epitelio ciliar de manera no invasiva a través de la conjuntiva y la esclera. El láser puede suministrarse de manera continua o micropulsada. Esta última técnica, que aún debe perfeccionarse en perros, consiste en aplicar la energía durante intervalos cortos de tiempo intercalados con tiempos de reposo para que los tejidos adyacentes se enfríen minimizando la probabilidad de aparición de complicaciones (Komáromy *et al.*, 2019). Otras ventajas que presenta son la reducción de fármacos en el tratamiento postquirúrgico (Sapienza *et al.*, 2019), mejora las vías de drenaje del humor acuoso, la rapidez de la cirugía (se tardan menos de 10 minutos en realizarla) y la efectividad en ojos subalbinóticos (Sebbag *et al.*, 2019). Además, debido a que se trata de una técnica más segura y benigna, podría realizarse más de una vez sin que sea perjudicial para el paciente; no obstante, en el estudio de Sapienza *et al.* (2019) no obtuvieron mejores resultados sobre el control de la PIO al realizar la TSCP micropulsada más de una vez en un mismo paciente. Como desventajas, presenta mayor riesgo de dañar los nervios ciliares que la técnica continua, su efectividad tiene poca duración en el tiempo (Sebbag *et al.*, 2019), posibilidad de ulceración corneal postquirúrgica y el coste de la cirugía (Sapienza *et al.*, 2019).

El instrumental que se utiliza consiste en la máquina de control del láser de diodo (cuya longitud de onda va de 630 a 670 nm y con una potencia de entre 50 y 2000 mW) y un dispositivo de mano compuesto por una fibra de cristal de cuarzo de 600 µm de diámetro para dispararlo (Bras y Maggio, 2015b).

El protocolo a seguir comienza con la premedicación del paciente con antiinflamatorios tópicos y sistémicos. La cirugía se realiza bajo anestesia general y con el perro en decúbito lateral. Se debe seleccionar la energía del láser (mW) y la duración (ms) atendiendo al tipo de tejido del paciente, por ejemplo, aquellos que presentan el iris azul necesitan cantidades de energía mayores debido a un menor pigmento de la úvea. Como se realiza sin visualización directa del cuerpo ciliar, a diferencia de la ECP, el cirujano ajusta la energía según escucha un “chasquido” que ocurre cuando sobrepasa el umbral de coagulación a vaporización del tejido, de manera que intentará escuchar ese sonido en menos del 20-75% de los puntos donde aplique el láser para evitar el sobretratamiento, que conllevaría a un aumento de las complicaciones sin mayor efectividad. Con ayuda de un espéculo se aparta el párpado para tener una mayor visión del área perilimbal, se coloca la sonda en contacto por indentación 3 mm posterior al limbo evitando las 3 y las 9 horarias (Figura 6) para no dañar las arterias ciliares posteriores largas y se procede a aplicar el laser en 30-50 puntos. Al finalizar la cirugía, si la PIO es mayor de 30 mmHg se realiza una acuocentesis para estabilizarla a menos de 20 mmHg.



Figura 6. Ciclofotocoagulación transescleral micropulsada en perro. La sonda se coloca 3 mm posterior al limbo (Komáromy *et al.*, 2019, p. 733).

Durante las 24 horas postquirúrgicas se realiza una monitorización exhaustiva de la PIO. El paciente recibirá tratamiento antiinflamatorio y lágrimas artificiales, que se irá ajustando según su evolución en las siguientes revisiones. Estas se establecerán una vez por semana (durante las dos primeras semanas), otra entre la cuarta y sexta semana, y después cada tres meses (Bras y Maggio, 2015b). Las complicaciones postquirúrgicas más comunes que pueden ocurrir son: oscilaciones de la PIO, formación de cataratas, queratitis, ulceración corneal y desprendimiento de retina (Webb, 2021).

Los resultados del tratamiento son evidentes a los 28 días del postoperatorio y según diferentes estudios es eficaz para el control de la PIO (<25-30 mmHg) aproximadamente en el

80% de los casos durante los dos primeros meses y en el 50% durante un año (Lage *et al.*, 2020; Sapienza *et al.*, 2019; Sebbag *et al.*, 2019). No obstante, presenta varias complicaciones y solo entre un 22 y 50% de los pacientes conserva la visión (Graham, McCowan y White, 2017; Sebbag *et al.*, 2019). Hay estudios como el de Hardman y Stanley (citado en Maggio, 2015) que afirman que la utilización de una menor potencia láser durante periodos más largos de tiempo consigue unas tasas de éxito del 92% en el control de la PIO durante el primer año y una menor aparición de complicaciones. También, otras investigaciones demuestran que la eficacia de la TSCP aumenta cuando se combina con dispositivos de drenaje (Komáromy *et al.*, 2019).

#### 6.6.1.1.2. Ciclofotocoagulación con endoláser (ECP)

La ciclofotocoagulación con endoláser es una técnica invasiva alternativa a la TSCP con la ventaja de ofrecer una visualización directa del epitelio ciliar gracias al uso de endoscopio, lo cual supone un mayor control y regulación del láser reduciendo las complicaciones quirúrgicas (Komáromy *et al.*, 2019). No obstante, es menos popular en la clínica veterinaria que la TSCP debido a su mayor complejidad y coste del material (Webb, 2021).

