

Valoración inicial de los traumatismos medulares



■ Fabio Viganò, DVM, SCMPA

Clínica Veterinaria San Giorgio, Milán, Italia

El Dr. Viganò se licenció en veterinaria en 1987 especializándose durante los últimos 20 años en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades de los Pequeños Animales. Su principal área de interés se centra en la medicina de Urgencias y Cuidados Intensivos. Ha organizado sesiones de formación tanto en universidades como en clínicas privadas, y publicado artículos y libros sobre la materia. Es miembro fundador de la Sociedad Europea Veterinaria de Urgencias y Cuidados Intensivos y de la Sociedad Italiana Veterinaria de Urgencias y Cuidados Intensivos. Es Profesor Honorífico en la Universidad de Milán, en Italia, y en la Universidad de Lisboa, en Portugal, así como director de una clínica privada de asistencia 24 horas en Milán.



■ Costanza Blasi, DVM

Clínica Veterinaria San Giorgio, Milán, Italia

La Dra. Blasi se licenció con grado en 2010 en la Facultad de Medicina Veterinaria de Pisa. Después de trabajar en un laboratorio de histopatología durante un año, realizó un internado en la Clínica Veterinaria Gran Sasso de Milán. Actualmente trabaja en la Clínica Veterinaria de San Giorgio en Milán. Su principal campo de interés es la Citología y Dermatología Veterinaria.

PUNTOS CLAVE

- Una lesión medular puede ser consecuencia de una lesión primaria (fracturas, hernias discales, hemorragias o edema) o de alteraciones bioquímicas o metabólicas secundarias a un traumatismo primario.
- Es necesario determinar, en todos los pacientes con traumatismo medular, si hay o no inestabilidad.
- El diagnóstico requiere una evaluación neuro-ortopédica y el estudio de las pruebas de diagnóstico por la imagen correspondientes.
- El manejo inmediato del paciente con traumatismo medular consiste en estabilizar las funciones vitales, inmovilizar al paciente, controlar el dolor y, si fuera necesario, administrar metilprednisolona.

■ Introducción

Las causas más comunes de un traumatismo medular (TM) son los accidentes de tráfico, caídas, heridas de bala, mordeduras, y lesiones por objetos grandes. El traumatismo puede afectar a una o varias estructuras anatómicas: vértebras, discos intervertebrales, meninges y médula espinal. En una evaluación inicial las lesiones medulares se distinguen en:

- Lesiones primarias: dislocación vertebral y fracturas, hernia de disco traumática, hemorragia (intramedular, epidural y subdural) o edema de la médula espinal.
- Lesiones secundarias: alteraciones bioquímicas y metabólicas producidas por una lesión primaria, teniendo lugar unas horas o días posteriores al traumatismo.

Las lesiones primarias se pueden dar por la acción de fuerzas de compresión, flexión, rotación y/o extensión sobre la columna vertebral: estas fuerzas pueden interactuar causando varias lesiones, por lo que es necesario determinar si el traumatismo ha provocado inestabilidad (1). Hay dos métodos para valorar la estabilidad.

El primer método consiste en dividir las vértebras en tres regiones (**Figura 1**):

- Dorsal: incluyendo las apófisis articulares, lámina, pedículos y apófisis espinosas.
- Intermedia: incluyendo el ligamento dorsal longitudinal, la porción dorsal del cuerpo vertebral y la porción dorsal del anillo fibroso.
- Ventral: incluyendo el ligamento longitudinal ventral, y la porción lateral y ventral del anillo fibroso, núcleo pulposo y porción restante del cuerpo vertebral (2).

Si al menos 2 de estas regiones están implicadas habrá inestabilidad de la médula.

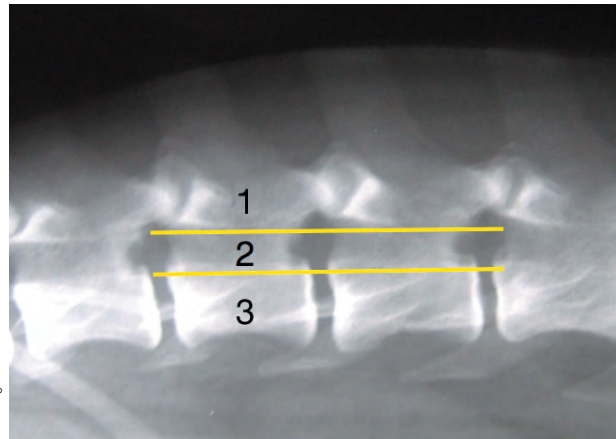
El segundo método se basa en evaluar el número y localización de las lesiones del cuerpo vertebral, caras articulares y discos intervertebrales (2,3) de la siguiente manera (**Figura 2**):

