



เชียงใหม่สัตวแพทยสาร  
Chiang Mai Veterinary Journal

ISSN; 1685-9502 (print) 2465-4604 (online)

Website; www.vet.cmu.ac.th/cmjv



บทความปริทัศน์

การเสื่อมและตีบแคบของกระดูกสันหลังส่วนเอว  
และกระดูกใต้กระเบนเหน็บในสุนัข

นิยดา ทิตาราม

ภาควิชาคลินิกสัตว์เลี้ยงและสัตว์ป่า คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ต. แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50100

**บทคัดย่อ** การเสื่อมและตีบแคบของกระดูกสันหลังส่วนเอวและกระดูกใต้กระเบนเหน็บ (degenerative lumbosacral stenosis; DLSS) ในสุนัขเป็นความผิดปกติที่พบได้บ่อยในสุนัขพันธุ์ใหญ่ โดยมีลักษณะความผิดปกติที่เกิดขึ้น ได้แก่ การเสื่อมของหมอนรองกระดูก การตีบแคบของช่องไขสันหลังและการสร้างที่มากเกินไปของส่วนกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อน การตีบแคบของช่องกระดูกสันหลังส่วนเอวและกระดูกใต้กระเบนเหน็บและการกดทับที่กลุ่มเส้นประสาทคออาร์ อีควินา (cauda equina) เป็นสาเหตุทำให้สุนัขมีอาการปวดที่บั้นเอวส่วนท้าย อาการเจ็บขาหลัง และมีอาการทางระบบประสาทได้ การวินิจฉัยโรคทำได้จากข้อมูลประวัติสัตว์ป่วย อาการแสดงทางคลินิก ผลจากการตรวจร่างกาย และการวินิจฉัยจากภาพถ่ายรังสีรวมทั้งภาพ การถ่ายภาพรังสีส่วนตัดคอมพิวเตอร์ หรือภาพถ่ายรังสีโดยใช้คลื่นสนามแม่เหล็ก การถ่ายภาพรังสีส่วนตัดคอมพิวเตอร์หรือภาพถ่ายรังสีโดยใช้คลื่นสนามแม่เหล็ก ช่วยให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อน การระบุตำแหน่งและลักษณะของรอยโรคก่อนการทำศัลยกรรม จะทำให้การรักษาทางศัลยกรรมนั้นแก้ไขได้ตรงกับจุดของรอยโรคที่ถูกต้อง การทำศัลยกรรมเพื่อลดการกดทับโดยตัดกระดูกลามินาด้านบนออก (dorsal decompressive laminectomy) เป็นวิธีศัลยกรรมที่นิยมในการรักษา DLSS และอาจทำร่วมกับเทคนิคศัลยกรรมอื่น ที่ช่วยลดการกดทับที่กลุ่มเส้นประสาทคออาร์ อีควินา ได้แก่ การเปิดช่องด้านบน (dorsal fenestration), การตัดหมอนรองกระดูกออกบางส่วน (partial discectomy) และเทคนิคการยึดตรึง (fixation) ได้แก่ การถ่างและเชื่อมรวม (distraction-fusion) การยึดด้วยเพดดิเคิลสกรูและรอด (pedicle-screw and rod fixation) และการใช้หมอนรองกระดูกไทเทเนียมทดแทน เป็นเทคนิคศัลยกรรมเพื่อสร้างความมั่นคงแก่รอยต่อ lumbosacrum เพื่อให้สุนัขมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

**คำสำคัญ** การตีบแคบของกระดูกสันหลังส่วนเอวและกระดูกใต้กระเบนเหน็บ การเสื่อมของหมอนรองกระดูก ศัลยกรรมเพื่อลดการกดทับ สุนัข

\* ผู้รับผิดชอบบทความ นียดา ทิตาราม ภาควิชาคลินิกสัตว์เลี้ยงและสัตว์ป่า คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ต. แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50100 โทรศัพท์ 053-948015 อีเมล niyada.t@cmu.ac.th

ข้อมูลบทความ วันที่ได้รับบทความ 11 มกราคม พ.ศ.2561 วันที่ได้รับการตีพิมพ์ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2561 วันที่ตีพิมพ์ออนไลน์ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2561

## Review article

## Degenerative lumbosacral stenosis in dog

Niyada Thitaram

*Department of Companion Animal and Wildlife Clinics, Faculty of Veterinary Medicine,  
Chiang Mai University, Mae Hia, Muang, Chiang Mai 50100*

---

**Abstract** Degenerative lumbosacral stenosis (DLSS) in dogs is a common disorder in large breed dogs. It is characterized by intervertebral disc degeneration, spinal stenosis, and proliferation of bone and soft tissue. Lumbosacral stenosis and compression of the cauda equina caused the low back pain, pelvic limb lameness and neurologic deficits in dogs. Diagnosis of DLSS is based on the history, clinical signs, clinical examination and radiographic findings, and findings from computerized tomography scan (CT scan) or magnetic resonance imaging (MRI). CT scan and MRI provide visualization of the bony and soft tissue changes. Preoperative localization and characterization of the lesion in dogs with DLSS allows surgical treatment to be directed at the compressive lesion. Dorsal decompressive laminectomy is the most common surgical treatment of DLSS. Additional surgical techniques to further relieve cauda equina compression include dorsal fenestration, partial discectomy. Fixation techniques include distraction-fusion procedures, pedicle screw and rod fixation, and titanium intervertebral disc cage to stabilize the lumbosacral junction for improvement of the quality of life in these patients.

