



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria

ÍNDICE

ÍNDICE	2
RESUMEN/ ABSTRACT	3
JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	3
METODOLOGÍA	4
INTRODUCCIÓN	4
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	6
Sintomatología	6
Diagnóstico	6
Diagnóstico diferencial	9
Clasificación de las cataratas	10
1. Según la fase de desarrollo	10
2. Según la posición en el cristalino	12
3. Según la edad de presentación	13
4. Según la etiología	13
5. Según la consistencia	18
6. Según la apariencia	18
Tratamiento médico	18
Tratamiento quirúrgico	18
1. Consideraciones previas a tener en cuenta	19
2. Precirugía	20
3. Anestesia	21
4. Técnicas quirúrgicas	22
A) Discisión y aspiración	22
B) Extracción extracapsular	22
C) Extracción intracapsular	23
D) Facoemulsificación	24
5. Implantación de lentes intraoculares:	27
6. Avances quirúrgicos	28
7. Postquirúrgico	29
8. Complicaciones	30
9. Pronóstico	32
CONCLUSIONES	33
VALORACIÓN PERSONAL	34
BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXOS Y TABLAS	41

RESUMEN/ ABSTRACT

Las cataratas son una afección visual que afecta a la mayoría de los animales en mayor o menor medida. Básicamente se trata de una opacidad en el cristalino cuyas causas pueden ser tanto genéticas como adquiridas y, en el caso de los équidos llega a representar en torno al 35% de los defectos visuales congénitos (*Rose, 2006*). El objetivo del presente trabajo ha sido profundizar en el conocimiento personal de los distintos tipos de cataratas que esta especie puede presentar, así como su diagnóstico, tratamiento y pronóstico. Actualmente, los avances tecnológicos y farmacológicos, han permitido que la extracción y sustitución de cristalinos en caballos se convierta en una alternativa factible que permita al animal volver a sus actividades normales a pesar de las complicaciones postquirúrgicas.

Cataracts are a visual condition that affects most animals to a greater or lesser extent. Basically it is an opacity in the lens whose causes can be genetic and acquired and, in the case of equidae, it represents around 35% of congenital visual defects (*Rose, 2006*). The objective of this work has been to deepen the personal knowledge of the different types of cataracts that this species can present, as well as their diagnosis, treatment and prognosis. Currently, technological and pharmacological advances have allowed the extraction and replacement of lenses in horses to become a feasible alternative that allows the animal to return to its normal activities despite postsurgical complications.

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El caballo, a lo largo de la historia, ha tenido una gran importancia social y económica como animal de trabajo. Sin embargo, actualmente es considerado un animal de compañía, de deporte o recreativo de modo que el propietario muestra una visión empática con el animal y busca mantener su bienestar, incluyendo en el caso necesario, la eliminación de la catarata para la recuperación de la visión. Las cataratas, aunque no producen dolor, implican defectos en la visión de manera que el caballo no puede desarrollar sus actividades habituales (*Brooks et al, 2014*). En algunos casos, el caballo puede mostrar resistencia a correr o incluso a caminar mientras que otros caballos parecen funcionar bastante bien en entornos familiares a pesar de presentar cataratas bilaterales (*Brooks, 2005*). El objetivo de este trabajo es, en primer lugar, recopilar la bibliografía más relevante sobre esta enfermedad para profundizar en el conocimiento personal de la misma. En segundo lugar, este trabajo podrá servir como base para la elaboración de futuros trabajos debido a su estructura y proceso de recopilación de información, además de aprender a seleccionar la información considerada más relevante y descartar aquella que no lo es, siendo una herramienta para aprender a sintetizar.

METODOLOGÍA

La metodología llevada a cabo para la realización del presente trabajo consistió en la búsqueda de la información en los principales libros de texto y bases de datos biomédicas (dialnet, bases de datos del CSIC, Scopus, ScienceDirect...), páginas web (google académico, WorldWideScience.org...) así como artículos y resúmenes de congresos internacionales relacionados con la Medicina y Cirugía Equina y la Oftalmología Veterinaria, entre otros. Las palabras clave utilizadas para dicha búsqueda fueron: “caballo”, “equine”, “horse”, “ophthalmology”, “oftalmología”, “veterinaria”, “cataratas”, “cataracts”, “lentes” “lens” y “phacoemulsification”.

Para la selección de los artículos y documentos, me basé principalmente en la fecha de publicación, priorizando aquellos más recientes. Otro factor que tuve en cuenta para su selección, fue la fiabilidad de la fuente basándome únicamente en artículos científicos y dentro de estos, aquellos escritos por autores reconocidos de manera que, un libro escrito por un veterinario reconocido, era priorizado a un trabajo de fin de grado. Para la búsqueda de artículos, principalmente utilicé las palabras clave anteriormente nombradas, pero también accedí a la bibliografía citada en los diversos artículos encontrados a fin de aumentar la recopilación de información.

Además, tuve la gran suerte de poder contactar con algunos veterinarios equinos y oftalmólogos reconocidos que me pudieron explicar su experiencia con las cataratas equinas y eso me ayudó a enfocar mi trabajo y poder elaborar una conclusión propia. Estos son: (1) Maribel Molina, veterinaria oftalmóloga itinerante en Tarragona y Barcelona; (2) Laura Moll, veterinaria equina en Lieja; (3) Irene Camps, veterinaria equina en Menorca; (4) Olga Anglada, veterinaria equina en Menorca; (5) Quique Parpal, veterinario equino en Menorca; (6) José Benito Rodríguez, veterinario y profesor en la Universidad de Zaragoza y (7) Marian Matas, veterinaria especialista en oftalmología.

INTRODUCCIÓN

Se conoce como catarata a la pérdida de transparencia, emblanquecimiento o turbidez no fisiológica de las fibras lenticulares y/o de la cápsula del cristalino, debido a la interrupción de la disposición arquitectónica normal y la degeneración hidrópica de las fibras cristalinas. Dicha degeneración está caracterizada por la tumefacción de las fibras (células en vejiga), glóbulos esféricos de proteínas desnaturalizadas o vacuolas rellenas de líquido generalmente causadas por una reducida captación de oxígeno y por lo tanto por una mayor captación de agua por el cristalino (*Miller et al, 2009*). Esto induce a tumefacción al principio y luego a deshidratación resultando en la rotura de fibras cristalinas, en la muerte celular y en la formación de hendiduras acuosas (*Stades et al 1998*).

Para entender dicha patología, debemos recordar que el cristalino es una lente asimétrica y biconvexa, localizada detrás del iris y frente al humor vítreo (Fig. 1) (Slatter, 1990; Brooks et al, 2014; Monzón, 2019) cuya superficie anterior es más plana que la posterior (Hickman 1988; Reed et al, 2004), y compuesto por un alrededor de un 65% agua, un 35% proteínas y una fracción mínima de minerales, carbohidratos y lípidos (Miller et al, 2009; Monzón, 2019). Se trata de un medio de refracción avascular y sin innervación (Brooks, 2005; Brooks et al, 2014; Monzón, 2019) que mantiene su transparencia gracias a: (1) un balance osmótico a través de bombas de Na^+ K^+ , (2) a reacciones redox (desintoxicación) a través de agentes reductores (glutatió especialmente), (3) a la distribución ordenada de fibras proteicas y por último, (4) a su solubilidad (Martin, 2010; Gelatt, 2013; Davidson, 2015).

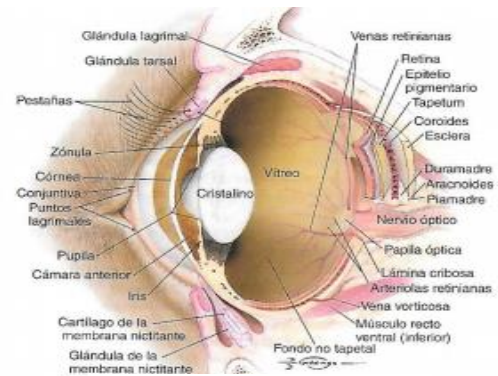


FIG. 1: ANATOMÍA DEL OJO (MILLER ET AL., 2009)

Además, presenta multifocalidad gracias a una variación radial del índice de refracción con anillos concéntricos (Brooks, 2005) y capacidad de acomodación dinámica de 1D, aunque menor que en otros animales, como el hombre (Gilger, 2005; Miller et al, 2009; Barrionuevo 2015).

El cristalino está sujeto por unas fibras zonulares, relativamente cortas en los équidos, que parten del cuerpo ciliar, que es el encargado de producir el humor acuoso que nutre al cristalino y participa en la eliminación de sustancias de desecho a través de su flujo constante (Miller et al, 2009; Barrionuevo 2015; Monzón 2019). El cuerpo ciliar, con la ayuda del músculo ciliar, participa en el proceso de acomodación del cristalino de modo que se realiza un enfoque de cerca al contraerse por estimulación parasimpática y se realizará un enfoque de lejos al relajarse por estimulación simpática.

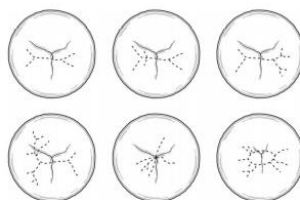


FIG. 2: SUTURA (GILGER, 2005)

Ninguna de las fibras cristalinas es lo suficientemente larga como para cubrir por completo la distancia entre ambos polos y como son gruesas en los extremos, se juntan en una estructura en forma de Y llamada sutura cristalina (la sutura posterior tiene forma de Y invertida). En algunos casos la sutura cristalina puede no ser idéntica en ambos ojos y presentar configuraciones alternativas como los patrones de sierra o estelar (Fig. 2)

(Brooks, 2005; Gilger, 2005; Miller et al, 2009).

La cápsula cristalina, en la que se insertan las fibras zonulares (Miller et al, 2009; Barrionuevo 2015; Monzón 2019), es secretada por el epitelio en la región anterior de forma continua a lo largo de la vida por lo que su grosor aumenta con los años. Por otro lado, la cápsula posterior del cristalino, que es mucho más delgada, está formada por la membrana basal de las fibras cristalinas primarias en

elongación (Gilger, 2005). La cápsula cristalina es una membrana semipermeable que deja pasar agua y electrolitos, pero no albúmina y globulina, de modo que las proteínas de la lente se aíslan inmunológicamente del sistema inmunitario. Con la edad la proporción de proteínas solubles disminuye. En concreto, en la catarata, se incrementa la proporción de proteínas insolubles a expensas de las solubles y además disminuye la actividad de la bomba epitelial Na/K adenosintrifosfato. De este modo se altera el equilibrio iónico y la actividad antioxidante además del incremento de la actividad enzimática proteolítica que producirá la descomposición de membranas celulares y degradación de proteínas del cristalino. Las proteínas degradadas se difundirán a través de la cápsula del cristalino hacia las cámaras anterior y posterior y, al no ser reconocidas por el sistema inmunitario, desencadenarán una reacción inflamatoria conocida como uveítis inducida por el cristalino (Brooks, 2005; Miller et al, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

SINTOMATOLOGÍA

El cuadro clínico depende de la naturaleza y posición de las opacidades que pueden diferir en su tamaño, forma, localización dentro del cristalino, etiología, edad de inicio y ritmo de progresión. En ocasiones se mantienen estacionarias sin afectar a la visión (Hickman 1988) pero otras, cuando se asocian a una considerable imbibición de líquido en la corteza, pueden producir rápidamente una opacificación completa bloqueando la imagen visual a medida que aumentan de tamaño.

Generalmente, cuanto más posterior y central se encuentra la opacidad en la lente, más visualmente significativa será la opacidad, de modo que una pequeña opacidad en la cápsula de lente anterior puede estar asociada con poca o ninguna reducción en la agudeza visual, de manera similar a como lo harían motas de suciedad en las gafas de una persona (Fig. 3 y 4) (McAuliffe y Slovis, 2008; Miller et al, 2009) mientras que, la misma opacidad en el polo posterior de la lente, puede resultar en una discapacidad visual profunda.

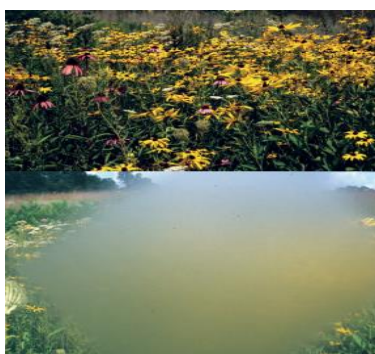


FIG. 4: IMAGEN SUPERIOR: VISIÓN NORMAL; IMAGEN INFERIOR: VISIÓN DE UN OJO CON CATARATAS (MILLER ET AL., 2009)

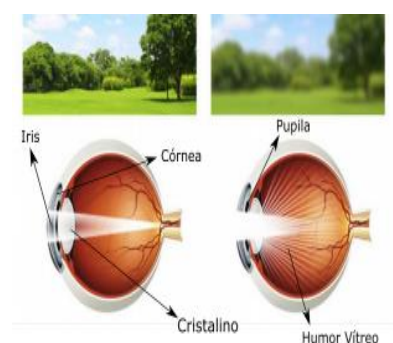


FIG. 4: IZQUIERDA NORMAL Y DERECHA CATARATOSO (RIVERO, 2019).

DIAGNÓSTICO

Para realizar un buen diagnóstico, debemos realizar una serie de pruebas sistemáticas y ordenadas: una buena anamnesis, una exploración a distancia y finalmente la inspección del ojo.

- A. Anamnesis: Lo primero es realizar una buena exploración en la cual se incluya una anamnesis que recopile los datos de la reseña del animal, los datos relativos a la enfermedad y los tratamientos administrados junto a sus resultados.
- B. Examen del animal a distancia: en el cual se valoran las asimetrías, movimientos de la cabeza y seguimiento de los objetos en movimiento.
- C. Inspección del ojo: incluye la realización de pruebas diagnósticas y evaluación de las respuestas visuales y reflejos fotopupilares, palpebrales y corneales.

Para poder inspeccionar el ojo del animal, debemos tener en cuenta que el ojo está rodeado por una gruesa capa de músculo muy desarrollada en el caballo llamada orbicularis oculi que se cierra firmemente cuando el caballo cierra los ojos y puede dificultar el levantamiento de los párpados para inspeccionar el ojo. Para facilitar la exploración del ojo, se puede utilizar sedación mediante alfa 2 adrenérgico, detomidina o xilacina. La adición de butorfanol (10 mg/ml) a una dosis de 0,01 a 0,02 mg/kg IV proporciona analgesia adicional aunque también se puede realizar anestesia regional mediante clorhidrato de lidocaína 1% o 2%, clorhidrato de mepivacaína 2%, clorhidrato de bupivacaína 0,75% o clorhidrato de oxibuprocaína al 0,4%, ya que un bloqueo auriculopalpebral disminuye la capacidad de entrecerrar los ojos y por tanto facilita en gran medida el examen (*Hickman, 1988*).