El equipo necesario para esta técnica consta del mando de control del endoscopio (con su fuente de luz, pantalla de vídeo y otras prestaciones), el pedal con el que se acciona el láser y el tubo de endoscopia (de entre 18 y 23 gauges) compuesto por 3 sondas (de imagen, de iluminación y de láser). La longitud de onda más utilizada en la oftalmología veterinaria para la ECP es de 810 nm. La sonda láser puede ser recta, que siendo más fácil de manipular solo permite tratar 180° del anillo ciliar en una sola incisión, o curva, con mayor complejidad de uso pero permite abarcar 300° con sola una incisión (Bras y Maggio, 2015b).

El paciente se premedica 24 horas antes con antiinflamatorios y antibióticos por vía tópica y sistémica, además de realizarse un bloqueo neuromuscular no despolarizante para mantener el globo ocular en una posición adecuada. La cirugía se lleva a cabo bajo anestesia general con el paciente en decúbito dorsal y el procedimiento puede abordarse de dos maneras diferentes: por la zona limbal (Figura 7), que es la más utilizada, o por la parte posterior del cuerpo ciliar (pars plana) (Bras y Maggio, 2015b). Debido a que el cristalino impide la visualización de todo el cuerpo ciliar, se puede efectuar previamente a la ECP la facoemulsificación y resección del cristalino (Webb, 2021). Una vez efectuada la incisión de 2-3 mm de longitud, se debe inyectar hialuronato de sodio viscoelástico en el surco ciliar para tener una mejor visión de los procesos ciliares, y repetir esta acción durante la cirugía para evitar el contacto con el iris y el cristalino. La sonda se introduce por la incisión y se procede a la ablación de los cuerpos ciliares a una distancia de 2 mm desde la punta de la sonda hasta el tejido o a aquella distancia en la que se

puedan visualizar 6 procesos ciliares en el monitor (Esteban *et al.* 2017). Esta técnica permite al cirujano regular mejor la cantidad de energía aplicada con el láser, así como la extensión del tratamiento, de acuerdo con las características del tejido del paciente al poder visualizar a través del monitor de vídeo el efecto deseado (contracción y blanqueamiento de los procesos ciliares) y así evitar el “chasquido” audible de estos cuando hay un sobretratamiento. Es recomendable dejar un tercio de los cuerpos ciliares sin tratar para prevenir el edema de retina. Una vez finalizado, se irriga o aspira el material viscoelástico del segmento anterior y se deja alrededor del surco para favorecer una menor inflamación postoperatoria. Seguidamente, se instila intracameramente un antiinflamatorio y lidocaína y se cierran las incisiones (Bras y Maggio, 2015b; Maggio, 2015).

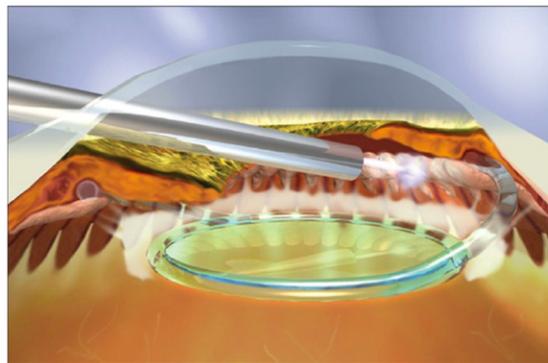


Figura 7. Ciclofotocoagulación por endoláser con abordaje limbal (Maggio, 2015, p.93)

Se monitoriza la PIO intensivamente durante las siguientes 24 horas, no siendo infrecuente su aumento y requerimiento de una acuocentesis. Es recomendable que la cirugía se complemente con tratamiento médico (por ejemplo, con inhibidores de la anhidrasa carbónica) durante el postoperatorio. La PIO se suele estabilizar a la segunda semana de haber realizado la cirugía y a largo plazo se consigue que la mayoría de los pacientes necesiten una menor cantidad de medicación que antes de la cirugía para mantenerla bajo control. Las revisiones se harán con la misma frecuencia que con la TSCP (Bras y Maggio, 2015b). Las complicaciones postquirúrgicas que pueden aparecer son principalmente uveítis, además de ectropión, ulceración corneal, recidiva del glaucoma y ptosis bulbi (Graham, McCowan y White, 2017).

Los estudios indican que la ECP tiene unos porcentajes de éxito en el control de la PIO durante el primer año del 80% y del 50% hasta los tres años de haber realizado la cirugía. En cuanto a la conservación de la visión, el 70% de los pacientes la mantienen durante el primer año. No obstante, es una técnica prometedora que lleva practicándose pocos años en cánidos por lo que se han hecho pocas publicaciones al respecto (Bras y Maggio, 2015b; Webb, 2021).

### 6.6.1.2. Técnicas de filtración: gonioimplantes

Las técnicas de filtración se basan principalmente en la utilización de dispositivos de drenaje para el glaucoma (GDDs), o también llamados gonioimplantes, debido a la falta de eficacia en otros métodos como la iridencleisis, la ciclodíalisis, la trepanación corneoescleral o la esclerotomía posterior (Bras y Maggio, 2015a).

Los gonioimplantes son dispositivos que se insertan en el paciente para crear una vía complementaria de drenaje del humor acuoso a la del ángulo iridocorneal hacia otros espacios, siendo el espacio subconjuntival el más común en la clínica veterinaria (Oliver, 2014). Otras vías de drenaje que se han estudiado, pero con escaso éxito, son la vena yugular a través de la vena facial, el espacio subcutáneo, el conducto parotídeo o el seno frontal (Bras y Maggio, 2015a).

