



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
TOTALIDAD DE CRÉDITOS Y ALTO NIVEL ACADÉMICO

HIDROCEFALIA EN PERROS

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

YENNY TEJA MEJÍA

Número de cuenta: 41805825-5

Asesor: MVZ Esp. M. en C. Eduardo Carlos Santoscoy Mejía

CIUDAD UNIVERSITARIA, Cd.Mx., 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis padres, Lupita y Hugo, quienes son los cimientos y pilares de mis éxitos y formación; a mi hermano, Hugo, quien ha sido mi socorro en momentos difíciles; a mis amigos, Sofía, Arlette, Andrea Isabel, Melanie, Nanao, Karina, Pablo, Andrea Anahí y Rojo, por haber sido en estos 5 años el sol que brilla después de una tormenta; a mis profesores, quienes, a través de su infinito conocimiento y labor, me han ayudado a alcanzar mis metas y sueños; a mi universidad, la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por brindarme experiencias y oportunidades únicas; a todo aquél que me ha apoyado y alentado para culminar mis estudios.

Mi logro es suyo y siempre les estaré eternamente agradecida.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres por todo su amor, sacrificio y sostén que me impulsaron para llegar hasta aquí. Gracias a mi madre por velar todos los días por mi bienestar y éxito, por su inagotable paciencia y por ser mi principal ejemplo de trabajo arduo y dedicación. Gracias a mi padre por estar siempre cuando lo necesité, por inculcarme el amor a los animales desde que tengo razón y por impulsarme a ser un mejor ser humano.

Gracias a mi hermano por brindarme su apoyo innumerables veces, así como por acompañarme día a día en mi crecimiento profesional.

Gracias a mis amigos por recordarme constantemente que mi esfuerzo vale oro, por acompañarme en una de las etapas más importantes de mi vida y por hacerme sonreír cuando más lo necesitaba.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México por proporcionarme herramientas sumamente preciadas durante mi formación académica.

Gracias especialmente a mi asesor de tesina, principal colaborador en este proceso final, por guiarme con sabiduría y por haber compartido sus valiosos conocimientos que permitieron el desarrollo y culminación de este trabajo.

CONTENIDO

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
JUSTIFICACIÓN.....	8
OBJETIVOS	8
MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
REVISIÓN DE LITERATURA	10
Clasificación	10
Etiología	11
Signos clínicos.....	14
Diagnóstico.....	18
- Radiografía (RX)	18
- Ecografía (ultrasonografía).....	19
- Tomografía computarizada (TC)	21
- Resonancia magnética (RM).....	23
- Electroencefalografía (EEG)	25
Tratamiento	26
- Médico	26
- Quirúrgico.....	27
Factores de riesgo.....	38
Pronóstico.....	38
ANÁLISIS Y CONCLUSIONES.....	39
REFERENCIAS	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de dos compañeros de camada en perros mesocefálicos jóvenes de raza Pastor alemán.....	15
Figura 2. Cachorro de Chihuahueño con hidrocefalia	16
Figura 3. Caso clínico, radiografía de cachorro mestizo de raza toy con sospecha de hidrocefalia (modificada)	19
Figura 4. Ultrasonido del cerebro realizado a través de la fontanela anterior	20
Figura 5. Aspecto ultrasonográfico del cráneo fetal	21
Figura 6. TC cerebral en vista coronal (A) y sagital (B) de un perro (modificada)	22
Figura 7. TC de un perro joven con hidrocefalia posoperatoria (modificada)	22
Figura 8. RM - signos de aumento de la presión intraventricular en perros con hidrocefalia interna	23
Figura 9. RM, en un perro con hidrocefalia interna (modificada) con incremento de presión intraventricular	24
Figura 10. RM transversal potenciada en T2, hidrocefalia asociada a tumor de plexo coroideo en ventrículo lateral izquierdo	25
Figura 11. Registro de EEG en un Pug de 10 semanas con hidrocefalia congénita	26
Figura 12. Curso de una derivación ventriculoperitoneal en un perro	28
Figura 13. Sistema de derivación ventriculoperitoneal.....	28
Figura 14. Imagen transoperatoria de un perro con hidrocefalia.	30
Figura 15. Radiografía de vista lateral del sistema de derivación implantado en un perro	31
Figura 16. RMN de caso en perro	32
Figura 17. Migración del catéter ventricular.....	37

RESUMEN

La hidrocefalia es un trastorno multifactorial que se define como la acumulación excesiva de líquido cefalorraquídeo (LCR) dentro del cerebro o cavidad craneal, la cual, era ocasionalmente diagnosticada en perros hasta que se dispuso de imágenes de diagnóstico, como radiografía (RX), tomografía computarizada (TC) y resonancia magnética (RM), permitiendo así ser identificada y clasificada según el proceso patológico y las diferencias de presión, clasificándose como obstructiva, comunicante y compensatoria. Los factores que contribuyen al desarrollo de la hidrocefalia son diversos y no siempre es posible determinarlos, sin embargo, la presencia de signos clínicos es obligatoria, ya sea, por malformación de la cabeza, disfunciones neurológicas, entre otras. La finalidad de este trabajo es revisar los avances recientes en la comprensión de la hidrocefalia canina, incluyendo etiología, signología clínica, diagnóstico, factores de riesgo, tratamiento, ya sea médico o quirúrgico, con sus respectivas complicaciones y pronóstico de esta patología.

INTRODUCCIÓN

La hidrocefalia no es una enfermedad específica, sino un trastorno multifactorial con variedad de mecanismos fisiopatológicos, la cual, describe la acumulación anormal de líquido cefalorraquídeo (LCR) dentro del cráneo (Hetcht et al., 2010; Przyborowska et al., 2013). El desbalance entre la producción y absorción de LCR es lo que genera su almacenamiento excesivo, caracterizándose por la relación anatómica del proceso patológico subyacente y las diferencias de presión anormales, refiriéndose así la externa e interna al aumento de líquido dentro de los espacios ventricular y subaracnoideo, respectivamente, clasificándose en obstructiva, comunicante y compensatoria según la ubicación de la acumulación (Biel et al., 2013).

Para confirmar la alteración y su posible etiología, existen cuatro modalidades de imagen por diagnóstico, las cuales, son herramientas útiles para confirmar la hidrocefalia y su posible causa. Teniendo así las que nos da resultado presuntivo son la radiografía y ecografía, y definitivo como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM). El tratamiento farmacéutico es con el fin de reducir la producción de LCR a través del uso de diuréticos y glucocorticoides, sin embargo, éstos sólo ofrecen mejoría temporal de los signos clínicos, por lo cual, la intervención quirúrgica es la indicada en la mayoría de los casos de hidrocefalia (Biel et al., 2013), utilizando diversas técnicas quirúrgicas que se basan en la derivación del LCR a otras partes del cuerpo.

JUSTIFICACIÓN

Con el presente trabajo, se tiene como finalidad la construcción de material bibliográfico de consulta actualizado sobre la hidrocefalia, para que así sea utilizada como herramienta de consulta tanto para los estudiantes de Medicina Veterinaria como los médicos veterinarios de animales de compañía y actores del área con interés. A pesar de ser una condición clínica frecuente en perros y gatos, el cuerpo de evidencia científica y la experiencia integral con hidrocefalia es limitada en comparación con otras enfermedades cerebrales.

Para llegar a un diagnóstico preciso, se realiza la descripción clínica incluyendo reseña, etiología, clasificación, signos clínicos, diagnóstico a través de diferentes modalidades de imágenes para orientar al clínico para que identifique las lesiones asociadas a la hidrocefalia, tratamiento farmacológico como quirúrgico y factores de riesgo.

OBJETIVOS

- **General**

Citar el estado de arte sobre la hidrocefalia en perros.

- **Específicos**

- Describir la enfermedad en un contexto general tal como etiología, signos clínicos, factores de riesgo, diagnóstico y tratamiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación es una revisión bibliográfica de tipo documental, ya que, concuerda con Hernández-Sampieri, 2017, en donde, se extrae y recopila la información más relevante y necesaria a través de la consulta, identificación y obtención de literatura científica. Este estudio será de tipo descriptivo con corte cualitativo, considerando que no se realizaron análisis estadísticos ni recolección de datos numéricos, centrándose en una revisión teórica partiendo de los principios del estado del arte.

Para la respectiva revisión se utilizaron distintas bibliotecas digitales como Science Direct, SciElo, Scopus, EBSCO, ProQuestm, Dialnet, Springerm, Servicio Internacional de Información Veterinaria (IVIS), como también información científica disponible en tesis de grado y libros. Aplicando las estrategias de búsqueda tales como palabras clave, delimitación del período (del año 2010 en adelante), del país e idioma de las publicaciones, identificando y seleccionando aquéllos que cumplen con los criterios según los objetivos del trabajo, priorizando a tener un contenido relevante y de calidad, pero limitado, para así articular de forma coherente, consistente y lógico.

Los criterios de búsqueda para la localización de los artículos se realizaron utilizando los siguientes términos de búsqueda: Hidrocefalia (hydrocephalus), perros (dogs), caninos (canine), revisión (review). Empleando diferentes combinaciones y operadores lógicos tales como y/o/and/or, con la finalidad de incluir artículos que no guardan relación con el tema y evitar la exclusión de aquellos estudios relevantes. La selección de materiales fue realizada en español e inglés. Además, las pautas de inclusión implicaron aquellas publicaciones cuya temática tuviera relación la hidrocefalia en perros, mientras que las pautas de exclusión fue la información de estudios que no se ajuste con los objetivos planteados.

REVISIÓN DE LITERATURA

El término hidrocefalia se define como la distensión activa, que implica el movimiento inadecuado de LCR desde el punto de producción dentro de los ventrículos hasta su punto de absorción dentro de la cavidad craneal con la subsiguiente dilatación del sistema ventricular (Estey, 2015).

El LCR se forma principalmente por el plexo coroideo, el cual, reviste los ventrículos del cerebro, específicamente en los laterales, tercero y cuarto a velocidad de 0,047 ml/min en perros, siendo la cara externa de la capa meníngea aracnoides, la que forma una barrera que previene la salida del líquido al espacio subdural. La producción de LCR es independiente de la presión hidrostática y ocurre a ritmo constante; sin embargo, depende de la presión osmótica. El flujo normal de LCR comienza en los ventrículos laterales y viaja a través del agujero interventricular hasta el tercer ventrículo, y desde este punto ingresa al acueducto mesencefálico para emerger en el cuarto ventrículo, desde éste sale por las aberturas laterales para entrar en el espacio subaracnoideo. El movimiento del LCR a través del sistema ventricular es impulsado por el bombeo de sangre en el plexo coroideo, la mayor parte de la absorción del líquido tiene lugar en las vellosidades aracnoideas y, en menor grado, a través del drenaje venoso y linfático alrededor de los nervios espinales y craneales. Las vellosidades aracnoideas son proyecciones del espacio subaracnoideo en la luz del seno venoso, las que se encuentran dentro del seno actúan como válvula que permite que el líquido cefalorraquídeo fluya hacia la luz del seno venoso cuando la presión de éste es mayor que la presión venosa, pero colapsa cuando la presión venosa es mayor, lo que impide que la sangre ingrese al espacio subaracnoideo (Filis et al., 2017; Thomas, 2010).

Clasificación

Según la relación anatómica del proceso patológico subyacente y las diferencias de presión anormales, la hidrocefalia tiene varias divisiones y tipos, encontramos la congénita y la adquirida, siendo más frecuente la primera que la segunda, la cual, se

diagnostica cuando no es posible identificar la causa subyacente del trastorno mediante el examen neurológico, diagnóstico por imágenes y análisis clinicopatológicos y de LCR (Biel et al., 2013), siendo causada generalmente por la interrupción del flujo del LCR o la absorción defectuosa de éste. De igual manera, según la ubicación de la acumulación del líquido, se conoce la hidrocefalia interna que hace referencia que dicho acúmulo se da en el sistema ventricular y la externa, que se da dentro del espacio subaracnoideo. Existiendo varios tipos como son la obstructiva, la comunicante y la compensatoria (Estey, 2015).

