

Degeneratieve lumbosacrale stenose bij de hond

Een 6 jaar oude mannelijk gecastreerde witte herder werd naar de Universiteitskliniek voor Gezelschapsdieren verwezen in verband met progressieve pijnlijkheid in de achterhand en moeite met opstaan. Het klinisch beeld in combinatie met aanvullende diagnostiek wees uit dat er sprake was van degeneratieve lumbosacrale stenose (DLSS). In dit artikel een beknopt overzicht van deze aandoening aan de hand van deze casuïstiek.

Algemeen

Degeneratieve lumbosacrale stenose (DLSS) is een aandoening welke voornamelijk wordt gezien bij grote tot middelgrote honden en in het bijzonder bij werkhonden en Duitse herders^{1-3, 4}. DLSS wordt vaker gezien bij reuen dan bij teven op een leeftijd van gemiddeld 7 jaar². Tussenwervel-schijfdegeneratie van L7-S1 en proliferatie van zowel weke als benige delen veroorzaken een geleidelijke stenose van het wervelkanaal en

compressie op de cauda equina, waardoor pijnlijkheid, kreupelheid en neurologische uitval optreden^{1, 3}.

Case: Orthopedisch onderzoek

De herder werd uitgebreid algemeen, orthopedisch en neurologisch onderzocht. Het algemeen onderzoek liet geen afwijkingen zien. Figuur 1 toont de houding van de hond in rust.

De hond toonde een duidelijke kreupelheid in rust. Hoewel deze houding bij meerdere orthopedische en neurologische aandoeningen kan voorkomen (bijvoorbeeld voorste kruisband laesie), wordt deze houding regelmatig gezien bij honden met DLSS.

Unilaterale kreupelheid

Unilaterale kreupelheid wordt regelmatig gezien bij honden met DLSS en kan een gevolg zijn van beknelling van de uittredende zenuw ter hoogte van L7 en/of S1. Dit resulteert in de houding zoals weergegeven in figuur 1 en wordt ook wel 'root signature' genoemd. Kreupelheid bij deze honden kan verergeren door druk op de lumbosacrale overgang uit te voeren tijdens hyperextensie van de aangedane achterpoot.

Case: Orthopedisch onderzoek

Bij het monstern was er sprake van kreupelheid aan de linker achterpoot en een licht afhangende staart. Een video hiervan treft u aan op onze



*Nicole Willems
Dierenarts, onderzoeker,
werkzaam bij de afdeling
Orthopedie/
Neurochirurgie van de
Universiteitskliniek voor
Gezelschapsdieren,
Universiteit Utrecht, waar
zij onderzoek doet naar
innovatieve therapieën
voor tussenwervelschijfde-
generatie bij de hond. Met
speciale dank aan Björn P.
Meij, DVM, PhD, diplomate
ECVS, Max W. Krauß, DVM.
Eveneens dank aan Luc A.
Smolders, PhD student (ook
werkzaam aan de faculteit)*



Figuur 1. Houding van de hond in rust.

website onder IP DIGITAAL. Bij het orthopedisch onderzoek viel spieratrofie van de linker achterpoot op en was de hond duidelijk pijnlijk bij palpatie van het lumbosacrale gewricht en hyperextensie van de staart. Bij druk op de caudale wervelkolom tijdens hyperextensie (lordose test) reageerde de hond pijnlijk.

De lordose test

De lordose test (figuur 3) kan helpen om te kunnen differentiëren tussen pijnlijkheid vanuit het lumbale/lumbosacrale gebied en de heupen. Pijnlijkheid tijdens hyperextensie van de caudale wervelkolom, zonder daarbij de achterpoten te strekken, duidt op lumbale en/of lumbosacrale pijnlijkheid. Pijnlijkheid bij het strekken en abducen van de heupen duidt op problemen in het heupgewricht.



Figuur 3. Lordose test. Er wordt druk uitgeoefend op de lumbale wervelkolom, zonder daarbij de achterpoten te strekken. Bron: Slatter D.H. (ed). *Textbook of Small Animal Surgery*, 3rd ed. p. 1232.