Existen varios modelos en el mercado en veterinaria (Molteno, Baerveldt, Ahmed, Krupin...) que difieren en la forma, espesor de la placa, material de fabricación y presencia o no de válvula (Silva, 2017). A pesar de estas disimilitudes, todos comparten una estructura general: un tubo de silicona conectado, a través de una válvula o sin, a un plato hecho de silicona, polipropileno o polietileno. El mecanismo de acción consiste en insertar dicho tubo en la cámara anterior del paciente, de manera que el humor acuoso es desviado hacia el plato donde se irá colectando formando una ampolla y, con el tiempo, será reabsorbido por la vascularización local (Webb, 2021). Cuanto más grande es el tamaño del plato, mayor es el de la ampolla que se forma y el grado de reducción de PIO; sin embargo, llega un límite a partir del cual si se sobrepasa no hay más disminución de la PIO, por lo que normalmente en la oftalmología canina se utilizan platos de entre 96 y 184 mm<sup>2</sup>. En cuanto a los diámetros del tubo, suelen ser de 0,3 mm internamente y 0,6 mm externamente, permitiendo un flujo normal de entre 3 y 6 µL/min. Respecto a su longitud, la posibilidad de obstrucción por fibrina y células inflamatorias se reduce cuanto más largo sea, pero también disminuye su flexibilidad lo cual propicia el contacto con la córnea. La presencia de válvula en dispositivos como Ahmed y Krupin, supone que el flujo sea unidireccional, permitiendo el paso cuando sobrepasa los 8-12 mmHg y bloqueándolo cuando es menor, lo cual previene de hipotonía, uveítis secundaria y desprendimiento de retina; no obstante, el mecanismo puede fallar ante una fibrosis de la ampolla. La principal ventaja de los gonioimplantes sin válvula, como Baerveldt y Molteno, es el mayor control a largo plazo de la PIO debido a que se forman fibrosis más leves, aunque es frecuente que se origine resistencia al flujo ante ampollas maduras (Bras y Maggio, 2015a). Actualmente en veterinaria, los dispositivos Ahmed son los más utilizados y el lugar de implantación de preferencia es el espacio subconjuntival (Silva, 2017).

#### 6.6.1.2.1. Gonioimplante subconjuntival

La preparación del paciente antes de la cirugía requiere de tratamiento tópico y sistémico de antiinflamatorios y la administración tópica de antibióticos desde una semana antes. Además, es necesario reducir la PIO a valores de entre 10 y 20 mmHg mediante acuocentesis o agentes osmóticos. La cirugía se realiza con el paciente en decúbito dorsal, bajo anestesia general, con bloqueo neuromuscular y puntos de sutura en el limbo para mantener el globo ocular en una óptima posición. El cuadrante que se suele elegir como primera opción para la colocación del gonioimplante es el superotemporal; en caso de fracaso, se deberá repetir el procedimiento pero en otro lugar. La incisión debe realizarse a 10-12 mm del limbo y con una longitud de 8 a 10 mm, extendiéndola caudalmente por el espacio subtenoniano (membrana más externa de la esclerótica) para crear un bolsillo que pueda acoger el gonioimplante. Se inserta dentro durante cinco minutos una esponja recortada e impregnada de mitomicina C y después se realizan lavados con solución salina durante otros cinco minutos. A continuación, se comprueba que el dispositivo funciona inyectando solución salina, se coloca en el espacio creado a 10-12 mm del limbo, se asegura con puntos de nylon y se irriga con activador tisular de plasminógeno (t-PA) para evitar que se ocluya con fibrina. Se mide y corta el tubo de manera que incida 3-4 mm en la cámara anterior y se abre el camino para insertarlo con unas tijeras de tenotomía Westcott y una aguja de 22G, paralelamente al iris (Westmeyer, Hendrix, y Ward, 2011; Bras y Maggio, 2015a). Finalmente, la conjuntiva y la cápsula de Tenon son cerradas con sutura absorbible y continua, y es conveniente administrar antifibróticos como t-PA o antimitóticos como 5-fluorouracilo para prevenir la aparición de fibrina y cicatrización de la ampolla (Figura 8) (Bras y Maggio, 2015a; Komáromy *et al.*, 2019; Graham *et al.*, 2017).



Figura 8. Perro con glaucoma primario tratado con un gonioimplante valvulado Ahmed en el globo ocular. A nivel dorsal y subconjuntival se aprecia la formación de la ampolla de drenaje y en la cámara anterior se visualiza la parte tubular del gonioimplante (Komáromy *et al.*, 2019, p. 732)

Durante el postoperatorio se administrarán antiinflamatorios tópicos y sistémicos para evitar la inflamación y fibrosis, además de antibiótico. También el paciente recibirá tratamiento médico antiglaucoma que se mantendrá durante un largo periodo de tiempo. Durante la tercera y sexta semana, puede desarrollarse fibrosis alrededor del gonioimplante perjudicando su funcionamiento. Ante esta situación, es necesaria la revisión la ampolla, mediante una incisión en la conjuntiva paralelamente al limbo, la extracción de la fibrosis donde se aloja el dispositivo y/o la inyección de 5-fluorouracilo (Westmeyer, Hendrix, y Ward, 2011; Bras y Maggio, 2015a; Green *et al.*, 2014). Las complicaciones más habituales de los gonioimplantes son fallo o desplazamiento del dispositivo, inestabilidad de PIO con la subsecuente necesidad de una nueva cirugía, edema de córnea, oclusión del mecanismo de drenaje y pérdida de visión (Bras y Maggio, 2015a; Silva, 2017).