Se debe tener en cuenta que los potros recién nacidos presentan una pupila redonda (Fig. 5) (*Rose, 2006*) y carecen de la capacidad de cerrar completamente los párpados por lo que la retracción y parpadeo característico de la respuesta de amenaza (respuesta aprendida), puede estar ausente durante las primeras semanas de vida aunque la mayoría de los potros muestran abstinencia de la cabeza en respuesta



FIG. 5: PUPILA REDONDA DE UN POTRO (GILGER, 2005)

a un gesto amenazante de la mano asumiendo un nivel adecuado de alerta. El potro puede presentar lagofthalmos, secreción de lágrima baja o reflejos de luz pupilar lentos hasta los 5 días de edad, sensibilidad corneal reducida y resto de las arterias hialoideas que contienen sangre durante varias horas después del nacimiento además de sutura prominente de la lente (Y) (*Gilger, 2005; Rose, 2006*). Por otro lado, el color tapetal es inicialmente de color verde-amarillo aunque en los potros con color diluido existe un reflejo rojizo por la falta de tapetum y la consiguiente exposición de los vasos coroidales (*Brooks, 2002*).

Para inspeccionar el ojo, se recomienda la dilatación de la pupila (*Higgins y Snyder, 2006; Gore et al, 2008; McAuliffe y Slovis, 2008*), ya que algunas cataratas periféricas corticales o cercanas al ecuador pueden no observarse sin la dilatación pupilar, así pues se puede aplicar tropicamida 1% tópica dos veces a intervalos de 5 minutos (Mydracyl), que producirá una pupila dilatada en 20-30 minutos durante unas 8 horas (*Reed et al, 2004; Miller et al, 2009; Monzón, 2019*).



**FIG. 6: OFTALMOSCOPIO INDIRECTO
(MILLER ET AL., 2013)**



**FIG. 7: TRANSILUMINADOR FINOFF
(MARTIN, 2010)**



**FIG. 8: OFTALMOSCOPIO DIRECTO
(MILLER ET AL., 2013)**



**FIG. 9: RETROILUMINACIÓN
INDIRECTA: LA LESIÓN APARECE
BLANCA (GILGER, 2005)**



**FIG. 10: RETROILUMINACIÓN
DIRECTA: LA LESIÓN APARECE
NEGRA (GILGER, 2005)**

Con el fin de evaluar el tamaño, forma, posición y simetría pupilar, se pueden usar dispositivos de magnificación como los utilizados en la técnica de retroiluminación, en la cual, mediante una luz focal proporcionada por el transiluminador Finoff (Fig. 7) o mediante el oftalmoscopio directo (Fig. 8), nos permite valorar la claridad de los medios transparentes oculares mejorando la detección de opacidades en el cristalino. El oftalmoscopio directo proporciona una imagen directa y vertical del fondo del ojo de modo que las lesiones opacas aparecen oscuras contra un fondo claro (Fig. 10), a diferencia de la imagen virtual e invertida del oftalmoscopio indirecto (Fig. 6) en la cual la lesión aparece blanca en un fondo oscuro (Fig. 9) (*Gilger, 2005; Miller et al, 2009*).

Las pruebas diagnósticas, si fuesen necesarias, incluyen la toma de muestras, la tinción vital, el examen del fondo de ojo, los ultrasonidos, el electroretinograma y la medida de las presiones intraoculares ya que en el caso de que no fuese normal (la presión normal es de 20-25 mmHg), no se podría dilatar la pupila.

En cataratas difusas completas, es recomendable el uso de la ecografía (Anexo I), ya que es un procedimiento no invasivo que permite una evaluación cualitativa y cuantitativa cuando las opacidades existentes no lo permiten (*Reed et al, 2004*) y además permite la determinación de la longitud axial del cuerpo y la estructura intraocular, útil en la evaluación preoperatoria de la cirugía de cataratas para verificar el estadio y la ubicación de esta antes de su extirpación y evaluar las

posibles complicaciones en la cirugía. Se examinan los animales mediante un abordaje transcorneal o transpalpebral mediante una sonda lineal multifrecuencia o microconvexa (7,5- 10 MHz) y se observa: la córnea, la cámara anterior, el cristalino, el iris, el cuerpo ciliar, el humor vítreo, la retina, la coroides, la esclerótica, el fondo de ojo y el espacio retrobulbar, es ese orden (*Scotty et al, 2004; Valentini et al, 2010*).

En una catarata, excepto en una catarata hipermadura con resorción del material cortical licuado, la lente está aumentada de tamaño. La lente cambia de elíptica a circular y se puede observar el cristalino anterior y posterior en la misma imagen ecográfica. El centro de la lente muestra un aumento de ecogenicidad o irregularidades que se deben diferenciar de hemorragias, inflamación y degeneración, de este modo, existe una relación directa entre el grado de ecogenicidad del cristalino y el grado de catarata por lo que las cataratas incipientes presentan una ecogenicidad que comprende <5% del cristalino mientras que las inmaduras y maduras se caracterizan por una ecogenicidad del 5%-95% y >95% respectivamente (*Gilger, 2005; Valentini et al, 2010*).

Actualmente, se están empezando a utilizar equipos de tomografía de coherencia óptica (OCT), biomicroscopía ultrasonográfica de alta frecuencia (40-100 Mhz) y oftalmoscopia láser de barrido (SLO) que brindan imágenes del ángulo iridocorneal, pudiendo diferenciar y medir in vivo las diferentes capas de la retina (*Bayón del Río et al, 2011*).

Otra herramienta diagnóstica es la electroretinografía, que sirve para determinar la integridad funcional de la parte externa de la retina mediante la respuesta eléctrica total registrada de la retina a un destello de luz. Está indicado cuando se sospecha de problemas visuales en la retina externa como por ejemplo uveítis recurrente equina, ceguera nocturna estacionaria congénita (en Appaloosas, Thoroughbreds, Paso Finos y Standardbreds), coriorretinitis crónica, retinitis (*Gilger, 2005*) y opacidad corneal u opacidad de la lente que impide la visualización del fondo ocular como ocurre en las cataratas o en el edema córneo.

DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

Ante una opacidad en el cristalino, debemos diferenciar las cataratas de las siguientes patologías:

- Esclerosis nuclear (*Gilger, 2005; Wilson, 2012*): Se observa un cambio grisáceo de la lente como una neblina azulada detrás de la córnea (*Martin, 2010; Duncanson, 2010; Taylor et al, 2010; Monzón, 2019*) y las líneas de sutura de la lente (Y) se vuelven visibles, aunque a diferencia de las cataratas, siempre es bilateral y simétrico, no representa un obstáculo de luz hacia la retina y por tanto, permite observar el fondo de ojo (*Brooks, 2002; Monzon, 2019*). Es frecuente en caballos mayores de 7-8 años ya que, con la edad, la lente pierde agua y promueve su aparición (*Brooks, 2005*).

- Persistencia de la arteria hialoidea y su adherencia a la cápsula posterior del cristalino: la arteria hialoidea (desde el nervio óptico hasta la lente posterior) retrocede poco después del nacimiento, en unos tres o cuatro meses. Por el contrario, si persiste, aparece con un aspecto parecido a la catarata capsular y subcapsular posterior. Sin embargo, la catarata es mucho más grande y suele ser triangular (Rose, 2006).
- Queratitis (ojo nublado): una catarata también produce un ojo opaco, pero esta es una enfermedad de la lente y no de la córnea. En la queratitis se produce una inflamación de la córnea tras una lesión o un proceso inflamatorio del ojo interno como glaucoma o uveítis.
- Suturas de la lente prominente (en potros, pueden persistir incluso hasta el año de vida): se pueden observar los anillos concéntricos de discontinuidad óptica correspondientes al núcleo embrionario, fetal, adulto y la corteza de la lente (Gilger, 2005).
- Hemorragia intracristalina.
- Luxación del cristalino (Wilson, 2012).
- Persistencia del vítreo primario hiperplásico.
- Melanosis de la cápsula anterior del cristalino.

CLASIFICACIÓN DE LAS CATARATAS

Las cataratas se pueden clasificar en base a (Fig. 11): la fase de desarrollo en la que se encuentran, la posición dentro del cristalino, la edad de presentación, su etiología, la consistencia y por último en base a la apariencia. Sin embargo, lo más frecuente es clasificarlas según la etiología y fase de madurez ya que brindan información importante para la evaluación y monitoreo de los pacientes, así como su pronóstico visual y ocular (Herring, 2004; Brooks et al, 2014; Monzon, 2019). Las cataratas pueden ser focales o difusas, unilaterales o bilaterales y progresivas o estáticas. A su vez se pueden localizar en las regiones anterior, posterior, polar (capsular) o axial (a lo largo de un eje) y ecuatorial siendo las anteriores, corticales y ecuatoriales las más propensas a progresar (McAuliffe y Slovis, 2008; Miler et al., 2009; Gelatt, 2013).



FIG. 11: (MONZÓN, 2019)

1. Según la fase de desarrollo (madurez)

Las cataratas se pueden clasificar, según su estado de desarrollo, en:

- 1. A. INCIPIENTE:** se observan pequeñas opacidades incipientes pero tienen poco o ningún efecto conductual en la visión (Guzmán, 2013; Brooks et al, 2014) ya que ocupan menos del 10%

del cristalino y no todas progresan a la madurez (Brooks, 2005). Generalmente se localizan a nivel cortical, subcapsular o en la región de la unión de las líneas de sutura del cristalino (Birchard y Sherding, 1996; Gelatt, 2013; Monzón, 2019).

1. B. INMADURA (Fig. 12 y 13): La visión está afectada como ocurre con un parabrisas sucio o unas gafas sin limpiar pero el animal sigue viendo (Miller et al, 2009) y ocupa entre el 10% - 99% del cristalino por lo que la visión no se ve afectada en las primeras etapas, aunque si la reduzca a medida que la catarata inmadura se vuelve más opaca

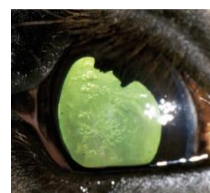


FIG. 12: CATARATA INMADURA (BROOKS, 2005)



FIG. 13: CATARATA INMADURA (BROOKS ET AL., 2014)

(Brooks, 2005; Brooks et al, 2014). De este modo, hay una disminución de la transparencia del cristalino pero no total (Brooks, 2005; Brooks et al, 2014) y por eso sigue siendo visible el reflejo tapetal, aunque el fondo de ojo puede estar algo borroso oftalmoscópicamente (Brooks, 2002; Guzman, 2013; Brooks et al, 2014). Comúnmente se les subdivide entre inmadura temprana (10% – 50% del cristalino) e inmadura tardía (51% - 99% del cristalino) (Birchard y Sherding, 1996; Gelatt, 2013; Monzon, 2019).

1. C. MADURA (Fig. 14 y 15): Ocupa el 100% del cristalino y son considerablemente densas por lo que representa un obstáculo lumínico total. La lente es totalmente opaca, el fondo de ojo y la reflexión tapetal no se pueden examinar (Miller et al, 2009; Guzman, 2013; Monzon, 2019).

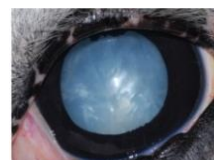


FIG. 14: CATARATA MADURA (MULLEN Y UTTER, 2010)



FIG. 15: CATARATA MADURA (GILGER, 2005)

1. D. HIPERMADURA: Comúnmente se asocian a uveítis inducida en el cristalino por la difusión de las proteínas a través de la cápsula (facolítica o facoclástica) tras la proteólisis y licuefacción de las fibras corticales (Reed et al, 2004; Brooks et al, 2014; Monzon, 2019). El volumen del cristalino puede estar disminuido (por fuga de contenido) quedando la cápsula típicamente arrugada (Brooks, 2005; Brooks et al, 2014) o aumentada (intumesciente) de manera que en las primeras fases de la cataractogenesis, la hinchazón del cristalino hace que la cámara anterior se aplane y la superficie del iris sea convexa mientras que, a medida que el cristalino disminuye el volumen, la cámara anterior profundiza y la superficie del iris se vuelve cóncava. Así pues, al encogerse el cristalino, la visión se puede mejorar con midriáticos (atropina al 1% cada 2-3 días) (Miller et al, 2009). Conforme progresan las cataratas, el riesgo de degeneración vítrea (separación de sus componentes sólidos y líquidos en fracciones diferentes dando lugar a la licuefacción del gel) aumenta y estas aumentan el riesgo de desprendimiento de retina (Van der Woerd et al.1992; Miller et al, 2009).

1. E. MORGAGNIANA: se ha producido tal licuefacción y reabsorción, que puede llegar a permitir nuevamente la observación del fondo de ojo, especialmente a nivel cortical. Este proceso suele iniciarse en la corteza y se propaga al núcleo en fases tardías, ya que la desintegración de la corteza avanza mucho más rápido que la autólisis del núcleo por lo que el núcleo puede permanecer rodeado por la cápsula encogida, una vez desaparecida la corteza o puede hundirse en el fondo de un cristalino con la corteza licuada. Clínicamente, se observan como un contenido suave de pequeñas partículas suspendidas en un medio líquido y el núcleo del cristalino depositado a nivel ventral (Miller et al, 2009; Gelatt, 2013; Monzón, 2019).

2. Según la posición en el cristalino (Fig. 16)

2. A. CAPSULAR ANTERIOR: se encuentra a nivel de la cápsula (Monzón, 2019).

2. B. SUBCAPSULAR ANTERIOR: se localiza debajo de la cápsula (Monzón, 2019). Suelen verse en el polo posterior y los pacientes afectados suelen mantener una buena agudeza visual en visión lejana en condiciones mesópicas (ni oscuridad total ni iluminación total) pero una agudeza visual muy reducida en visión fotópica (niveles de iluminación diurno) o nocturna. Suele estar asociada a enfermedades intraoculares como la miopía magna o uveítis (Navarro, 2014).