La hidrocefalia obstructiva, también conocida como no comunicante se caracteriza por oclusión dentro del sistema ventricular y atrapamiento del LCR rostral al sitio de la obstrucción, dicho bloqueo del flujo frecuentemente ocurre en el acueducto mesencefálico, obstruyendo antes de ingresar al espacio subaracnoideo y generalmente es causado por enfermedades inflamatorias, hemorragia intraventricular, desarrollo de tumores o anomalías congénitas. Mientras que la comunicante, hace referencia al aumento de la producción de LCR sin alteración del flujo de salida o absorción inadecuada, es decir, se genera cuando el líquido del sistema ventricular se comunica con el espacio subaracnoideo, y por último, tenemos la compensatoria, que puede resultar de la pérdida de parénquima del sistema nervioso central, por lo que hay aumento en el volumen del LCR que ocupa el espacio que antes ocupaba el parénquima perdido (Biel et al., 2013; Estey, 2015).

No obstante, Schamall & Cardoso (2011), reconocen dos tipos básicos de hidrocefalia: hipertensa y ex vacuo. La primera, se genera por la obstrucción del drenaje normal del LCR o, con menos frecuencia, debido al exceso de su producción. Mientras que, la segunda se refiere que sea por cualquier motivo a la disminución de parénquima encefálico y su sustitución pasiva por LCR, sin presentar el aumento significativo de presión en el sistema ventricular.

Etiología

En animales, la disminución de la tasa de absorción del LCR respecto a su causa aún no se ha identificado, de igual manera, la sobreproducción de éste se considera

poco frecuente y se le atribuye como consecuencia de neoplasia de plexo coroideo (Biel et al., 2013). No obstante, se mencionarán aquellas anomalías que están asociadas a la hidrocefalia congénita y adquirida en perros, en donde, en la primera se encuentran las malformaciones cerebrales congénitas y cráneo-cervicales y en la segunda, ventriculomegalia en perros, secuelas de encefalitis bacteriana, meningitis idiopática, ependimitis granulomatosa fúngica y tumores.

Las malformaciones cerebrales congénitas tales como holoprosencefalia (arrinencefalia), la cual, consiste en tipos de fallos de separación de los dos hemisferios, es una alteración cerebral poco frecuente, que puede verse en animales nacidos vivos, aunque es más frecuente en los mortinatos (Schmidt & Ondreka, 2019), los trastornos de la migración cortical, que son la lisencefalia (alteración de la migración neuronal que se caracteriza por corteza cerebral de superficie lisa o con pocas circunvoluciones, conocido como cerebro liso), puede ocurrir esporádicamente en animales debido a influencias no genéticas, se diagnostica en el perro Lhasa Apso con mayor frecuencia (Hermann et al., 2011) y la polimicrogiria (malformación cerebral caracterizada por excesivos pliegues corticales y surcos poco profundos), la cual, también está relacionada con la raza, con predominio de los Poodles estándar.

Por último, la malformación de Dandy-Walker (DWM), en donde, se ha descrito agenesia (ausencia) completa o parcial del vermis cerebeloso con dilatación quística del cuarto ventrículo y agrandamiento de la fosa posterior en perros. En muchos casos, no se observa agrandamiento sustancial de la fosa caudal (posterior), lo que ha llevado a la introducción del término "variante Dandy -Walker". Esta anomalía, se ha encontrado en la genética heredada autosómica recesiva de DWM en Boston Terriers y perros euroasiáticos (Schmidt & Ondreka, 2019).

Las malformaciones cráneo-cervicales como son la malformación tipo Chiari y síndrome de superposición occipito-atlanto axial, la cual, la primera se han descrito cambios estructurales en el cráneo y el sistema nervioso central, las características observadas incluyen desviación y, a veces, herniación del cerebelo hacia el agujero magno con desarrollo consecutivo de siringomielia, el cual, es un trastorno que causa la

formación de un quiste en la médula espinal, alterando así el flujo de LCR mediante la atenuación del espacio subaracnoideo, siendo así turbulento y aumento en la velocidad (Schmidt & Ondreka, 2019). Mientras que la segunda, uno de los cambios morfológicos asociados con la miniaturización y la braquicefalia en perros de raza toy es la desalineación de la unión craneocervical. Este síndrome describe el desplazamiento cráneo-dorsal del atlas hacia o a través del agujero magno. Ambas condiciones provocan la elevación dorsal de la cara caudal del bulbo raquídeo y la cara craneal de la médula espinal cervical, así como la compresión de la cisterna cerebelomedular y la indentación variable del cerebelo (Cerdeña-González et al. 2016; Loughin y Marino 2016). Además, se puede observar hidrocefalia y siringomielia debido al bloqueo mecánico directo del flujo normal de LCR (Schmidt & Ondreka, 2019). Respecto a la hidrocefalia adquirida, se describe que la ventriculomegalia canina, la encefalitis bacteriana, la ependimitis granulomatosa fúngica y los tumores, pueden ser causales.

La ventriculomegalia hace referencia a los ventrículos agrandados, los cuales son hallazgo frecuente en las razas braquicefálicas adultas y se utiliza esta palabra para demarcar este hallazgo de la hidrocefalia interna relevante, generando así un término denominado “hidrocefalia constitucional”, el cual, se ha utilizado para describir la asociación de ventrículos grandes con baja estatura en perros braquicéfalos. Sin embargo, estudios morfológicos han demostrado que los perros con ventriculomegalia tienen volúmenes de materia blanca cerebral reducidos (Schmidt et al. 2015). Los estudios de perfusión de RM en perros con ventriculomegalia han revelado reducción del flujo sanguíneo cerebral, lo que corrobora la hipótesis de que esta condición se debe a la distensión activa de los ventrículos. Por lo general, esta detección es considerada como hallazgo incidental siendo de relevancia significativa (Schmidt & Ondreka, 2019).

La meningitis o meningoencefalitis bacteriana es una enfermedad poco frecuente en los perros, pero se sospecha su bajo reporte por la complejidad de diagnóstico y acceso a ello; ésta generalmente se disemina rápidamente y provoca enfermedad grave y la muerte, sin embargo, la hidrocefalia puede estar asociada a ella, específicamente a la periventricular subclínica en perros, no existe la suficiente literatura relacionada con

esta causa subyacente, pero se basa principalmente en los hallazgos de la necropsia, en donde la formación de divertículos subependimarios multifocales a difusos, cavidades periventriculares y malacia es el sello distintivo de esta presentación de hidrocefalia (Schmidt & Ondreka, 2019).

Las micosis del sistema nervioso central son poco frecuentes en animales de compañía y se limitan a áreas endémicas, no obstante, las infecciones cerebrales pueden desarrollarse a partir de la invasión a través de la cavidad nasal y la placa cribosa o de micosis sistémicas, que produce leptomeningitis piogranulomatosa y luego encefalitis granulomatosa generalizada (Greene y Prescott, 2012). Por otra parte, existen informes en algunos animales que produce ependimitis que da lugar a múltiples granulomas subependimarios, mientras que en otros se desarrolla leptomeningitis crónica difusa. Ambas formas pueden alterar el flujo y la absorción del LCR (Robson y Smith, 2011), generando así hidrocefalia.

Por último, encontramos los tumores asociados a esta condición, como son los del plexo coroideo, de la fosa media (tumores de la silla turca), los meningiomas y meduloblastoma.

Signos clínicos

La hidrocefalia congénita se reconoce típicamente en pacientes de dos a tres meses de edad. Se detectan signos clínicos, junto con los rasgos físicos sobresalientes característicos de la hidrocefalia, los animales con este tipo de alteración suelen ser más pequeños que sus compañeros de camada. Sin embargo, se vuelve un desafío en animales juveniles no braquicéfalos, debido a que, la macrocefalia se vuelve menos evidente como se puede evidenciar en la figura 1 (Schmidt & Ondreka, 2019).

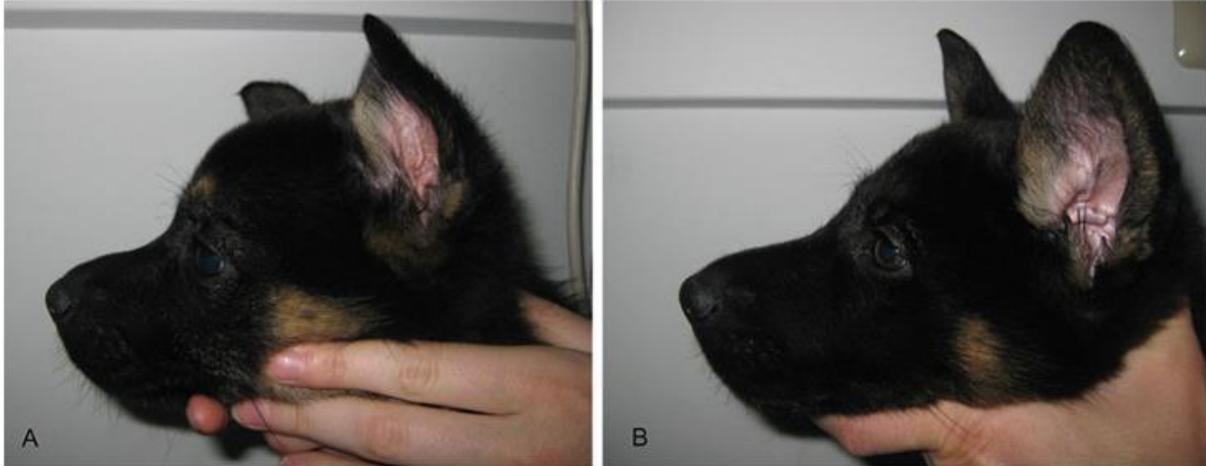


Figura 1. Comparación de dos compañeros de camada en perros mesocefálicos jóvenes de raza Pastor alemán, muestra entre el animal hidrocefálico (A) y el no afectado (B) (modificada) (Imagen obtenida del libro Pediatric Hydrocephalus de Schmidt & Ondreka, 2019).

El agrandamiento del cráneo y la fontanela abierta a menudo son evidentes durante el examen físico, generalmente en los cráneos de perros, las fontanelas están completamente cerradas al mes de edad. De igual manera, la extensión de la distorsión de la bóveda craneal depende de la tasa de acumulación de líquido, la gravedad del agrandamiento ventricular y la etapa de osificación de las suturas craneales por malformación orbitaria o alteraciones anatómicas del mesencéfalo y núcleos oculomotores (Hecht and Adams 2010 & Thomas, 2010).