En este tipo de técnica no es infrecuente el fracaso, siendo un gran factor de riesgo la inflamación que se produce pudiendo ocluir el tubo situado en la cámara anterior (Silva, 2017). Para prevenir la fibrosis de la ampolla y el fallo del gonioimplante, se están investigando otros lugares alternativos al espacio subconjuntival como es el seno frontal, en el que el humor acuoso acabaría colectándose en una cavidad repleta de aire (Maggio, 2015). Según el estudio de Westmeyer, Hendrix y Ward (2011) el gonioimplante con válvula Ahmed tiene una eficacia del 89% durante el primer año en el control de la PIO y la retención de visión. Una eficacia parecida es la que demuestra Saito (citado en Webb, 2021 y Komáromy *et al.*, 2019) en su investigación con un 92% de eficacia en el primer año y un 33% a los 5 años. Los gonioimplantes con válvula presentan menor incidencia de hipotonía postquirúrgica que los dispositivos que no cuentan con válvula (Graham *et al.*, 2017). En cuanto a los dispositivos no provistos de válvula, los resultados que obtuvieron en el estudio de Graham *et al.* (2017) acerca de la eficacia del Baerveldt fueron del 75% en el control de la PIO y del 66,7% en la conservación de la visión, además de reducir el tratamiento médico antiglaucomatoso que seguían antes de la cirugía. Estos resultados se reafirman en la investigación de Crowe *et al.* (2021) que obtuvieron un control de la PIO y de la visión durante el primer año del 65 % y 63%, respectivamente, y durante dos años del 57% y 47%.

#### 6.6.1.3. Combinación de técnicas

Algunos autores consideran que las técnicas de filtración son más fisiológicas y, por lo tanto, mejores que las técnicas de ciclodestrucción debido a que preservan el humor acuoso en las cantidades necesarias para poder cumplir sus funciones; en cambio, las ciclodestructivas disminuyen su producción a unos niveles que pueden resultar insuficientes para realizar estos

cometidos (Graham *et al.*, 2018). No obstante, son varios los veterinarios que optan por realizar en el mismo paciente una combinación de ambas técnicas. Entre las ventajas que se consiguen, se encuentran la disminución de las complicaciones asociadas a los procedimientos ciclodestructivos, un mayor control de la PIO en el tiempo y, además, la menor necesidad de utilizar tratamiento médico adicional antiglaucomatoso tras la cirugía. Sin embargo, la hipertensión ocular que se produce durante los primeros momentos del postoperatorio con las técnicas ciclodestructivas, favorecen el incremento de flujo de humor acuoso junto con mediadores inflamatorios a través del gonioimplante, lo cual se traduce en un mayor espesor de fibrosis alrededor de este y que acabe fallando antes de lo esperado (Westmeyer, Hendrix, y Ward, 2011; Maggio, 2015; Graham *et al.*, 2018).

### 6.6.2. Tratamiento quirúrgico de ojos ciegos

En ocasiones, los pacientes no conservan la visión debido a que no se ha diagnosticado a tiempo la enfermedad, un avance muy rápido del glaucoma o a que los tratamientos médicos y quirúrgicos no han sido lo suficientemente efectivos; por lo que se reenfoca el tratamiento para evitar complicaciones en la córnea, eliminar el dolor y proveer calidad de vida.

#### 6.6.2.1. Evisceración y prótesis intraescleral

Esta opción quirúrgica, además de eliminar el dolor, tiene una función estética. Para poder efectuarla es necesaria que la superficie ocular esté intacta y sana ya que, a diferencia de la enucleación, se conservan la córnea y esclera para alojar la prótesis (Jeong *et al.*, 2015). Consiste en realizar una incisión dorsal en la esclera a 4-5 mm del limbo y paralelamente a este para retirar las estructuras intraoculares y reemplazarlas por una prótesis hecha de silicona. Finalmente, se suturan las incisiones realizadas con sutura absorbible (Bras y Maggio, 2015a).

A pesar de que los pacientes no vuelven a requerir de medicación para el glaucoma y los párpados mantienen funcionalidad dando la apariencia de un ojo normal, esta técnica no está exenta de complicaciones, entre las cuales las más comunes son la perforación y ulceración de la córnea (Jeong *et al.*, 2015). Además, con el paso del tiempo la córnea va fibrosándose y tornándose opaca, de manera que resulta menos estética. Algunos autores como Romkes y Eule (2012) para mejorar este aspecto, además de la prótesis intraocular, colocan otra extraocular de vidrio, consiguiendo una apariencia casi idéntica a un ojo real; no obstante, tiene el inconveniente de que debe ser retirada todas las noches y colocada por las mañanas tras un lavado del saco conjuntival, por lo que los propietarios deben comprometerse a colaborar.

#### 6.6.2.2. Ablación química del cuerpo ciliar

La ablación química consiste en la inyección intravítrea de gentamicina o cidofovir para dañar de manera irreversible los cuerpos ciliares y así conseguir una disminución o ausencia de producción de humor acuoso. Esta técnica está indicada en aquellos pacientes con riesgo anestésico o cuando exista un problema financiero (Bras y Maggio, 2015a; Silva, 2017). Para realizar el procedimiento no es necesaria la sedación, pero sí que se administrará un analgésico tópico y una inyección subconjuntival en el cuadrante dorsolateral de lidocaína. Se procede a realizar una vitreocentesis con una aguja de entre 20 y 22G a unos 8 mm por detrás del limbo dorsolateral y se inyecta la gentamicina junto a dexametasona para reducir la inflamación intraocular (Figura 9). En el caso del cidofovir, que es el fármaco de elección cuando la gentamicina está contraindicada (por ejemplo, en pacientes renales), se utiliza una aguja de 30G y se inserta 5 mm posterior al limbo dorsolateral (Bras y Maggio, 2015a; Julien *et al.*, 2021).