**Keywords:** lumbosacral stenosis, intervertebral disc degeneration, decompressive surgery, dog

---

**Corresponding author:** Niyada Thitaram Department of Companion Animal and Wildlife Clinics, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Mae Hia, Muang, Chiang Mai 50100 Tel: 053-948015; email: niyada.t@cmu.ac.th

---

**Article history:** received manuscript: 11 January 2018, accepted manuscript: 2 February 2018, published online: 8 February 2018

## บทนำ

การเสื่อมและตีบแคบของกระดูกสันหลังส่วนเอวและกระดูกใต้กระเบนเหน็บในสุนัข (degenerative lumbosacral stenosis; DLSS) เป็นความผิดปกติที่พบได้บ่อยในสุนัขพันธุ์ใหญ่ (Danielsson and Sjöström, 1999; De Risio et al., 2001; Suwankong et al., 2008) และเป็นความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างของส่วนทั้งกระดูกและเนื้อเยื่อประสาทที่อยู่ภายในและบริเวณรอบระยะเวลาที่ผ่านมามากกว่า 50 ปี ได้มีการบรรจุคำศัพท์ที่ใช้อธิบายถึงกลุ่มอาการและความผิดปกติของกระดูกสันหลังส่วนเอวและกระดูกใต้กระเบนเหน็บนี้ เช่น กลุ่มอาการเส้นประสาทคอคอร์ด อีควินา (cauda equina syndrome; CES) การกดทับที่กลุ่มเส้นประสาทคอคอร์ด อีควินา (cauda equina compression) ภาวะตีบแคบของกระดูกสันหลังส่วนเอวและกระดูกใต้กระเบนเหน็บ (lumbosacral stenosis) รวมทั้งคำศัพท์ที่กล่าวถึงพยาธิสภาพที่เกิดขึ้น เช่น lumbosacral malformation, malarticulation, lumbosacral instability และ lumbosacral spondylopathy โดยคำศัพท์เหล่านี้มักจะหมายถึงความผิดปกติที่เกิดจากการเสื่อม (degenerative disorders) ซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายอย่าง พบว่าการเสื่อมของหมอนรองกระดูก (intervertebral disc degeneration) มีบทบาทสำคัญต่อการเกิดความผิดปกตินี้ โรคของหมอนรองกระดูกและการสร้างที่มากเกินไปในส่วนของกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อนรอบ ส่งผลให้เกิดการตีบแคบของช่องไขสันหลังและมีการกดทับที่กลุ่มเส้นประสาทคอคอร์ด อีควินา ได้ และทั้งหมดนี้จะส่งผลให้เกิดอาการเจ็บปวดที่บริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอวและกระดูกใต้กระเบนเหน็บ (lumbosacrum) อาการเจ็บขา (lameness) และมีอาการทางระบบประสาทเกิดขึ้น

## พยาธิสรีรวิทยา

DLSS เป็นความผิดปกติที่เกิดจากการเสื่อมของโครงสร้างที่บริเวณนี้ โดยมีปัจจัยหลายอย่างมาเกี่ยวข้องส่งผลให้ช่องไขสันหลังตีบแคบ (stenosis) และมีการกดทับที่ส่วนของกลุ่มเส้นประสาทคอคอร์ด อีควินา หรือหลอดเลือดที่มาเลี้ยง เป็นผลให้มีอาการความผิดปกติของระบบประสาทเกิดขึ้นทั้งในส่วนประสาทรับสัมผัส (sensory) หรือประสาทสั่งการ (motor) (Danielsson and Sjöström, 1999; De Risio et al., 2000; Sharp and Wheeler, 2005) การเปลี่ยนแปลงทางพยาธิวิทยาที่เกิดขึ้น ได้แก่ การเสื่อมของหมอนรองกระดูก (intervertebral disc degeneration) (De Risio et al., 2001; Suwankong et al., 2008) โดยส่วนใหญ่ มักพบการเสื่อมชนิด Hansen type II มากกว่าชนิด Hansen type I การเคลื่อนของกระดูก S1 ทำให้กระดูกส่วน lumbosacrum ไม่มั่นคง (Adams and Roughley, 2006; Tanaka et al., 2001) และวางตัวผิดไปจากแนวเดิมของ facet joint (misalignment of facet joint) (Benninger et al., 2006; Rossi et al., 2004; Seiler et al., 2002) การเพิ่มขึ้นของเนื้อเยื่ออ่อนรอบกลุ่มเส้นประสาทคอคอร์ด อีควินา เช่น การหนาตัวของเยื่ออินเตอร์อาร์คูเอท (interarcuate ligament) และเยื่อหุ้มข้อต่อ (joint capsule) และการเกิดพังผืดที่บริเวณเนื้อเยื่อ dura (epidural fibrosis) (Sharp and Wheeler, 2005) ภาวะกระดูกใต้กระเบนเหน็บหนาตัว (sacral osteochondrosis) การรบกวนระบบหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงเส้นประสาทไขสันหลัง และการเพิ่มจำนวนของกระดูก (bone proliferation) ที่บริเวณรอยต่อของกระดูกสันหลัง (vertebral endplates) รวมทั้งความผิดปกติแต่กำเนิด เช่น transitional vertebrae ทั้งแบบสมมาตรและไม่สมมาตร (Damur-Djuric et al., 2006; Flückiger et al., 2006)

## พยาธิกำเนิด

สุนัขที่เกิด DLSS สามารถพบพยาธิกำเนิดดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติของ lumbosacral junction ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก มีแรงกระทำซ้ำหลายครั้ง ความผิดปกติทางพันธุกรรม หรือความผิดปกติแต่กำเนิด ซึ่งโน้มนำทำให้เกิดการเสื่อมของหมอนรองกระดูกที่ส่วนของ lumbosacrum ได้ (Adams and Roughley, 2006; Tanaka et al., 2001)

2. การเสื่อมของหมอนรองกระดูกซึ่งเกี่ยวข้องกับการสูญเสียสารประกอบโปรติโอไกลแคน (proteoglycans) ซึ่งมีผลต่อเนื่องทำให้สารอาหารและน้ำที่ไปเลี้ยงหมอนรองกระดูกมีน้อยลง และทำให้เกิดภาวะแห้งน้ำ (dehydration) ในส่วนของนิวเคลียส พัลโพส (nucleus pulposus) ทำให้ความสามารถในการทำงานของหมอนรองกระดูกที่รองรับแรงกระแทกลดน้อยลง (McKee, 2000)