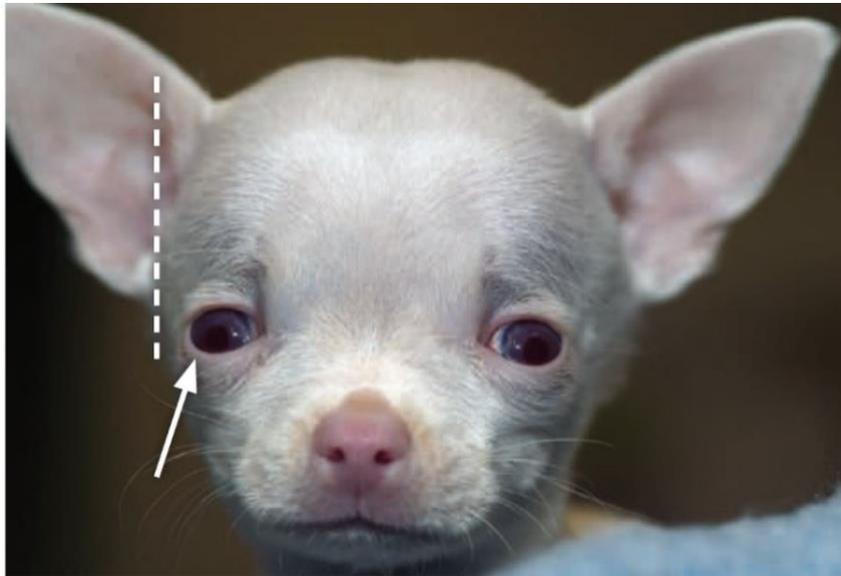


Figura 2. Cachorro de Chihuahueño con hidrocefalia (Imagen obtenida del artículo científico en línea de Canine Hydrocephalus, Royal Canin de Thomas, 2019). *Se observa el aumento y abombamiento de la bóveda craneana, así como el estrabismo ventrolateral. La ampliación de tamaño de la bóveda craneana se puede estimar subjetivamente comprobando si la mayor parte del aspecto lateral del hueso parietal (que se muestra en la línea de puntos vertical) se extiende lateralmente sobrepasando el nivel del arco cigomático (flecha).*

Las malformaciones morfológicas incluyen cabeza agrandada en forma de cúpula con fontanelas persistentes y suturas craneales abiertas. Si se desarrolla hidrocefalia después de que se hayan cerrado las suturas craneales, no hay malformación del cráneo. Los déficits neurológicos son debido a la acumulación excesiva de LCR, por aumento de la presión intracraneal y la pérdida de parénquima cerebral (Hecht & Adams, 2010; Przyborowska et al., 2013; Thomas, 2010).

Los signos neurológicos asociados con la hidrocefalia son variables, dependiendo así de factores como el momento de inicio y la progresión de la presión intraventricular, generando así variación significativa en la presentación clínica y la gravedad de los signos clínicos, lo que ocasiona que los cachorros afectados pueden no tener signos neurológicos evidentes, especialmente cuando son muy jóvenes, sin embargo, la disfunción neurológica puede ser grave en este grupo etario con hidrocefalia congénita,

siendo los signos del cerebro anterior los que predominan, cuando esto no es así, el cuadro clínico es inespecífico presentando falta de apetito, disminución del tono muscular y dificultades respiratorias, también puede ocurrir náuseas y vómitos (Schmidt & Ondreka, 2019).

Los animales hidrocefálicos exhiben estados mentales alterados que van desde la obnubilación hasta la hiperexcitabilidad, marcha en círculos, convulsiones, así como signos clínicos como pupilas dilatadas y fijas, alteración de la conciencia, discapacidad visual y auditiva, incoordinación, temblor, ataxia en los cuatro miembros, déficits de propioceptivos, ceguera, estrabismo ventral o ventrolateral y forma anormal del cráneo. En donde, la pérdida de visión ocurre por daño a la radiación óptica o la corteza occipital, con pérdida de la visión, generalmente los dueños se dan cuenta, ya que, los perros muestran confusión en entornos nuevos o modificados y se asustan fácilmente, al examen clínico se puede observar baja atención a los estímulos visuales como es respuesta de amenaza ausente (Adamiak et al. 2012; Przyborowska et al., 2013; Schmidt & Ondreka, 2019; Thomas, 2010). Los déficits neurológicos pueden progresar con el tiempo, permanecer estáticos o incluso mejorar después de uno a dos años de edad (Armasu et al., 2014).

Así mismo, los déficits de marcha en los animales afectados pueden variar en gravedad según el compromiso del cerebelo o el tronco encefálico, mientras que los problemas de comportamiento tales como agresión, timidez, temor e incapacidad de manejar cualquier tipo de estrés, siendo así los mejores indicadores son simples patrones de comportamiento aprendidos que pueden perderse o nunca aprenderse (Thomas, 2010), siendo así estos signos clínicos los más frecuentes. Sin embargo, otros perros no muestran ningún signo clínico evidente (Adamiak et al. 2012; Przyborowska et al., 2013; Schmidt & Ondreka, 2019; Thomas, 2010).

Por otro lado, los perros gerontes con hidrocefalia adquirida presentan con mayor frecuencia signos clínicos que reflejan anomalías atribuidas a la causa subyacente más que a la enfermedad, la obstrucción completa del flujo de LCR provoca la aparición

aguda de signología como resultado de la pérdida de los mecanismos compensatorios que mantienen la presión intracraneal. Además, las convulsiones pueden ser secuela de la hidrocefalia adquirida al principio del curso de la enfermedad (Lorenz et al., 2010). En donde, los tutores lo describen como episodios epilépticos, siendo así de tipo tónico-clónica generalizada en todos los casos (Biel et al. 2013; Shihab et al. 2011; Thomas 2010).

Diagnóstico

El diagnóstico se basa en combinación de signos clínicos de déficit neurológico, evaluación de la conformación del cráneo e imágenes del cerebro con la finalidad de realizar evaluación del tamaño ventricular e identificar las causas específicas. Es importante tener claro los términos de ventriculomegalia e hidrocefalia, ya que, no son sinónimos. Aunque los ventrículos agrandados son característica de la hidrocefalia, no todos los animales con ventriculomegalia tienen hidrocefalia. En animales neurológicamente normales se puede observar agrandamiento asimétrico y simétrico de los ventrículos laterales. Por lo cual, es relevante la correlación entre la signología clínica que presenta el perro con la identificación de otras características en las imágenes para ayudar a respaldar el diagnóstico (Estey, 2015).

En medicina veterinaria, existen cuatro modalidades de imágenes para diagnosticar la hidrocefalia, la forma presuntiva a través de la radiografía y ecografía, como de manera definitiva mediante pruebas más avanzadas como son la TC y la RM.

- Radiografía (RX)

Se emplea para encontrar cambios de la bóveda craneana (figura 3) causado por la hidrocefalia como también post-operatorio para observar el sistema de derivación como tratamiento quirúrgico desde el cráneo hasta el abdomen del perro (figura 9).



Figura 3. Caso clínico, radiografía de cachorro mestizo de talla toy con sospecha de hidrocefalia (modificada) (Imagen obtenida del artículo científico en línea de Canine Hydrocephalus, Royal Canin de Thomas, 2019). *Se observa aumento de la bóveda craneal (flecha) y la excesiva apertura de fontanelas con huesos craneales finos como adelgazamiento de la corteza ósea fronto-parietal y occipital (círculo rojo).*

-

Ecografía (ultrasonografía)

Esta modalidad es segura y mínimamente invasiva para obtener imágenes de los ventrículos, especialmente si el perro presenta fontanela persistente (abertura en la parte superior del cráneo donde los huesos parietales y frontales no se han fusionado), permitiendo el seguimiento de pacientes con estas fontanelas y sus respectivos cambios a medida que pasa el tiempo. Uno de los mayores beneficios de la ecografía es que en general se puede realizar sin sedación, sin embargo, si se planea seguir con tratamiento médico o quirúrgico se requieren técnicas de imagen más avanzadas (Estey, 2015; Przyborowska et al., 2013).

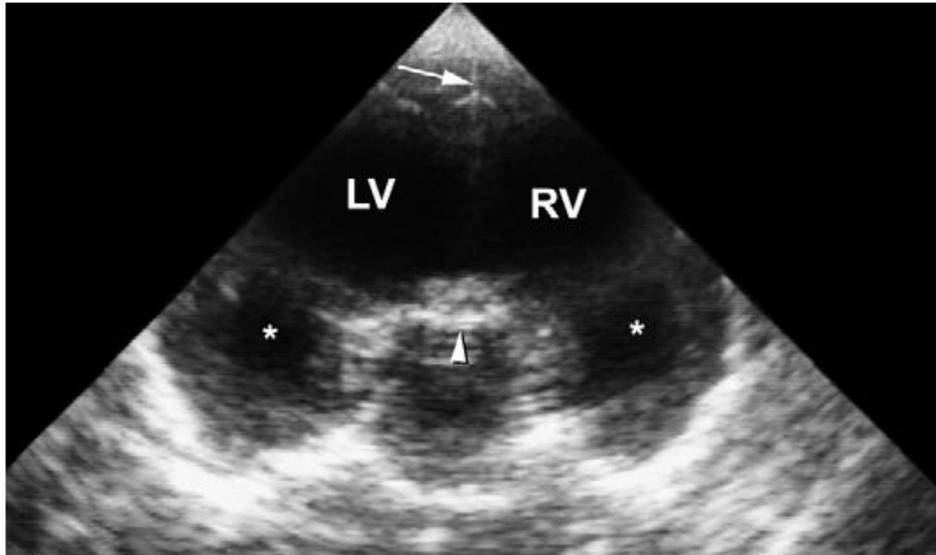


Figura 4. Ultrasonido del cerebro realizado a través de la fontanela anterior (entre los dos parietales y las dos mitades del frontal), LV: Ventrículo lateral izquierdo, RV: Ventrículo lateral derecho. (Imagen obtenida del artículo Hydrocephalus in dogs and cats de Thomas, 2010 de la revista científica Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice). *Se observa una formación de estructura en forma de paraguas (flecha) debido a la fisura longitudinal en la línea media y los surcos esplénicos. Se identifica que ambos ventrículos se encuentran agrandados como también los cuernos temporales de éstos (asteriscos), como también se evidencia el plexo coroideo del tercer ventrículo (punta de la flecha) correspondiente a la región hiperecogénica de la imagen.*

Por otra parte, Sananmuang et al. (2020) informa un caso de diagnóstico prenatal de hidrocefalia fetal en un chihuahueño, el cual fue realizado el día siete antes del parto, las ecografías prenatales mostraron ventrículos laterales cerebrales dilatados bilaterales anecoicos, lo que sugiere regiones llenas de líquido en un feto (figura 5). Se realizó cesárea y el macho recién nacido tenía cabeza en forma de cúpula anormalmente agrandada. Demostrando que el examen ultrasonográfico transabdominal convencional es herramienta útil para diagnosticar claramente la hidrocefalia congénita durante la última etapa de la gestación, siendo así un avance significativo, ya que, la detección temprana es importante para predecir la supervivencia perinatal y se pueden aplicar cuidados de apoyo adecuados en el momento del parto.