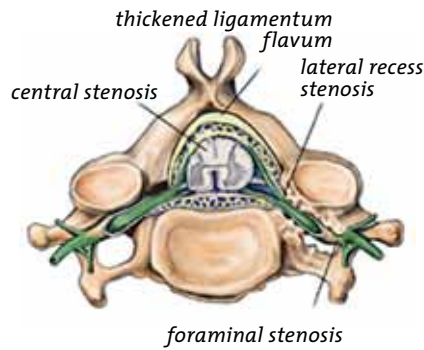
Case: Neurologisch onderzoek

Bij het neurologisch onderzoek werd aan de linker achterpoot een verminderde reflex van de tibialis cranialis, een verminderde terugtrekreflex en een versterkte kniepeesreflex gevonden.

Neurologische bevindingen

Om de neurologische afwijkingen te kunnen verklaren is het van belang inzicht te hebben in welke zenuwen hun oorsprong hebben in de cauda equina en welke functie zij normaliter hebben (Tabel 1).

De versterkte kniepeesreflex die werd gevonden is een gevolg van de atrofie van de spieren die door de N. Ischiadicus worden geïnnerveerd (onder andere de m. semitendinosus en m. semimembranosus) en minder weerstand kunnen bieden aan de spieren



Figuur 4. Ten gevolge van proliferatie van zachte en benige weefsels treedt druk op ter hoogte van het centrale wervelkanaal, de laterale recess en/of het foramen. Bron: www.back.com/causes-mechanical-stenosis.html#

die door de N. Femoralis (L4-L6) worden geïnnerveerd.

Pathofysiologie DLSS

Abnormale beweeglijkheid in het lumbosacrale gewricht, veroorzaakt door onder andere overbelasting, genetische en aangeboren afwijkingen, leidt tot degeneratie van de tussenwervelschijf⁵⁻⁷. De hoeveelheid proteoglycanen in de tussenwervelschijf neemt af, waardoor deze minder nutriënten en water kan opnemen en langzaam verschrompelt⁷⁻⁹. De veranderingen aan de tussenwervelschijf zorgen voor een verhoogde instabiliteit in het gewricht, waardoor de kraakbenige eindplaten verdikken en de aanvoer van nutriënten nog verder wordt beperkt^{1,7}. Daarnaast kan deze gedegenererde tussenwervelschijf gemakkelijker herniëren (Hansen type II)⁵.

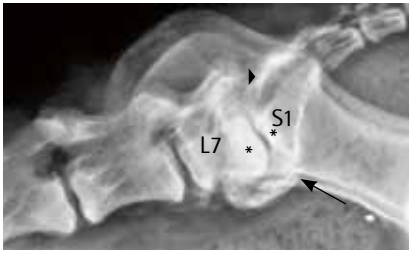
Proliferatie van zowel benige als weke delen treedt op ter compensatie van de instabiliteit. Zo nemen onder andere de facetgewrichten en het ligamentum flavum toe in grootte, waarbij er druk wordt opgebouwd ter hoogte van 1) het centrale kanaal, waar de cauda equina is gelokaliseerd, 2) de laterale recessus, waar de zenuwwortel het centrale kanaal verlaat¹⁰, of 3) het foramen vertebrale, waar de zenuw uittreedt uit de wervelkolom (figuur 4)¹¹. Verder zorgt een secundaire ontstekingsreactie voor vaat- en zenuwingroei in de beschadigde tussenwervelschijf, die leidt tot pijnlijkheid in het lumbosacrale gebied.

Transitionele wervels

Bij Duitse herders is er een correlatie aangetoond tussen DLSS en transitionele wervels¹². Deze wervels worden gekarakteriseerd door een unilaterale of bilaterale vergroeiing van L7 met het sacrum of door een scheiding van de eerste twee sacrale wervels. Door deze malformatie kan er een afwijkende stand van de wervelkolom ten opzichte van het bekken ontstaan. Dit kan leiden tot een abnormale drukbelasting van de tussenwervel-

Zenuw	Spinale segment	Reflex	Normale functie	DLSS
N. Ischiadicus	L6 - S1	Tibialis cranialis Gastrocnemius Terugtrek	Strekken van de heup, buigen van de knie, buigen en strekken van de tarsus, Proprioceptie	Spiertrofie, Normale of hyporeflexie Normale of verminderde houdingsreacties Hyperreflexie van de kniepees
N. Pelvicus	S1 - S2		Ledigen van de blaas	Blaasatonie
N. Pudendus	S1 - S3	Perineum Anus	Aanspannen urethra sphincter Aanspannen anale sphincter	Urine incontinentie Faeces incontinentie Normale of verminderde perineumreflex
Nn. Caudales	Cd1 - Cd5+		Staarttonus	Normaal of hypotonie

Tabel 1. Overzicht van de uittredende zenuwen ter hoogte van de cauda equina met daarin de normale functie en de afwijkingen die bij DLSS gevonden kunnen worden.