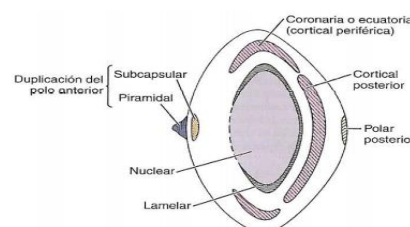


FIG. 16: (MILLER ET AL., 2009)

2. C. CORTICAL (Fig. 17): suelen ser bilaterales (Barrionuevo, 2015) y están localizadas en la periferia debido a la lesión de un grupo de fibras del cristalino (Monzón, 2019). Apenas afectan a la calidad visual en fases iniciales. Sin embargo, con su evolución, la opacidad alcanza el eje visual provocando deslumbramiento y pérdida de contraste (Navarro, 2014).

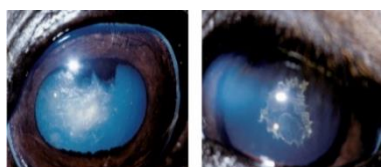


FIG. 17: CATARATA CORTICAL (MILLER ET AL., 2009)

2. D. ZONULAR: se encuentra a nivel de la periferia (Monzón, 2019).

2. E. ECUATORIAL: se encuentra a nivel del ecuador.

2. F. NUCLEAR (Fig. 18, 19 y 20): La catarata nuclear puede aparecer como una opacidad similar a un anillo, una esfera hueca o una opacidad sólida en el centro (núcleo) de la lente afectada (McAuliffe y Slovis, 2008;

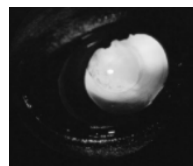


FIG. 18: CATARATA NUCLEAR (COUMBE, 2011)



FIG. 19: CATARATA NUCLEAR (BARNETT, 1989)



FIG. 20: CATARATA NUCLEAR (WILSON, 2012)

Wilson, 2012) y provocan un incremento del índice refractivo que puede inducir a una miopía en los pacientes (Barrionuevo, 2015). Estas cataratas son bilaterales, asimétricas y rara vez progresan (Gilger, 2005), de hecho, a menudo disminuyen de tamaño en relación con el tamaño total de la lente, ya que se producen nuevas capas de fibra cortical normal a lo largo de la vida.

2. G. SUBCAPSULAR POSTERIOR: está asociada a la migración de células epiteliales del cristalino hacia la cápsula posterior (*Barrionuevo 2015*).

2. H. CAPSULAR POSTERIOR: se encuentra a nivel de la cápsula posterior.

3. Según la edad de presentación

3. A. CONGÉNITA: se inician durante la vida fetal y están presentes al nacer (*Miller et al, 2009*) o antes de las 6ª-8ª semanas de vida (*Stades et al., 1998*) pudiendo ser hereditarias o debidas a la influencia materna durante el desarrollo fetal por infecciones, mala nutrición, radiación o tóxicos (*Gilger, 2005; Coumbe, 2011*). Las opacidades focales que involucran las líneas de sutura anterior o posterior, son a menudo no progresivas (*Gilger, 2005; Gore et al, 2008*).

3. B. JUVENIL: se observan entre la 1ª semana y los ocho años de vida pudiendo ser hereditarias. Empiezan en la corteza, son progresivas y bilaterales (*Stades et al., 1998; Guzman, 2013*).

3. C. SENIL: se observan en animales de edad avanzada.

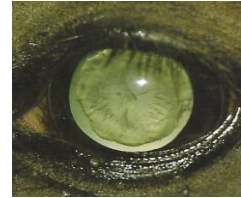
4. Según la etiología

4. A. PRIMARIA o HEREDITARIA: Suelen ser bilaterales y simétricas (*Hickman, 1988*), a menudo son muy densas (blancas, similar al huevo cocido) y por lo regular evolucionan con lentitud (*Stades et al 1998*). La lesión clínica más habitual es una pequeña catarata polar posterior no progresiva que afecta a la cápsula y a veces a la corteza subcapsular (*Miller et al, 2009*). Las cataratas son el defecto ocular congénito más frecuente en potros (*McAuliffe y Slovis, 2008; Miller et al, 2009; Brooks et al, 2014*). En ocasiones la historia de un potro sugiere que la catarata es adquirida, pero probablemente haya estado presente desde el nacimiento y no se ha hecho clínicamente manifiesta hasta ese momento (*Guzman, 2013*) ya que suelen ser identificadas durante las 8-12 primeras semanas de vida, frecuentemente asociadas con otras alteraciones oculares (*Gilger, 2005; Higgins y Snyder, 2006; Martin, 2010*).

Aunque solo puede demostrarse categóricamente identificando al gen responsable o mediante pruebas de transmisión rigurosas como cruces y descendencia durante varias generaciones, se han realizado varios estudios en los cuales se proponen varias razas predispuestas a padecer alteraciones oculares y en las que podría ser hereditaria. Estas razas son:

- Raza Morgan (*Rose, 2006; Brooks, 2008; Guzman, 2013; Brooks et al, 2014*): Es una catarata no progresiva (*Gore et al, 2008*), nuclear, bilateralmente simétrica que, generalmente, no interfiere en la visión (*Colahan et al, 1999; McAuliffe y Slovis, 2008; Miller et al, 2009*) de la cual se desconoce el modo exacto de herencia (*Coumbe, 2011*).
- Raza Appaloosas: se cree que es de herencia recesiva o recesiva ligada al sexo con defecto en el cromosoma X (*Coumbe, 2011*).

- Caballos Árabes (Fig. 21): encontraron cataratas en dos familias separadas de árabes (Gilger, 2005; Brooks, 2008).
- Caballos belgas (Gore et al, 2008; Brooks et al, 2014): generalmente son focales y se localizan en la corteza anterior, tienden a ser progresivas y se cree que son de herencia dominante (Brooks, 2005; Gilger, 2005; Miller et al, 2009) ya que se ha descrito un caso de catarata secundaria en un semental belga escandinavo y sus 65 caballos de descendencia (Rose, 2006).
- Raza Thoroughbred (Millichamp y Dziezyc 2000; Rose, 2006; Gore et al, 2008; Brooks, 2008): Se cree que es congénita de herencia dominante (Brooks, 2002; Gilger, 2005; Rose, 2006).
- Raza Cuarto de milla / Quarter horse (Gilger, 2005; Rose, 2006; Guzman, 2013): observaron cataratas nucleares y corticales en tres crías consecutivas de una yegua (con tres machos diferentes) por lo que se cree que es de herencia dominante. En otro estudio también se observaron dos potros de una yegua cuarto de milla y en 4 de 8 crías de un semental de dicha raza (Radostits et al. 2006).
- Caballos de las montañas rocosas: se han descrito cataratas y luxación de la lente asociados con la disgénesis del segmento anterior (Gilger, 2005; Rose, 2006; Auer y stick, 2012).
- Caballo miniatura (Brooks, 2008): se han descrito casos de cataratas hereditarias pero se desconoce el tipo de herencia.
- Pura sangre (Gilger, 2005; Guzman, 2013; Brooks et al, 2014): se cree que son de herencia dominante (Brooks, 2005; Miller et al, 2009).
- Caballos americanos de silla (Brooks, 2008): se sospecha de catarata hereditaria aunque se desconoce el tipo de herencia.



**FIG. 21: POTRO ÁRABE
CON CATARATA
CONGÉNITA (BARNETT,
1989)**

4. B. ANOMALÍAS CONGÉNITAS:

- Membrana pupilar persistente: las bandas no tienen trascendencia clínica si los dos extremos se anclan al iris o si un extremo queda libre en la cámara anterior por lo que algunos veterinarios defienden el tratamiento quirúrgico de los casos severos mientras que otros desaconsejan la cirugía debido al carácter no progresivo de la catarata y las lesiones corneales ya que, además puede ser permeable y producirse una hemorragia ocular durante la operación (Miller et al, 2009).
- Persistencia de la arteria hialoidea y vítreo primario hiperplásico persistente: cuando los vestigios de los vasos embrionarios contactan con el cristalino, se producen cataratas de la cápsula o la corteza posterior (Miller et al., 2009).

➤ Microftalmia: comúnmente tienen anomalías adicionales asociadas como coloboma y cataratas (Hickman 1988; Millichamp y Dziezyc, 2000; Higgins y Snyder, 2006).

4. C. SENIL: son precedidas por la formación de esclerosis nuclear (Brooks, 2008). La opacificación progresa hasta afectar a todo el cristalino, causando una catarata madura extremadamente lenta que puede tardar años en madurar por completo. Un estudio reciente informó que a la edad de 28,3 años en el caballo (a partir de 18-20 años) (Gore et al, 2008; Guzmán, 2013), tenían cierto grado de catarata lo que demuestra una correlación entre catarata y longevidad (Miller et al, 2009).

4. D. TRAUMÁTICA (Fig. 22): Junto a las uveítis, es la causa más frecuente de cataratas en adultos (Souza et al, 2008; Miller et al, 2009; Guzman, 2013). Los cuerpos extraños intraoculares pueden perforar la cápsula de modo que quedará un agujero por el que penetrará el humor acuoso. Entonces, las fibras del cristalino se embeben de líquido y se hinchan ocasionando una opacificación en cuestión de horas, aunque también puede desarrollarse semanas después (Higgins y Snyder, 2006; Smith, 2009). Este “agujero”, en el caso de ser menor de 1,5 mm en la región polar anterior, puede cicatrizar dejando una opacidad residual (catarata local no progresiva) o puede sufrir digestión proteolítica en la cual estará opaco y edematoso. Sin embargo, si es mayor de 1,5 mm, se recomienda la extracción del cristalino para evitar una uveítis secundaria por el escape de sustancias del cristalino a través del desgarro de la cápsula (Miller et al, 2009).



**FIG. 22: CATARATA
DIFUSA INMADURA
POSTRAUMÁTICA EN UN
QUARTER HORSE
(MCMULLEN Y UTTER,
2010)**

4. E. POR ENFERMEDAD INTRAOCULAR: UVEÍTIS O INFECCIÓN

➤ **Glaucoma (Guzmán, 2013):** No se conoce con certeza la fisiopatología exacta pero se especula que está relacionada con el compromiso nutricional del cristalino o daño de su epitelio, ocasionado por la alta presión intraocular (Martin, 2010; Monzón, 2019).

➤ **Atrofia progresiva de retina (Stades et al 1998):** Suele ser causa de cataratas de carácter progresivo que eventualmente llegan a ocupar todo el cristalino. Estas cataratas, aunque no pueden distinguirse de otro tipo de cataratas porque sus características clínicas no son específicas (Gelatt, 2013), tienen una base toxicológica y son producidas por cambios degenerativos en la retina, en donde las capas más externas de foto-receptores sufren cambios oxidativos en sus membranas lipídicas, liberando dialdehídos capaces de difundirse a través de la cápsula del cristalino, y que se caracterizan por afectar a bombas de Na⁺K⁺ y ser tóxicas para las membranas celulares de las fibras proteicas ubicadas en su interior (Gelatt, 2013; Monzón, 2019).

➤ **Uveítis (Stades et al 1998; Guzmán, 2013):** Es la principal causa de cataratas (Zapata, 2004; Gilger, 2005; Brooks et al, 2014). El cristalino es avascular, depende totalmente del humor acuoso para sus necesidades metabólicas y por tanto, cualquier cambio en la constitución de este puede tener graves consecuencias sobre el metabolismo y transparencia del cristalino (Miller et al, 2009). Se especula que durante la uveítis, son liberados mediadores inflamatorios que se difunden a través del cristalino (Miller et al, 2009) provocando cambios como la degeneración de las fibras proteicas del cristalino y necrosis, entre otros, que eventualmente terminan en la formación de cataratas (Fig. 23) (Monzón, 2019), y los procesos inflamatorios intraoculares comprometen también los mecanismos de nutrición del cristalino (Martin, 2010). La catarata se produce a medida que la lente aumenta en el contenido de agua, electrolitos y minerales en respuesta a los cambios en los medios adyacentes o adherencias sinequiales además de la disminución de la absorción normal de oxígeno de manera que, debido a la inflamación intraocular y las cicatrices posteriores causadas por la uveítis, la ceguera a menudo resulta a pesar de que la catarata en sí no es progresiva. La uveítis equina recurrente, es un grupo de enfermedades con la clínica común de panuveítis caracterizada por episodios recurrentes de uveítis agudas, separados por períodos de reposo de duración variable.



FIG. 23:
CATARATAMADURA
DEBIDO A UVEITIS
(BROOKS, 2005)

4. F. NUTRICIONAL (Millichamp y Dziezyc, 2000): generalmente se localizan a nivel ecuatorial o regiones posteriores subcapsulares. No suelen interferir con la visión (Slatter, 1990; Monzón, 2019) y no progresan a la madurez pudiendo incluso desaparecer (Miller et al, 2009). Pueden ser ocasionadas por déficit de aminoácidos esenciales como la metionina y la arginina (Monzón, 2019) o por el uso de fórmulas lácteas de reemplazo inapropiadas en animales jóvenes.

4. G. POR RADIACIÓN (Millichamp y Dziezyc 2000; Reed et al, 2004; Gilger, 2005): por ejemplo debido a la exposición crónica a radiación X de megavoltaje (tratamiento de tumores nasales), ionizante, radiación beta (tratamiento del glaucoma) (Miller et al, 2009), radiación infrarroja y ultravioleta. El grado de exposición ocular y dosis de radiación utilizada son factores determinantes (Coumbe, 2011; Gelatt, 2013; Monzon, 2019).

4. H. DIABÉTICA: producen cataratas bilaterales que pueden madurar en un período de tiempo muy corto (días a semanas) (Fig. 24) (Guzmán, 2013; Pujol, 2019). La hexocinasa se satura en hiperglucemia, por lo que pasa más glucosa a la vía del sorbitol, donde se metaboliza por la aldosa-reductasa (Stades et al, 1998)

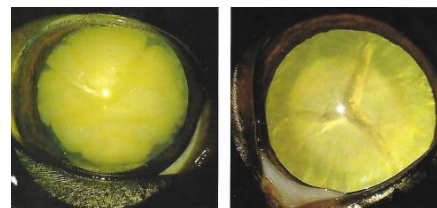


FIG. 24: PERRO CON CATARATA DIABÉTICA
(BARNETT, 1989)

y esto da lugar a la formación y acumulación de sorbitol, fructosa y dulcitol en el cristalino con la consiguiente hiperosmolaridad del cristalino que hace que entre líquido y pueda hincharse (catarata intumesciente) de modo que el cristalino edematoso puede empujar el iris hacia delante, aplanando la cámara anterior y estrechando el ángulo iridocorneal, lo que puede predisponer al animal a glaucoma y esto redundaría en daño de las membranas de las fibras y pérdida de transparencia (Miller et al, 2009).