Figura 9. Inyección intravítrea de gentamicina en un perro con glaucoma crónico (Bras y Maggio, 2015)

Debido al carácter citotóxico de estos fármacos, se pueden originar diferentes complicaciones: inflamación y hemorragia intraocular, opacidad corneal, formación de cataratas, uveítis, ptosis bulbi e inadecuado control de la PIO (Silva, 2017). Sin embargo, según los estudios las tasas de éxito de la ablación química con gentamicina son del 86% aproximadamente (Rankin *et al.*, 2016; Julien *et al.*, 2021) sin tener que utilizar fármacos para controlar la PIO y con cidofovir se obtienen resultados del 85% de eficacia con una sola inyección y 97% con varias (Low, Landis y Peiffer, 2014).

### 6.6.2.3. Enucleación

La enucleación consiste en la extirpación del globo ocular junto con el saco conjuntival, el tercer párpado y los márgenes palpebrales que, al finalizar, se suturan entre sí. Esta técnica es muy común en los casos de glaucoma crónico, sobretodo cuando no son posibles o no han funcionado otras opciones médicas o quirúrgicas (Barsotti y Nardi, 2016).

A muchos propietarios les cuesta tomar la decisión de elegir esta técnica por motivos estéticos y psicológicos en cuanto al bienestar del animal. Sin embargo, a pesar de ser menos estética que la evisceración y prótesis intraescleral (al estar vacía la órbita, la piel se va hundiendo dentro de ella) es una cirugía rápida de realizar, con pocas complicaciones y un postoperatorio menos doloroso, además de no necesitar otros tratamientos posteriores ni controles periódicos (Romkes y Eule, 2012; Barsotti y Nardi, 2016). En un estudio de Hamzianpour *et al.* (2019) realizaron una encuesta de satisfacción a los propietarios de perros a los que se les había realizado la enucleación y el 90% de ellos estaban satisfechos con su decisión y la volverían a tomar porque vieron una mejora en la calidad de vida de sus animales.

## 6.7. TRATAMIENTO PREVENTIVO

Actualmente, la mejor estrategia para prevenir la muerte de las CGRs y la degeneración del nervio óptico con la consiguiente pérdida de la función visual es realizar un buen diagnóstico de la enfermedad en etapas tempranas. El glaucoma primario, se trata de una enfermedad que, normalmente, se manifiesta primero en un ojo y después en el otro, permitiendo al clínico poder aplicar terapia preventiva en el globo ocular que aún no está afectado. El tratamiento se basa, fundamentalmente, en la utilización de fármacos hipotensivos para mantener en el ojo no afectado los niveles de PIO estables y dentro de los límites fisiológicos, consiguiendo retrasar, que no evitar, la aparición de la enfermedad en ese globo ocular (Plummer *et al.*, 2021).

Se pueden pautar otros complementos para retrasar aún más la neurodegeneración como antiinflamatorios (Dees *et al.*, 2014), neuroprotectores, vitaminas y otros suplementos nutricionales que disminuyan el estrés oxidativo y la excitotoxicidad; no obstante, aún no existen muchas publicaciones en la especie canina que demuestren la efectividad de estas sustancias (Alario, Strong y Pizzirani, 2015; Plummer *et al.*, 2021). Finalmente, otra estrategia que está en investigación es la neuroregeneración de los axones de las CRGs, incluyendo entre las diferentes propuestas el trasplante de CRGs mediante inyección intravítrea o incluso el trasplante de todo el globo ocular (Komáromy *et al.*, 2019).

## 7. CONCLUSIONES

A partir de esta revisión bibliográfica sobre la actualización del tratamiento quirúrgico en el glaucoma primario canino, se concluye que:

- El tratamiento quirúrgico ha ganado fuerza en los últimos años, ya sea solo o combinado con fármacos, debido a la mejoría de las técnicas y la falta de eficacia del tratamiento médico.
- El diagnóstico temprano es una pieza fundamental tanto para aplicar un tratamiento preventivo en el globo ocular contralateral sano como para aplicar unas técnicas quirúrgicas de resolución menos cruentas y conseguir preservar la visión del paciente.
- Las técnicas más empleadas actualmente para pacientes con funcionalidad visual son la ciclofotocoagulación por láser de diodo, el uso de gonioimplantes o una combinación de ambos.
- Entre las modalidades de ciclofotocoagulación, la ECP es más segura y controla la PIO durante más tiempo que la TSCP al proporcionar mayor visualización durante la cirugía al veterinario; no obstante, es más compleja de efectuar y más cara.
- Los gonioimplantes provistos de válvula son más utilizados que los que no tienen y presentan una eficacia parecida a la ciclofotocoagulación por láser.
- En perros que han perdido la visión, las elecciones más comunes son la enucleación y la evisceración con implantación de prótesis intraescleral, la cual es la opción más estética. Otro método menos utilizado es la inyección intravítrea de gentamicina o cidofovir.
- La gran variedad de tratamientos y constante evolución hacen que sean necesarios más estudios con mayor tamaño de muestra que demuestren su eficacia para que el veterinario pueda formarse y escoger el tratamiento más idóneo para cada paciente.