- Lesiones del disco intervertebral: puede haber inestabilidad por la pérdida del control de la rotación, flexión y extensión de la columna.
- Lesiones en una única cara articular: inestabilidad leve durante la rotación.
- Lesiones en un único cuerpo vertebral: las fracturas suelen ser inestables, en especial cuando hay inclinación ya que el cuerpo vertebral se puede colapsar si la columna vertebral está comprimida axialmente.
- Lesiones simultáneas en 2 ó 3 estructuras anatómicas: inestabilidad grave en los movimientos vertebrales.

Cuando se evalúa la médula espinal para determinar la gravedad de la lesión, se deben tener en cuenta tres parámetros (4):

- La duración de la compresión;
- La extensión ósea afectada;
- La fuerza ejercida por la compresión.

Las lesiones secundarias son consecuencia de alteraciones bioquímicas y metabólicas y del déficit de perfusión. Cuando la perfusión sanguínea de la médula espinal está reducida se reduce también la energía disponible, las membranas neuronales pierden su polarización liberando neurotransmisores excitadores (*por ejemplo*, glutamato) los cuales, al unirse a sus receptores neuronales específicos, activan los canales de calcio dependientes de voltaje. Los iones de calcio y sodio entran en las neuronas y en las células de la glía, aumentando el gradiente osmótico, dando lugar a edema y muerte celular. La alteración de la membrana neuronal desencadena un proceso inflamatorio, la liberación de radicales libres y de especies reactivas del oxígeno (ROS) que perpetúan el daño cerebral. Las lesiones secundarias o se resuelven dentro de las

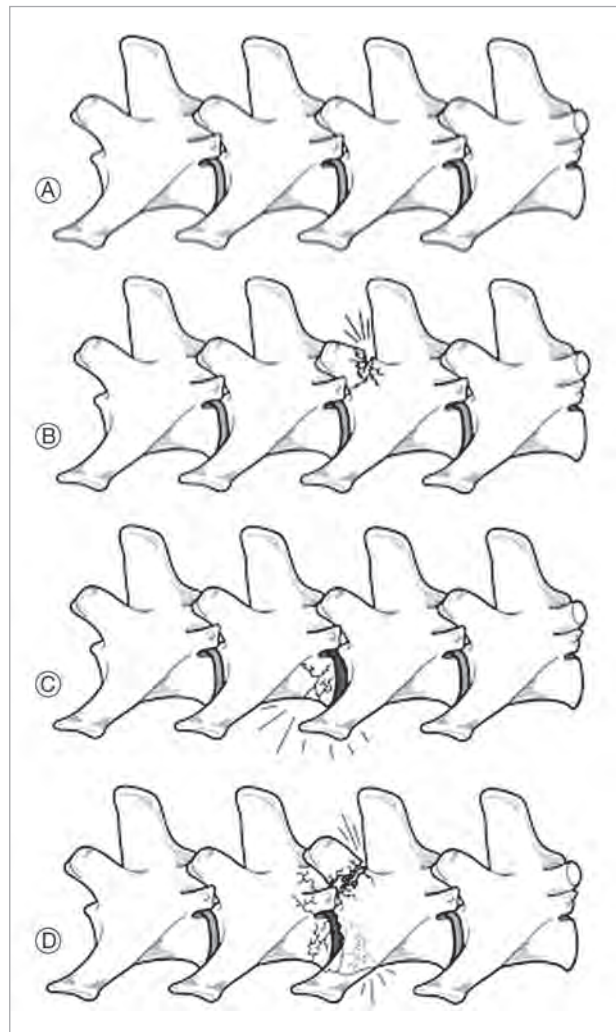


© Dr. Viganò

Figura 1. Para evaluar las lesiones de la columna vertebral, se pueden dividir las vértebras en tres regiones: dorsal (1) intermedia (2) y ventral (3).