Figuur 5. Laterale röntgenopname van de lumbosacrale overgang van een hond met DLSS. Er is sprake van een transitionele wervel (L7), spondylosis deformans (pijl), een sterk vernauwde tussenwervelschijfruimte, sclerose van de eindplaten (sterretjes) en ventrale subluxatie (pijlpunt).

schijf met degeneratie tot gevolg, of tot een vernauwing van het wervelkanaal.

Anatomische structuren

Voor een duidelijke weergave van de hiervoor besproken anatomische structuren in het lumbosacrale gebied van de hond in het transversale, sagittale en dorsale vlak is de volgende website zeer informatief: www.vetmed.vt.edu/education/curriculum/vm8644/kconnors/trans6L7S1.htm

Aanvullende diagnostiek DLSS

Radiologie

Röntgenopnamen kunnen een belangrijke bijdrage leveren verschillende oorzaken te differentiëren (bijvoorbeeld neoplasië, discospondylitis, trauma, anatomische afwijkingen) in het lumbosacrale gebied^{1,3}. Laterale röntgenopnamen van de lumbosacrale overgang geven de meeste informatie met betrekking tot DLSS, maar dienen met enige voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd¹³. Aanvullende contrastopnamen kunnen in sommige gevallen meer duidelijkheid geven. Indien er geen afwijkingen worden gevonden, sluit dat DLSS zeker niet uit. Anderzijds kunnen er ook degeneratieve veranderingen worden gezien, zonder dat deze symptomen veroorzaken.

Afwijkingen die op een röntgenfoto kunnen worden gezien ten gevolge van DLSS zijn (figuur 5):

- Verschrompelen van de tussenwervelschijf



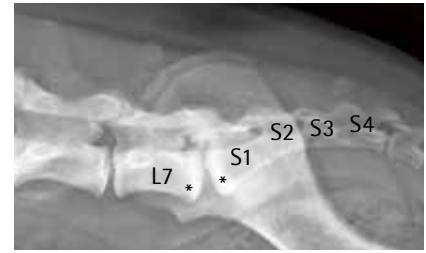
Figuur 6. Vacuum phenomenon ter hoogte van lumbosacrale overgang. Bron: Suwankong et al. 2006.

- Sclerose van de vertebrale eindplaten
- Ventrale subluxatie van S1
- Spondylosis deformans
- Aanwezigheid van transitionele wervels

Bij opnamen in extensie kan een radiolucent gebied worden waargenomen in de tussenwervelschijfruimte, het zogenaamde 'vacuum phenomenon'. Dit is een ophoping van N₂ in een gedegenererde tussenwervelschijf, waarbij het N₂ afkomstig is uit omliggende weefsels¹⁴ (figuur 6).

Case: Aanvullend onderzoek: Röntgenopname

Figuur 7 toont de laterale röntgenopname van de lumbosacrale overgang van de herder waarop milde sclerose van de vertebrale eindplaten (sterretjes) zichtbaar is. Verder is een afwijkende anatomie van het sacrum

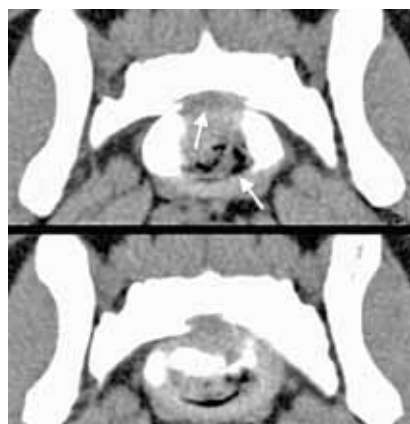


Figuur 7. Laterale röntgenopname van de lumbosacrale overgang van de herder.

zichtbaar, dat uit 4 (in plaats van de gebruikelijke 3) segmenten bestaat. Om tot een diagnose te komen was aanvullende diagnostiek geïndiceerd.