## 8. CONCLUSIONS

According to this literature review about the update of the surgical treatment for primary glaucoma in canine species, the conclusions are:

- The surgical treatment has gained ground the past years, either alone or combined with drugs, due to the improvement of the techniques and the lack of efficacy of the medical treatment.
- An early diagnosis is an essential key to apply a preventive treatment for the healthy contralateral eyeball as well as using surgical methods less harsh and preserve the sight of the patient.
- The most common current procedures for patients with vision ability are cyclophotocoagulation with diode laser, the use of gonioimplants or a combination of both.
- Among the different options of cyclophotocoagulation, the endoscopic cyclophotocoagulation is the safer one and can control de intraocular pressure during more time than the transscleral approach as it provides a wider vision field during the surgery although it is more complex to perform and more expensive.
- The valved gonioimplants are used more frequently than the non-valved and they have a similar efficacy as cyclophotocoagulation laser.
- For blind dogs, the most usual strategies are enucleation or evisceration with intrasscleral prosthesis implantation, which is the most aesthetic option. In addition, a less frequent alternative is the intravitreal injection of gentamicin or cidofovir.
- The great variety of treatments and constant evolution demand more studies with larger samples to demonstrate the efficacy of these methods so that the veterinarian can increase his knowledge and choose the most suitable treatment for each patient.

## 9. VALORACIÓN PERSONAL Y AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo me ha dado la oportunidad de profundizar más en la oftalmología veterinaria de la especie canina. A pesar de tratar únicamente sobre la enfermedad del glaucoma, durante la recopilación de información he podido repasar y aprender aspectos generales, como anatomía o métodos diagnósticos aplicables también a otras patologías oculares, que resultarán útiles para mi carrera profesional en el futuro. Además, al ser una revisión bibliográfica, he podido mejorar mi habilidad en la búsqueda de artículos científicos en diferentes idiomas, en contrastar diferentes estudios entre sí y en la capacidad de síntesis de gran cantidad de información.

Finalmente, me gustaría darle las gracias a la directora de este trabajo, M<sup>a</sup> Eugenia Lebrero, por haber aceptado ser mi tutora y darme total libertad a la hora de escoger el tema, ya que para mí era muy importante tener la oportunidad de realizar el Trabajo de Fin de Grado sobre algún campo relacionado con la clínica de animales de compañía, que es a lo que me quiero dedicar en el futuro. Además, es de gran agradecer su alta disponibilidad y atención al asesorarme y resolver todas las dudas que me surgieron, haciendo más fácil y amena la elaboración de este. Por último, me gustaría dar las gracias a mi familia y amigos por su gran apoyo durante la realización de este trabajo y los cinco años cursando el Grado de Veterinaria.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Alario, A.F., Strong, T.D. y Pizzirani, S. (2015). "Medical Treatment of Primary Canine Glaucoma". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45 (6), pp. 1235-1259. DOI: 10.1016/j.cvsm.2015.06.004

Barsotti, G. y Nardi, S. (2016). *Approccio medico e chirurgico al glaucoma del cane*. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Pisa. Disponible en: [https://etd.adm.unipi.it/theses/available/etd-02062017-165500/unrestricted/Tesi\\_\\_\\_Nardi\\_online.pdf](https://etd.adm.unipi.it/theses/available/etd-02062017-165500/unrestricted/Tesi___Nardi_online.pdf) [Consultado 12-04-2021].

Bras, D. y Maggio, F. (2015a). "Surgical Treatment of Canine Glaucoma: Filtering and End-stage Glaucoma Procedures". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45 (6), pp. 1261-1282. DOI: 10.1016/j.cvsm.2015.06.008

Bras, D. y Maggio, F. (2015b). "Surgical Treatment of Canine Glaucoma: Cyclodestructive Techniques". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45 (6), pp. 1283-1305. DOI: 10.1016/j.cvsm.2015.06.007

Centro oftalmológico Dr. Alfredo Bermúdez (2018). Centro oftalmológico Dr. Alfredo Bermúdez. Disponible en: <http://www.centrobermudez.com.ar/informaciond.php?id=5> [Consultado 04-06-2021]

Chavez, Y.A. (2019). *Manejo farmacológico del glaucoma: Artículo de revisión*. Tesis de pregrado. Universidad Cooperativa de Colombia. Disponible en: [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/11199/1/2019\\_manejo\\_farmacologico\\_glaucoma.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/11199/1/2019_manejo_farmacologico_glaucoma.pdf) [Consultado 12-04-2021].

Crowe, Y.C., Allyson, D.G., White, J., Hindley, K.E., Premont, J.E. y Billson, F.M. (2021). "Outcomes of baerveldt implant surgery in 17 dogs (20 eyes) with primary closed-angle glaucoma (2013-2019)". *Veterinary Ophthalmology*, 24 (1), pp. 109-115. DOI: 10.1111/vop.12874

Dees, D.D., Fritz, K.J., MacLaren, N.E., Esson, D.W., Gaerig, A.M.S., Atkins, R.M. y Knollinger, A.M. (2014). "Efficacy of prophylactic antiglaucoma and anti-inflammatory medications in canine primary angle-closure glaucoma: a multicenter retrospective study (2004-2012)". *Veterinary Ophthalmology*, 17 (3), pp. 195-200. DOI: 10.1111/vop.12069

Esteban, J., Muñoz, C., Baro, A. y Santolaya, E. (2017). *Guía Servet de manejo clínico: Glaucoma*. Disponible en: [https://issuu.com/editorialservet/docs/py092352\\_guia\\_servet\\_glaucoma\\_dosie/14?ff&e=5603072/53464624](https://issuu.com/editorialservet/docs/py092352_guia_servet_glaucoma_dosie/14?ff&e=5603072/53464624) [Consultado 13-05-2021]