Figura 2. Lesión vertebral causada por traumatismo medular:

- Lesión en el disco intervertebral sin fractura (sin daño óseo)
- Fractura de la cara articular
- Fractura del cuerpo vertebral
- Fracturas múltiples



© After M. Bernardini

VALORACIÓN INICIAL DE LOS TRAUMATISMOS MEDULARES

primeras horas o de lo contrario pueden provocar daños permanentes en el tejido nervioso. Una lesión en la sustancia gris siempre es más grave que si se produce en la sustancia blanca, y la lesión axonal se repara más rápidamente que la del cuerpo celular o pericarion. Cuanto más afectado esté el pericarion, mayor será la gravedad de los síntomas clínicos. (5).

■ Manejo inicial

Las primeras instrucciones de manejo pueden comenzar incluso antes de que el paciente sea atendido en la consulta, cuando el propietario llama por teléfono al centro veterinario. Si se sospecha de inestabilidad de la columna el paciente debe ser transportado sobre una tabla rígida de una longitud mínima similar a la de la columna y que soporte las 4 extremidades inmovilizando los hombros y la pelvis (6). En caso de TM el paciente suele tener politraumatismos, por lo que es imprescindible valorar las funciones vitales y reducir las consecuencias de lesiones secundarias. Se debe comprobar la integridad de la vejiga mediante palpación abdominal y, en los casos de duda, confirmar mediante radiografía o ecografía. La medición seriada del hematocrito y el estudio de la ecografía abdominal ayudan a detectar la posible rotura de algún órgano (por ejemplo, hígado, bazo o riñón). Solamente después de haber evaluado los signos vitales (perfusión, presión sanguínea y oxigenación como mínimo) se pueden investigar las posibles lesiones medulares. Los pacientes con TM llegan normalmente en estado de shock hipovolémico, por lo que es difícil o imposible, hacer una evaluación inmediata de la movilidad y de la presencia o ausencia de dolor profundo o superficial (7).

■ Diagnóstico

El diagnóstico requiere tanto una exploración neuro-ortopédica como la realización de pruebas de diagnóstico por imagen. Este procedimiento se debe efectuar cuando el paciente esté estable.

Pruebas neurológicas y ortopédicas

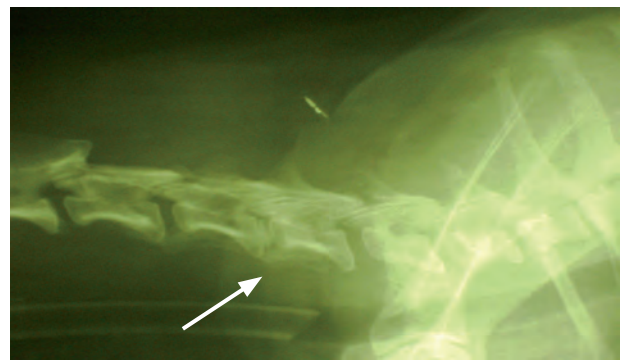
Que el paciente pueda caminar no excluye la presencia de lesiones neurológicas graves e inestabilidad en la columna. Para evitar mayores lesiones hay que manipular al paciente con mucho cuidado. La evaluación empieza por una palpación suave de la columna (**Figura 3**), desde la base del cráneo hasta la base de la cola para detectar inestabilidad vertebral, dislocaciones, crepitación o dolor, aunque la ausencia de estos signos no descarta la inestabilidad (7). La exploración de la médula espinal se debe hacer de la siguiente manera:

- Postura
- Nivel de consciencia y pares craneales
- Reflejos espinales de las cuatro extremidades



© Dr. McNeill

Figura 3. La exploración de un paciente con traumatismo medular debe incluir una palpación suave de la columna desde la base del cráneo hasta la base de la cola.



© Dr. McNeill

Figura 4. La radiografía muestra una protrusión del disco cervical.

- Dolor profundo y superficial
- Reflejo panicular

La evaluación de la funcionalidad de la médula permite determinar la zona neuroanatómica lesionada e identificar los primeros signos que orientarán sobre el pronóstico. Las pruebas neurológicas se deben realizar de forma sistemática y protocolizada y se deben tener en cuenta ciertas presentaciones, por ejemplo, la postura Schiff-Sherrington con la típica rigidez de las extremidades anteriores y paraplejía por un traumatismo a nivel de T2-L4 (5) que provoca un aumento de la actividad de los músculos extensores de las extremidades anteriores. Esta postura no se debe confundir con la rigidez de las cuatro extremidades que se da por descerebración, o postura descerebelosa, que se caracteriza por la extensión rígida de las extremidades anteriores y flexión de las posteriores, producido por un traumatismo craneal y acompañado por alteraciones en los pares craneales (8). La hemiplejía con déficits neurológicos asimétricos, la nocicepción alterada del lado correspondiente y la pérdida de la función simpática, son signos característicos de hernia discal con protrusión dorsolateral del núcleo pulposo (9).