Computed tomography (CT)

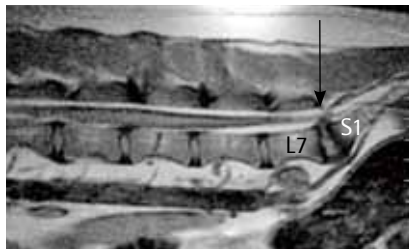
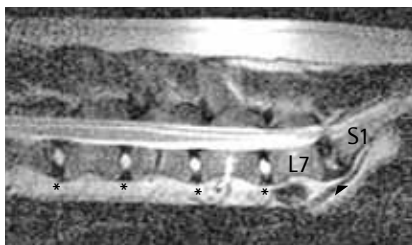
CT heeft als voordeel boven conventionele röntgenopnamen dat weke delen beter in beeld kunnen worden gebracht. Daarnaast kan de computer een beeld reconstrueren aan de hand van een dwarsdoorsnede. Naast de afwijkingen die op een röntgenfoto waargenomen kunnen worden, kunnen de laterale recesses, de foramina vertebrales, het ligamentum flavum, kapsels van de facetgewrichten en een eventuele HNP waargenomen worden (figuur 8A en 8B)¹⁰. Ten gevolge van compressie ter hoogte van de cauda equina kan epiduraal vet worden verplaatst, waardoor dit niet meer in staat is de durale zak en de zenuwen te beschermen¹.



Figuur 8A. CT beeld van een dwarsdoorsnede van het lumbosacrale gewricht. Een herniëring van de tussenwervelschijf is zichtbaar (bovenste pijl) en het 'vacuum phenomenon' (onderste pijl). Bron: Meij, Bergknot 2010.



Figuur 8B. CT beeld van een sagittale doorsnede van het lumbosacrale gewricht. Er is sprake van ventrale subluxatie van S1 (pijl en stippellijn). Ook hier is het vacuum phenomenon zichtbaar (pijlpunt). Bron: Suwankong, 2006.



Figuur 9. T2 (Figuur 9A, links) en T1 (Figuur 9B, rechts) gewogen MRI beelden van een sagittale doorsnede van het lumbosacrale gewricht

Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Het voordeel van MRI ten opzichte van CT in het lumbosacrale gebied is een gedetailleerder beeld van de tussenwervelschijf en de verplaatsing van epiduraal vet en zenuwweefsel^{15,16}. Hierdoor is een eerdere detectie van degeneratie van de tussenwervelschijf mogelijk en is vooral compressie van de zenuw ter hoogte van het foramen vertebrale beter in beeld te krijgen¹¹. Op T2 gewogen beelden geeft een gezonde nucleus pulposus een sterk signaal weer. Indien er sprake is van degeneratie, zal de NP ten gevolge van dehydratie een zwakker signaal afgeven¹⁶. Op T1 gewogen beelden geeft het epiduraal vet juist een sterk signaal (wit) weer en geeft de tussenwervelschijf een iets sterker signaal weer dan dat van het ruggenmerg, de zenuwwortels en het beenmerg¹.

Case: Aanvullend onderzoek: MRI

In fig. 9A is het T2 gewogen MRI beeld van de sagittale doorsnede van het lumbosacrale gewricht van de herder zichtbaar. Er is een duidelijk verschil zichtbaar in signaalsterkte tussen de niet-gedegeneerde nucleï pulposi van L4-L5, L5-L6 en L6-7 (sterretjes) ten opzichte van L7-S1 (pijlpunt). Tevens is herniëring van de tussenwervelschijf L7-S1 zichtbaar (pijl). Figuur 9B geeft het T1 gewogen beeld weer, waarop het signaal van het epidurale vet duidelijk verminderd is ter hoogte van L7-S1 (pijl). Op de dwarsdoorsnede (hier niet getoond) was het gehernieerde tussenwervelschijfmateriaal zichtbaar, gelokaliseerd aan de linkerzijde in het wervelkanaal. De bevindingen op de MRI in combinatie met het klinische beeld zijn passend bij DLSS.

Het is van belang de bevindingen van elke vorm van aanvullende diagnostische techniek te koppelen aan het klinisch beeld. Voornamelijk bij oudere honden worden de beschreven afwijkingen namelijk regelmatig gezien, zonder dat er sprake is klinische afwijkingen^{15, 17}.