4. I. TÓXICA (Millichamp y Dziezyk, 2000): La mayoría de las cataratas asociadas a tóxicos son producidas en laboratorio en investigaciones para estudiar específicamente aspectos toxicológicos de dichas sustancias administradas de manera crónica y a altas concentraciones, superando las dosis utilizadas en la práctica clínica (Gelatt, 2013). En perros se ha visto que tras la administración prolongada de ketoconazol (tiempo promedio de tratamiento de 15 meses), se han producido cataratas progresivas bilaterales (Martin, 2010; Miller et al, 2009; Monzón, 2019). El sulfóxido de dimetilo (DMSO) (Gore et al, 2008) y el disofenol (Guzmán, 2013) también han sido descritos en perros, sin embargo, estos no han sido estudiados en caballos. La inyección intravítrea de gentamicina utilizada para prevenir la uveítis recurrente puede causar degeneración retiniana, catarata, endoftalmia y pérdida irreversible de la visión (Fischer, 2020). Se ha visto que dispositivos de ciclosporina A, implantados debajo de la esclerótica, donde el medicamento se absorbe durante un año, inhiben los linfocitos T para suprimir la respuesta inmune de los leucocitos presentes en el tracto uveal del caballo pero aunque impide el desarrollo de episodios recurrentes de uveítis de manera significativa, puede presentar cataratas como complicación (Brooks, 2002).

En humanos se han descrito cataratas fenotiazínicas debido a que a largo plazo, la concentración de fenotiazina en sangre es 50 veces mayor en los tejidos oculares que en otros tejidos del cuerpo causando una desnaturalización de las proteínas del cristalino, que sufren un proceso de cataractogenesis al exponerse a la radiación solar (Viladés, 2013).

4. J. OTRAS CAUSAS:

- Cataratas por hipocalcemia: se caracterizan por ser cataratas multifocales, puntiformes o en forma de láminas corticales, bilaterales y simétricas. La hipocalcemia se sospecha que compromete el transporte activo de cationes a través del epitelio cristalino, provocando un aumento de sodio dentro de éste y pérdida de potasio que provoca la sobre-hidratación de las fibras proteicas del cristalino que conlleva a su lisis y pérdida de la distribución ordenada (Gelatt, 2013).
- Enfermedad de Cushing Equino: causada por niveles crónicos elevados de cortisol.
- Melanoma.

5. Según la consistencia

Según la consistencia que presente la catarata, se pueden clasificar en cataratas de consistencia licuada, blanda o dura.

6. Según la apariencia

Las cataratas, según la apariencia, pueden ser clasificadas en cataratas cuneiformes (forma de cuña), en forma de rayos (líneas rectas), en forma de girasol (forma de flor), punteada (puntos medianos o grandes aleatorios) o polvorienta (puntos pequeños aleatorios) (Monzón, 2019).

TRATAMIENTO MÉDICO

En cataratas axiales o nucleares focales, cuando la opacidad se sitúa en el eje visual en fases iniciales o en fases avanzadas de reabsorción, se puede utilizar un midriático (Higgins y Snyder, 2006) para mejorar la visión, como por ejemplo una pomada de atropina 1% (Guzmán, 2013) dos veces al día hasta que la pupila esté completamente dilatada y luego dos veces por semana para mantenerla (Miller et al, 2009). Ocasionalmente, la midriasis se asocia con fotofobia manifestada por lagrimeo y blefaroespasma y, en estos casos, el midriático debe ser suspendido y se debe proporcionar al animal refugio de la luz brillante hasta que desaparezca el efecto de la atropina (Gilger, 2005).

Debido a que la oxidación interviene en la patogenia de la catarata y, por tanto, para detener su evolución, puede ser útil el uso de antioxidantes o la administración oral de aspirina (30 mg/kg/día) para controlar la uveítis (Gilger, 2005). Agentes sistémicos como selenio-vitamina E y C, orgoteína, ascorbato de zinc, cineraria y carnosina, se han investigado e incluso comercializado como anticataractuosos, sin embargo, muchos se han comercializado sin datos clínicos y experimentales que apoyen su uso y otros solo han sido estudiados in vitro, de hecho, el único ensayo clínico realizado en perros encontró una reducción marginal en la opacidad del cristalino insignificante (Miller et al, 2009). Frecuentemente, los tratamientos médicos aparentemente eficaces son resultado de interpretaciones erróneas por observación de personas no cualificadas o diagnóstico erróneo (Slatter, 1990; Gelatt, 2013; Monzón, 2019) concluyendo que ninguna terapia médica puede resolver la alteración y distorsión de la fibra del cristalino que causa la opacificación en las cataratas (Brooks, 2005). Todo paciente con cataratas debe tener un seguimiento médico, independientemente si es o no operado debido a las complicaciones asociadas (Gelatt, 2013).

TRATAMIENTO QUIRÚRGICO

En humanos, la cirugía de cataratas es una de las cirugías más comunes en la actualidad (Rivero, 2019) y es un procedimiento electivo (Martin, 2010; Monzón, 2019) que debe ser evaluado teniendo en cuenta las posibles complicaciones y consideraciones previas. Sin embargo, en caballos, no se realiza con tanta frecuencia debido a la complejidad, al precio de la cirugía y a las múltiples

complicaciones que supone dicha cirugía. Tras la extracción del cristalino, el ojo del caballo quedará hipermetrope, proporcionando una visión borrosa. Esta consecuencia puede ser corregida mediante la implantación de una lente intraocular con potencia de +14D o +18D y diámetros de 21, 22 o 24 mm en la misma cirugía (McMullen y Utter. 2010; Meister et al, 2018).

Para valorar el posible tratamiento, debemos seguir distintas etapas:

1. Consideraciones previas a tener en cuenta

Para considerar al paciente un buen candidato, en primer lugar, este debe tener el segmento posterior de aparición normal (Gilger, 2005; Rose, 2006; Mullen y Utter, 2010) y la retina debe estar sana y funcional para la recuperación de la visión (Miller et al, 2009). Para minimizar las complicaciones postoperatorias y maximizar el resultado visual positivo, se recomienda que la ecografía ocular (Fig. 25) y la electrorretinografía se realicen de forma rutinaria como parte de cada evaluación prequirúrgica (Brooks et al, 2014; Monzón, 2019). Generalmente, el reflejo pupilar y el reflejo de parpadeo en respuesta a una luz brillante indican una retina funcional (Brooks, 2002). Sin embargo, si el reflejo pupilar está ausente o es lento, indica iridociclitis activa con o sin sinequias posteriores, enfermedad de la retina, enfermedad del nervio óptico o atrofia muscular del esfínter del iris (Brooks, 2002), por lo que en este caso estará contraindicada (Brooks, 2005; Martin, 2010; Gelatt, 2013).

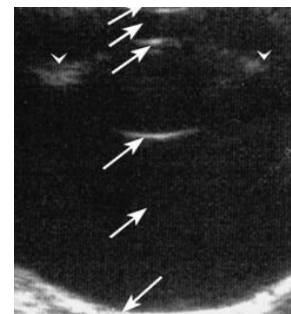


FIG. 25: DE ANTERIOR (ARRIBA) A POSTERIOR (INFERIOR): CORNEA, CÁMARA ANTERIOR, CÁPSULA ANTERIOR DE LALENTE, POSTERIOR, VÍTREO, RETINA, COROIDES Y ESCLERA. LAS CABEZAS DE FLECHAS MARCAN EL CUERPO CILIAR Y EL IRIS (SCOTTY ET AL., 2004)

En segundo lugar, el animal debe ser dócil (Millichamp y Dziezyc 2000; Gilger, 2005; Rose, 2006; Brooks, 2008), ya que, en el postoperatorio, el animal recibirá la aplicación frecuente de medicaciones tópicas seguido de un tratamiento a largo plazo.

En tercer lugar, el animal debe presentar un buen estado de salud general para asegurar que soportará la anestesia (Miller et al, 2009). Por ejemplo, la detección de enfermedades sistémicas infecciosas subclínicas como *Rhodococcus* y la neumonía estreptocócica (Brooks, 2008) pueden producir endoftalmitis postoperatoria (Brooks, 2005; McAuliffe y Slovis, 2008; Brooks et al, 2014).

La preocupación por los riesgos anestésicos puede limitar la cirugía a un solo ojo, especialmente en caballos adultos (Brooks, 2005; Brooks et al, 2014), aunque los estudios retrospectivos establecen que no existe diferencia significativa entre el éxito quirúrgico tras la operación unilateral o bilateral de cataratas. Generalmente se realiza en ambos ojos en potros, y de manera unilateral en caballos adultos, debido a que en potros, gracias al tamaño del globo ocular relativamente pequeño, la cirugía es más sencilla ya que se pueden utilizar las unidades quirúrgicas y la instrumentación utilizada habitualmente en animales de compañía mientras que para adultos, se debe utilizar un

instrumental adaptado (longitud 40 mm) que permite el acceso a toda la lente en todos los ángulos del enfoque (*Brooks, 2005; Mullen y Utter, 2010; Brooks et al, 2014*).

El momento en el que se realizará la operación también debe ser considerado ya que el periodo de susceptibilidad a la luz es desde que abren los ojos hasta aproximadamente las 12 semanas de vida y se ha demostrado que la falta de luz adecuada o de estímulos estructurados en el sistema nervioso central produce anomalías funcionales y estructurales irreversibles en los cuerpos geniculados laterales y la corteza visual por lo que puede aparecer ambliopía (ojo vago) en animales jóvenes con cataratas congénitas densas, opacidades corneales u oclusión palpebral, de modo que, al realizar la cirugía de cataratas congénitas en potros, prevenimos una posible ambliopía por privación (*Reed et al, 2004*). El retorno temprano de la visión es primordial en los potros para el desarrollo del centro visual superior (*Brooks, 2005*) y si ya tiene varios meses de edad, es posible que quede afectado el rendimiento visual postoperatorio (*Miller et al, 2009*). De hecho, en humanos se ha visto que tiene mejor tasa de éxito si la cirugía se realiza en las primeras 6 semanas de vida para permitir el desarrollo adecuado de la red neuronal visual (*Auer y Stick, 2012*). La mayoría de los oftalmólogos veterinarios recomiendan la extirpación quirúrgica de cataratas en potros menores de 6 meses de edad (*Souza et al, 2008; Auer y Stick, 2012*) si el potro está sano y no presenta uveítis (*Millichamp y Dziezyc 2000; Higgins y Snyder, 2006*) u otros problemas oculares como por ejemplo sinequias posteriores, miosis o hipotonía pronunciada (*Gilger, 2010*), ya que la anestesia es generalmente de menor riesgo y la recuperación rápida (*Souza et al, 2008; Brooks et al, 2014*). Sin embargo, las cataratas también podrían sufrir una reabsorción significativa permitiendo la recuperación de la visión sin necesidad de cirugía (*Miller et al, 2009*).

Estudios retrospectivos muestran que el estadio de progresión en el momento de la cirugía marca una diferencia significativa en el porcentaje del éxito quirúrgico siendo mayor en cataratas inmaduras, que en cataratas maduras e hipermaduras, ya que se asocian a un mayor riesgo de complicaciones intra y postoperatorias (*Miller et al, 2009*).

2. Precirugía

El caballo debe estar en ayuno de 12 horas antes de la cirugía (los potros pueden tomar leche) (*Miller et al., 2009*). Se indican antibióticos sistémicos y antiinflamatorios dos o más días antes de la intervención (*Gilger, 2005; Miller et al., 2009*) y protectores gástricos especialmente para potros, ya que algunos fármacos como la flunixin meglumine puede causar ulceración oral y gástrica (*Gilger, 2005*). También se aplican midriáticos para lograr la máxima dilatación pupilar como la tropicamida 1%, atropina al 1% o pilocarpina 2% cada 6 horas a las 12-24-48 horas antes de la cirugía (*Millichamp y Dziezyc, 2000; Brooks et al, 2014*).

La melatonina es una hormona secretada por la glándula pineal, con efectos ansiolíticos y analgésicos sin alterar el sistema cognitivo psicomotor. Se ha observado en estudios con humanos que reduce la presión intraocular (PIO). Además, el tratamiento profiláctico perioperatorio con quinolonas fluoradas tópicas y de última generación, se ha convertido en un pilar en la preparación de pacientes quirúrgicos de cataratas equinas.

3. Anestesia



**FIG. 26: BLOQUEO
AURICULOPALPEBRAL (AUER
Y STICK, 2012)**

El movimiento ocular complica la anestesia debido a la presencia de reflejos palpebrales y corneales, además de cambios en la posición del globo ocular por lo que se recomienda inyección retrobulbar de lidocaína y la parálisis neuromuscular mediante la administración de bloqueantes neuromusculares con el fin de evitar un plano profundo de la anestesia y sus complicaciones asociadas (*Brooks, 2005; McMullen y Utter 2010*), ya que mantener la forma normal del globo y la presión intraocular disminuye la probabilidad de desgarros capsulares posteriores, prolapso del iris y expulsión del contenido ocular a través de la incisión corneal (*Auer y stick, 2012*). Como bloqueante neuromuscular, se prefiere Atracurium debido a su duración fiable de la acción, falta de efecto acumulativo, cardiovascular y menores costos. El agente de reversión cloruro de edrofonio (10 mg/ml, Tensilon, Enlon o Revesol) se administra a 0,5 a 1,0 mg/kg, lentamente antes de la recuperación para garantizar que el bloqueo neuromuscular residual no comprometa la capacidad del caballo (*Auer y Stick, 2012*).

Para aliviar parte del movimiento no deseado también se puede utilizar un agente anestésico tópico (proparacaína o solución oftálmica de tetracaína 0,5%, que proporciona una mayor analgesia y duración), un bloqueo supraorbital y un bloqueo auriculopalpebral (Fig. 26) utilizados para bloquear el reflejo corneal que puede persistir en la etapa III de la anestesia por inhalación en caballos (*Gilger, 2005*). Para la rotación del globo ocular y enoftalmos hay que usar una anestesia inhalatoria (*Stades et al 1998; Millichamp y Dziezyc 2000*) con halotano o isoflurano (*Brooks, 2005; Brooks et al, 2014*), además de respiración artificial ya que también afecta a los músculos respiratorios y la sedación debe mantenerse durante todo el procedimiento con una perfusión a velocidad constante de detomidina (0,6 g/kg/min). Se puede utilizar sedación con xilacina y a veces butorfanol seguido de ketamina o guaifenesin glycol, ya que la ketamina permite que el ojo no se introduzca en la órbita, sino que se aleje (*Gilger, 2005*).