El reflejo panicular se pierde aproximadamente a la altura

de 1 ó 2 segmentos caudales a la lesión medular y, aunque se puede emplear para localizar con precisión las lesiones entre T1 y L3, no es fiable para lesiones más caudales. Hay que tener en cuenta que una doble lesión medular puede ser difícil de reconocer, por ejemplo, una lesión al nivel de las vértebras lumbares caudales puede ocultar un problema en T3-L3. En cuanto al pronóstico, la ausencia de sensibilidad profunda al dolor en las extremidades posteriores es el único signo claro que indica que la recuperación funcional es improbable.

Diagnóstico por imagen

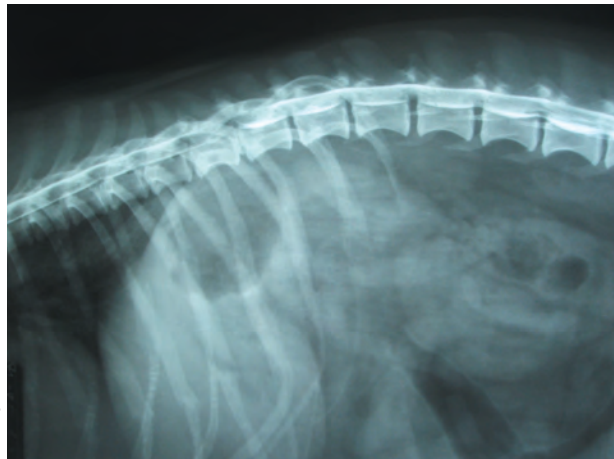
Después de realizar una exploración neurológica completa, se pueden hacer radiografías: en primer lugar latero-laterales, después, con el paciente todavía en decúbito lateral, se puede realizar una radiografía en proyección oblicua con el fin de identificar posibles fracturas en las caras articulares. Para la vista ventrodorsal se debería valorar el uso de un haz horizontal con el fin de no mover al animal y evitar más daños. La sedación profunda o la anestesia general no están recomendadas porque pueden provocar espasmos de los músculos paravertebrales y causar inestabilidad (1).

Las radiografías tienen una sensibilidad del 72% para las fracturas vertebrales y del 77,5% para las subluxaciones. Sin embargo el valor predictivo negativo es del 51% en el caso de fragmentos de fracturas dentro del canal vertebral. El diagnóstico de hernias discales intervertebrales (**Figura 4**) mediante radiografía tiene una sensibilidad del 64-69%, mientras que el valor predictivo positivo es del 63-71% (7). Por lo tanto, en muchos casos es necesario utilizar otras pruebas de diagnóstico como la mielografía, tomografía axial computerizada (TAC) y resonancia magnética nuclear (RMN).

Estas pruebas de diagnóstico por imagen están indicadas para casos en los que las lesiones radiográficas no se corresponden con la exploración neurológica y pueden resultar útiles a la hora de tomar decisiones como las de intervenir quirúrgicamente o no (las lesiones pueden ser irreversibles, y la cirugía no tendría sentido) cuándo intervenir y qué método quirúrgico elegir (descompresión, fijación o ambos) y si es necesario eliminar los fragmentos óseos o del disco en el canal vertebral.

Mielografía

La mielografía requiere anestesia general, la cual como se ha mencionado antes, puede derivar en la inestabilidad de la columna. Inyectar un medio de contraste puede poner en peligro al paciente. Esto se debe valorar frente a los beneficios potenciales (1), sabiendo que las patologías compresivas se deben identificar por desviación, at-



© Dr. Viganò

Figura 5. Mielografía de un perro con traumatismo medular.

nuación u obstrucción del medio de contraste (**Figura 5**); por lo que otras técnicas de diagnóstico más caras no serían necesarias. La mielografía es especialmente útil en los casos de dislocación temporal de una vértebra cuando en la radiografía no se ha apreciado un desplazamiento óseo.