Behandelopecties

Conservatief

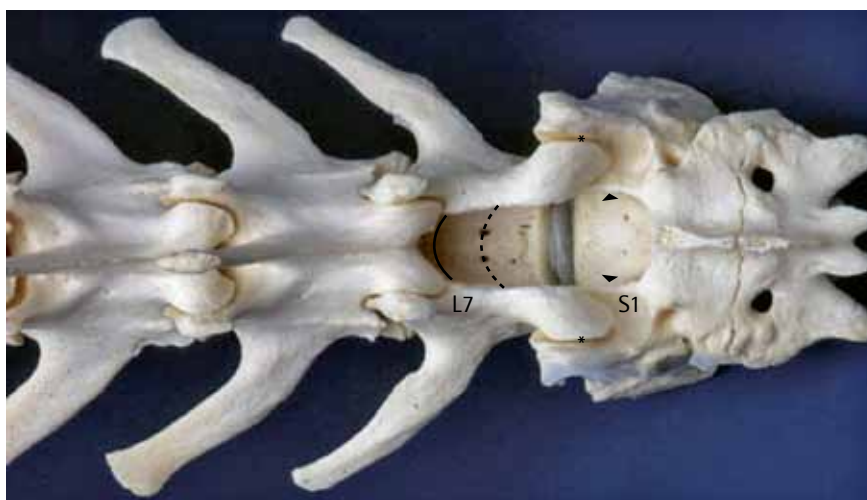
Een conservatieve medicamenteuze behandeling met anti-inflammatoire medicijnen, zoals NSAIDs of corticosteroiden, in combinatie met rust, fysiotherapie en/of gewichtsreductie kan worden ingesteld indien er voornamelijk sprake is van pijnlijkheid¹. In geval van neurogene pijn kan gabapentine hier eventueel aan toegevoegd worden^{18, 19}. Een lokale epidurale therapie met methylpred-

nisolonacetaat is recent beschreven, waarbij 79% van de honden een verbetering liet zien na een of meerdere injecties⁴.

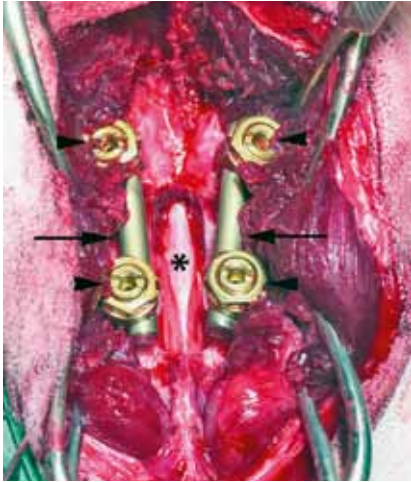
Chirurgisch

Indien er sprake is van neurologische uitval en/of onvoldoende verbetering na het instellen van een conservatieve behandeling is een chirurgische behandeling geïndiceerd. Deze behandeling is gericht op het opheffen van compressie op de cauda equina en/of de uittredende zenuw en het eventueel stabiliseren van het lumbosacrale gewricht. De meest gebruikelijke procedure is een dorsale laminectomie (figuur 10). Indien er sprake is van een gehernieerde of geprolabeerde tussenwervelschijf dient tevens het discusmateriaal met behulp van een dorsale fenestratie, een annulectomie of een nucleotomie te worden verwijderd. Indien er sprake is van compressie ter hoogte van het foramen vertebrale van L7 op te heffen dient het facetgewricht van L7 ondermijnd te worden of een foramenotomie te worden uitgevoerd. Het verwijderen van de facetgewrichten dient voorkomen te worden, omdat dit de stabiliteit van het gewricht ernstig vermindert¹¹.

Slocum et al. hebben een techniek ontwikkeld waarbij de nadruk ligt op distractie in combinatie met botfu-



Figuur 10. Lumbosacrale gedeelte van de wervelkolom van een hond waarin een dorsale laminectomie wordt weergegeven. De facetgewrichten worden intact (sterretjes) gelaten. De lamina wordt normaliter tot en met 2/3 van L7 verwijderd (stippelijijn), maar het is mogelijk deze verder naar craniaal (doorgetrokken lijn) te verwijderen. De lamina van S1 dient zo ver mogelijk naar lateraal te worden verwijderd (pijlpunten). Bron: Meij, Bergknut 2010.