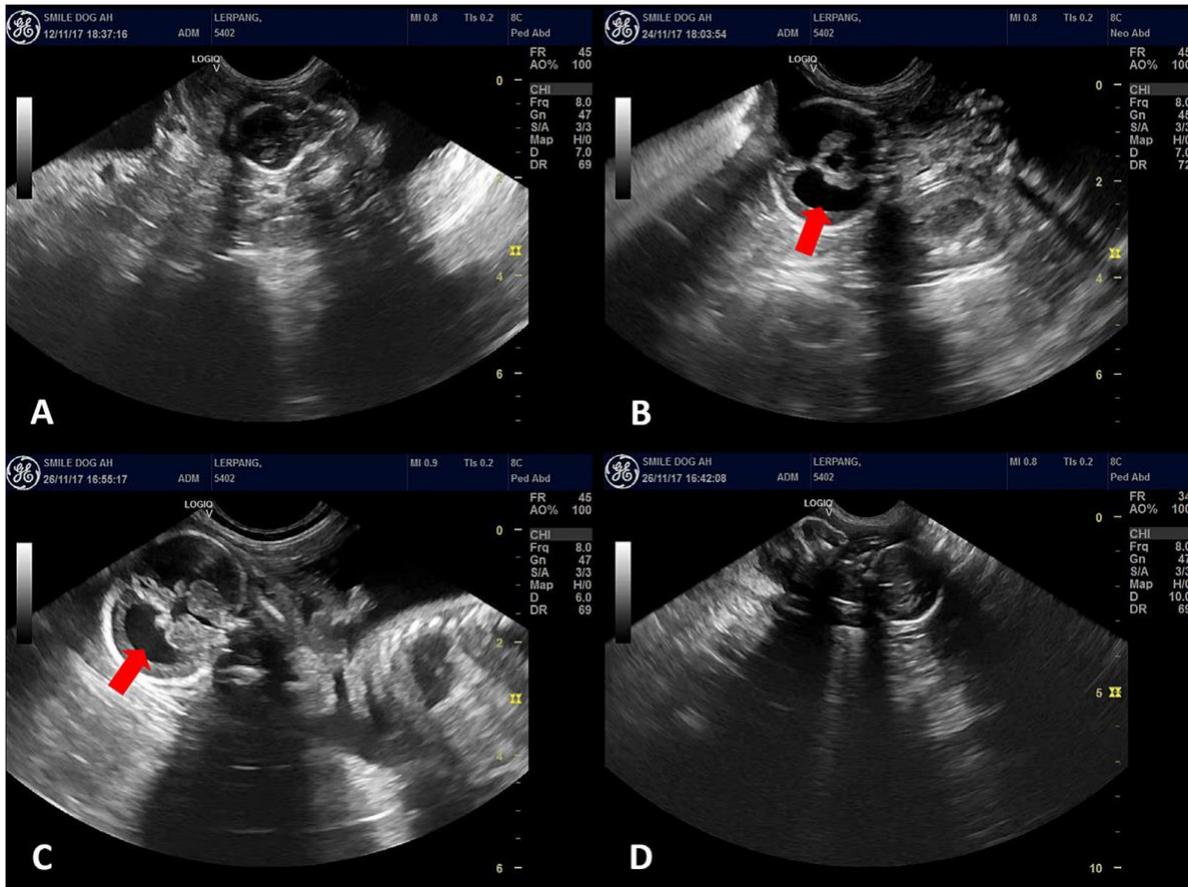


Figura 5. Aspecto ultrasonográfico del cráneo fetal. (Imagen obtenida del artículo Prenatal diagnosis of foetal hydrocephalus and suspected X-linked recessive inheritance of cleft lip in a Chihuahua de la revista científica *The Journal of Veterinary Medical Science* de Sananmuang, 2020). Feto normal (A: 14 días antes del parto, D: día del parto). Feto anormal afectado (B: 2 días antes del parto, C: día del parto). Se observan claramente ventrículos laterales cerebrales dilatados simétricos que parecen anecoicos rodeando el plexo coroideo (Flechas B y C).

- Tomografía computarizada (TC)

La TC permite la visualización de todo el sistema ventricular, así como determinar si hay hemorragia interna. Así mismo, es posible identificar la morfología del sistema ventricular para sugerir la ubicación de la obstrucción o identificar el sitio como tal (Estey, 2015).

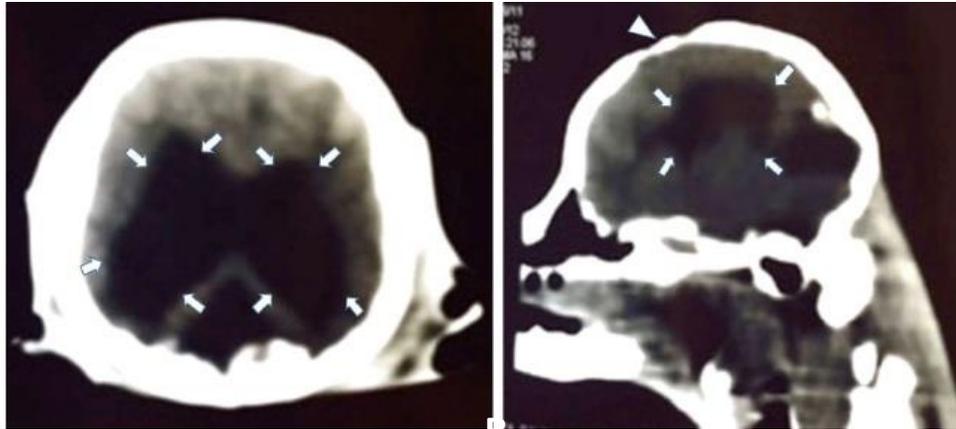


Figura 6. TC cerebral en vista coronal (A) y sagital (B) de un perro (modificada) (Imagen obtenida del artículo Determinación de lesiones encefálicas en canes mediante tomografía computarizada en Lima Perú de Ojeda y Salinas, 2019 de la revista científica Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú). *Se evidencia severa dilatación ventricular (delimitado por flechas blancas) compatible con la hidrocefalia, además se evidencia fontanelas abiertas (cabeza de flecha), sin embargo, este último hallazgo no es patognomónico.*

Por otra parte, la TC sirve para poder confirmar post-operatorio la implantación de la derivación como se puede observar en la figura 7.

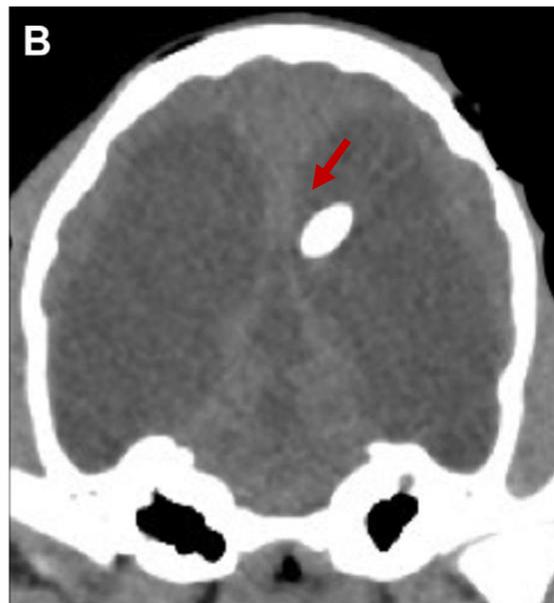


Figura 7. TC de un perro joven con hidrocefalia posoperatoria (modificada) (Imagen obtenida del artículo de revisión Congenital hydrocephalus de Estey, 2016 de la revista científica Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice). *Se observa la colocación de la derivación ventrículo-peritoneal en el ventrículo lateral (flecha roja).*

Resonancia magnética (RM)

Es el método de elección para la evaluación de la hidrocefalia en animales, conocida, por lo tanto, como la prueba de oro, debido a que permitirá la evaluación detallada del parénquima cerebral con la mejor resolución; se pueden observar hiperintensidades periventriculares en la sustancia blanca que a menudo indican edema (Estey, 2015), como se puede observar en la figura 8.

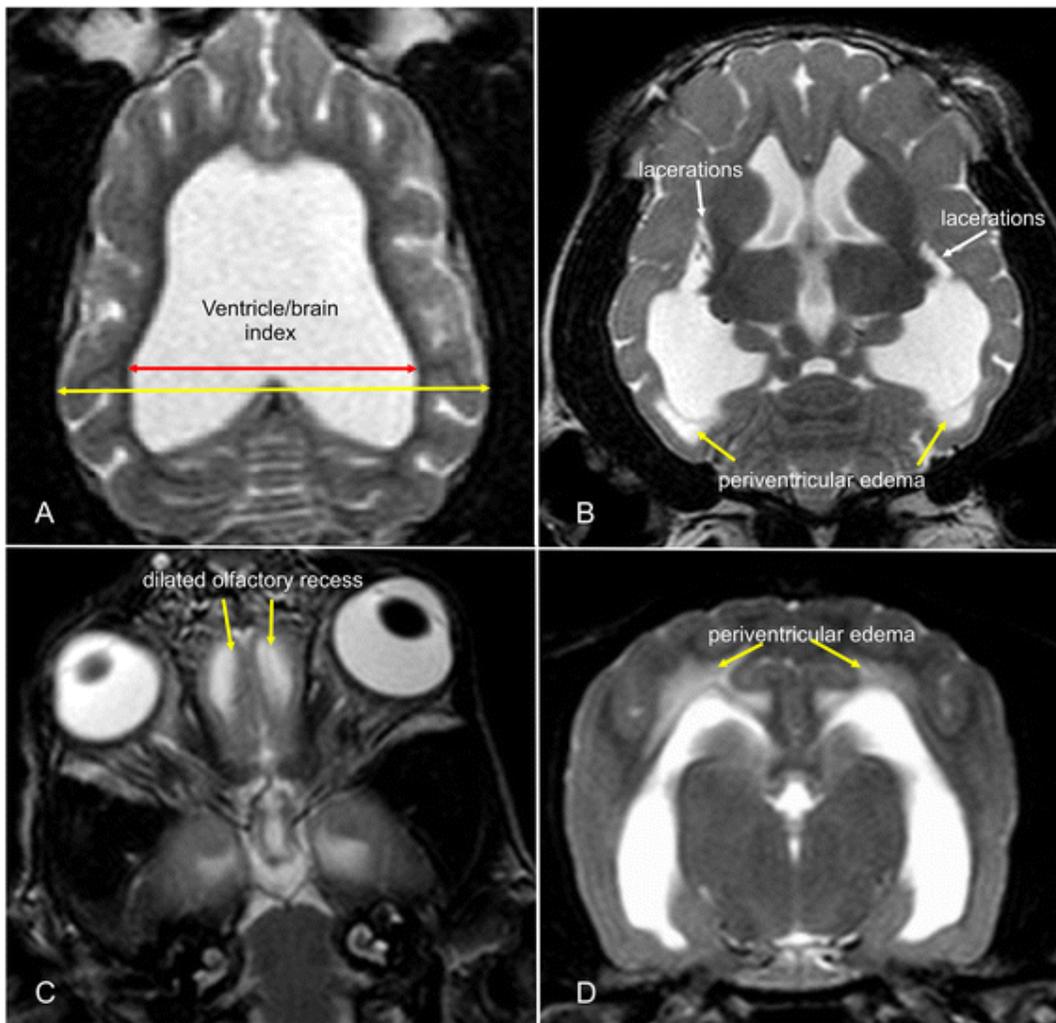


Figura 8. RM - signos de hidrocefalia interna por aumento de presión intraventricular en perros, en vista dorsal (A-C) y transversal (D) (Imagen obtenida del artículo de investigación Magnetic resonance imaging signs of high intraventricular pressure – comparison of findings in dogs with clinically relevant internal hydrocephalus and asymptomatic dogs with ventriculomegaly de Laubner, 2015 de la revista científica BMC Veterinary Research). *Imagen A: Se mide la cantidad de distensión por el índice ventrículo/cerebro, éste se calcula entre el ancho máximo de los ventrículos laterales*

(línea roja) se divide entre el ancho del cerebro al mismo nivel (línea amarilla) lo que da un cociente de 0,62. Un resultado > 0,6 indica mayor riesgo de hidrocefalia clínicamente significativo. Imagen B: se evidencia laceraciones de la sustancia blanca adyacentes al núcleo caudado, las cuales son una consecuencia más de la hidrocefalia. Imagen C: Se revela que la presión intraventricular (PIV) dilata los recesos olfativos. Imagen D: Se observa el resultado de la presión intraventricular ejercida en el parénquima cerebral generando distensión y con ello, edema periventricular.

De igual manera, la RM es útil en identificar anomalías recurrentes (Estey, 2015).