3. การรับน้ำหนักที่ส่วนของช่องสันหลังที่ไม่มั่นคงจะเริ่มเปลี่ยนถ่ายจากแนวกลาง (central axis) ของหมอนรองกระดูกไปยังส่วนด้านข้างของสันหลัง ซึ่งได้แก่ส่วนของ facet joint และตัวกระดูกสันหลังด้านล่าง และเนื่องจากการทำมุมของ facet joint ซึ่งอาจนำไปสู่การเคลื่อนลงด้านล่าง (ventral subluxation) ของกระดูกได้กระเบนเหน็บ (sacrum) ซึ่งจะเป็นจุดที่ไปกระทบกับกลุ่มประสาทคออาร์ อีไควนา

4. เมื่อเกิดความไม่มั่นคงของ lumbosacral junction ร่างกายจะชดเชยด้วยการเพิ่มส่วนของเนื้อเยื่ออ่อนที่อยู่รอบกลุ่มเส้นประสาทคออาร์ อีไควนา เช่น การหนาตัวของ interarcuate ligament, epidural fibrosis, และการหนาตัวของเยื่อหุ้ม articular process

นอกจากนั้น เพื่อชดเชยความสามารถในการรับน้ำหนัก (load-bearing) ที่ลดลง จะเกิดการหนาตัวของแผ่นต่อกระดูกอ่อน (cartilaginous end plates) และมีการสร้างกระดูกเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดกระดูกงอก

ด้านล่างของกระดูกสันหลัง (ventral spondylosis) ด้วยกระบวนการเหล่านี้จะส่งผลให้การนำสารอาหารไปเลี้ยงหมอนรองกระดูกลดน้อยลง และส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างของหมอนรองกระดูก (McKee, 2000; Raj, 2008) ความกว้างของหมอนรองกระดูกที่ลดลงพร้อมแรงกดที่ส่วนแวนนูลัส ไฟโบรรัส (annulus fibrosus) ส่งผลให้เกิดการบวมขึ้น และเกิดเป็นหมอนรองกระดูกเสื่อมแบบ Hansen type II นอกจากนี้ กระบวนการอักเสบจะส่งผลต่อหลอดเลือดและเส้นประสาทที่หมอนรองกระดูกที่เกิดความเสียหาย ส่งผลให้สัตว์แสดงอาการเจ็บที่ส่วนของ lumbosacrum (lumbosacral pain) (Adams and Roughley, 2006)

## ระบาดวิทยา

โรค DLSS สามารถพบได้ในสุนัขพันธุ์กลางถึงใหญ่ และพบได้มากในสุนัขพันธุ์เยอรมัน เชพเพิร์ด และสุนัขกลุ่มทำงาน (working dog) (Danielsson and Sjöström, 1999; De Risio et al., 2001; Suwankong et al., 2008) สามารถพบได้ในสุนัขพันธุ์อื่น เช่น เกรทเดน ลาบราดอร์ รีทรีฟเวอร์ โกลเด้นรีทรีฟเวอร์ และบอกเซอร์ โดยจะพบในสุนัขช่วงอายุระหว่าง 2-13 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 7 ปี (Indrieri, 1998; Suwankong et al., 2008) และพบในสุนัขเพศผู้มากกว่าเพศเมีย (Danielsson and Sjöström, 1999; De Risio et al., 2001)

## ประวัติและอาการทางคลินิก

โดยทั่วไปอาการทางคลินิกจะสัมพันธ์โดยตรงกับการกดทับทางกายภาพที่บริเวณกลุ่มเส้นประสาทคออาร์ อีไควนา ทำให้สัตว์มีอาการเจ็บและมีความรู้สึกที่มากเกินไป (hyperesthesia) ที่บริเวณ lumbosacrum อาการแสดงทางคลินิกที่พบได้บ่อยในสุนัขที่มีภาวะ DLSS คือ อาการเจ็บที่บั้นเอวส่วนท้าย (low back

pain) สุนัขแสดงอาการลำบากในการลุกขึ้นหรือเดินขึ้นบันได มีความลังเลที่จะกระโดด หรือขึ้นรถ อาการเดินขากระเผลกข้างเดียวหรือทั้งสองข้าง (root signature sign) จากการตรวจร่างกายจะพบอาการหลักในสุนัขที่เป็น DLSS คือ แสดงอาการเจ็บหากมีการกดตรงบริเวณ lumbosacrum (Danielsson and Sjöström, 1999; Indrieri, 1998; Suwankong et al., 2008) สามารถทำการตรวจโดยการยืดส่วนของกระดูกสันหลังบนเอนช่วงท้าย (hyperextension) พร้อมทั้งกดที่บริเวณ lumbosacrum นอกจากนั้นแล้วยังอาจพบความผิดปกติของระบบประสาทโดยแสดงอาการของ lower motor neuron sign ในส่วนของส่วนขาหลัง เช่น ภาวะอัมพฤกษ์ หรืออัมพาต การตอบสนองต่อรีเฟล็กซ์ที่ลดลง (hyporeflexia) หรือการปล่อยลิ้นของกล้ามเนื้อบริเวณขาหลัง ในรายที่มีอาการรุนแรงอาจแสดงอาการหางตก หรือไม่สามารถกลั้นปัสสาวะได้ (urinary incontinence) (Danielsson and Sjöström, 1999; De Risio et al., 2001; Indrieri, 1998; Linn et al., 2003; Mayhew et al., 2002; Meij et al., 2006) ทั้งนี้ความรุนแรงของอาการขึ้นอยู่กับระยะเวลาและระดับการกดทับที่กลุ่มเส้นประสาทคออดาร์ อีโคเวนา (Sharp and Wheeler, 2005)