Figuur 11A. Dorsale aanzicht van het lumbosacrale gewricht na decompressie en stabilisatie door middel van pedikelschroeven en staven. Het defect in de lamina is zichtbaar (sterretje), evenals de pedikelschroeven in het lumbale (pijlpunten boven) en sacrale (pijlpunten onder) gebied en de verbinding met de staven (pijlen). Bron: Smolders et al. 2012.



Figuur 11B. Laterale röntgenopname van het lumbosacrale gewricht na de toepassing van pedikelschroeven en staven. Bron: Smolders et al. 2012

sie. Distractie van het gewricht kan een volledige decompressie geven en eventuele instabiliteit wordt opgeheven door fixatie. Pinnen verbinden de spinale uitsteeksels van L7 via de facetgewrichten met de iliumvleugels en geven in combinatie met een dorsale autologe botgraft over de lamina stabiliteit aan het gewricht. Eventueel kan deze techniek gecombineerd worden met een minimale dorsale laminectomie ter hoogte van S1. Het caudale aspect van L7 dient bij deze combinatie gespaard te worden, om de pinnen voldoende te kunnen fixeren²⁰. In de humane chirurgie wordt zowel spinale fusie (met en zonder fixatiematerialen) als het plaatsen van een artificiële tussenwervelschijf toegepast bij DLSS²¹. Het gebruik van fixatiematerialen en voornamelijk het gebruik van pedikelschroeven en staven levert een significante bijdrage aan arthrodese²². Een biomechanische studie in kadavers van honden toonde een effectieve stabilisatie van het lumbosacrale gewricht met behulp van pedikelschroeven en staven na decompressie²³. Veterinair zijn er tevens enkele in vivo studies beschreven waarbij pedikelschroeven en staven zijn geplaatst ter stabilisatie van het lumbosacrale gewricht²⁴⁻²⁶, waarbij in de studie van Smolders et

al. werd getracht fusie van de wervellichamen te induceren (figuur 11A en 11B). Door een suboptimale verwijdering van de kraakbenige eindplaten werd een volledige arthrodese niet bereikt²⁴. Een artificiële tussenwervelschijf is veterinair vooral nog niet beschikbaar²⁷.

Case: chirurgische ingreep

Er werd een dorsale laminectomie uitgevoerd. 2/3 Van de lamina van L7 en de helft van S1 werd verwijderd en het ligamentum flavum werd zo ver mogelijk verwijderd. Er werd een HNP type II aangetroffen, welke gelokaliseerd was aan de linkerkant. Gehernieerd discusmateriaal werd door middel van een dorsale fenestratie verwijderd. Alvorens de spieren werden gesloten is een vetgraft over het defect in de lamina geplaatst. Vervolgens is de wond lege artis gesloten. De hond is een dag na de operatie naar huis gegaan en heeft voor 1 week een NSAID meegekregen. De eigenaar heeft de hond gedurende 6 weken lijnrust gegeven en is daarna de beweging langzaam gaan opvoeren. Bij een controle 6 weken postoperatief gaf de eigenaar aan dat de hond duidelijke verbetering liet zien, maar nog wel een wat stramme gang linksachter had. Bij het orthopedisch en neurologisch onderzoek viel op dat

de linker achterpoot minder belast werd en nog steeds spieratrofie vertoonde. Daarnaast was de lumbosacrale overgang gevoelig bij palpatie. De eigenaar werd geadviseerd de beweging langzaam op te voeren en een aangepast bewegingsregime in overleg met een fysiotherapeut op te stellen.

Prognose

De prognose voor honden met DLSS is relatief ongunstiger naarmate de leeftijd toeneemt, er intensieve arbeid dient te worden verricht en er sprake is van neurologische uitval^{28, 29}. Decompressieve laminectomie is een effectieve behandeling van DLSS voor een meerderheid van de gezelschapsdieren. In het onderzoek van Danielsson and Sjöström³⁰ vertoonde 79% van de 131 honden na een dorsale laminectomie in combinatie met fenestratie na een follow-up periode van gemiddeld 26 ± 17 maanden geen symptomen meer. 20% van de 131 honden liet wel verbetering zien, maar waren niet symptoomloos en bij 18% werd na gemiddeld 18 maanden postoperatief een terugval gezien³⁰. Terugval kan worden veroorzaakt door instabiliteit van het lumbosacrale gewricht, fractureren van het facetgewricht, osteofytvorming, weke delen hypertrofie en litte-