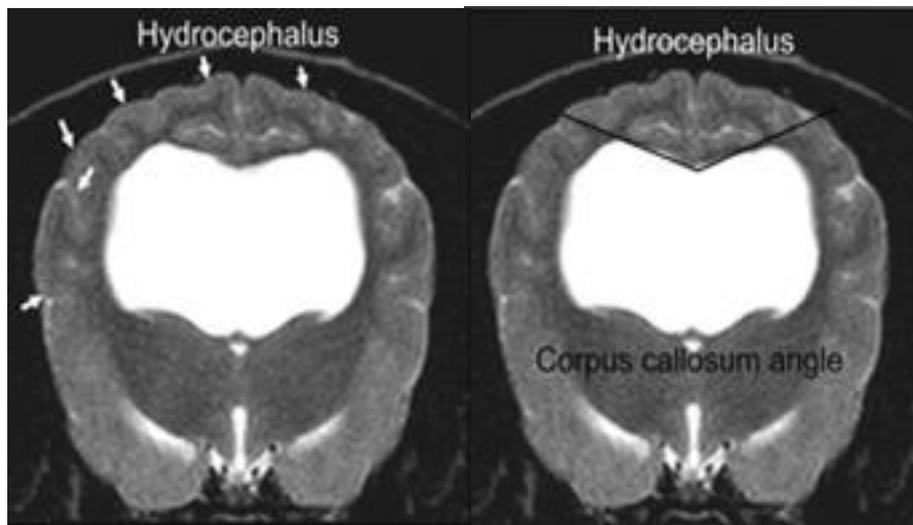


Figura 9. RM, en un perro con hidrocefalia interna (modificada) con incremento de presión intraventricular (Imagen obtenida del artículo de investigación Magnetic resonance imaging signs of high intraventricular pressure – comparison of findings in dogs with clinically relevant internal hydrocephalus and asymptomatic dogs with ventriculomegaly de Laubner, 2015 de la revista científica BMC Veterinary Research). Se evidencia el hallazgo de espacio subaracnoideo comprimido (flechas blancas, A) y la medición del ángulo del cuerpo calloso (B).

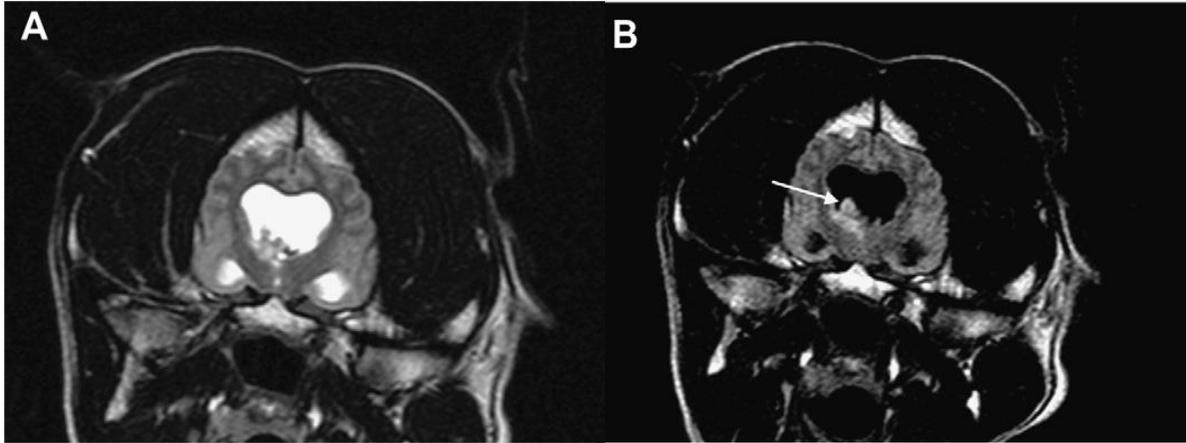


Figura 10. RM transversal potenciada en T2, hidrocefalia asociada a tumor de plexo coroideo en ventrículo lateral izquierdo. Técnica fluido transversal secuencia de recuperación de inversión atenuada (FLAIR) en imagen B (modificada) (Imagen obtenida del artículo Hydrocephalus in dogs and cats de Thomas, 2010 de la revista científica Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice). *Imagen A: Agrandamiento de los ventrículos laterales. Imagen B: Tumor pequeño (flecha).*

- **Electroencefalografía (EEG)**

Éste es considerado un examen complementario no invasivo que, puede repetirse confiablemente sin límites y sin efectos adversos, caracterizándose porque permite monitorear la evolución de la hidrocefalia en el tiempo, permitiendo así detectar descargas epilépticas subclínicas. Existen pocos estudios en perros, teniendo la particularidad de que cada uno utiliza diferentes protocolos para registrar los trazos de EEG: diferente número de electrodos, varios anestésicos en diferentes dosis y diferentes tiempos de registro. No obstante, al encontrar anomalías tales como picos, olas agudas, disritmia (figura 11), entre otras, se le atribuye a la alta presión intracraneal que genera la hidrocefalia (Armasu et al., 2014).

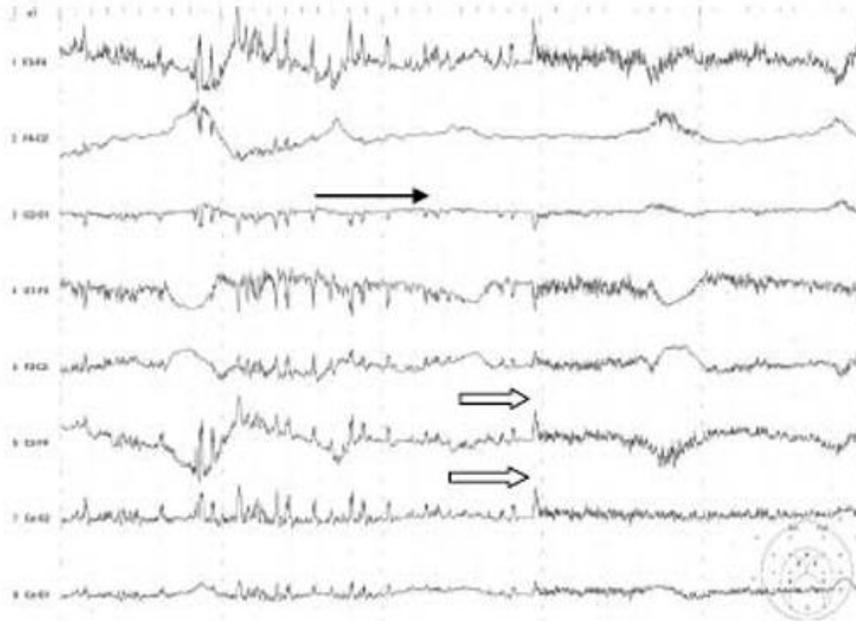


Figura 11. Registro de EEG en un Pug de 10 semanas con hidrocefalia congénita (Imagen obtenida del artículo Electroencephalographic aspects in dogs with congenital hydrocephalus de Armasu et al., 2014 de la revista Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine). *Actividad de picos y olas agudas (flechas gruesas). Actividad de fondo aplanada, más lenta y disrítica (flechas finas).*

En este sentido, el EEG es una técnica útil para evaluar el funcionamiento e impacto de la hidrocefalia en el cerebro, y puede ser utilizado en pacientes con hidrocefalia para monitorear la presencia de descargas epilépticas, sin manifestaciones clínicas.

Tratamiento

- Médico

No existe terapia médica farmacéutica que resuelva la hidrocefalia, ésta es implementada para retrasar la cirugía y moderar el deterioro, así mismo, cuando la resolución quirúrgica no está indicada o no es opción. La finalidad de ésta incluye la administración de fármacos para limitar la producción de líquido cefalorraquídeo (LCR), lo que resulta en reducción de la presión intracraneal (PIC) (Amude et al., 2013) para ello el uso de glucocorticoides y diuréticos (Scarpante et al., 2013).

El tratamiento farmacológico más utilizado es la administración de acetazolamida (10 mg/kg TID) para la reducción de la producción de líquido cefalorraquídeo en la hidrocefalia interna canina, no se ha documentado la eficacia del fármaco en términos de alivio de los signos clínicos y restauración del volumen ventricular normal (Kolecka et al., 2015). En ocasiones, se combina con furosemida, brindando alivio temporal sin beneficios a largo plazo (Thomas, 2010), de igual manera, con el omeprazol (10 mg/kg vía oral SID), el cual según informa Amude et al. (2013), puede disminuir la producción de LCR en aproximadamente un 26% según estudios experimentales con perros sanos, existiendo probabilidad de que al ser agregado a los glucocorticoides pueda mejorar el estado neurológico en perros con aumento de la PIC por hidrocefalia.

Por otro lado, la revisión sobre 40 casos de perros diagnosticados con esta alteración realizado por Gillespie et al. (2019), menciona que la mitad de los perros tratados con prednisolona tuvieron mejoría neurológica según los seguimientos correspondientes, siendo así el manejo médico, dosis inicial de 0.5 a 1 mg/kg de prednisolona, reduciendo a un mínimo dosis efectiva o descontinuada de 0.23 a 0.45 mg vía oral cada 12 a 24 horas, varias investigaciones informan del uso de este fármaco antes, durante y después de la cirugía, de igual modo, como tratamiento paliativo.

- **Quirúrgico**

El tratamiento quirúrgico es el indicado en la mayoría de los casos, la cirugía consiste en colocar una derivación en el sistema ventricular del cerebro. El cuerpo del tubo hace un túnel debajo de la piel, ingresando en el cráneo, pasando a lo largo del cuello, hasta terminar dentro de la cavidad abdominal (figura 12). Esta técnica se denomina derivación ventrículo-peritoneal (VPS, siglas en inglés), donde, sus cuatro componentes primarios son un catéter ventricular, un reservorio, válvula y catéter distal (peritoneal) (figura 13).

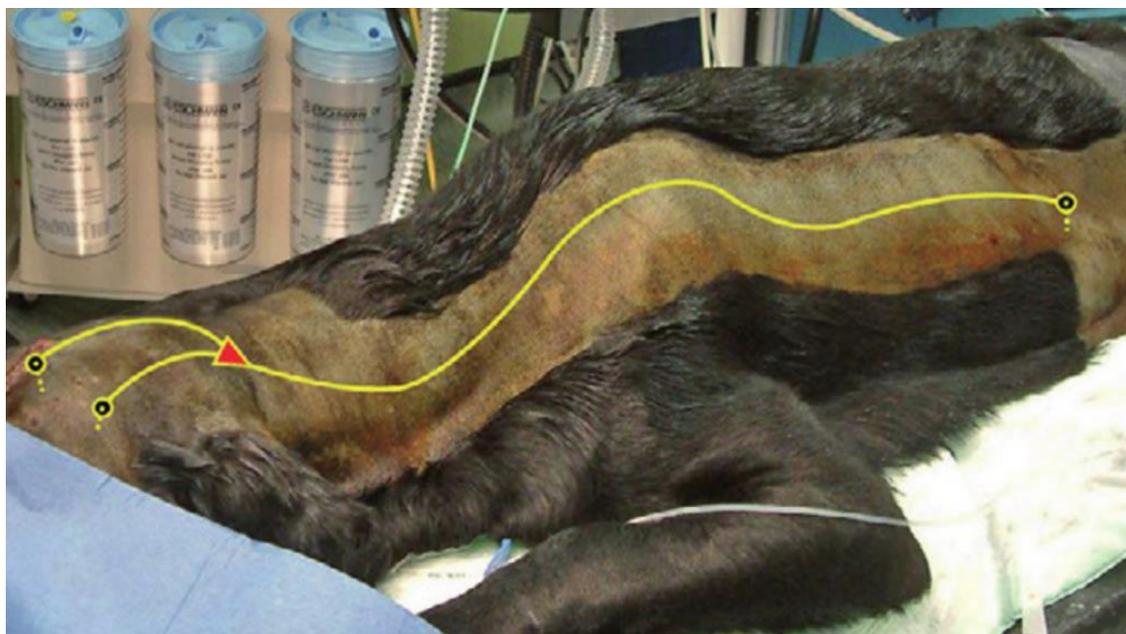


Figura 12. Curso de una derivación ventrículo-peritoneal en un perro (Imagen obtenida del artículo científico en línea de Canine Hydrocephalus, Critical Care DVM de Byers, 2019).