## การวินิจฉัย

การวินิจฉัยเบื้องต้นในสุนัขที่เป็น DLSS สามารถทำได้โดยรวบรวมข้อมูลประวัติสัตว์ป่วย อาการทางคลินิก ประกอบกับผลจากการตรวจกระดูกและข้อต่อ (orthopedic examination) และการตรวจทางระบบประสาท (neurologic examination) นอกจากนั้นการใช้เทคนิคถ่ายภาพรังสีบริเวณ lumbosacrum จะช่วยยืนยันผลการวินิจฉัยโรคได้แม่นยำยิ่งขึ้น

### 1. การวินิจฉัยด้วยภาพถ่ายรังสี (Imaging diagnosis)

การวินิจฉัยด้วยการถ่ายภาพทางรังสีนั้นประกอบด้วย การถ่ายภาพรังสีพื้นฐาน (conventional radiography) การถ่ายภาพรังสีร่วมกับการใช้สารทึบรังสี (contrast radiography) ซึ่งได้แก่ myelography, epidurography และ discography (Ramirez and Thrall, 1998) นอกจากนั้นแล้วเทคนิคภาพรังสีวินิจฉัยก้าวหน้า (advanced diagnostic imaging) เช่นการถ่ายภาพรังสีส่วนตัดคอมพิวเตอร์ (computed tomography; CT) และภาพถ่ายรังสีโดยใช้คลื่นสนามแม่เหล็ก (magnetic resonance imaging ; MRI) ได้ถูกนำมาใช้ในการวินิจฉัยโรค DLSS มากขึ้น (Jones and Inzana, 2000; Jones et al., 1999; Kärkkäinen et al., 1993; Mayhew et al., 2002; Ramirez and Thrall, 1998; Rossi et al., 2004; Taga et al., 1998) จนปัจจุบัน CT และ MRI ได้กลายเป็นเครื่องมือมาตรฐานในการวินิจฉัยโรคสำหรับ DLSS (Ramirez and Thrall, 1998) และโรคในระบบประสาททางสัตวแพทย์

#### 1.1 การถ่ายภาพรังสีพื้นฐาน (Conventional radiography)

เป็นเทคนิคที่สามารถทำได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว การจัดทำพื้นฐานสำหรับกระดูกสันหลังส่วน lumbosacral junction ของสุนัข คือ ท่านอนตะแคง (lateral) และท่านอนหงาย (ventrodorsal) (Middleton, 1993) ลักษณะที่สามารถพบได้ปกติในภาพถ่ายรังสี ส่วนของ lumbosacrum คือ ช่องว่างของหมอนรองกระดูก (intervertebral space) ระหว่างกระดูกสันหลังส่วนเอวชั้นที่ 7 (L7) กับกระดูกใต้กระเบนเหน็บชั้นที่ 1 (S1) จะมีลักษณะคล้ายลิ้ม คือ ด้านฐานจะกว้างกว่าด้านบน (รูปที่ 1) ส่วนมุมของ lumbosacrum ซึ่งหมายถึง มุมระหว่างเส้นแนวนอนจากพื้นของช่องไขสันหลัง (spinal canal floor) ของกระดูก L7 และกระดูกใต้กระเบนเหน็บ มุมของ lumbosacral จะแตกต่างกันไปในแต่ละตัว และสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการงอหรือเหยียดของกระดูกสันหลัง โดยปกติขอบด้านบนของ

กระดูก sacrum และกระดูก L7 ควรจะคงเป็นเส้นเดียวกัน โดยไม่มีการเกิดเป็นขั้น (step formation) ลักษณะที่ จะพบได้บ่อยทางภาพถ่ายทางรังสีของสุนัขที่เป็น DLSS คือ การลึบของช่องว่างหมอนกระดูกสันหลัง (intervertebral disc space) การแข็งตัวของส่วนต่อของกระดูกสันหลัง (sclerosis of vertebral end plate) การยื่นยาวของกระดูกลามิเนาของกระดูก sacrum (sacral lamina) เข้าไปในส่วนท้ายของกระดูกสันหลัง L7 การเคลื่อนของกระดูกสันหลังได้กระเบนเหน็บไปด้านล่าง (ventral subluxation of S1) รวมทั้งกระดูกงอกที่ด้านล่างของกระดูกสันหลัง (ventral spondylosis) (รูปที่ 1) ภาพถ่ายรังสีนี้จะช่วยในการวินิจฉัยแยกโรคได้ โดยเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างที่เป็นกระดูก เช่น เนื้องอกของกระดูก การเคลื่อนของกระดูกที่เกิดจากการบาดเจ็บ (traumatic luxation) หรือการติดเชื้อที่หมอนรองกระดูก (discospondylitis) แต่การวินิจฉัยโรค DLSS จากภาพถ่ายรังสีแบบทั่วไปนี้ทำได้ยาก เนื่องจากความซับซ้อนของโครงสร้างและตำแหน่งทางกายวิภาคของส่วน lumbosacrum (Lang and Jaggy, 1993) และโครงสร้างของเนื้อเยื่ออ่อนบริเวณนั้น ภาพถ่ายรังสีในส่วนของ lumbosacral junction ที่ศึกษาในท่าอและเหยียด (dynamic flexion/extension) อาจช่วยให้ตรวจพบภาวะไม่มั่นคงของ lumbosacral junction

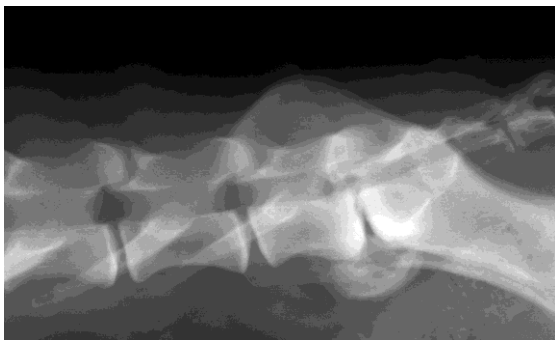


Figure 1. Lateral radiograph of the lumbosacral junction in dog with DLSS demonstrating the narrowing intervertebral disc space at L7-S1 and ventral spondylosis.