kenweefsel in het wervelkanaal²⁸.
³¹. Ondanks beperkte resultaten in de literatuur met betrekking tot een tweede operatieve ingreep lijkt deze vooralsnog wel zinvol²⁸. De Risio et al. beschrijven een uitstekende tot goede klinische verbetering in 78% van 69 honden na dorsale laminectomie na een follow-up periode van 9 tot 96 maanden²⁸. In de studie van Suwankong et al. werd bij 79% van 105 honden die eveneens een dorsale laminectomie hadden ondergaan in een follow-up periode van 2 maanden tot 2.5 jaar verbetering gezien. Bij de honden die in deze studie ook een fenestratie ondergingen werd een minder gunstig beeld postoperatief gezien, mogelijk ten gevolge van verhoogde instabiliteit van het lum-

bosacrale gewricht³. Voor honden met incontinentieverschijnselen, in het bijzonder urine incontinentie langer dan 1 maand, is de prognose ongunstiger na decompressieve chirurgie²⁸.

Samenvatting

DLSS is een aandoening waarbij compressie van de cauda equina en/of zenuw(wortels) leidt tot pijnlijkheid, kreupelheid en/of neurologische uitval. Honden kunnen uitvalsverschijnselen van de achterhand vertonen zoals paraparese, maar ook urine en faecale incontinentie en een abnormale houding van de staart. Abnormale beweeglijkheid van het lumbosacrale gewricht leidt tot degeneratie van de tussenwervelschijf, waardoor een HNP type II en/of hypertrofie

van weke en benige delen ontstaan en compressie veroorzaken. MRI beelden geven de meest gedetailleerde weergave van de tussenwervelschijf en zenuwweefsel, maar het is van belang klinische afwijkingen altijd te koppelen aan radiologische bevindingen.

Indien er sprake is van pijnlijkheid kan worden gekozen voor een conservatieve behandeling met medicatie en een aangepast bewegingsregime. Indien er sprake is van neurologische uitval is een chirurgische ingreep geïndiceerd. Dorsale laminectomie is de meest gebruikelijke procedure. De prognose is afhankelijk van de leeftijd, ernst van de neurologische uitval en het gebruik van de hond.