- Ferreira, A. (2018). "Aproximación al glaucoma canino en urgencias". *Argos*, 196, pp. 86-88. Disponible en: [https://issuu.com/editorialservet/docs/argos\\_196\\_mr/92](https://issuu.com/editorialservet/docs/argos_196_mr/92) [Consultado 17-03-2021].
- Gelatt, K. (2003). "Glaucoma en el perro". En: Ynaraja, E., Montes, M. S. y Calvo, M. (Trad.). *Fundamentos de oftalmología veterinaria*. Barcelona: MASSON, pp. 165-196.
- Graham, K.L., Donaldson, D., Billson, F.A. y Billson, F.M. (2017). "Use of a Baerveldt-350mm<sup>2</sup> glaucoma drainage device to maintain vision and control intraocular pressure in dogs with glaucoma: a retrospective study (2013-2016)". *Veterinary Ophthalmology*, 20 (5), pp. 427-434. DOI: 10.1111/vop.12443
- Graham, K.L., Hall, E.J., Caraguel, C., White, A., Billson, F.A. y Billson, F.M. (2018). "Comparison of diode laser transscleral cyclophotocoagulation versus implantation of a 350mm<sup>2</sup> Baerveldt glaucoma drainage device for the treatment of glaucoma in dogs: a retrospective study (2010-2016)". *Veterinary Ophthalmology*, 21(5), pp. 487-497. DOI: 10.1111/vop.12536
- Graham, K.L., McCowan, C. y White, A. (2017) "Genetic and biochemical biomarkers in canine glaucoma". *Veterinary Pathology*, 54(2), pp. 427-434. DOI: 10.1177/0300985816666611
- Green, E., Wilkins, M., Bunce, C. y Wormald, R. (2014). "Fluorouracil for glaucoma surgery". *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2, pp. 1-50. DOI: 10.1002/14651858.CD001132.pub2
- Hamzianpour, N., Smith, K., Dawson, C. y Rhodes, M. (2019). "Bilateral enucleation in dogs: A review of owner perceptions and satisfaction". *Veterinary Ophthalmology*, 22 (5), pp. 566-576. DOI: 10.1111/vop.12623
- Instituto Veterinario Oftalmológico (2019). Instituto Veterinario Oftalmológico. Disponible en: <https://ivoft.com/patologias/glaucoma/> [Consultado 04-06-2021]
- Isard, P., Mentek, M., Clément, D., Béglé, A., Romano, F., Aptel, F., Mathieson, I. y Dulaurent, T. (2018). "High intensity focused ultrasound cyclocoagulation in dogs with primary glaucoma: a preliminary study". *Open Veterinary Journal*, 8 (3), pp. 305-312. DOI: 10.4314/ovj.v8i3.9
- Jeong, M., Ahn, J., Whitley, R.D., Ben-Schlomo, G. y Seo, K. (2015). "Combined Intraocular Silicone Prosthesis and Conjunctival Flap for Glaucoma after Corneal Perforation in a Dog". *Journal of Veterinary Clinics*, 32 (1), pp. 108-111. DOI: 10.17555/ksvc.2015.02.32.1.108
- Julien, M.E., Schechtmann, S.A., Michau, T.M., Welihozkiy, A., Baldwin, T.L. y Stine, J.M. (2021). "Pharmacologic ciliary body ablation for chronic glaucoma in dogs: A retrospective review of

108 eyes from 2013 to 2018". *Veterinary Ophthalmology*, 24 (1), pp. 125-130. DOI: 10.1111/vop.12816

Komáromy, A.M., Bras, D., Esson, D.W., Fellman, E.L., Grozdanic, S.D., Kagemann, L., Miller, P.E., Moroi, S.E., Plummer, C.E., Sapienza, J.S., Storey, E.S., Teixeira, L.B., Toris, C.B. y Webb, T.R. (2019). "The future of canine glaucoma". *Veterinary Ophthalmology*, 22 (5), pp. 726-740. DOI: 10.1111/vop.12678

Lage, L.S., Ferreira, L.F.L., Fernandes, A.L. y Calhau, B.F. (2020). "Tratamento cirúrgico do glaucoma por ciclofotocoagulação a laser em cães". *Pubvet*, 14 (2), pp. 1-6. DOI: 10.31533/pubvet.v14n2a504.1-6

Low, C.M., Landis, M.L. y Peiffer, R.L. (2014). "Intravitreal cidofovir injection for the management of chronic glaucoma in dogs". *Veterinary Ophthalmology*, 17 (3), pp.201-206. DOI: 10.1111/vop.12071

Maggio, F. (2015). "Glaucomas". *Topics in Companion Animal Medicine*, 30 (3), pp. 86-96. DOI: 10.1053/j.tcam.2015.07.011

Maggs, D.J. (2009). "Capítulo 5: Técnicas diagnósticas básicas". En: Maggs, D. J., Miller, P. E. y Ofri, R. (Coord.) *Slatter Fundamentos de Oftalmología veterinaria* (4ª ed.). Barcelona: Elsevier, pp. 85-110.

Maślanka, T. (2014a). "Autonomic drugs in the treatment of canine and feline glaucoma – Part I: Medications that lower intraocular pressure by increasing the outflow of aqueous humour". *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 17 (4), pp. 741–752. DOI: 10.2478/pjvs-2014-0110

Maślanka, T. (2014b). "Autonomic drugs in the treatment of canine and feline glaucoma – Part II: Medications that lower intraocular pressure by reducing aqueous humour production". *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 17 (4), pp. 753–763. DOI: 10.2478/pjvs-2014-0111

Meekins, J.M., Rankin A.J. y Samuelson D.A. (2021). "Ophthalmic Anatomy" En: Gelatt, K. (Coord.). *Veterinary Ophthalmology* (6ª ed.). Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, pp. 41-119.