## 1.2 ภาพถ่ายรังสีโดยใช้สารทึบรังสี

### (Contrast radiography)

เป็นเทคนิคพิเศษที่ใช้คุณสมบัติของสารทึบรังสีในการช่วยระบุขอบเขตของเนื้อเยื่ออ่อนภายในช่องกระดูกสันหลังซึ่งจะช่วยในการวินิจฉัยโรคได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น ได้แก่ myelography epidurography และ discography

myelography เป็นเทคนิคการถ่ายภาพรังสีโดยใช้สารทึบรังสีกลุ่มไอโอดีนประเภทไม่มีประจุ (non-ionic iodine contrast agent) ฉีดเข้าในช่องว่างใต้เยื่อหุ้มสมองชั้นกลาง (subarachnoid space) ที่ตำแหน่ง cerebellomedullary cistern หรือที่กระดูกสันหลังบั้นเอวส่วนท้าย (L5-L6) ในกรณีที่มีความผิดปกติที่ส่วนของ nucleus pulposus ของหมอนรองกระดูก จะพบแถบของสารทึบรังสีที่ยกตัวขึ้นที่ตำแหน่งที่มีการเคลื่อนของหมอนรองกระดูกได้ อย่างไรก็ตามการทำ myelography เพื่อวินิจฉัยโรค DLSS ในสุนัขนั้นยังมีข้อจำกัด เนื่องด้วยความแตกต่างของตำแหน่งถุงเยื่อ dura (dural sac) ในสุนัขแต่ละสายพันธุ์ (Ramirez and Thrall, 1998) โดยทั่วไปในสุนัขพันธุ์ใหญ่ dural sac จะสิ้นสุดที่บริเวณระหว่าง L6-L7 หรือด้านหน้ามากกว่านั้น ในขณะที่ dural sac อาจยาวไปถึงส่วนของ sacrum ได้ในสุนัขทั่วไป นอกจากนั้นแล้วสารทึบรังสีอาจจะไม่สามารถเข้าไปในส่วน of subarachnoid space ได้เพียงพอ ทั้งนี้อาจเนื่องด้วยมีการอุดตัน และ/หรือมีการรั่วออกของสารทึบรังสี ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถมองเห็นส่วนของรอยโรคได้ดีพอและพบว่าในบางรายที่มีการตีบแคบที่บริเวณ lumbosacral junction นั้นอาจพบลักษณะของ myelogram ที่ปกติได้ (false negative finding) โดยสรุป ข้อดีของเทคนิค myelography นี้สามารถช่วยให้หาตำแหน่งที่มีความผิดปกติหรือการเคลื่อนของหมอนรองกระดูก (Olby et al., 1994) ได้มากกว่าภาพถ่ายรังสีทั่วไป สามารถใช้ประเมินส่วนของไขสันหลังด้านหลังด้านหน้าของส่วน lumbosacral junction และอาจไม่สามารถช่วยวินิจฉัยโรค DLSS ได้ในสุนัขที่มี dural sac สิ้นสุดก่อนตำแหน่ง lumbosacral junction

นอกจากนั้นเทคนิคนี้ยังไม่สามารถทำให้เห็นรอยโรคที่เกิดจากการกดทับทางด้านข้าง บริเวณส่วนของ intervertebral foramen หรือ lateral recess ของช่องไขสันหลังได้

สำหรับ epidurography เป็นเทคนิคการถ่ายภาพรังสีโดยใช้สารทึบรังสีเช่นเดียวกัน ฉีดเข้าสู่ช่องว่างเนื้อเยื่อดูรา (epidural space) ที่ตำแหน่ง lumbosacral junction หรือ sacrococcygeal junction โดยปกติของ epidurogram จะพบสารทึบรังสีเข้าไปในส่วน epidural space และจะพบแนวของสารทึบรังสีนี้ขนานไปกับแนวด้านล่างกับช่องไขสันหลัง ในสุนัขที่พบว่ามีอาการกดทับประสาทคออาร์ อีควินารุนแรง จะพบลักษณะของ epidurogram ที่แคบลง อาจพบการยกตัวขึ้นหรือเบี่ยงของแนวสารทึบรังสี อย่างไรก็ตามการที่มีโครงสร้างซ้อนทับกัน (superimposition) รวมทั้งเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) ที่บริเวณรอยโรค รวมทั้งลักษณะที่สารทึบรังสีไม่สามารถเข้ามาได้อย่างเพียงพอ อาจส่งผลทำให้การแปลผล epidurogram นั้นทำได้ยาก (Barthez et al., 1994)

และเทคนิค discography เป็นเทคนิคการถ่ายภาพรังสีโดยฉีดสารทึบรังสีเข้าสู่ตรงกลาง nucleus pulposus ของหมอนรองกระดูก (Barthez et al., 1994) โดยปกติจะไม่มีของเหลวหรือมีในปริมาณที่น้อยมากที่จะสามารถถูกฉีดเข้าไปในหมอนรองกระดูกได้ หากหมอนรองกระดูกนั้นยังอยู่ในสภาพปกติ ในขณะที่หมอนรองกระดูกที่เกิดการเสื่อมสภาพ (degeneration) ของเหลว หรือสารทึบรังสีจะสามารถผ่านเข้าไปได้มากกว่า 0.3 มิลลิลิตร (Barthez et al., 1994)

การทำ myelography epidurography และ discography ได้รับความนิยมลดลงในปัจจุบัน เนื่องจากเทคนิคนี้มีข้อจำกัดและต้องอาศัยผู้ปฏิบัติงานที่มีความชำนาญทางเทคนิค และปัจจุบันมีเทคนิคภาพรังสีที่ก้าวหน้ามาช่วยในการวินิจฉัยโรคมากขึ้นอีกด้วย