Referentielijst

- Meij BP, Bergknot N. Degenerative lumbosacral stenosis in dogs. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2010;40:983-1009.
- Suwankong N, Meij BP, Voorhout G, de Boer AH, Hazewinkel HA. Review and retrospective analysis of degenerative lumbosacral stenosis in 156 dogs treated by dorsal laminectomy. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2008;21:285-293.
- Worth AJ, Thompson DJ, Hartman AC. Degenerative lumbosacral stenosis in working dogs: current concepts and review. *N Z Vet J.* 2009;57:319-330.
- Janssens L, Beosier Y, Daems R. Lumbosacral degenerative stenosis in the dog. The results of epidural infiltration with methylprednisolone acetate: a retrospective study. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2009;22:486-491.
- Adams MA, Roughley PJ. What is intervertebral disc degeneration, and what causes it? *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31:2151-2161.
- Tanaka N, An HS, Lim TH, Fujiwara A, Jeon CH, Haughton VM. The relationship between disc degeneration and flexibility of the lumbar spine. *Spine J.* 2001;11:47-56.
- Raj PP. Intervertebral disc: anatomy-physiology-pathophysiology-treatment. *Pain Pract.* 2008;8:18-44.
- Bray JP, Burbidge HM. The canine intervertebral disk: part one: structure and function. *J Am Anim Hosp Assoc.* 1998;34:55-63.
- Roughley PJ. Biology of intervertebral disc aging and degeneration: involvement of the extracellular matrix. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29:2691-2699.
- Jones JC, Cartee, RE, Bartels, JE. Computed tomographic anatomy of the canine lumbosacral spine. *Veterinary Radiology & Ultrasound.* 1995;36, Issue 2:91-99.
- Godde T, Steffen F. Surgical treatment of lumbosacral foraminal stenosis using a lateral approach in twenty dogs with degenerative lumbosacral stenosis. *Vet Surg.* 2007;36:705-713.
- Morgan JP. Transitional lumbosacral vertebral anomaly in the dog: a radiographic study. *J Small Anim Pract.* 1999;40:167-172.
- Morgan J. *Techniques of veterinary radiography.* Ames (IA): Iowa State University Press. 1993;5th Edition.
- D'Anastasi M, Birkenmaier C, Schmidt GP, Wegener B, Reiser MF, Baur-Melnyk A. Correlation between vacuum phenomenon on CT and fluid on MRI in degenerative disks. *AJR Am J Roentgenol.* 2011;197:1182-1189.
- Mayhew PD, Kapatkin AS, Wortman JA, Vite CH. Association of cauda equina compression on magnetic resonance images and clinical signs in dogs with degenerative lumbosacral stenosis. *J Am Anim Hosp Assoc.* 2002;38:555-562.
- Karkkainen M, Punto L, Tulamo R. Magnetic-resonance-imaging of canine degenerative spinal diseases. *Veterinary radiology & ultrasound: the official journal of the American College of Veterinary Radiology and the International Veterinary Radiology Association.* 1993;34, Issue 6:399-404.
- Jones JC, Inzana KD. Subclinical CT abnormalities in the lumbosacral spine of older large-breed dogs. *Vet Radiol Ultrasound.* 2000;41:19-26.
- Wolfe KC, Poma R. Syringomyelia in the Cavalier King Charles spaniel (CKCS) dog. *Can Vet J.* 2010;51:95-102.
- Aghighi SA, Tipold A, Piechotta M, Lewczuk P, Kastner SB. Assessment of the effects of adjunctive gabapentin on postoperative pain after intervertebral disc surgery in dogs. *Vet Anaesth Analg.* 2012.
- Slocum B, Devine T. L7-S1 fixation-fusion for treatment of cauda equina compression in the dog. *J Am Vet Med Assoc.* 1986;188:31-35.
- Gornet MF, Burkus JK, Dryer RF, Pelotza JH. Lumbar disc arthroplasty with MAVERICK disc versus stand-alone interbody fusion: a prospective, randomized, controlled, multicenter investigational device exemption trial. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36:E1600-11.
- Hanley E, David S. Current Concepts Review - Lumbar Arthrodesis for the Treatment of Back Pain. *The Journal of Bone and Joint Surgery.* 1999;81(5):716-730.
- Meij B, Suwankong N, Van der Veen A, Hazewinkel H. Biomechanical Flexion-Extension Forces in Normal Canine Lumbosacral Cadaver Specimens Before and After Dorsal Laminectomy-Discectomy and Pedicle Screw-Rod Fixation. *Veterinary surgery: VS.* 2007;36:742-751.
- Smolders LA, Voorhout G, van de Ven R, et al. Pedicle Screw-Rod Fixation of the Canine Lumbosacral Junction. *Vet Surg.* 2012.
- Méheust P, Mallet C, Marouze C. Une nouvelle technique de stabilisation lombosacrée: l'arthrodèse par vis-sage pédiculaire considérations anatomiques. *Prat Med Chir Anim Comp.* 2000;35:201-207.
- Sharp N, Wheeler S. Lumbosacral disease. In: Sharp NJH, Wheeler SJ (eds): *Small animal spinal disorders. Diagnosis and surgery* (ed 2). 2005;Edinburgh, Elsevier Mosby:181-209.
- Kranenburg HJ, Meij BP, Onis D, et al. Design, synthesis, imaging, and biomechanics of a softness-gradient hydrogel nucleus pulposus prosthesis in a canine lumbar spine model. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2012.
- De Risio L, Sharp NJ, Olby NJ, Munana KR, Thomas WB. Predictors of outcome after dorsal decompressive laminectomy for degenerative lumbosacral stenosis in dogs: 69 cases (1987-1997). *J Am Vet Med Assoc.* 2001;219:624-628.
- Linn LL, Bartels KE, Rochat MC, Payton ME, Moore GE. Lumbosacral stenosis in 29 military working dogs: epidemiologic findings and outcome after surgical intervention (1990-1999). *Vet Surg.* 2003;32:21-29.
- Danielsson F, Sjöström L. Surgical treatment of degenerative lumbosacral stenosis in dogs. *Veterinary surgery: VS.* 1999;28:91-98.
- Adams W, Daniel G, Pardo A. Magnetic resonance imaging of the caudal lumbar and lumbosacral spine in 13 dogs (1990-1993). *Veterinary Radiology & Ultrasound.* 1995;36:3-13.