4. Técnicas quirúrgicas

Ante las distintas técnicas quirúrgicas, tenemos varias opciones:

A) Discisión y aspiración

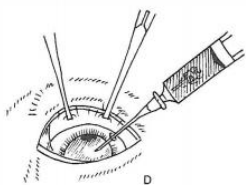


FIG. 27: (PETRICK, 1985)

Se realiza una ranura limbal de 5 mm a tres cuartas partes de profundidad, una incisión de la cámara anterior con una hoja microquirúrgica Nº 65 o una hoja de hendidura de 3,2 mm y se extiende con tijeras corneales o tijeras de tenotomía de Steven. A continuación, se realiza una incisión a 2 mm del limbo

de 120-180 grados desde la primera incisión para insertar la aguja de irrigación llena hasta la mitad de solución salina normal directamente a través de la córnea transparente. Después se realiza la aspiración realizada mediante una aguja hipodérmica de calibre 14 o 16 unida a una jeringa de 12 ml mediante un tubo de polietileno. De este modo se elimina el contenido del saco capsular mediante irrigación y aspiración (Fig. 27). Después de la extracción de la lente, se cierran y sellan las incisiones para reconstruir la cámara anterior mediante la aplicación de solución salina oftálmica equilibrada o ringer lactato y, si es necesario, se cierra la cantotomía lateral (Gilger, 2005). Esta técnica permite la eliminación de la lente sin necesidad de hemostasia y una menor duración, sin embargo, incluyen ulceración corneal, aumento del edema corneal postoperatorio y cicatrices. Sólo se puede utilizar en animales jóvenes con cataratas muy licuadas o en ojos muy pequeños en los que no caben los instrumentos oftalmológicos habituales (Miller et al, 2009).

B) Extracción extracapsular



FIG. 28: (MILLER ET AL, 2009)

Consiste en la realización de una capsulorrexia y extirpación de toda la corteza y el núcleo (Souza et al, 2008). Se realiza una cantotomía lateral para introducir el espéculo palpebral y se sujeta y rota el globo ocular con unas pinzas o suturas en la conjuntiva (Fig. 28), lavándolo abundantemente con solución salina normal y entonces, con un bisturí corneal adecuado se punciona la córnea dorsalmente en la vecindad del limbo.

Se realiza una incisión corneal desde la posición de las 9 hasta las 3 (180º) (Miller et al, 2009), utilizando unas tijeras corneales (Fig. 29 y 30), lo que predispone al colapso de la cámara anterior, mayor trauma y mayor frecuencia de iridociclitis postoperatoria (Souza et al, 2008). Para mantener la membrana nictitante apartada o sujetar el colgajo corneal, se colocará un punto en el borde de dicha estructura cuando sea necesario. Otra opción es con la incisión escleral en la cual, con un bisturí se secciona la conjuntiva bastante por fuera del limbo (Fig. 31 y 32), anterior al iris (está muy vascularizado)

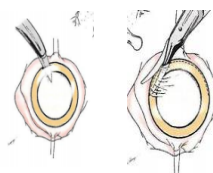


FIG. 29: (MILLER ET AL, 2009)

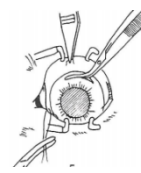


FIG. 30: (PETRICK, 1985)

completando la incisión en la esclerótica con unas tijeras corneales y se levanta un colgajo conjuntival. Entonces la intervención se completa como antes y finalmente la esclerótica y conjuntiva se suturan por separado. Para impedir el cierre de la pupila, se practican una o más incisiones en el músculo constrictor con unas tijeras finas.

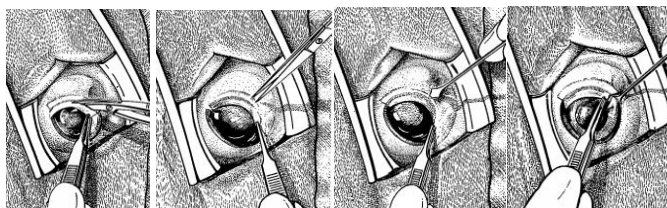


FIG. 31: (HICKMAN, 1988)

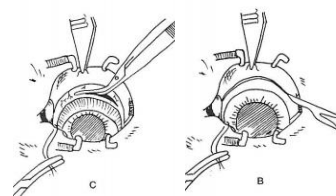


FIG. 32 (HICKMAN, 1988)

A continuación, se secciona la cápsula anterior del cristalino con un cistótomo y se fragmenta y extirpa toda la cápsula anterior del cristalino con unas pinzas capsulares (Fig. 33). Se aplica presión dorsalmente al globo ocular con un instrumento romo, al mismo tiempo que se introduce ventralmente al cristalino un asa de cataratas para extraer todo el contenido sólido del cristalino (Fig. 34) y tras la extracción, la cápsula posterior queda intacta y se puede ver el fondo de ojo (Fig. 35) (Miller et al, 2009).

Se

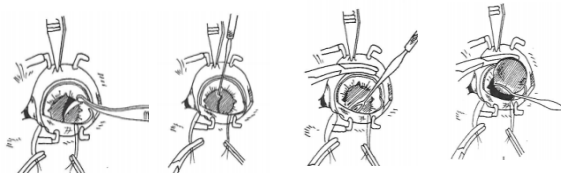


FIG. 33: (PETRICK 1985)

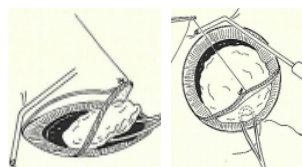


FIG. 34: (STADES ET AL., 1998)

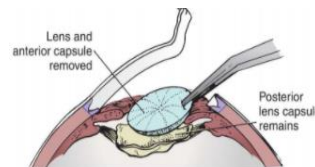


FIG. 35: (MONZÓN, 2019)

eliminan cuidadosamente los restos del cristalino de la cápsula posterior y de la cámara anterior, lavándolas con solución salina normal gracias a un irrigador que se sitúa entre la corteza del cristalino y la cápsula posterior (Fig. 36 y 37). Se cierra la incisión corneal y, antes de anudar la última sutura, se rellena la cámara anterior con solución salina normal o con aire (Fig. 38). Se cierra la cantotomía y se coloca un colgajo conjuntival sobre la herida para sellarla. Se caracteriza por producir en el postoperatorio una reacción inflamatoria significativa (Slatter, 1990; Birchard y Sherding, 1996; Monzón, 2019), sin embargo la tasa de éxito es de 80%-95% según el tipo de catarata, la pericia del cirujano, el método utilizado y la cooperación del paciente.

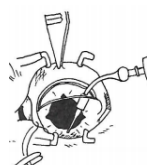


FIG. 36: (PETRICK, 1985)

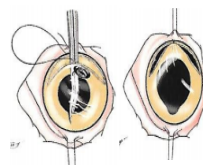


FIG. 37: (MILLER ET AL., 2009)

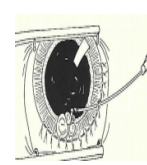


FIG. 38: (STADES, 1998)

C) Extracción intracapsular

La diferencia con la técnica anterior es que, en este caso, se elimina todo el cristalino sin abrir o desgarrar la cápsula (Fig. 39 y 40) (Miller et al, 2009).

Se punciona la córnea y se incide con unas tijeras como ya ha sido descrito, cortando el esfínter del iris. Se fragmenta y extirpa la cápsula anterior como antes y en este caso se ve también salir el cuerpo vítreo

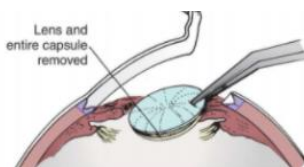


FIG. 39: (MONZÓN, 2019)

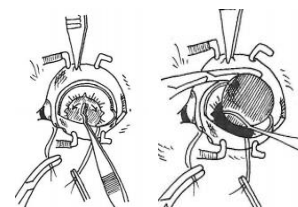


FIG. 40: (PETRICK, 1985)

unido a la cara posterior del cristalino, del que lo separaremos con unas tijeras de iridectomía (Hickman, 1988). Debemos tener en cuenta que debe eliminarse la suficiente cantidad de cuerpo vítreo para que este permanezca por detrás del iris. Aunque el saco capsular no se abre durante la cirugía y por tanto no hay salida de proteínas del cristalino con su consecuente inflamación, esta cirugía puede favorecer el movimiento anterior del vítreo (con riesgo de desprendimiento de retina y glaucoma secundario, además de sangrado y prolapso del humor vítreo), al eliminar el cristalino que separa normalmente el vítreo de la cámara anterior. Por eso algunos cirujanos combinan esta operación con vitrectomía (eliminación del vítreo) profiláctica mientras que otros implantan una lente intraocular sintética suturada al surco ciliar como barrera frente al movimiento del vítreo y para mejorar la visión postoperatoria (Miller et al, 2009). Sin embargo, esta técnica no tiene un pronóstico favorable y no se recomienda para la cirugía de cataratas de rutina a excepción de la extracción de cristalinos luxados (Gilger, 2005; Miller et al, 2009; Monzón, 2019).

D) Facoemulsificación

Es la técnica de extracción de cataratas preferida en el caballo (Millichamp y Dziezyc 2000; Rose, 2006; Mullen y Utter, 2010). El paciente se posiciona en decúbito lateral (cirugía unilateral) o dorsal (cirugía bilateral) con la cabeza elevada utilizando sacos de arena, cojines o anillos de goma inflables (Gilger, 2005; Brooks et al, 2014) de manera que la superficie corneal quede paralela a la mesa de cirugía. A continuación, se limpia el área periorbital con solución de povidona yodada 1:50 y tras el enjuague con solución salina estéril, se cubre adecuadamente para que sólo la fisura palpebral



FIG. 41: (MONZÓN, 2019)

quede expuesta (Brooks, 2005; Gilger, 2005; Brooks et al, 2014). De este modo, el pelo y las pestañas de los párpados se cortan y se frotan con solución de povidona yodada pero estos no se enjuagan (Gilger, 2005) Con el fin de mantener la fisura palpebral abierta, se puede utilizar un espéculo de párpados de castroviejo (Brooks et al, 2014), una cinta adhesiva para cubrir los márgenes del párpado o una sutura de la membrana nictitante al canto medial. Otra opción, aunque rara vez es necesaria, es realizar una cantotomía (Brooks, 2005; Gilger, 2005).

Se realiza una incisión corneal (Fig. 41) y a continuación se realiza una pequeña abertura a nivel de la cápsula anterior del cristalino mediante un cistótomo de calibre 20 para poder introducir luego el facoemulsificador (Brooks, 2005; Brooks et al, 2014). Una de las técnicas más utilizadas es la

Capsulorrex Circular Continua (CCC) que previene la formación de rasgaduras radiales de la cápsula anterior a medida que se realiza el proceso de facoemulsificación y/o introducción del lente intraocular (IOL) aunque también se puede realizar con la ayuda de una punta de diatermia de alta frecuencia (Brooks, 2005; Souza et al, 2008; McMullen y Utter, 2010) que garantiza un tamaño de capsulotomía preciso y consistente. La incisión en la cámara anterior debe ser pequeña (de unos 10 mm de diámetro) a nivel central del cristalino, por el lateral de la corpora nigra ya que ésta puede producir hemorragia severa, especialmente en adultos, o en el limbo tras la creación de un colgajo conjuntival (Gilger, 2005; Brooks et al, 2014; Monzón, 2019).

La cámara anterior equina es muy superficial periféricamente, haciendo que la entrada a través de una incisión corneal o escleral sin contactar con el iris sea muy difícil y, por eso, el uso de microscopio o lupa facilita la visualización excepcional en todos los pasos del procedimiento minimizando el riesgo de complicaciones intraoperatorias (Souza et al, 2008; Mullen y Utter, 2010). Dicho procedimiento suele dificultarse en cataratas de mayor estadio de progresión, ya que el cristalino tiende a endurecerse y distinguirse menos sus estructuras conforme se vuelve más denso (Monzón, 2019).

Se inyectan 2 mm de aire en la cámara anterior y luego un tinte azul trypan para manchar la cápsula de la lente anterior (Fig. 42) (Souza et al, 2008) y, rápidamente, se inyecta un viscoelástico para eliminar ese tinte y mantener las relaciones espaciales de las estructuras intraoculares durante la cirugía y proteger el endotelio corneal además de evitar la fuga de humor acuoso a



FIG. 42: (MONZÓN, 2019)

través de la incisión (Brooks et al, 2014; Monzón, 2019; Rojas, 2019) ya que este material viscoelástico altamente cohesivo puede ser una solución de ácido hialurónico al 2%, acrivet syn 2% o (hyaluronan) o hialuronato de sodio, 10 mg/ml (Hylartin VTM, Pfizer Animal Health, Nueva York) (Brooks et al, 2014) que elevará el núcleo de la lente a la mitad anterior de la bolsa capsular facilitando su eliminación mientras protege la cápsula posterior de la lente posterior del daño involuntario.



FIG. 43: (MONZÓN, 2019)

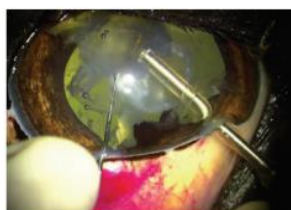


FIG. 44: (MCMULLEN Y UTTER, 2010)



FIG. 45: (MCAULIFFE Y SLOVIS, 2008)

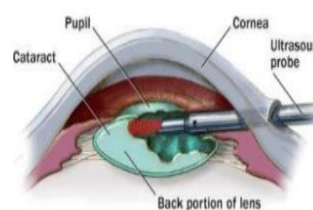


FIG. 46: (MONZÓN, 2019)

El facoemulsificador es una herramienta manual eléctrica que se mueve a 45 KHz en dirección anteroposterior como un martillo neumático y que tiene una aguja de titanio de 0,9 mm de diámetro en una funda de silicona que, mediante ultrasonidos, fragmenta y emulsiona el núcleo del

cristalino y la corteza (Fig. 43) y, una vez dentro del cristalino, se mantiene paralela al iris en la cámara para lograr una mejor oclusión de la punta de la aguja (Fig. 44 y 45) y minimizar la posibilidad de crear desgarros en la cápsula posterior (Gelatt, 2013; Brooks et al, 2014), ya que la cápsula posterior permanece intacta (Fig. 46) (Brooks, 2002; Brooks, 2005; Brooks et al, 2014) y en el caso de romperse, permite que el vítreo pase a la cámara anterior y causa un glaucoma secundario por lo que se deberá realizar una vitrectomía (Miller et al, 2009).