Tomografía axial computerizada

Para realizar una TAC se necesita anestesia general, sabiendo los riesgos que conlleva, pero permite la visualización en 2D ó 3D de la lesión. Debido a esto, se puede evaluar el grado de inestabilidad de la fractura vertebral y se puede obtener información útil para la cirugía (*por ejemplo*, el enfoque apropiado para la fractura). La TAC es más precisa que la radiología a la hora de detectar fracturas de las caras articulares y permite incluso identificar fragmentos pequeños óseos en el canal vertebral. La TAC es cada vez más popular porque se puede diferenciar un edema medular (potencialmente reversible) de una hemorragia intramedular (de peor pronóstico) (10). Las desventajas de esta técnica son la necesidad de manipulación del paciente y el riesgo de que el grado de compresión de la médula pueda ser mayor de lo previsto. Por tanto, la TAC debe estar acompañada de la RMN (10).

Resonancia magnética nuclear

Se trata de una técnica cara y de un procedimiento más largo. Sin embargo, ofrece una valoración más precisa de los tejidos blandos, siendo la técnica de elección para la exploración de las lesiones medulares que se podrían subestimar mediante la TAC.

■ Tratamiento

Dentro de las primeras 24-48 horas es fundamental:

- Estabilizar las funciones vitales,

VALORACIÓN INICIAL DE LOS TRAUMATISMOS MEDULARES

- Inmovilización (férula, tablilla),
- Control del dolor durante mínimo las 96 horas posteriores a la lesión,
- Administración de succinato sódico de metilprednisolona (si se considera oportuno). Más adelante se deben realizar pruebas diagnósticas que determinen el tratamiento ideal para el paciente (**Figura 6**).

Lesiones primarias**Fracturas y dislocaciones vertebrales**

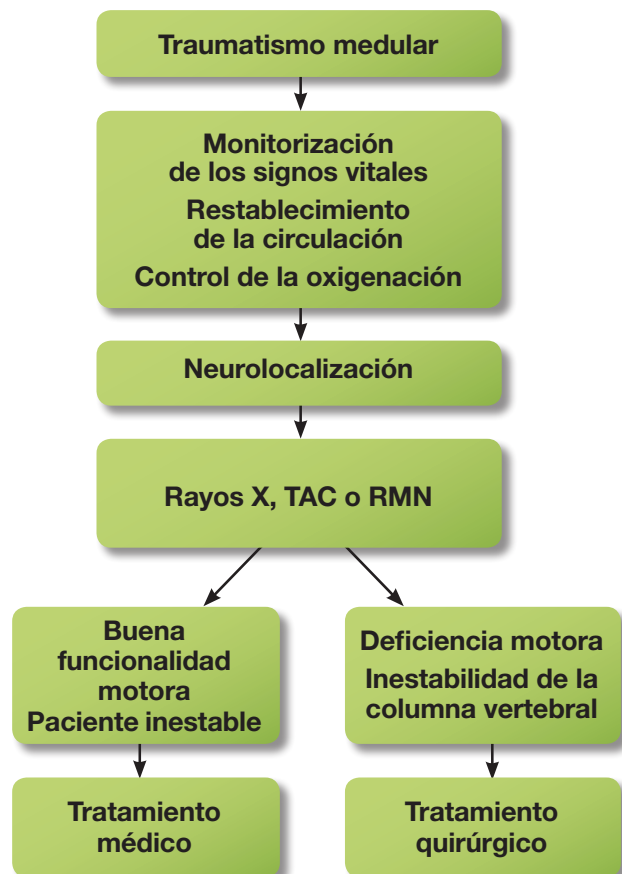
Estas lesiones se pueden tratar quirúrgicamente mediante descompresión y fijación externa o interna, o sin cirugía mediante el uso de soportes externos rígidos (tablillas). Hay mucha controversia en la literatura sobre cuál es el mejor abordaje para estos casos, ya que es una decisión subjetiva del cirujano y del propietario; quienes juntos deben decidir el tratamiento más adecuado. Sin embargo, existen determinadas situaciones en las que está indicado el tratamiento quirúrgico (11,12):

- Funcionalidad motora voluntaria mínima o parálisis total.
- Pruebas clínicas o radiológicas que demuestren fracturas inestables.

- Empeoramiento progresivo de los signos neurológicos a pesar del tratamiento médico.
- Ausencia de dolor profundo (con la médula intacta).
- Compresión grave de la médula.