Miller, P.E. (2009). "Capítulo 12: Glaucoma". En: Maggs, D. J., Miller, P. E. y Ofri, R. *Slatter Fundamentos de Oftalmología veterinaria* (4ª ed.). Barcelona: Elsevier, pp. 235-262.

Miller, P.E. y Bentley, E. (2015). "Clinical Signs and Diagnosis of the Canine Primary Glaucomas". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45 (6), pp. 1183-1212. DOI: 10.1016/j.cvsm.2015.06.006.

Murphy, C., Samuelson, D.A. y Pollock, R.V.H. (2012). "Chapter 21: The eye". En: Evans, H. y De Lahunta, A. (eds). *Miller's Anatomy of the Dog* (4ª ed.). St. Louis: Elsevier Saunders, pp. 746-785.

Oliver, J. (2014). *Canine Primary Glaucoma*. Disponible en: <https://www.vettimes.co.uk/app/uploads/wp-post-to-pdf-enhanced-cache/1/canine-primary-glaucoma.pdf> [Consultado 14-05-2021].

Park, S.A., Sledge, D., Monahan, C., Bartoe, J.T. y Komáromy, A.M. (2019). "Primary angle-closure glaucoma with goniodysgenesis in a Beagle dog". *BMC Veterinary Research*, 15 (75), pp. 1-7. DOI: 10.1186/s12917-019-1812-1

Pizzirani, S. (2015). "Definition, Classification and Pathophysiology of Canine Glaucoma". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45 (6), pp. 1127-1157. DOI: 10.1016/j.cvsm.2015.06.002

Pizzirani, S. y Gong, H. (2015). "Functional Anatomy of the Outflow Facilities". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45 (6), pp. 1101-1126. DOI: 10.1016/j.cvsm.2015.06.005.

Plummer, C.E., Bras, D., Grozdanic, S., Komáromy, A.M., McLellan, G., Miller, P., Sapienza, J.S., Teixeira, L. y Webb, T. (2021). "Prophylactic antiglaucoma therapy in dogs with primary glaucoma: A practitioner survey of current medical protocols". *Veterinary Ophthalmology*, 24 (1), pp. 96-108. DOI: 10.1111/vop.12820

Rankin, A.J., Lanuza, R., KuKanich, B., Crumley, W.C., Pucket, J.D., Allbaugh, R.A. y Meekins, J.M. (2016). "Measurement of plasma gentamicin concentrations postchemical ciliary body ablation in dogs with chronic glaucoma". *Veterinary Ophthalmology*, 19 (1), pp. 57-62. DOI: 10.1111/vop.12258

Romkes, G. y Eule, J.C. (2012). "Followup of a Dog with an Intraocular Silicone Prosthesis Combined with an Extraocular Glass Prosthesis". *Case Reports in Veterinary Medicine*, 2012, pp. 1-6. DOI: 10.1155/2012/762452

Santiago, I.L.T., Neres, R.W.P., Pedrosa, S.R., Bilhalva, M.A., Evaristo, E.A., Silva, F.R., Costa, P.P.C., Leão, M.S., Pellegrin, T.G. y Rocha, M.M. (2020). "Síndrome glaucomatosa em Chihuahua: da hipertensão ocular ao glaucoma". *Pubvet*, 14 (6), pp. 1-7. DOI: 10.31533/pubvet.v14n6a588.1-7

Sapienza, J., Kim, K., Rodriguez, E. y DiGirolamo, N. (2019). "Preliminary findings in 30 dogs treated with micropulse transscleral cyclophotocoagulation for refractory glaucoma". *Veterinary Ophthalmology*, 22 (4), pp. 520-528. DOI: 10.1111/vop.12622

Sebbag, L., Allbaugh, R.A., Strauss, R.A., Strong, T.D., Wehrman, R.F., Foote, B.C. y Ben-Schlomo, G. (2019). "MicroPulse™ transscleral cyclophotocoagulation in the treatment of canine glaucoma: Preliminary results (12 dogs)". *Veterinary Ophthalmology*, 22 (4), pp. 407-414. DOI: 10.1111/vop.12603

Silva, T. C. (2017). *Glaucoma em cães e gatos. Revisão de literatura e estudo retrospectivo*. Trabajo Fin de Grado. Universidad Federal de Río Grande del Sur. Disponible en: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/170375> [Consultado 24-03-2021]

Torrubia, I. (2007). "Glaucoma por displasia de ligamento pectinado en un Español Bretón". *Clínica Veterinaria de Pequeños Animales*, 27 (3), pp. 167-171. Disponible en: <https://ddd.uab.cat/pub/clivetpeqani/11307064v27n3/11307064v27n3p167.pdf> [Consultado 19-03-2021]

Webb, T. (2021). "A review of glaucoma surgical therapy". *Veterinary Ophthalmology*, 24 (1), pp. 34-38. DOI: 10.1111/vop.12852

Westmeyer, H., Hendrix, D. y Ward, A. (2011). "Long-term evaluation of the use of Ahmed gonioimplants in dogs with primary glaucoma: nine cases (2000-2008)". *JAVMA*, 238 (5), pp. 610-617. DOI: 10.2460/javma.238.5.610

Wynne, R. M. (2020). "Ocular Emergencies in Small Animal Patients". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 50 (6), pp. 1261-1276. DOI: 10.1016/j.cvsm.2020.07.003