A continuación, se extrae una porción circular de 10-12 mm de la cápsula anterior (1 mm de diámetro menor que el diámetro óptico del implante de lente intraocular que se va a utilizar) aunque se puede utilizar una segunda incisión posicionada a las 4 horas desde la incisión corneal inicial para manipular la lente y mover grandes piezas más cerca de la aguja de facoemulsificación con el fin de emulsionar y aspirarlo (Brooks, 2005). Para mantener la cámara anterior durante la facoemulsificación y eliminar cualquier resto de corteza después de eliminar la mayor parte del cristalino y mantener la presión intraocular, se realiza aspiración y riego con ringer lactato que contiene epinefrina (1:10.000) o adrenalina y heparina (2 UI/ml) (es similar a la de discisión con la salvedad de que se usa el facoemulsificación en lugar de cánulas) (Miller et al, 2009; Brooks et al, 2014). A continuación se puede o no colocar una lente intraocular

dentro de la “bolsa” formada entre la cápsula anterior y posterior del cristalino (Fig. 47) y con el fin de facilitar dicha inserción, se inyecta una sustancia viscoelástica cohesiva entre la cápsula y la cámara anterior (Fig. 48) (McMullen y Utter, 2010) y después de la eliminación completa del material lenticular, se puede realizar una capsulorrexis posterior para



FIG. 47: (MONZÓN, 2019)



FIG. 48: (MONZÓN, 2019)

evitar la migración de células epiteliales de la lente a través del eje visual y así mantener una vía visual más clara. Para cerrar las incisiones oculares se utiliza un patrón interrumpido simple de 6-0 o 7-0 suturas absorbibles a intervalos de 1,2 mm o nylon monofilamento 8-0 -10-0 con aguja espatulada de 3/8 de círculo, mientras que la cantotomía lateral se cierra con 3-0 sutura no absorbible (Brooks, 2005; Giger, 2005; Souza et al, 2008). También se puede realizar una tarsorrafia temporal suturando los párpados con material de nylon o seda 3-0 en un patrón horizontal para proteger el ojo durante la recuperación de la anestesia) y finalmente se procede a una prueba de Siedel con fluoresceína para asegurar que no haya fuga de humor acuoso a través de la incisión (Gelatt, 2013; Brooks et al, 2014; Monzón, 2019).

Esta técnica permite una mayor recuperación de los caballos debido a la poca inflamación postoperatoria producida y, al realizar una pequeña incisión, se reduce el riesgo de prolapso de iris entre otras (Miller et al, 2009) teniendo en cuenta que



FIG. 49: (AUER Y STICK, 2012)

los sistemas de facoemulsificación equinos presentan agujas más largas (Fig. 49) para facilitar la eliminación del material lenticular y, del mismo modo, las lentes subluxadas o luxadas también se pueden eliminar con éxito mediante esta técnica.

5. Implantación de lentes intraoculares:

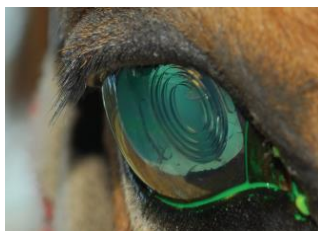


FIG. 50: LIO (McMULLEN Y UTTER, 2010)

El ojo afáquico (sin cristalino) (Bateman et al, 2004) es bastante hipermetrope (+9,94D) por lo que la imagen cercana al ojo es borrosa y aparece magnificada (Brooks, 2005) además de una visión nocturna y una sensibilidad al contraste disminuida, gravemente debilitante para el caballo por lo que las lentes intraoculares podrían mejorar el resultado

visual postoperatorio (Fig. 50) (Brooks, 2005; Meister et al, 2018). Las LIOs (lentes intraoculares), son unas lentes artificiales, transparentes, de pequeño tamaño, fabricadas de material sintético (la mayoría acrílico o silicona) y formadas por la zona óptica y unos hápticos a cada lado de la lente, que permiten su sujeción a las diferentes estructuras oculares y su acomodación (Sáez, 2019) con el fin de sustituir al cristalino opacificado. En aplicación al ser humano, las LIOs se clasifican en función del lugar de colocación (fáquicas o pseudofáquicas) o en función del error refractivo a corregir y pueden presentar forma de plato, de C-loop o double C-loop. El diseño de plato permite una mejor adaptación al saco capsular, sin embargo, aunque producen mayor estabilidad (Rivero, 2019), produce mayor opacificación de la cápsula posterior. Además, las lentes pueden ser monofocales o multifocales de manera que las LIOs monofocales son calculadas para compensar sólo la visión de lejos del paciente mientras que las multifocales proporcionan una buena visión tanto de lejos como de cerca.

Los factores esenciales que influyen en la potencia de la lente, son la curvatura corneal, la longitud axial del globo y la profundidad de la cámara anterior postoperatoria pronosticada, de modo que existen lentes para equinos con potencias de +14D y +18D y diámetros de 21, 22 y 24 mm. Las lentes de +14D de 21 mm de diámetro se implantan típicamente en potros (Fig. 51) (McMullen y Utter, 2010) mientras que en adultos se recomienda la implantación de una lente de +14 D de 22 o 24 mm de diámetro (McMullen y Utter. 2010; Meister et al, 2018).

Para determinar la potencia precirugía, se utiliza la biometría en la cual se utilizan fórmulas teóricas (ver anexo 2) como son las de Binkhorst y Retzlaff y la queratometría para determinar el radio horizontal y vertical de curvatura y astigmatismo corneal del ojo del caballo (Meister et al, 2018). Sin embargo, muchas de las fórmulas utilizadas son calculadas para humanos y son inadecuadas para los pacientes veterinarios ya que incorporan constantes matemáticas que no son directamente aplicables a las especies veterinarias.

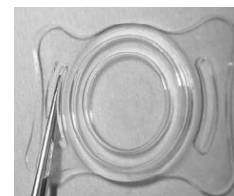


FIG. 51: LIO (AUER Y STICK, 2012)

Entonces, para calcular la potencia de la lente, se debe dilatar la pupila y, tras 30 minutos, realizar un examen oftálmico con retinoscopía para calcular el error refractivo medio de cada ojo ya que, según un estudio de la Universidad de Medicina Veterinaria de Hannover, existen cambios en el estado de refracción los 20 minutos siguientes a la aplicación de tropicamida tópica al 1% (*Meister et al, 2018*). También se puede realizar ultrasonografía en modo A para medir la profundidad de la cámara anterior (ACD), el grosor de la lente cristalina (LT), la longitud del cuerpo vítreo (VBL) y la longitud axial (Axl) del globo ocular teniendo en cuenta que para lograr una mayor precisión, los valores para el grosor de la lente se corrigen por el factor de conversión específico del equino de 1.008. Algunos autores afirman que no existen diferencias en la curvatura corneal entre la curvatura corneal y la edad del caballo pero si con la raza y el género, de modo que cuanto más alto es el caballo y mayor es la longitud axial del globo, más plana será la curvatura corneal. Otros autores, en cambio, consideran que se debe tener en cuenta la edad del caballo ya que, en caballos muy jóvenes, la fuerza dióptrica se encuentra reducida y la profundidad de la cámara vítrea acortada, por lo que es necesaria una LIO con una fuerza dióptrica mayor. Por lo tanto, se recomienda utilizar una lente en caballos jóvenes que corrija la visión una vez alcanzados los parámetros adultos (*Meister et al, 2018*). La posición de la lente intraocular en relación con la córnea y la retina, junto con su potencia dióptrica y grosor son factores importantes que determinan el estado de refracción general de los ojos después de la implantación de la lente y para verificar el resultado visual después de la implantación de la lente, es necesaria una evaluación mediante la retinoscopia de rayas (*Meister et al, 2018*).

6. Avances quirúrgicos

Actualmente no se recomienda la eliminación de cataratas secundarias a la uveítis. Sin embargo, con la llegada de nuevas técnicas quirúrgicas, procedimientos como la vitrectomía combinada (posiblemente para extirpar el estímulo inmunológico en la uveítis recurrente) y la lensectomía, pueden llegar a ser más comunes. La vitrectomía combinada se utiliza para eliminar la fibrina, células inflamatorias y desechos atrapados en el vítreo para mejorar la visión y retrasar la progresión de los signos clínicos (*Brooks, 2002*). De hecho, en un estudio alemán, la uveítis equina recurrente se evitó en el 85% de los ojos tratados aunque el 45% desarrollaron la formación de cataratas con frecuencia debido al aumento del oxígeno en la cavidad vítrea tras la intervención (*Navarro, 2014*). Sin embargo, en informes más recientes de vitrectomía realizados en más de 1200 ojos en la Universidad de Múnich no describieron ninguna repetición de uveítis en el 98% de los pacientes ni tampoco la formación de cataratas. En un estudio reciente sobre la utilización del láser “diode laser endoscopic cyclophotocoagulation”, se observó que la aparición de cataratas en el periodo postoperatorio no era significativa ya que la formación de cataratas como resultado del contacto del

instrumento (sonda endolaser) con la lente anterior puede enmascarar cualquier inducción de cataratas como resultado del tratamiento con láser (*Harrington et al., 2013*).

7. Postquirúrgico

El postoperatorio es de alto riesgo, debemos evitar que el animal sacuda la cabeza, proteger la zona y evitar los vendajes porque presionan el globo ocular y son incómodos para el caballo. Para ello se puede utilizar un casco protector o un protector ocular durante la recuperación de la anestesia y durante los siguientes 3-5 días, y algunos veterinarios recomiendan el uso de lentes de contacto blandas terapéuticas a modo de vendaje para proteger la córnea durante el proceso de cicatrización o en ocasiones como vehículo para la administración de fármacos.

El tratamiento a administrar varía en función del momento tras la cirugía, de manera que podemos diferenciar entre el tratamiento realizado en la primera semana y el tratamiento en las semanas posteriores. El protocolo más utilizado se muestra en la Tabla 1.

El primer día después de la cirugía, proporcionamos gotas antibióticas oftálmicas cada 4 horas.

Durante la primera semana, proporcionamos:

- Tratamiento sistémico: antiinflamatorios
- Tratamiento tópico: en forma de gotas oculares, tanto antibióticos como antiinflamatorios tópicos cada 6 horas (*Millichamp y Dziezyc, 2000; Brooks, 2008*). Estos antiinflamatorios tópicos se comercializan en forma de pomadas que se pueden administrar con una jeringa de tuberculina colocándola en el canto medial (sobre el lagrimal) con el fin de colocar el medicamento antes de la membrana nictitante facilitando la aplicación tópica y distribución gracias a los movimientos de la membrana nictitante y palpebrales. Si las pomadas tópicas no se pueden aplicar satisfactoriamente, se debe colocar un sistema de lavado subpalpebral que facilite la aplicación tópica y minimice la posibilidad de daños en el ojo del caballo (*Gilger, 2005; McMullen y Utter 2010; Sjogren y d'Adndrea, 2014*).

La siguiente semana, la flunixin meglumine utilizada como antiinflamatorio sistémico se reduce (*Millichamp y Dziezyc, 2000; Brooks, 2008*) mientras que los medicamentos tópicos continúan y disminuyen lentamente en función del progreso de los exámenes de reevaluación, durante un período de mayor duración, incluso durante 2-6 meses. De este modo, reducimos la aplicación de los tratamientos tópicos a dos veces por día en la segunda semana y la semana posterior, se administran una vez al día. Los midriáticos, dependiendo del tamaño pupilar deseado, se aplican durante 3 semanas, ya que la atropina 1% produce una dilatación pupilar y permite la estabilización de la barrera acuosa sanguínea minimizando el dolor del espasmo del músculo ciliar (*Millichamp y*

Dziezyc 2000; Brooks, 2002) aunque para conseguirlo también se puede aplicar fenilefrina (Souza et al, 2008). El primer mes, hasta la primera revisión, también se aplica omeprazol sistémico.

La segunda revisión se realiza a los 3 meses, la tercera a los cinco y se continúan de manera anual.

En el caso de haber realizado una tarsorrafia, las suturas se retiran a los 16-20 días después de la cirugía (Stades et al 1998), y se aplica fluoresceína a la córnea para descartar una úlcera corneal.

8. Complicaciones

Las posibles complicaciones postoperatorias pueden presentarse días, semanas o años después del procedimiento, clasificándose en complicaciones durante la cirugía, a corto y a mediano plazo (Martin, 2010; Monzón, 2019). Por esto es importante el monitoreo de pacientes operados a lo largo de varios meses y durante toda su vida (Birchard y Sherding, 1996; Monzón, 2019).

A. Durante la cirugía:

Durante la cirugía, se produce una hipotonía ocular intraoperatoria y esta produce una hinchazón de la retina de manera que los pliegues menores de la retina se pueden visualizar, una vez eliminado el cristalino, como líneas radiantes centrífugas perpendiculares a la cabeza del nervio óptico. Generalmente, aunque también se pueden asociar a uveítis crónica, en aquellos casos asociados con la hipotonía ocular, se resuelve una vez que la presión intraocular del globo ha vuelto a la normalidad (McMullen y Utter, 2010; Brooks et al, 2014).

Debido a un traumatismo de la córnea por una manipulación defectuosa, se puede producir una rotura de la cápsula posterior del cristalino, una hemorragia coroidal y de la corpora nigra, una presentación vítrea en la cámara anterior (McMullen y Utter, 2010), desgarros capsulares posteriores, desprendimiento de retina (Brooks, 2005; Brooks, 2008; Brooks, 2014) y una protuberancia del iris en la incisión. Para prevenir estas complicaciones, se puede realizar una incisión de entrada corneal, más axial al limbo de lo habitual, de 3-4mm o se puede realizar una incisión corneal trilaminar (Coombes y Gartry 2003; McMullen y Utter 2010). La pérdida de células endoteliales por la lesión del endotelio corneal, puede reducirse disminuyendo por un lado la duración de la cirugía (Miller et al, 2009) ya que si la cámara anterior se mantiene abierta durante más de cinco-diez minutos, se induce una marcada irritación del iris (Stades et al, 1998). Por otro lado, también se puede reducir rellenando la cámara anterior con sustancias viscoelásticas como el hialuronato sódico, metilcelulosa y sus derivados que forman un escudo físico que protege las células. Otras posibles complicaciones estudiadas menos frecuentes son la iridociclitis persistente, las membranas fibropupilares, las sinequias (Gilger, 2005; Brooks, 2008), el abombamiento del iris, las heridas, la retención de la corteza del cristalino y la degeneración de la retina (Brooks et al, 2014).