El factor esencial para realizar la cirugía es que no debe haber lesiones evidentes, graves e irreversibles de la médula espinal. El tratamiento no quirúrgico de las fracturas vertebrales o dislocaciones implica el uso de soportes rígidos de fibra de vidrio, materiales termoplásticos, yeso o varillas metálicas (**Figura 7**) así como el confinamiento en una jaula durante al menos 6-8 semanas. Las férulas o *splint* consiguen la inmovilización completa de la columna vertebral del animal, y se aseguran con un vendaje elástico que mantenga la estabilidad de la columna sin impedir una respiración normal. Hay que revisar los vendajes a diario manteniéndolos limpios y previniendo laceraciones (*por ejemplo*, por la presión de las vendas) que deben tratarse lo antes posible. El tratamiento no quirúrgico es generalmente más económico y permite que el propietario trate al animal en casa sin necesidad de un equipo de profesionales a su cargo. Sin embargo, conlleva más tiempo, la recuperación es más larga y la probabilidad de que surjan complicaciones neurológicas es alta.

Figura 6. Diagrama para el manejo del paciente con traumatismo medular.



Las instrucciones que se dan al propietario en el momento del alta son muy importantes, especialmente en el caso de perros grandes, de hecho, en muchas ocasiones es necesaria la ayuda de un ATV a domicilio (13). Por lo tanto, en los casos en los que es difícil realizar los cuidados necesarios en casa, se recomienda hospitalizar al paciente en un centro de rehabilitación especializado.

Los analgésicos son importantes para el bienestar del paciente, ya que se reducen las complicaciones cardio-respiratorias (taquicardia, taquipnea, vasoespasmos) y la inmunosupresión (con riesgo de infección). Además, una analgesia correcta puede prevenir el retraso de la cicatrización de los tejidos afectados, el aumento de la fase catabólica y la disminución del apetito que se dan como consecuencia del dolor agudo.

Las opciones más adecuadas son:

- Opiáceos como el fentanilo (bolo 2 µg/kg, para seguir en infusión continua (CRI) a 2-4 µg/kg/h), morfina (bolo 0,05 mg/kg luego CRI a 0,1 mg/kg/h o en bolo 0,2 mg IV/IM cada 4-6 horas), o buprenorfina (10-20 µg/kg IV/IM TID). En casos de dolor agudo, una combinación de opiáceos y ketamina (0,2-0,3 mg/kg/IV como dosis de carga inicial seguido de 5-10 µg/kg/min a CRI) se puede administrar durante 24 horas y posteriormente reevaluar al paciente para decidir si tiene que continuar.

- Antiinflamatorios como el ketoprofeno (dosis de carga 2 mg/kg IV/SC/IM luego 1 mg/kg PO SID), o carprofeno (dosis de carga 4 mg/kg IV luego 2,2 mg/kg SC/IM/PO BID). Esto se puede combinar con opiáceos pero solo si no se han administrado corticoesteroides.

Cuando se usan antiinflamatorios o corticoesteroides, también se deben administrar fármacos como la ranitidina (2 mg/kg IV PO BID-TID), o famotidina (0,5 mg/kg PO SID-BID), o diosmectita (1,5 g por paciente PO TID para perros pequeños y gatos, 3 g para perros medianos y grandes.)

Hernia discal traumática

Las indicaciones para el tratamiento quirúrgico de las hernias de disco son las mismas que las descritas previamente. Como alternativa a la cirugía se puede optar a limitar el movimiento y forzar el reposo mediante una jaula durante 6-8 semanas para reducir la inflamación.

Contusión de la médula espinal

Las contusiones en la médula espinal no suelen darse de forma aislada y suelen aparecer como consecuencia de una lesión compresiva o de la inestabilidad de la médula. La cirugía o el tratamiento médico pueden ser necesarios para evitar una lesión secundaria.

Hematoma extra axial

El hematoma extra axial (hemorragia fuera de la médula espinal) no se suele dar en medicina veterinaria como consecuencia de un traumatismo. Si apareciera, se recomienda la descompresión por cirugía.

■ Lesiones secundarias

Hay diferentes opiniones a la hora de elegir el mejor enfoque terapéutico. El veterinario debe basar su elección en las necesidades del paciente y en los últimos conocimientos científicos. Como ya se ha mencionado, los pacientes con TM deben tener una correcta perfusión, una presión arterial normal y una oxigenación óptima para reducir las lesiones secundarias. Con frecuencia, los TM están asociados con problemas respiratorios y cardiovasculares, hemorragias y traumatismos craneales. El elevado riesgo de isquemia y la frecuente hipoperfusión de la médula ósea hacen necesaria la aplicación de una fluidoterapia agresiva con cristaloideos isotónicos, o coloides hipertónicos o sintéticos. En concreto, la solución salina hipertónica aumenta la contractibilidad cardiaca, reduce la inflamación del endotelio y protege la barrera hematoencefálica y medular (14). La pérdida grave de sangre (> 15%) hace necesaria una transfusión de sangre (10-20 ml/kg) o de hemoglobina polimerizada (HBOC



Figura 7. Férula en un perro.