### 1.3 การถ่ายภาพรังสีส่วนตัดคอมพิวเตอร์ (Computed tomography; CT)

เป็นเทคนิคการถ่ายภาพรังสีและประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์ สร้างภาพที่เป็นภาพตัดขวางของโครงสร้างนั้นพร้อมทั้งประกอบภาพใหม่ (reconstruction) เป็นภาพในแนวระนาบแบ่งซ้ายขวา (sagittal) ด้านบน (dorsal) หรือระนาบเอียง (oblique) ซึ่งจะทำให้ได้เป็นภาพ 3 มิติ (3-dimensional reconstruction) ภาพจาก CT จะให้รายละเอียดความแตกต่างของเนื้อเยื่ออ่อนได้ดีกว่าภาพถ่ายรังสีพื้นฐาน ลักษณะที่สามารถพบได้จากภาพ CT ในสุนัขที่เป็น DLSS นั้น ได้แก่ การเสื่อมของหมอนรองกระดูกสันหลังแบบ Hansen type II (รูปที่ 2) การแคบลงของช่องว่างหมอนรองกระดูก (narrowing of intervertebral disc space) การแข็งตัวของจุดต่อ (end plate sclerosis) การเกิดกระดูกงอก (spondylosis deformans) รวมทั้งการหนาตัวของ interarcuate ligament และแคปซูลของข้อต่อ (joint capsules) นอกจากนี้ยังสามารถใช้สารทึบรังสีฉีดเข้าหลอดเลือด (intravenous contrast medium) เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวินิจฉัยของ CT ได้ (Jones et al., 1999) แต่ภาพจาก CT จะมีข้อดีน้อยกว่าภาพ MRI โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการดูโครงสร้างเนื้อเยื่ออ่อนภายในช่องไขสันหลัง แต่จะมีความไวมากกว่า MRI ในกรณีที่เนื้อเยื่ออ่อนมีการสะสมของแคลเซียม (soft tissue calcifications) และการเสื่อมของ articular process joint

### 1.4 ภาพถ่ายรังสีโดยใช้คลื่นสนามแม่เหล็ก (Magnetic resonance imaging; MRI)

เป็นเทคนิคการถ่ายภาพโดยการใช้สนามแม่เหล็กพลังงานสูง เพื่อให้เนื้อเยื่อต่างๆคายพลังงานที่เป็นลักษณะเฉพาะออกมา เทคนิคนี้ช่วยให้สามารถมองเห็นรายละเอียดโครงสร้างของเนื้อเยื่ออ่อน เช่น หมอนรองกระดูก เอ็นยึด ประสาท รากประสาท และการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิวิทยาของบริเวณ lumbosacrum ได้ ข้อดีของ MRI ที่เหนือกว่า CT คือ

การให้ภาพที่มีคุณภาพของเนื้อเยื่ออ่อนที่ชัดเจนกว่าสามารถแสดงภาพในระนาบ sagittal และ dorsal โดยไม่ลดคุณภาพจากการจัดรูปแบบภาพ และสามารถระบุถึงตำแหน่งของหมอนรองกระดูกที่เสื่อมได้ (Adams et al., 1995; Kärkkäinen et al., 1993) สิ่งที่พบในภาพ MRI ของสุนัขที่เป็น DLSS ได้แก่ การเคลื่อนของหมอนรองกระดูก (intervertebral disc protrusion) (รูปที่ 3) ตำแหน่งของ dural sac และรากประสาทที่ผิดไปจากตำแหน่งเดิม รวมทั้งสูญเสียไขมันเนื้อเยื่อ dura (epidural fat) ซึ่งจะคล้ายคลึงกับโรคหมอนรองกระดูกส่วนเอวในมนุษย์ (Adams et al., 1995)

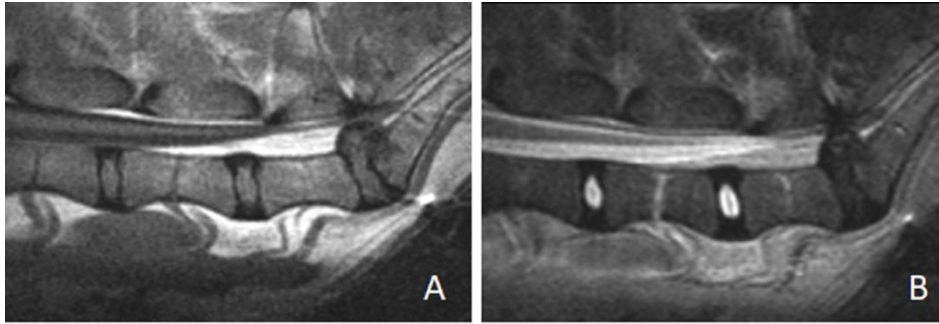
ในโหมดภาพ T1-weighted หมอนรองกระดูกจะมีความเข้มของสัญญาณ (signal intensity) ในระดับปานกลาง อาจมากกว่าสัญญาณจากส่วนไขสันหลัง รากประสาท และไขกระดูกเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ไขมันส่วน epidural จะมีความเข้มของสัญญาณใน

ระดับสูงมากและปรากฏเป็นสีขาวสว่าง ส่วนในโหมดภาพ T2-weighted หมอนรองกระดูกที่ปกติจะประกอบไปด้วยสัญญาณที่มีความเข้มสูงของ nucleus pulposus ซึ่งจะล้อมรอบด้วยความเข้มปานกลาง คือ annulus fibrosus ความเข้มของสัญญาณที่ต่างกันนี้จะเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่มีส่วนประกอบของไฮยาลูโรนิก แอซิด (hyaluronic acid) และ ไกลโคซามิโนไกลแคน (glycosaminoglycans) ซึ่งจะมีคุณสมบัติดึงดูดและอุ้มน้ำ โดยปกติของ nucleus pulposus จะมีความเข้มข้นของสารประกอบเหล่านี้สูง ดังนั้นจะปรากฏภาพในลักษณะของสัญญาณ T2 ที่มีความเข้มสูง ในกรณีที่มีการเสื่อมของหมอนรองกระดูก (disc degeneration) จะพบลักษณะของความเข้มของสัญญาณในส่วนของ nucleus pulposus ที่ลดลง (Adams et al., 1995; Kärkkäinen et al., 1993) (รูปที่ 3)



Figure 2. Transverse images of CT at the lumbosacral intervertebral disc space in dog with degenerative lumbosacral stenosis demonstrating severe disc protrusion (black arrow) and lateral ventral spondylosis (white arrow).