B. Complicaciones a corto plazo:

A corto plazo, nos encontramos ante las complicaciones más frecuentes como son el hifema (presencia de sangre en la cámara anterior del ojo) (Monzón, 2019) y la uveítis que, además, puede causar glaucoma y desprendimiento de retina (Gelatt, 2013; Monzón, 2019). También se pueden observar queratitis micóticas, infiltrado fibrovascular corneal y enfermedades sistémicas debido al estrés de la anestesia y cirugía (Gilger, 2005; Souza et al, 2008). La úlcera corneal (Higgins y Snyder, 2006; Brooks, 2008) también puede aparecer como resultado de la exposición corneal a sustancias irritantes (por ejemplo, la solución antiséptica para preparar el área quirúrgica), de un daño al endotelio corneal durante la cirugía, de la queratoconjuntivitis seca y como resultado del efecto de la anestesia (Brooks et al, 2014). También puede ser debida al uso crónico de esteroides tópicos y la presencia de preservantes en los productos comerciales de gotas oftalmológicas, ya que son tóxicos para el epitelio corneal (Gelatt, 2013; Monzón, 2019). La incidencia de úlceras corneales es más frecuente en pacientes diabéticos con cataratas, ya que poseen de por sí una producción de lágrimas menor que pacientes no diabéticos (Williams et al. 2002; Monzón, 2019). Debido al aumento de la presión intraocular, generalmente transitoria (Sigle y Nasisse, 2006; Gelatt, 2013), se puede producir un edema corneal, un glaucoma (Fig. 52) (Souza et al, 2008; McMullen y Utter, 2010) entre las 24h-72h después de la cirugía (Gilger, 2005; Brooks et al, 2014) y también nos podemos encontrar, aunque es una complicación muy poco frecuente (menos del 1%), ante la dehiscencia de la incisión corneal, enoftalmia y ptosis bulbar (Stades et al 1998; Souza et al, 2008). Estas últimas también pueden ser ocasionadas por el efecto térmico del facoemulsificador o por el daño iatrogénico por contacto con estructuras intraoculares (endotelio corneal) (Brooks, 2008; Souza et al, 2008; Gelatt, 2013; Monzón, 2019).

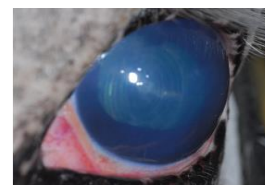


FIG. 52: GLAUCOMA
(McMULLEN Y UTTER,
2010)

C. Complicaciones a largo plazo:

A largo plazo, podemos encontrar una cantidad moderada de fibrina en la cámara anterior durante 7 a 10 días, sin embargo, debemos observar la reabsorción de dicha fibrina (Brooks, 2005; Brooks et al, 2014) y, en caso contrario, debemos reducirla inyectando un activador de plasminógeno de tejido diluido en la cámara anterior para disolver los coágulos de fibrina grandes (Gilger, 2005). Se ha demostrado que los agentes antiinflamatorios antiprostaglandínicos (antes y después de la cirugía) reducen la formación de fibrina intraocular y, por lo tanto, disminuyen la necesidad de adición de anticoagulantes (por ejemplo, heparina) o vasopresores a soluciones de irrigación (Gilger, 2005).

Otra complicación puede ser el color amarillento del acuoso y reflejo tapetal, ya que en unas semanas el caballo debe presentar el ojo brillante y el fondo visible, la pupila debe ser funcional, el ojo visual y sin dolor (Brooks, 2005; Gilger, 2005).

Durante los tres meses posteriores a la cirugía (generalmente antes), puede aparecer endoftalmitis (Fig. 53) debido a la contaminación bacteriana intraocular procedente de bacterias endógenas, de fluidos de irrigación o de instrumental quirúrgico contaminado, de microbiota ambiental y de bacterias hematógenas entre otros, aunque también nos podemos encontrar ante una endoftalmitis estéril (Brooks, 2005; Sigle y Nasisse, 2006; Monzón, 2019).



FIG. 53:
ENDOFTALMITIS
(McMullen y Utter, 2010)

La complicación más frecuente es la opacificación de la cápsula posterior del cristalino (Brooks, 2008; Brooks et al, 2014) a lo largo del año posterior a la cirugía de cataratas (Sigle y Nasisse, 2006; Gelatt, 2013) debida a la proliferación, migración de células pigmentadas y fibroblastos y debido a la metaplasia de células epiteliales a fibrocitos en la región ecuatorial y cápsula anterior del cristalino, provocando una especie de arrugas en la cápsula (McMullen y Utter, 2010). Dentro de los factores que disminuyen la posibilidad de presentación de dicha complicación podemos nombrar la colocación de lente intraocular, la remoción meticulosa del contenido interior del cristalino y el uso de heparina en la solución de irrigación intraocular para disminuir también la incidencia de opacidad de la cápsula posterior del cristalino en un 50% (Martin, 2010; Gelatt, 2013; Monzón, 2019).

El desprendimiento de retina, aunque es una complicación poco frecuente que ocurre generalmente a partir de los 3 años postcirugía (Van der Woerd et. al. 1992; Gelatt, 2013), algunos veterinarios recomiendan una retinopexia profiláctica mediante criopexia o fotocoagulación con láser en el momento de la intervención de catarata (Miller et al, 2009).

En el caso de implantar una lente, para aumentar la estabilidad de esta dentro del ojo, se ha descrito la aplicación del carbacol vía intraocular tópica 2-4 veces al día en la cámara anterior al final de la cirugía (Hsu, 2008), ya que induce a una miosis que puede prevenir la elevación de la presión intraocular (Campmany, 2015) y disminuir el potencial de formación de una sinequia anterior periférica.

9. Pronóstico

En general, tienen un porcentaje de éxito quirúrgico bueno, de un 80% (Monzón, 2019), de hecho, las cataratas congénitas y traumáticas suelen tener mejor pronóstico a largo plazo mientras que las secundarias a uveítis tienen un pronóstico reservado ya que los episodios repetidos de uveítis a menudo resultan en queratitis, en desprendimiento de retina, en sinequias, en phthisis bulbi y en ceguera (Gilger, 2005). La cirugía de una catarata congénita, entre los 2-4 meses del animal, tiene un 75% de éxito (Colahan et al, 1999). Un factor que sí repercute significativamente en el porcentaje de

éxito quirúrgico es el estadio de progresión de las cataratas de manera que cataratas maduras e hipermaduras se asocian a mayores complicaciones post-quirúrgicas, ya que las cataratas maduras e hipermaduras se asocian frecuentemente a uveítis crónica inducida por el cristalino, a placas capsulares y a la inestabilidad de las zónulas que sostienen el cristalino que incrementan el riesgo de complicaciones en el postoperatorio, como por ejemplo el desprendimiento de retina y el glaucoma secundario (*Sigle y Nasisse, 2006; Lim et al., 2011; Campmany, 2015*). El pronóstico de la cirugía, no solo depende del estadio de la catarata, también se ve afectado por la inconstancia de los dueños para seguir el tratamiento a largo plazo y revisiones programadas.

CONCLUSIONES

Las cataratas son una opacidad del cristalino que, aunque no producen dolor, conllevan una disminución de la visión del animal. El cuadro clínico depende de la naturaleza y posición de las opacidades que pueden diferir en su tamaño, forma, localización dentro del cristalino, etiología, edad de inicio y ritmo de progresión.

Las cataratas se clasifican generalmente en función de su fase de desarrollo y etiología, ya que brindan información importante para la evaluación y monitoreo de los pacientes, así como su pronóstico visual y ocular. Las más frecuentes son las cataratas congénitas y las que se producen como consecuencia de un trauma o uveítis ocular.

Se diagnostican principalmente mediante dispositivos de magnificación como es el transiluminador Finoff o el oftalmoscopio directo, aunque para profundizar en ellas y considerar la cirugía, se recomienda realizar ecografía y electroretinografía, ya que para que el animal sea un buen candidato para la cirugía, debe estar sano, sin patologías oculares y debe ser dócil para soportar el tratamiento pre y postquirúrgico.

En cuanto al tratamiento de las cataratas, se ha visto que el tratamiento médico no es efectivo, sin embargo, gracias a los avances tecnológicos y farmacológicos, la extracción y sustitución del cristalino del caballo se ha convertido en una alternativa factible, siendo la técnica quirúrgica más frecuente la facoemulsificación y la posibilidad de sustituir el cristalino por una lente intraocular con potencias de +14D o +18D y diámetros de 21, 22 o 24 mm para corregir la hipermetropía que aparece tras su eliminación.

Cataracts are a clouding of the lens that, although they do not cause pain, leads to a decrease in the animal's vision. The clinical picture depends on the nature and position of the opacities, which may differ in size, shape, location within the lens, etiology, age of onset, and rate of progression.

Cataracts are generally classified according to their stage of development and etiology, since they provide important information for the evaluation and monitoring of patients, as well as their visual

and ocular prognosis. The most common are congenital cataracts and those that occur as a result of trauma or ocular uveitis.

They are diagnosed mainly by means of magnification devices such as the Finoff transilluminator or the direct ophthalmoscope, although to delve into them and consider surgery, it is recommended to perform ultrasound and electroretinography, since for the animal to be a good candidate for surgery, it must be healthy, without eye pathologies and must be docile to withstand pre and post-surgical treatment.

Regarding the treatment of cataracts, it has been seen that medical treatment is not effective, however, thanks to technological and pharmacological advances, the extraction and replacement of the horse's lens has become a feasible alternative, being the surgical technique more frequent phacoemulsification and the possibility of replacing the lens with an intraocular lens with powers of +14D or +18D and diameters of 21, 22 or 24 mm to correct the hyperopia that appears after its removal.

VALORACIÓN PERSONAL

Tenía bastante claro que mi Trabajo Fin de Grado trataría sobre alguna patología o afección de los équidos puesto que son unos animales que me apasionan.

Una afección común y sensible en el mundo animal son las cataratas, de origen genético o adquiridas, que en el caso de los équidos llega a afectar al 35% de éstos, un porcentaje suficientemente significativo para considerar dedicarle un TFG, y así ampliar formación al respecto.

Este trabajo ha sido muy enriquecedor y motivador que me ha permitido crecer personal, profesional y académicamente. El tener que recopilar información y presentarla en un TFG, ha necesitado de grandes dosis de análisis y síntesis de la información recopilada. Me ha enseñado a priorizar fuentes y temporalizarlas. He mejorado mi expresión escrita en la utilización de tecnicismos y vocablos de la rama oftalmológica, tanto en español como en inglés debido al volumen de fuentes en este último idioma.

Del mismo modo, como quería ampliar, contrastar y recopilar información de primera mano de profesionales oftalmológicos, he tenido que aprender a contactar y “convencer y pedir” a profesionales en muchas ocasiones muy ocupados, que dedicaron un tiempo a responder a preguntas de una estudiante entusiasta. Ha sido una experiencia muy grata poder contactar con ellos que en el 100% de los casos accedieron muy amablemente a responder a cuantas preguntas les hiciera. Dicho de otro modo, he perdido ese miedo a pedir colaboración, y además obtener impresiones y experiencias de primera mano de profesionales oftalmológicos.

Así pues, la gran mayoría de los veterinarios con los que tuve la oportunidad de hablar, me comentaron su escasa experiencia con las cataratas equinas. Por ejemplo, Laura Moll, tuvo la

oportunidad de trabajar con uno de los mejores oftalmólogos de Europa y no realizaron ninguna cirugía de cataratas. Del mismo modo, Maribel Molina, oftalmóloga, tras trabajar 20 años en la rama de la oftalmología, no ha realizado ni recomendado la cirugía a ningún caballo. Tras asistir a un congreso de oftalmología en Edimburgo en el cual se explicaba que en el 10% de los casos se realizaba cirugía con un éxito de extracción de cataratas del 100%, pero realmente se reducía a sólo un 25% por la uveítis generada, concluyó que no era factible.

Aparte del aprendizaje de crecimiento personal, he podido ampliar formación en cuanto a la etiología, diagnóstico, tratamiento y pronóstico de las cataratas en équidos y, al ser la oftalmología similar en la mayoría de las especies animales, será de utilidad en mi futuro como clínica pudiéndose extrapolar dicho conocimiento al resto de los animales.

Actualmente, los caballos se han convertido en un animal de compañía. Aunque las cataratas no producen dolor, los animales no pueden realizar algunas de sus actividades rutinarias de modo que el propietario muestra una visión empática que conlleva la extrapolación de técnicas quirúrgicas de la medicina humana como es la facoemulsificación.

Desde mi punto de vista, la cirugía de las cataratas es una cirugía de un coste elevado que requiere de cierto conocimiento en la materia y que, además, por el momento, presenta grandes complicaciones como es la uveítis. Por tanto, solo aquellos que se lo puedan permitir y requieran de la plena visión del caballo, realizarán dicha operación. Sin embargo, en un futuro, se podrían desarrollar nuevas técnicas o nuevo instrumental quirúrgico adecuado al tamaño del globo ocular equino que permitan la disminución de dichas complicaciones pudiendo llegar a ser una cirugía electiva rutinaria como lo es en la medicina humana.

BIBLIOGRAFÍA

- Auer, J. y Stick J (2012) *Equine surgery* (4) Lugar de publicación: Elsevier Saunders.
- Barnett, K. (1989). *A colour atlas of veterinary ophthalmology*. Lugar de publicación: Mosby
- Barrionuevo, M. (2015). *Comparación de pruebas estructurales pre y post cirugía de cataratas*. Grado en Óptica y Optometría. Universidad de Zaragoza.
- Bateman, H., Hillmore, R., Jackson, D., Luszkat, S., McAdam, K. y Regan, C. (2004) *Dictionary of medical terms* (4). Lugar de publicación: A & C Black Publishers Ltd
- Bayón del Río, A., Palao, C., Micó, C. y Vecino, E. (2011) *Oftalmología veterinaria: de la catarata al OCT. Veterinary ophthalmology: from cataract surgery to OCT*. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-66912010001200001 [Consultado 15/02/2021].
- Birchard, S. y Sherding, R. (1996) *Manual clínico de pequeñas especies*. Lugar de publicación: McGraw-Hills Interamericana.