© Reproducido de *Small Animal Neurological Emergencies* de Simon Platt y Laurent Garosi. ISBN 9781840761528, Ed Manson, Londres, 2012.

10-15 ml/kg/h). Se debe mantener un valor de hematocrito \geq 20-25% para asegurar la correcta oxigenación de los tejidos. Para los pacientes que no responden a la fluidoterapia se deben usar aminas vasoactivas en infusión constante, (dobutamina (5-15 μ g/kg) o dopamina (3-10 μ g/kg)). Si hay vasodilatación, se administrará dopamina o norepinefrina (1-10 μ g/kg) y en caso de shock con un gasto cardiaco reducido es mejor utilizar dobutamina. En todos los pacientes con traumatismo se recomienda administrar oxigenoterapia hasta que se descarte la hipoxia.

El uso de corticoesteroides para reducir las lesiones secundarias en pacientes con TM es cuestionable, tanto en medicina humana como en veterinaria. En concreto, el succinato sódico de metilprednisolona (SSDM) se utiliza para reducir la lesión secundaria producida por los radicales libres y para aumentar el flujo sanguíneo local. Los ensayos clínicos sugieren que el efecto protector más importante es frente a los radicales libres, efecto que no se consigue con otros corticoesteroides (7). En un estudio realizado en personas, en el grupo que recibió SSDM en bolo seguido de en infusión continua durante 48 horas, se observó una mejoría neurológica moderada a las 6 semanas después del tratamiento en comparación con el grupo que recibió un placebo (14), pero la mejoría no permaneció en la mayoría de los pacientes; de hecho 6-12 meses después, muchos pacientes desarrollaron neumonía grave o un mayor riesgo de sepsis. Los efectos secundarios más comunes de los corticoesteroides son la gastritis, úlceras e hiperglucemia. Muchos veterinarios consideran el protocolo de SSDM como un estándar para la neuroprotección, aunque no haya evidencia científica que lo demuestre, usando un bolo de 30 mg/kg seguido de CRI a 5,4 mg/kg/h (o un bolo 15 mg/kg cada 6 horas) durante 24-28 horas (11).

VALORACIÓN INICIAL DE LOS TRAUMATISMOS MEDULARES

Otros corticoesteroides (prednisona a 1-2 mg/kg o dexametasona a 0,15-0,3 mg/kg diariamente durante 1-2 semanas) se pueden administrar pero solamente por su efecto antiinflamatorio. Se ha descrito el uso de dexametasona en perros de raza Teckel sometidos a cirugía de hernia discal (15). Este estudio indicó una mayor incidencia de efectos secundarios gastrointestinales con el uso de SSDM.

Merece la pena destacar una breve nota acerca del polietilenglicol (PEG), un surfactante de polímero hidrófilo que puede sellar las fibras nerviosas dañadas ayudando a la restauración de la conducción nerviosa y reparación de las células dañadas. Previene la liberación de neurotransmisores excitadores y de otras sustancias citotóxicas que causan lesiones secundarias. En un estudio en perros con hernia discal tratados con PEG a 2 ml/kg/IV durante 15 minutos con 4 horas de diferencia (16), se observó una mejoría 72 horas desde el inicio de la sintomatología en comparación con el grupo control. Pero a día de hoy no hay estudios sobre el PEG en perros con otros TM.

■ Pronóstico y conclusiones

Este artículo abarca la valoración inicial y el control de los traumatismos medulares, aunque es necesario comentar el pronóstico de estos casos. La pérdida de dolor durante la exploración supone un peor pronóstico en la recuperación de la funcionalidad neuronal, aunque esta posibilidad no se puede excluir del todo. Los pacientes

con fracturas vertebrales o dislocaciones tienen un peor pronóstico que los pacientes con hernias discales. Los perros con fracturas cervicales, incapacidad de caminar o cuando la cirugía se retrasa más de 5 días tienen un mal pronóstico. La estabilización quirúrgica de las vértebras tiene una tasa de mortalidad perioperatoria del 36%. Los perros con una evolución postquirúrgica favorable tienen un mejor pronóstico en cuanto a la recuperación neurológica (11). La hipoventilación es una de las principales complicaciones quirúrgicas, aunque una presión respiratoria positiva y un tratamiento de apoyo agresivo pueden mejorar la evolución postquirúrgica (17).