**Figure 3.** Sagittal MR images of dogs with degenerative lumbosacral stenosis. A: The T1 weighted demonstrating severe disc protrusion at L7-S1 and attenuation of epidural fat. B: The T2 weighted demonstrating severe disc protrusion at L7-S1, and loss of the signal intensity on T2 indicated disc degeneration.

## 2. การวินิจฉัยด้วยคลื่นไฟฟ้า

### (Electrodiagnosis)

การวินิจฉัยด้วยคลื่นไฟฟ้าเป็นวิธีการที่ช่วยยืนยันการวินิจฉัยโรคทางระบบประสาทและโรคที่เกี่ยวข้องของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในสัตว์ (Steiss, 2003) การใช้วิธีวินิจฉัยด้วยคลื่นไฟฟ้านั้นสามารถระบุตำแหน่งที่มีความผิดปกติของรากเส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve roots) ได้ (Meij, 1993;) อย่างไรก็ตาม เทคนิคการตรวจวินิจฉัยด้วยวิธีนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่ด้วยต้นทุนของอุปกรณ์และผู้ปฏิบัติงานที่ต้องได้รับการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญ

### 2.1 การบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

#### (Electromyography; EMG)

เป็นเครื่องมือในการวินิจฉัยที่สามารถช่วยระบุตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่มีการเสียหายรวมทั้งเส้นประสาทที่เกี่ยวข้อง ในปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคนี้มาใช้อย่างแพร่หลายในมนุษย์ เพื่อแยกแยะความแตกต่างของโรคหรือความผิดปกติที่มีสาเหตุจากกล้ามเนื้อ (myogenic) หรือเกิดจากระบบประสาท (neurogenic) ในทางสัตวแพทย์ด้านระบบประสาท EMG ถูกนำมาใช้ในการแยกความผิดปกติระหว่างรอยโรคที่ไขสันหลัง (spinal cord) เส้นประสาทส่วนปลาย (peripheral nerve) และโรคทางระบบโครงสร้างและ

กล้ามเนื้อ (Olmaker et al., 1991) สามารถใช้ EMG ในสุนัขที่สงสัยว่าเป็น DLSS เพื่อสนับสนุนการวินิจฉัยโรคได้ อย่างไรก็ตาม EMG อาจไม่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุและทิศทางของการกดทับที่ประสาทคออดาร์ อีโควนาได้ และ EMG ที่ปกติไม่สามารถแยกโรค DLSS นี้้ออกได้ (De Risio et al., 2001)

### 2.2 โซมาโตเซนซอรี อีโวก โทเท็นเซียล (Somatosensory evoked potentials; SEPs)

เป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินโรคและความผิดปกติทางระบบประสาทได้ โดยจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของรอยโรคและส่วนที่เกี่ยวข้องกับรากประสาทรับสัมผัส (sensory nerve root) โดยทั่วไป สามารถตรวจพบ SEP ที่ผิดปกติ อาทิ ความล่าช้าของระยะเวลาในการเกิดลาเท็นซี (latency) และการลดลงของแอมพลิจูด (amplitude) ได้ก่อนที่จะมีอาการแสดงทางคลินิกเกิดขึ้น (Delamarter et al., 1990) มีการศึกษา SEPs ในสุนัขที่มีการกดทับที่กลุ่มเส้นประสาทคออดาร์ อีโควนา โดยการกระตุ้นเส้นประสาท sciatic (Kim and Yang, 1996) และเส้นประสาท dorsal medial ที่มาเลี้ยงบริเวณหางของสุนัข (Wada et al., 2002) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการทำงานของ ascending neuronal pathways เหนือไขสันหลัง

ส่วนกระดูกใต้กระเบนเหน็บและไขสันหลังส่วนหาง (coccygeal) นอกจากนี้ มีการศึกษา SEPs ในสุนัขที่เป็น DLSS โดยการกระตุ้นเส้นประสาท tibial และพบว่าในสุนัขที่เป็น DLSS และมีการกดทับที่กลุ่มประสาทคออาร์อิโควนานั้น จะมี latency ของ SEPs ที่ยาวมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับในสุนัขปกติ (Meij et al., 2006) อย่างไรก็ตาม การวัด SEPs ในสุนัขนั้น ต้องใช้เวลาและอาศัยความชำนาญทางเทคนิค และยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

### 3. การวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force)

การวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นโดยการวัด force plate analysis (FPA) ซึ่งเป็นการวัดที่ไม่ทำให้บาดเจ็บ (noninvasive) และมีเป้าหมายเพื่อวัดการเคลื่อนไหวในมนุษย์และสัตว์ (De Camp, 1997; McLaughlin, 2001) โดย FPA จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับการทำหน้าที่ของร่างกายแต่ละข้างได้อย่างแม่นยำและเชื่อถือได้ มีการศึกษาพบว่าแรงที่ผลักดันให้ขาเดินไปข้างหน้า (propulsive force) ของขาหลังในสุนัขที่เป็น DLSS นั้น จะต่ำกว่าในสุนัขปกติ ซึ่งบ่งบอกถึงความผิดปกติของขาหลังอันเนื่องจากการกดทับที่กลุ่มเส้นประสาทคออาร์อิโควนา (Suwankong et al., 2007; van Klaveren et al., 2005) นอกจากนี้ยังมีการนำ FPA มาใช้เพื่อประเมินผลของการรักษา DLSS ด้วยวิธีทางศัลยกรรมทั้งในระยะสั้นและระยะยาวอีกด้วย (Suwankong et al., 2007; van Klaveren et al., 2005)