- Boyd, B (2001) *The art and the science of cataract surgery*. Lugar de publicación: Highlights of ophthalmology
- Brooks, D. (2002) "Equine Ophthalmology" *Proceedings of the Annual Convention of the AAEP*. 48 pp. 300- 313.
- Brooks, D. (2005) *Phacoemulsification Cataract Surgery in the Horse*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1534751605000338> [Consultado 06/02/2021]
- Brooks, D. (2008) *Ophthalmology for the equine practitioner* (2) Lugar de publicación: Teton NewMedia.
- Brooks, D., Plummer, C., Carastro, S. y Utter, M. (2014) "visual outcomes of phacoemulsification cataract surgery in horses: 1990-2013" *veterinary ophthalmology*, 17 (1) pp 117-128. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/vop.12168> [Consultado 06/02/2021]
- Budras, K., Sack, W., Röck, S. (2005). *Anatomy of the Horse* (5). Lugar de publicación: schlütersche.
- Campmany, M. (2015). *Actualización en el tratamiento médico del glaucoma en la especie canina: serie de casos clínicos*. Veterinaria. Facultad de veterinaria de la universidad de Zaragoza.
- Colahan, P., Merritt, A., Moore, J. y Mayhew, I. (1999). *Manual of Equine Medicine and surgery* (5). Lugar de publicación: Mosby
- Coombes, A., Gartry, D. (2003). *Fundamentals of clinical ophthalmology: cataract surgery*. Lugar de publicación: BMJ books.
- Coumbe, K. (2011). *The Equine Veterinary Nursing Manual*. Lugar de publicación: Blackwell Science Ltd.
- Curto, E., Gemensky-Metzler, A., Chandler, H. y Wilkie, D. (2014). "Equine glaucoma: a histopathologic retrospective study (1999-2012)". *Veterinary Ophthalmology*, 17, pp. 334-342
- D'Andrea, A. y Sjogren, J. (2014). *Veterinary Technician's Large Animal Daily Reference Guide*. Editorial: Wiley Blackwell.
- Davies, M. (1996) *Library of veterinary practice canine and feline geriatrics*. Lugar de publicación: Blackwell Science.
- Duncanson, G. (2010). *Veterinary treatment for working equines*. Editorial CABI. Disponible en: <https://www.goodreads.com/book/show/21004205-veterinary-treatment-for-working-equines> [Consultado 07/02/2021]

- Fischer, B. (2020) *Intravitreal injection of low-dose Gentamicin: an alternative method of management for equine recurrent uveitis* Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/351712143.pdf> [Consultado 15/02/2021]
- Fischer, B., McMullen, R., Reese, S. y Brehm, W. (2019) *Intravitreal injection of low-dose gentamicin for the treatment of recurrent or persistent uveitis in horses: Preliminary results*. Disponible en: <https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-018-1722-7#citeas> [Consultado 15/02/2021]
- Frühauf, B; Ohnesorge, B; Deegen, E; Boevé, M (1998) "Surgical management of equine recurrent uveitis with single port pars plana vitrectomy" *Veterinary Ophthalmology* (1) pp 137-151.
- Gelatt, K. (2013). *Veterinary ophthalmology surgery*. Lugar de publicación: Wiley Blackwell.
- Gilger, B. (2005). *Equine ophthalmology*. Lugar de publicación: Elsevier Saunders
- Gilger, B. (2010). "Equine recurrent uveitis: The viewpoint from the USA" *Equine veterinary journal* (37) pp 57-61
- Gilger, B., Malok, E., Cutter, K., Stewart, T., Horohov, D. y Allen, J. (1999). "Characterization of T-lymphocytes in the anterior uvea of eyes with chronic equine recurrent uveitis". *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 71, pp. 17-28.
- Gilger, B., Malok, E., Stewart, T., Ashton, P., Smith, T., Jaffe, G. y Allen, J. (2000) "Long-term effect on the equine eye of an intravitreal device used for sustained release of cyclosporine A" *Veterinary Ophthalmology* (3) pp. 105-110
- Gore, T., Gore, P. y Giffin, J. (2008). *Horse Owner 's Veterinary Handbook* (3) Lugar de publicación: Wiley Publishing, Inc.
- Grahn, B. (2007) *Diagnostic ophthalmology. Anterior and posterior uveitis with inflammatory retinal detachment, most likely secondary to equine recurrent uveitis*. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/6494353> [Consultado 07/02/2021]
- Guzman, L. (2013). *Facoemulsificación: técnica quirúrgica realizada en el hospital veterinario de equinos durante el periodo de práctica rotatoria en la universidad de são paulo*. Medicina veterinaria. Universidad de la Salle.
- Harrington, J., McMullen, R., Cullen, J., Campbell, N. y Gilger, B. (2013). "Diode laser endoscopic cyclophotocoagulation in the normal equine eye" *Veterinary ophthalmology* (16) pp. 97-110
- Hickman, J. (1988) *Cirugía y medicina equinas volumen 1*. Lugar de publicación: hemisferio sur

- Hickman, J., Houlton, J. y Edwards, B. (1995) *Atlas of Veterinary surgery* (3). Lugar de publicación: Blackwell Science.
- Higgins, A. y Snyder, J. (2006). *The equine manual* (2). Editorial Saunders Elsevier.
- Hsu, W. (2008) *Handbook of Veterinary Pharmacology* Lugar de publicación: Wiley-blackwell.
- Jiménez, L. (2015). *Biometría y cálculo de lentes intraoculares*. Grado en medicina. Facultad de medicina de la Universidad de Zaragoza.
- Kohnen, T. (2002). *Modern Cataract Surgery* Lugar de publicación: Karger
- Kohnen, T. y Koch, D. (1965) *Cataract and refractive surgery*. Lugar de publicación: Springer
- Kulbrock, M., Lehner, S., Metzger, J., Ohnesorge, B. y Distl, O. (2013). *A Genome-Wide Association Study Identifies Risk Loci to Equine Recurrent Uveitis in German Warmblood Horses*. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23977091/> [Consultado 07/02/2021]
- Lázaro, A. (2018). *Evaluación de la curva de aprendizaje en la cirugía de catarata*. Óptica-optometría. Universidad de Zaragoza.
- Lim, C., Bakker, S., Walder, C., Sandmeyer, L. y Grahn, B. (2011). "Cataracts in 44 dogs (77 eyes): A comparison of outcomes for no treatment, topical medical management, or phacoemulsification with intraocular lens implantation". *Canadian Veterinary Journal* 52(3), pp. 283-288. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=D&q=https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3039899/&ust=1615489020000000&usg=AOvVaw3jkhYVSQUuDvvXIkPsVKp2&hl=es> [Consultado 07/02/2021]
- López, A. (2017). *Alteraciones oftalmológicas hospitalarias en équidos*. Grado de Veterinaria. Universidad de Cáceres. Disponible en: <http://dehesa.unex.es/handle/10662/6755> [Consultado 07/02/2021]
- Maggs, D., Miller, P., Ofri, R (2009) *Fundamentos de oftalmología veterinaria* (4). Lugar de Publicación: Elsevier saunders
- Maggs, D., Miller, P., Ofri, R (2013) *Fundamentos de oftalmología veterinaria* (5). Lugar de Publicación: Elsevier saunders.
- Martín, C. (2010). *Ophthalmic disease in veterinary medicine*. Lugar de publicación: Manson Publishing Ltd
- Matthews, A. (2014) "Clinical ophthalmic challenges in the horse: a retrospective view forward". *Veterinary Ophthalmology*, 17 (supplement 1), pp. 2-5.
- McAuliffe, S. y Slovis, N. (2008) *Color atlas of diseases and disorders of the foal*. Lugar de publicación: Saunders Elsevier

- McMullen, R. y Utter, M. (2010) "Current developments in equine cataract surgery" *equine veterinary journal* , 37 pp 38-45. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20939165/> [Consultado 05/02/2021]
- Miguel, A. (2016) *Úlceras corneales en equinos: revisión bibliográfica y discusión de casos clínicos*. Veterinaria. Facultad de veterinaria de la universidad de zaragoza. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/57276> [Consultado 19/03/2021]
- Millichamp, N. y Dziezyc, J. (2000) "cataract phacofragmentation in horse" *veterinary ophthalmology* 3 pp. 157-164.
- Meister, U., Görlg, C., Murphy, C., Haan, H., Ohnesorge, B. y Boevé, M. (2018). *Intraocular lens power calculation for the equine eye*. Disponible en: Intraocular lens power calculation for the equine eye | BMC Veterinary Research | Full Text (biomedcentral.com) [Consultado 19/12/2020]
- Monzón, M. (2019) *Estudio retrospectivo sobre cataratas en caninos, atendidos durante el 2014-2018, en un hospital veterinario de Guatemala especializado en oftalmología*. Veterinaria. Guatemala. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12604/> [Consultado 10/02/2021]
- Naranjo, C., Leiva, M. y Peña, T. (año). *Cirugía de la catarata en el perro: estudio retrospectivo*. Disponible en: <https://ddd.uab.cat/pub/clivetpeqani/11307064v23n4/11307064v23n4p222.pdf> [Consultado 19/12/2020]
- Navarro, P. (2014) *Desprendimiento de retina regmatógeno: comparación entre ojos fágquicos y pseudofágquicos*. Grado en óptica y optometría. Facultad de ciencias de la Universidad Zaragoza
- Negrón, D., Salazar, J. y Freundt, M. (2014) *Facoemulsificación en la corrección de cataratas incipientes e inmaduras en perros (Canis familiaris)*. Disponible en: <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/EV/article/download/109/80> [Consultado 19/12/2020]
- Pavia, A. y Posnikoff, J. (2005). *Horses for dummies* (2). Lugar de publicación: Wiley Publishing, Inc.
- Petrick, S. (1985) *Cirugía ocular veterinaria*. Lugar de publicación: ACRIBIA, S.A.
- Preast, V. y Xie, H. (2007). *Xie's veterinary acupuncture*. Editorial Blackwell Publishing
- Pujol, A (2019) Revisión bibliográfica de las complicaciones oculares en pacientes diabéticos de la especie canina. Veterinaria. Facultad de veterinaria de la Universidad Zaragoza.

- Radostits, O., Gay, C., Hinchcliff, K. y Constable, P. (2006). *Veterinary Medicine. A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats* (10). Editorial Saunders Elsevier.
Disponible en:
https://books.google.es/books?id=JP7TBQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false [Consultado 09/12/2020]
- Reed, S., Bayly, W. y Sellon, D. (2004) *Equine Internal Medicine* (2). Lugar de publicación: Elsevier Saunders.
- Rivero, S. (2019) *Optimización de la gasometría de lentes intraoculares Double C-loop para garantizar la estabilidad biomecánica*. Escuela de ingeniería y arquitectura.
- Robinson, E. (2003). *Current therapy in equine medicine* (5). Lugar de publicación: saunders elsevier
- Rojas, J. (2019). *Catarata y facoemulsificación en caninos: actualización en abordaje clínico y resultados de la técnica quirúrgica*. Disponible en:
https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15795/1/2019_catarata_facoemulsificaci%C3%B3n_actualizacion.pdf [Consultado 18/11/2020]
- Rose, M. (2006). *Equine Neonatal Medicine: A case-based approach*. Lugar de publicación: Elsevier
- Sáez, L. (2019). *Medida y cálculo de la posición efectiva de la lente intraocular en la cirugía de catarata*. Óptica y optometría. Facultad de ciencias de la Universidad de Zaragoza.
- Scotty, N., Cutler, T., Brooks, D. y Ferrell, E. (2004) "Diagnostic ultrasonography of equine lens and posterior segment abnormalities" *Veterinary Ophthalmology* 7 (2) pp. 127-139
- Sigle, K. y Nasisse, M. (2006). Long-term complications after phacoemulsification for cataract removal in dogs: 172 cases (1995-2002). *Journal of American Veterinary Medical Association*, 228 (1), pp. 74-79. Disponible en:
<https://www.google.com/url?sa=D&q=https://doi.org/10.2460/javma.228.1.74&ust=1615487220000000&usg=AOvVaw2m03MEaAB6VgzbrLG57G3m&hl=es> [Consultado 19/12/2020]
- Slatter, D. (1990). *Fundamentals of veterinary ophthalmology*. Lugar de publicación: Saunders Company.
- Smith, B. (2009). *Large animal internal medicine* (4). Lugar de publicación: mosby elsevier
- Souza, A., Wouk, A., Deconto, I., Perotta, J. y Laus, J. (2008). "Extracapsular cataract extraction in horses by nuclear fragmentation using adapted instruments" *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* v.60 (n.6) pp. 1375-1381
- Stades, F., Boevé, M., Neumann, W. y Wyman, M. (1998) *Oftalmología para el veterinario práctico*. Lugar de publicación: inter-médica

- Taylor, F., Brazil, T. y Hillyer, M. (2010). *Diagnostic Techniques in Equine Medicine* (2). Lugar de publicación: Editorial Saunders Elsevier.
- Tolón, N. (2017). *Eficacia del tratamiento con dexametasona en el edema macular postquirúrgico (síndrome de irvine-gass)*. Facultad de ciencias de la Universidad de Zaragoza.
- Valentini, S., Tamburro, R., Spadari, A., Vilar, J. y Spinella, G. (2010). "Ultrasonographic Evaluation of Equine Ocular Diseases: A Retrospective Study of 38 Eyes" *Journal of Equine Veterinary Science* (Vol 30, No 3) pp. 150-154
- Viladés, E. (2013). *Fármacos del sistema nervioso. Efectos sobre la visión*. Grado en óptica y optometría. Universidad de Zaragoza.
- Van der Woerdt, A., Nasisse, M. y Davidson, M. (1992). Lens-induced uveitis in dogs: 151 cases (1985-1990). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 201 (6). pp 921-926.
- Whigham, H., Brooks, D., Andrew, S., Gelatt, K., Strubbe, D. y Biros, D. (1999). "Treatment of equine glaucoma by transscleral neodymium:yttrium aluminum garnet laser cyclophotocoagulation: a retrospective study of 23 eyes of 16 horses". *Veterinary Ophthalmology*, 2, pp. 243-250. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1463-5224.1999.00083.x> [Consultado 21/01/2021]
- Williams, D., Barrie, K. y Evans, T. (2002) *Veterinary Ocular Emergencies*. Lugar de publicación: Butterworth-Heinemann.
- Wilson, D. (2012) *Clinical veterinary advisor: the horse*. Disponible en: Elsevier Saunders
- Zapata, G. (2004). *Uveítis recurrente equina*. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/11171> [Consultado 15/02/2021]

ANEXOS Y TABLAS

ANEXO 1: ECOGRAFÍA

ANEXO 2: FÓRMULAS

TABLA 1: PROTOCOLO MÁS UTILIZADO TRAS LA CIRUGÍA DE CATARATAS

Se pueden consultar los anexos y tablas en el siguiente enlace web para ampliar información:

<https://drive.google.com/drive/folders/12KEMEwyL7mTOFYqi4KFLFAZBB00CFI9m?usp=sharing>