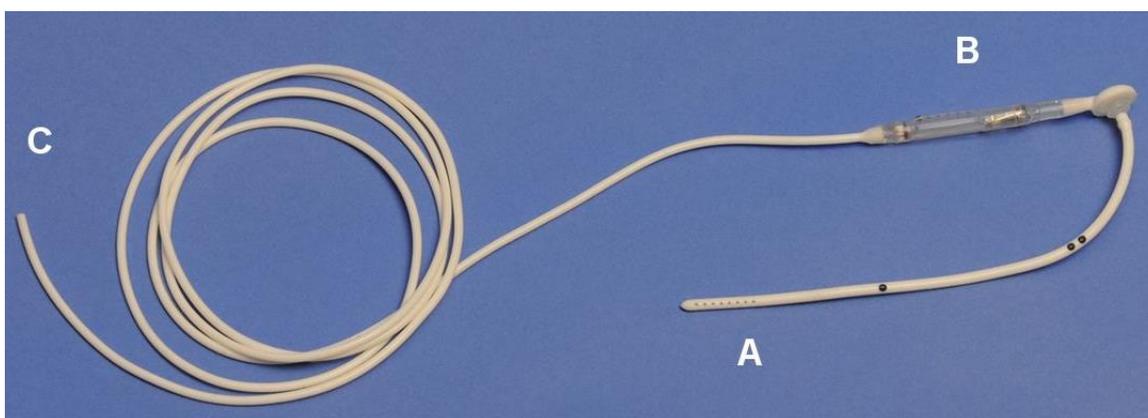


Figura 13. Sistema de derivación ventrículo-peritoneal que muestra el catéter ventricular (A), la válvula (B) y el catéter peritoneal (C) (Imagen obtenida del artículo científico en línea de Canine Hydrocephalus, Royal Canin de Thomas, 2019).

Técnica quirúrgica

El perro se coloca decúbito esternal, se realiza tricotomía en la superficie dorsal del área cervical craneal, el cráneo y la cara, así mismo, el abdomen lateral derecho/izquierdo justo caudal a la última costilla y se prepara dependiendo del lado de la maniobra, con el fin de preparar asépticamente para la cirugía (figura 12).

El procedimiento consiste en colocar una derivación; se realizan pruebas de imagen prequirúrgicas para determinar el punto de incisión sobre el cráneo y se crea un orificio en el hueso parietal caudal medio justo lateral a la cresta sagital con una fresa en un taladro neumático (figura, 14A). La cara ventral del agujero de trepanación se abre con una pequeña cureta para identificar la duramadre, el diámetro del orificio debe ser lo suficientemente grande para acomodar cómodamente el catéter ventricular. Además, se realiza un segundo agujero de trepanación más pequeño caudal a éste, se pasa material de sutura no absorbible de monofilamento desde el agujero de trepanación pequeño al grande; esta sutura se utiliza para asegurar el catéter ventricular al cráneo en etapa posterior de la cirugía. Se incide la duramadre y se abre un camino usando aguja o estilete que se inserta suavemente en la corteza cerebral a nivel del ventrículo lateral. El catéter ventricular se coloca a nivel lateral y se ancla al cráneo, la porción distal del catéter se tuneliza subcutáneamente y luego se inserta en el peritoneo a través de un abordaje paralumbar y se sutura a la pared abdominal (Figura 14B). La longitud del catéter peritoneal insertado se debe ajustar en función del tamaño corporal, si es un paciente que está en crecimiento, se debe colocar una cantidad suficiente de tubería adicional en el abdomen para permitir el desarrollo de los pacientes. También se puede colocar un catéter en la aurícula; sin embargo, esto es técnicamente más desafiante y la vena yugular puede ser demasiado pequeña para el catéter (De Stefani et al., 2011; Estey, 2015).

Se facilita la inserción del catéter ventricular mediante una aguja de 21 G para perforar las meninges, con cauterizador eléctrico coagulamos circularmente la duramadre para evitar el sangrado epidural. El catéter que se introduce en el ventrículo lateral debe tener un ángulo de 30° y dirigido ligeramente craneal. El ángulo preciso de inserción y la profundidad se deben evaluar antes de la cirugía en función de las imágenes de RM del perro. Una vez colocado el catéter en el ventrículo, se retira el estilete y se confirma el flujo de LCR, para ello se usa un homeostato temporalmente para pinzar el catéter ventricular para minimizar la pérdida de LCR mientras la válvula esté conectada. El catéter proximal se asegura al cráneo utilizando la lengüeta de plástico y con una sutura china para atrapar los dedos, la fascia del músculo temporal se vuelve a colocar en la cresta sagital. El catéter proximal se enrolla en el área cervical

craneal y el extremo se une a la válvula, se debe observar que el líquido cefalorraquídeo fluya hacia la válvula y para finalizar se cierra la incisión (Figura 14C). Cuando se deben desviar ambos ventrículos laterales, se utiliza una válvula modificada que tiene 2 puertos de entrada y 1 de salida, para así sólo tener que colocar 1 catéter distal (peritoneal) (De Stefani et al., 2011; Estey, 2015).

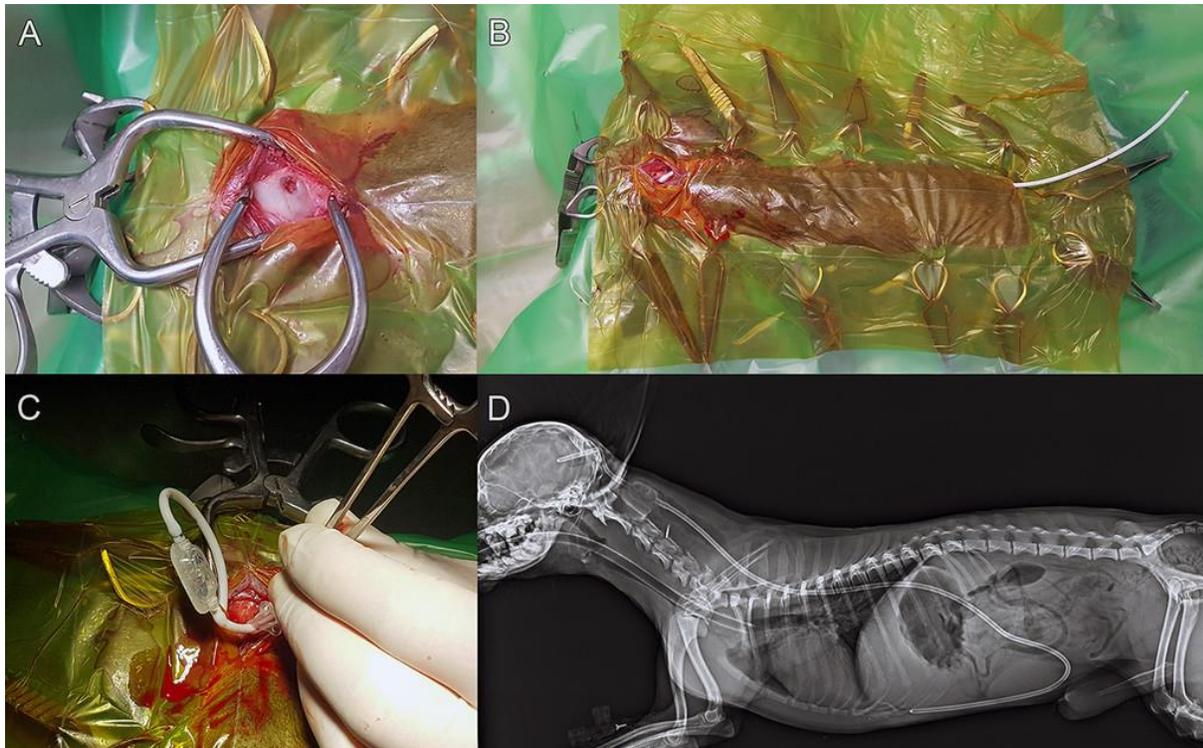


Figura 14. Imagen transoperatoria de un perro con hidrocefalia (Imagen obtenida del artículo Two different indications of ventriculoperitoneal and cystoperitoneal shunting in six dogs de Lehner et. al., 2020 de la revista científica Acta Veterinaria Hungarica). *A) Orificio perforado en la región parietal del cráneo; B) Parte abdominal de la derivación por debajo de la piel; C) Válvula y la derivación ventrículo-peritoneal conectada; D) Radiografía postoperatoria de cuerpo entero.*

Es importante obtener imágenes post-operatorias para confirmar la colocación adecuada de la derivación como se puede observar en la figura 7, figura 14D y figura 15.



Figura 15. Radiografía de vista lateral del sistema de derivación implantado en un perro, se observa la válvula (flecha) (Imagen obtenida del artículo científico en línea de Canine Hydrocephalus, Royal Canin de Thomas, 2019).

Este procedimiento en perros se estableció hace 40 años, no obstante, son escasos los informes sobre el resultado a largo plazo después de la implantación, siendo poca la información acerca de las fallas de la técnica o mejoría de los signos neurológicos después de la cirugía. Se ha informado que es más probable que se desarrollen complicaciones en los primeros tres meses después de la cirugía, por lo tanto, se justifican evaluaciones neurológicas y de imagen de control (Biel et al., 2013).

Este seguimiento se recomienda a los seis meses y un año después de la intervención, enfocado especialmente en los hallazgos anormales que se identificaron versus la evolución postoperatoria.