El procedimiento diagnóstico en gatos es similar, aunque un estudio (18) indicó una alta incidencia de mielomalacia detectada en la cirugía y en la necropsia en gatos con un traumatismo medular sin sensibilidad profunda. Puede deberse a que los gatos están predispuestos a sufrir lesiones neurológicas irreversibles después de un TM, especialmente cuando el traumatismo es muy grave y la sensación de dolor se ha perdido. Los signos clínicos incluyen aparición progresiva de los signos de neurona motora inferior que conlleva a la muerte por fallo respiratorio después de 2-4 días.

Por último, el veterinario debe explicar siempre las ventajas e inconvenientes de cada tratamiento y acordar junto con el propietario la mejor opción terapéutica una vez que el paciente esté estabilizado.

Bibliografía

1. Sharp NJH, Wheeler SJ. Trauma. In: *Small Animal Spinal Disorders: Diagnosis and Surgery* Ames: Mosby-Wolfe, 2004;280-304.
2. Smith GK, Walter MC. Spinal decompressive procedures and dorsal compartment injuries: comparative biomechanical study in canine cadavers. *Am J Vet Res* 1988;49:266-273.
3. Patterson R, Smith G. Backsplinting for treatment of thoracic and lumbar fracture/luxation in the dog: principles of application and case series. *Vet Comp Ortho Trauma* 1992;5:179-187.
4. Coughlan AR, Jessens KR. Secondary injury mechanism in acute spinal cord trauma. *J Small Anim Pract* 1993;34:117-122.
5. Bernardini, M. Traumi. In: *Neurologia del cane e del gatto*. Bologna: Poletto, 2002:181-187.
6. Curtis W, Dewey CW. CNS Trauma: the first 48 hours. In: *Proceedings, 14th IVECCS Phoenix, AZ, 2008*;351-354.
7. Fletcher, D. Traumatic spinal injury. In: *Manual of Trauma Management in the Dog and Cat*. Drobatz, Beal and Syringe (eds) Ames: John Wiley & Sons, Inc; 2011;166-175.
8. Prolux J, Dhupa N. Severe brain injury pathophysiology and therapy. *Comp Cont Educ Pract Vet* 1998;20:993.
9. Griffiths IR. A syndrome produced by dorsolateral explosion of the cervical intervertebral discs. *Vet Rec* 1970;87:737-741
10. Ramon S, Dominguez R, Ramirez L, et al. Clinical and magnetic resonance imaging correlation in acute spinal cord injury. *Spinal Cord* 1997;35:664-673.
11. Tator CH, Fehlings MG, Thorpe K, et al. Current use and timing of spinal surgery for management of acute spinal cord injury in North America: Results of a retrospective multicentric study. *J Neurosurg* 1999;91:12-18.
12. Fletcher DJ. Approach to spinal injury. In: *Proceedings, 16th IVECCS*. San Antonio: TX, 2010;329-332.
13. Spreng D. When does neurotrauma require surgery? In: *Proceedings, 14th IVECCS Phoenix, AZ, 2008*; 621-623
14. Bracken MB, Shepard MJ, Collins WF, et al. A randomized, controlled trial of methylprednisolone or naloxone in the treatment of acute spinal cord injury. Results of the second national acute spinal cord injury study. *N Eng J Med* 1990;322(20):1405-1411.
15. Boag A, Otto C, Drobatz K. Complication of methylprednisolone sodium succinate therapy in dachshunds with surgically treated intervertebral disc disease. *J Vet Emer Crit Care* 2001;11(2):105-110.
16. Laverty PH, Leskovaar A, Breuer GJ, et al. A preliminary study of intravenous surfactants in paraplegic dogs: polymer therapy in canine clinical SCI. *J Neurotrauma* 2004;21(12):1767-1777.
17. Beal MW, Paglia DT, Griffin GM, et al. Ventilatory failure, ventilatory management, and outcome in dogs with cervical spinal disorders: 14 cases; *J Am Vet Med Assoc* 2001;218:1598-1602.
18. Grasmueck S, Steffen F. Survival rates and outcomes in cats with thoracic and lumbar spinal cord injuries due to external trauma. *J Small Anim Pract* 2004;45(6):284-288.