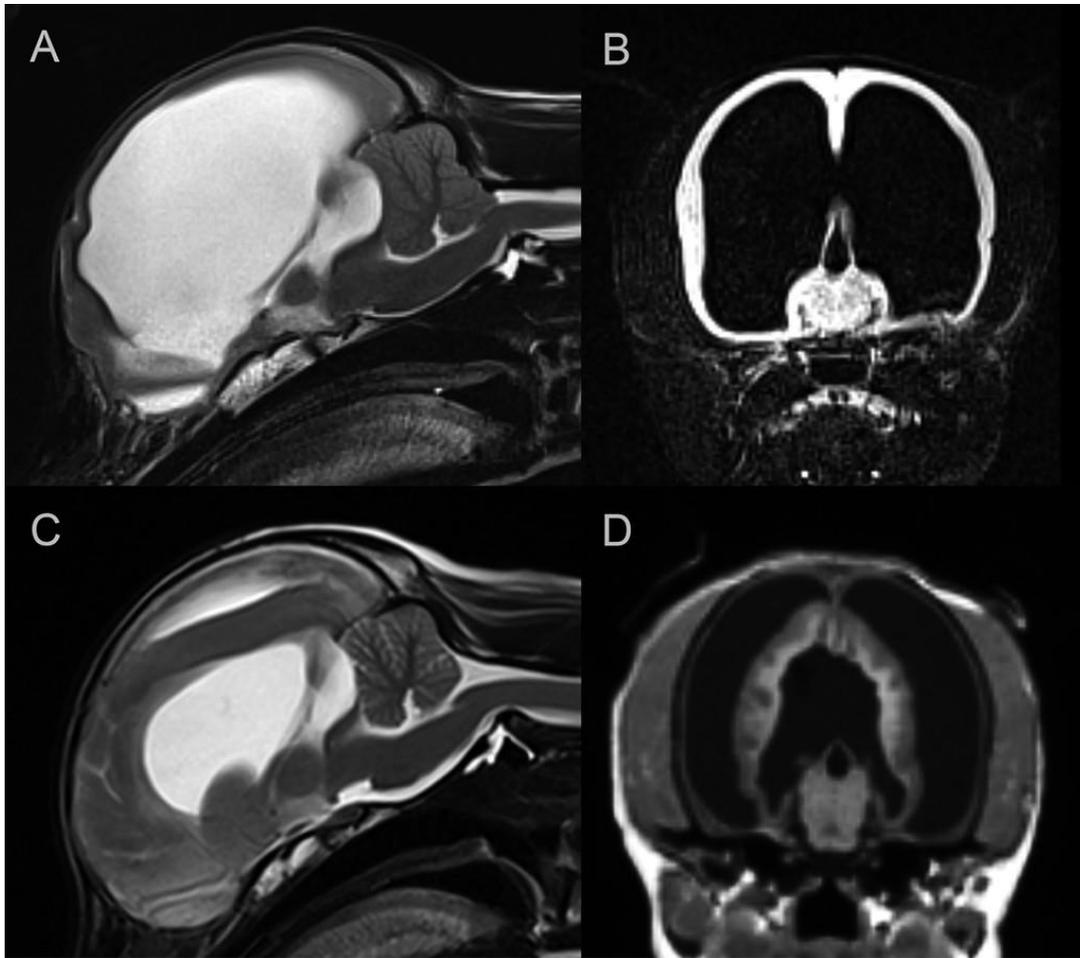


Figura 16. RM de caso en perro (Imagen obtenida del artículo Two different indications of ventriculoperitoneal and cystoperitoneal shunting in six dogs de Lehner et. al., 2020 de la revista científica Acta Veterinaria Hungarica). *A: Imagen sagital ponderada en T2 preoperatoria; B: Imagen FLAIR (recuperación de inversión atenuada de fluido) transversal preoperatoria; C: Imagen ponderada en T2 sagital posoperatoria; D: Imagen ponderada en T1 transversal posoperatoria. Se observa un caso de perro mestizo macho de siete meses de edad diagnosticado con hidrocefalia triventricular severa con estenosis del acueducto y hernia cerebelosa secundaria en el agujero magno (A, B). Un mes después de la cirugía, se revela ausencia de hernia cerebelosa y ventrículos de tamaño reducido (C, D).*

Complicaciones posoperatorias

Las complicaciones de la VPS en perros incluyen infección, derivación insuficiente causada por dislocación, migración, rotura de la válvula, necrosis de la piel, torcedura del catéter, fugas, craneoestenosis, microencefalia, estenosis u obstrucción del acueducto o derivación excesiva que produce colapso ventricular y hematoma subdural (De Stefani et al., 2011; Shihab et al., 2011). Al punto, que varios autores ponen en discusión la necesidad de la válvula, debido a que es una tecnología cara e ineficiente para los resultados que se esperan, al punto de que nombran un síndrome, denominado, hiperdrenaje ("overdrainage syndrome") que consiste en el drenaje excesivo del flujo anormal de LCR por la gravedad.

Por consiguiente, se presenta un consolidado (tabla 1) realizado por Schamall & Cardoso (2011), de once casos clínicos, en donde los perros tenían un diagnóstico clínico, radiográfico TC o RM, siendo así todos operados con la misma técnica descrita anteriormente sin válvula y bajo el mismo tratamiento farmacológico, con el fin, de evidenciar las diferentes respuestas según los pacientes perros con hidrocefalia.

Tabla 1

Casos clínicos con hidrocefalia tratados con desviación ventrículo-peritoneal avalvular

Caso No.	Formas de identificación y diagnóstico	Principales signos clínicos	Condición clínica posoperatoria	Complicaciones	Control posoperatorio
1	Poodle, macho, 3 meses. Clínico y radiográfico	Dolor craneano, macrocefalia, estrabismo, agresividad	Completa resolución de los síntomas, reducción del diámetro de la cabeza	Disforia posoperatoria inmediata, hemorragia en el sitio quirúrgico	Asintomático > 2 años
2	Poodle, hembra, 2	Macrocefalia con	Resolución parcial de los síntomas.	Ninguna	Asintomática durante 8

	meses. Clínico y radiográfico	asimetría, estrabismo, varias fontanelas abiertas	Mantuvo la asimetría craneal		meses. Muerte por causas no relacionadas
3	Poodle, macho, 3 años. Clínico y tomográfico	Dolor craneano y cambios en la conducta, apatía	Paro cardiorrespiratorio durante el procedimiento	Sepsis	Muerte después de 24 horas de la resucitación con tórax abierto
4	Poodle, macho, 2 meses. Clínico y radiográfico	Macrocefalia, múltiples fontanelas abiertas, cambios en el comportamiento, demencia, incapacidad para caminar	Ninguna mejoría	Neumonía por aspiración	Muerte después de 4 días
5	Bóxer, macho, 8 años. Clínico y tomográfico	Glioma diencefálico: síndrome cerebral leve y grave dolor cervical	Resolución parcial de los síntomas (síndrome cerebral), y completa del dolor durante 6 semanas	Ninguna	Muerte debido al problema principal después de 6 meses
6	Poodle, macho, 6 meses. Tomográfico	Grave dolor cervical	Completa resolución de los síntomas	Ninguna	Asintomático durante 1 mes. Obstrucción y recurrencia de los síntomas.

					Asintomático (> 5 años) después de la resolución de la obstrucción
7	Yorkshire, hembra, 4 meses. Clínico y radiográfico	Macrocefalia, fontanela abierta, estrabismo, síndrome cerebral	Completa resolución de los síntomas, incluida la macrocefalia	Ninguna	Asintomática (> 3 años)
8	Yorkshire, hembra, 4 meses. Clínico, radiográfico y ultrasonográfico	Macrocefalia, cambio en la conducta, dolor craneal	Resolución parcial de los síntomas. Macrocefalia leve y agresividad	Ninguna	Asintomática (control hasta 1 año posoperatorio)
9	Pinscher, macho, 3 meses. Clínico y radiográfico	Hipertensión de la fontanela dorsal, amaurosis y agresividad	Completa resolución de los síntomas	Ninguna	Asintomático (> 6 meses)
10	Pinscher, hembra, 3 meses. Clínico y radiográfico	Hipertensión de la fontanela dorsal, caminar en círculos y agresividad.	Completa resolución de los síntomas	Edema no local por 2 días. Sospecha de fuga de LCR alrededor de la trepanación	Asintomática después de 4 días. Pérdida de seguimiento después de 2 meses.
11	Pinscher, hembra, 5 meses	Hipertensión de la	Ninguna mejoría a los 5 días de la	Ninguna	Eutanasia después de 5 días de

meses. Clínico y radiográfico	fontanela, demencia, incapacidad para caminar, agitación. Dueño en contra de la cirugía.	intervención	posoperatorio
----------------------------------	--	--------------	---------------

Nota: Datos tomados del artículo de investigación en línea Cirugía de la hidrocefalia en perros: ¿la válvula es realmente necesaria? de Schamall & Cardoso, 2011.

La complicación más frecuente es el bloqueo del flujo de LCR a través de una derivación intacta. La causa más frecuente de obstrucción es (1) el bloqueo del catéter ventricular a medida que el flujo de LCR empuja el plexo coroideo hacia la derivación y (2) el bloqueo por tejido glial debido a la proliferación de astrocitos (Thomas, 2010). Concordando de cierta forma, con el estudio realizado por Gradner et al. (2019), en donde, menciona que la obstrucción del catéter fue la causa más frecuente del mal funcionamiento de la derivación, existiendo la probabilidad de ocurrir dentro de cada parte del sistema.

La colocación incorrecta, la migración y la desconexión son más frecuentes poco después de la implantación y se identifican fácilmente en las radiografías (Figura 17). Para colocar correctamente el catéter ventricular, el cirujano debe prestar mucha atención a la profundidad de la inserción, según las imágenes preoperatorias y debe asegurarse de que el LCR fluya desde el extremo distal en la cirugía.



Figura 17. Migración del catéter ventricular por fijación inadecuada al cráneo, desplazamiento fuera del ventrículo y es visible en el tejido subcutáneo (flecha) (Imagen obtenida del artículo Hydrocephalus in dogs and cats de Thomas, 2010 de la revista científica Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice).

La segunda causa más frecuente es por infección con tasa informada de aproximadamente 8 a 15% entre los pacientes que se someten a la colocación de VPS. Por lo tanto, se recomienda el uso de antimicrobianos como amoxicilina + ácido clavulánico (20 mg/kg cada 12 horas durante 4 semanas), no obstante, lo ideal es realizar cultivos antimicrobianos y resultados de susceptibilidad para elegir el fármaco apropiado, siendo *Staphylococcus* spp, el agente más reportado.

Otro punto es el exceso de derivación, el cual puede conducir al desarrollo de hematomas e higromas subdurales, además que da como resultado disminución rápida de la presión intracraneal causada por drenaje excesivo de LCR y lesión resultante de las venas en el espacio subdural. También conduce a signos clínicos cuando el hematoma es grande o agudo, se han informado de éstos a nivel subdural en perros después de la colocación de VPS (De Stefani et al., 2011; Shihab et al., 2011). Según los autores, en esta situación se recomienda una válvula de mayor presión para evitar el colapso rápido de los ventrículos severamente dilatados y el desarrollo de éstos.

Si se forma un higroma y provoca algún signo clínico, se recomienda cambiar la válvula de menor presión a una de mayor presión. Si también se desarrolla hematoma subdural además del higroma durante el procedimiento de cambio de válvula, el material del hematoma debe eliminarse mediante dos pequeños orificios de craneotomía, pero si se desarrolla higroma o hematoma subdural y no presenta ningún signo clínico, se recomienda observación clínica y controles de RM a los seis meses y un año después de la intervención. En caso de quistes cuadrigéminos, se utiliza válvula de baja presión, debido a que el quiste es un área alterada dentro del cráneo y se recomienda su reducción completa (Lehner et al., 2020). Varias investigaciones informan cirugías de revisión que incluye reemplazo de catéter ventricular o peritoneal, reemplazo de válvula o eliminación de piel necrótica en el abdomen (De Stefani et al., 2011).

Factores de riesgo

Según Biel et al. (2013), la hidrocefalia congénita tiene predisposición para perros de razas miniaturas o pequeñas, especialmente con mayor riesgo en cráneos braquicéfalos, concordando con Estey (2015), el cual, menciona que está sobrerrepresentada en perros de raza toy, siendo así las razas que presentan mayor riesgo el Lhasa apso, el Cairn terrier, el Yorkshire terrier, el Maltés, el Poodle toy, el Pomerania, el Boston terrier, el Bulldog inglés, el Pug, el Pequinés y el Chihuahueño, siendo esta última la más afectada (De Stefani et al., 2011; Shihab et al. 2011). Sin embargo, es difícil evaluar si la mayor prevalencia en esta raza está determinada por anomalía genética que afecta directamente al sistema nervioso central o más bien está asociada con su morfología aberrante de la cabeza (Schmidt & Ondreka, 2019).

Pronóstico

El pronóstico de la hidrocefalia es grave funcional, debido a que, en la mayoría de los casos, los signos neurológicos de los pacientes mejoran poco después de la cirugía; sin embargo, si las deficiencias y/o anomalías son graves, la evolución post-operatoria puede ser mínima y es probable que se produzcan anomalías neurológicas permanentes si la corteza cerebral se ha dañado (Thomas, 2010). Biel et al. (2013)

menciona que eventualmente conduce a compromiso de los vasos cerebrales, destrucción focal del revestimiento endimario, lesión neuronal y atrofia grave de la sustancia blanca y al daño a la sustancia blanca periventricular.

ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Anteriormente, la hidrocefalia era una alteración con bajo índice de diagnóstico, principalmente por acceso limitado a imágenes que la confirmaran, su signología clínica es muy variable, sin embargo, la presencia de signos clínicos y/o hallazgos que indiquen elevación de la presión intraventricular (PIV) son indicios de su presentación, siendo así la presencia de éstos obligatoria. Se debe caracterizar claramente el tipo de signos asociados para evitar falsos diagnósticos y tratamientos inadecuados. Aquí, es donde la imagenología permite realizar un abordaje más apropiado y clasificar según las diferencias de presión anormales y la relación anatómica del proceso patológico subyacente, existiendo varias categorizaciones, estos métodos permiten proporcionar criterios para saber cómo abordarla y en qué momento. Aunque existe tratamiento médico farmacológico, este es paliativo y a pesar de los riesgos y complicaciones que puede generar el VPS como resolución quirúrgica, a la fecha se considera la mejor opción para la mayoría de pacientes con hidrocefalia y el único tratamiento capaz de ofrecer control de los signos clínicos a largo plazo, teniendo la claridad de que la expectativa de esta implementación no es una resolución completa de la enfermedad, pero sí mejora en calidad de vida con anomalías neurológicas aceptables.

Por lo cual, se concluye que la hidrocefalia en perros es un trastorno que genera desafío para los veterinarios en términos de diagnóstico y tratamiento, debido al acceso limitado a técnicas de imagen avanzadas como la RM o TC y por la complejidad del tratamiento quirúrgico. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, si esta alteración se diagnostica correctamente y el VPS es adecuado, las posibilidades de funcionamiento exitoso son significativas.

REFERENCIAS

Adamiak Z, Jaskolska M, Pomianowski. (2012). Lowfield Magnetic Resonance Imaging of canine hydrocephalus. *Pakistan Veterinary Journal* 32, 128–130.

Amude, A. M., Zanatta, R., de Souza Lemos, R., Pelegrini, L., Alba, K. Q., Viccini, F., & Alfieri, A. A. (2013). Therapeutic usage of omeprazole and corticoid in a dog with hydrocephalus unresponsive to conventional therapy. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(2), 805-809.

Armaşu, M., Stanciu, G. D., Musteață, M., Mocanu, D., & Solcan, G. (2014). Electroencephalographic aspects in dogs with congenital hydrocephalus. *Bull. Univ. Agric. Sci. Vet. Med.*, 71, 2.

Bazelle J, Caine V, Palus V, Summers BA, Cherubini CB. (2015). MRI characteristics of fourth ventricle arachnoid diverticula in five dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 56(2):196–203

Biel, M., Kramer, M., Forterre, F., Jurina, K., Lautersack, O., Failing, K., & Schmidt, M. J. (2013). Outcome of ventriculoperitoneal shunt implantation for treatment of congenital internal hydrocephalus in dogs and cats: 36 cases (2001–2009). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 242(7), 948-958.

Brewer DM, Cerda-Gonzalez S, Dewey CW, Coates JR. (2010). Diagnosis and surgical resection of a choroid plexus cyst in a dog. *J Small Anim Pract* 51:169–172

Byers C. G.. Canine hydrocephalus. *CriticalCareDVM* [Internet]. 2019 [citado 19 enero 2023]; 1. Disponible en: <https://criticalcaredvm.com/hydrocephalus-dogs-cats/>

Cerda-Gonzalez S, Bibi KF, Gifford AT, Mudrak EL, Scrivani PV (2016) Magnetic resonance imagingbased measures of atlas position: relationship to canine atlantooccipital overlapping, syringomyelia and clinical signs. *Vet J* 209:133–138.

De Stefani A, de Risio L, Platt SR, Matiasek L, LujanFeliu-Pascual A, Garosi LS (2011) Surgical technique, postoperative complications and outcome in 14 dogs treated for hydrocephalus by ventriculoperitoneal shunting. *Vet Surg* 40:183–19.

Driver CJ, Chandler K, Walmsley G, Shihab N, Volk HA. (2013). The association between Chiari-like malformation, ventriculomegaly and seizures in cavalier King Charles spaniels. *Vet J* 195:235–237.

Estey, C. M. (2016). Congenital hydrocephalus. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, 46(2), 217-229.

Farke, D., Kolecka, M., Czerwik, A., Wrzosek, M., Schaub, S., Kramer, M., ... & Schmidt, M. J. (2020). Prevalence of seizures in dogs and cats with idiopathic internal hydrocephalus and seizure prevalence after implantation of a ventriculo-peritoneal shunt. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34(5), 1986-1992.

Filis, A. K., Aghayev, K., & Vrionis, F. D. (2017). Cerebrospinal fluid and hydrocephalus: physiology, diagnosis, and treatment. *Cancer Control*, 24(1), 6-8.

Giacinti, J. A. (2016). Ventriculoperitoneal shunt for treatment of hydrocephalus in a French bulldog puppy. *The Canadian Veterinary Journal*, 57(3), 309.

Gillespie, S., Gilbert, Z., & De Decker, S. (2019). Results of oral prednisolone administration or ventriculoperitoneal shunt placement in dogs with congenital hydrocephalus: 40 cases (2005–2016). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 254(7), 835-842.

Gillespie, S., Gilbert, Z., & De Decker, S. (2017, April). Results of oral prednisolone administration or ventriculoperitoneal shunt placement in dogs with congenital hydrocephalus. In *BSAVA Congress Proceedings 2017* (pp. 478-478). BSAVA Library.

Gomes, S. A., Targett, M., & Lowrie, M. (2020). Congenital external hydrocephalus in a dog. *Journal of Small Animal Practice*, 61(11), 710-713.

Gradner, G., Kaefinger, R. and Dupré, G. (2019). Complications associated with ventriculoperitoneal shunts in dogs and cats with idiopathic hydrocephalus: A systematic review. *J. Vet. Intern. Med.* 33, 403–412.

Greene CE, Prescott JF (2012) Mycobacterial infections. In: Greene CE (ed) *Infectious diseases of the dog and cat*, 3rd edn. Elsevier, St. Louis, 334–335.

Gutiérrez, M., Feijóo, G., & Delucchi, L. J. (2020). Neurophysiological evaluation of canine congenital hydrocephalus in three dogs. *Veterinary Record Case Reports*, 8(1), 949.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2017). *Metodología de la investigación*. Sexta edición, 634. McGraw.

Hecht, S., & Adams, W. H. (2010). MRI of brain disease in veterinary patients part 1: basic principles and congenital brain disorders. *Veterinary clinics: small animal practice*, 40(1), 21-38.

Hermann A, Hecht W, Herden C. (2011). Lissenzephalie und Mikroenzephalie kombiniert mit Hypoplasie des Corpus callosum und Cerebellum bei einer Europäischen Kurzhaarkatze. *Tierarztl Prax* 39(K): 116–120.

Kolecka, M., Ondreka, N., Moritz, A., Kramer, M., & Schmidt, M. J. (2015). Effect of acetazolamide and subsequent ventriculo-peritoneal shunting on clinical signs and ventricular volumes in dogs with internal hydrocephalus. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 57(1), 1-6.

Laubner, S., Ondreka, N., Failing, K., Kramer, M., & Schmidt, M. J. (2015). Magnetic resonance imaging signs of high intraventricular pressure-comparison of findings in dogs with clinically relevant internal hydrocephalus and asymptomatic dogs with ventriculomegaly. *BMC Vet. Res.*, 11(1), 1-11.

Lehner, L., Czeibert, K., & Nagy, G. (2020). Two different indications of ventriculoperitoneal and cystoperitoneal shunting in six dogs. *Acta Vet.*, 68(1), 95-104.

Lee KI, Lim CY, Kang BT, Park HM. (2011). Clinical and MRI findings of lissencephaly in a mixed breed dog. *J Vet Med Sci* 73(10):1385–1388

Lorenz, M. D., Coates, J., & Kent, M. (2010). *Handbook of Veterinary Neurology-E-Book*. Elsevier Health Sciences.

Loughin CA, Marino DJ. (2016). Atlantooccipital overlap and other craniocervical junction abnormalities in dogs. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 46:243–251

MacKillop E. (2011). Magnetic resonance imaging of intracranial malformations in dogs and cats. *Vet Radiol Ultrasound* 52(1 Suppl 1): S42–S51

Ojeda, C., & Salinas, E. (2019). Determinación de lesiones encefálicas en canes mediante tomografía computarizada en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2), 787-794.

Orlandi, R., Vasilache, C. G., & Mateo, I. (2020). Palliative ventriculoperitoneal shunting in dogs with obstructive hydrocephalus caused by tumors affecting the third ventricle. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34(4), 1556-1562.

Oura TJ, Early PJ, Jennings SH, Lewis MJ, Tobias JR, Thrall DE. (2013). Canine choroid plexus tumor with intracranial dissemination presenting as multiple cystic lesions. *Case Rep Vet Med*.

Pomianowski, A., & Adamiak, Z. (2012). Magnetic Resonance Imaging as a useful tool for the selection of pharmacological and surgical treatment options for canine hydrocephalus. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 56, 389-391.

Przyborowska, P., Adamiak, Z., Jaskolska, M., & Zhalniarovich, Y. (2013). Hydrocephalus in dogs: a review. *Veterinarni Medicina*, 58 (2).

Rueda Rincón, Y. P. (2016). Hidrocefalia en un paciente canino: reporte de un caso.

Robson K, Smith PM. (2011). Cryptococcal meningoencephalitis in a dog. *Vet Rec* 168:538–542.

Salgüero, R. and Plessas, I. N. (2017): Clinical presentation and magnetic resonance imaging findings in a juvenile dog with unilateral hydrocephalus and presumed periventricular encephalitis. *Vlaams Diergeneesk. Tijdschr.* 86, 297–302.

Sananmuang T., Mankong K., Jeeratanyasakul P., Chokeshai-Usaha K., Ponglowhapan S. (2020). Prenatal diagnosis of foetal hydrocephalus and suspected X-linked recessive inheritance of cleft lip in a Chihuahua. *J. Vet. Med. Sci.* 82(2): 212-216.

Scarpante, E., Palus, V., Cherubini, G. B., & White, D. (2013). Congenital hydrocephalus case study: pathophysiology, treatment and prognosis. *Companion Animal*, 18(5), 206-209.

Schamall, F. R., & Cardoso Jr, R. B. (2011). Cirugía de la hidrocefalia en perros: ¿la válvula es realmente necesaria? *Nota del editor*, 2(1), 97.

Schmidt, M., & Ondreka, N. (2019). Hydrocephalus in animals. *Pediatric Hydrocephalus*, 12:53-95.

Schmidt MJ, Volk H, Klingler M, Failing K, Kramer M, Ondreka N. (2013). Comparison of closure times for cranial base synchondroses in mesaticephalic, brachycephalic, and Cavalier King Charles Spaniel dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 54:497–503.

Shihab, N., Davies, E., Kenny, P. J., Loderstedt, S., & Volk, H. A. (2011). Treatment of hydrocephalus with ventriculoperitoneal shunting in twelve dogs. *Veterinary Surgery*, 40(4), 477-484.

Thomas, W. B. (2010). Hydrocephalus in dogs and cats. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, 40(1), 143-159.

Thomas, W. B. Canine hydrocephalus. Royal Canin [Internet]. 2019 [citado 28 noviembre 2022]; 1. Disponible en: <https://vetfocus.royalcanin.com/es/cientifico/hidrocefalia-en-el-perro>

Trindade, A. B., de Sá, T. C., Pessoa, L. F., Fernandes, E. P. A., & de Paula, D. S. (2019). Canine hydrocephalus-case report. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 22(2), 65-69.

Woo, D. C., Choi, C. B., Nam, J. W., Ryu, K. N., Jahng, G. H., Lee, S. H., ... & Choe, B. Y. (2010). Quantitative analysis of hydrocephalic ventricular alterations in Yorkshire terriers using magnetic resonance imaging. *Veterinární medicína*, 55(3), 125-132.

Zhao, K., Sun, H., Shan, Y., Mao, B. Y., & Zhang, H. (2010). Cerebrospinal fluid absorption disorder of arachnoid villi in a canine model of hydrocephalus. *Neurology India*, 58(3), 371.