### 4. การวินิจฉัยแยกแยะ (Differential diagnosis)

มีโรคและความผิดปกติของระบบกระดูกและข้อต่อในสุนัขที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับ DLSS ทั้งในส่วนของการแสดงทางคลินิก อายุและสายพันธุ์สุนัขที่มีความเสี่ยง เช่นในสุนัขพันธุ์เยอรมัน เชพเพิร์ด ที่มีอาการเจ็บขาหลัง เช่น การฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้า (cranial cruciate ligament rupture) โรคข้อสะโพก

เจริญผิดปกติ (hip dysplasia) หรือการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ psoas, gracilis และ semitendinosus contracture ในกรณีที่สุนัขมีความผิดปกติของกระดูกและข้อต่อเพียงอย่างเดียวเพียงอย่างเดียวจะไม่พบความผิดปกติของระบบประสาทจากการตรวจทางระบบประสาท แต่หากตรวจพบความผิดปกติของระบบประสาทร่วมด้วยแล้ว สัตวแพทย์ควรคำนึงถึงโรคที่เกี่ยวข้องและอยู่ในรายการวินิจฉัยด้วย ได้แก่ degenerative myelopathy, thoracolumbar IVD disease ความผิดปกติที่มีมาแต่กำเนิด เช่น spina bifida หรือ dermoid sinus, peripheral neuropathy รวมทั้งกลุ่มโรคมะเร็ง (peripheral nerve sheath tumor) และ discospondylitis อีกด้วย (Sharp and Wheeler, 2005)

## การรักษา

### 1. การรักษาทางอายุรกรรม (Medical treatment)

การรักษาทางอายุรกรรมในสุนัขที่เป็น DLSS นั้น ประกอบด้วยการใช้ยาต้านการอักเสบแบบที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ (non-steroidal anti-inflammatory drugs; NSAIDs) เพื่อบรรเทาอาการปวดและอักเสบที่เกิดขึ้น การปรับเปลี่ยนรูปแบบหรือจำกัดการออกกำลังกาย การลดและควบคุมน้ำหนักตัวโดยเฉพาะในสุนัขที่มีน้ำหนักมาก และอาจต้องแนะนำให้พักและหยุดกิจกรรมการทำงานก่อนในสุนัขประเภทใช้งาน มีรายงานถึงผลของการฉีดคอร์ติโคสเตียรอยด์เข้าช่องเหนือเยื่อหุ้มกระดูกที่ตำแหน่ง lumbosacrum (lumbosacral epidural injection) ว่าสามารถทำให้อาการในสุนัขดีขึ้นได้ถึงร้อยละ 79 (Janssens et al., 2009) อย่างไรก็ตาม การฉีดคอร์ติโคสเตียรอยด์เข้าช่องเหนือเยื่อหุ้มกระดูกนั้นจะให้ผลได้ดีต่อเมื่อกระทำในสุนัข DLSS ที่ไม่มีอาการแสดง ความผิดปกติทางระบบประสาท เช่น proprioceptive deficit ที่สองขาหลัง หรือไม่มีอาการควบคุมการขยับถ่าย

ปีศาจและอุจจาระไม่ได้ (Janssens et al., 2009) นอกจากนั้นแล้วการฉีดคอร์ติโคสเตียรอยด์เข้าช่องเหนื่อเยื่อดูรายังอาจส่งผลเสีย เช่น มีผลทำให้ภูมิคุ้มกันของร่างกายลดลงและอาจส่งผลให้เกิดการติดเชื้อและอักเสบของหมอนรองกระดูก (discospondylitis) ตามมาได้ สรุปคือ การรักษาเชิงอนุรักษ์หรือทางอายุรกรรมนี้ไม่ได้เป็นการกำจัดสาเหตุของโรคโดยตรงและอาการของโรคสามารถกลับมาเป็นได้อีกหากหยุดการรักษา

## 2. การรักษาทางศัลยกรรม

### (Surgical treatment)

การรักษาทางศัลยกรรม (surgical treatment) จะกระทำในสุนัขที่เป็น DLSS ที่มีอาการเจ็บที่บั้นเอวส่วนล่างในระดับปานกลางถึงรุนแรง และไม่ตอบสนองต่อการรักษาทางอายุรกรรมรวมทั้งในรายที่มีอาการผิดปกติทางระบบประสาท (neurologic deficits) ร่วมด้วย จุดประสงค์หลักของการรักษาทางศัลยกรรมนั้นคือ เพื่อลดการกดทับที่ส่วนของกลุ่มเส้นประสาทคออดาร์อิควินา และช่วยทำให้รากเส้นประสาทที่บริเวณนั้นเป็นอิสระจากการที่ถูกกดเบียด วิธีทำศัลยกรรมในกรณี DLSS นั้น ได้แก่ ศัลยกรรมการตัดกระดูกลามินา ด้านบน (dorsal laminectomy) และเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องลดการกดทับมากขึ้น เทคนิคนี้สามารถทำร่วมกับการตัดเอาหมอนรองกระดูกออกบางส่วน (partial discectomy) ซึ่งประกอบด้วย dorsal annulectomy และ nuclear pulpectomy (nucleotomy) และศัลยกรรมเพื่อขยายรูประสาทผ่าน (foraminotomy) (Danielsson and Sjöström, 1999) นอกจากนั้นการยึดกระดูกให้มั่นคงโดยวิธียึดตรึง (fixation) และเชื่อมต่อ (fusion) ยังเป็นสิ่งที่จำเป็น หากพบว่าการเคลื่อนของข้อต่อ lumbosacrum หรือเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดภาวะไม่มั่นคงของข้อต่อ lumbosacrum (lumbosacral instability) ตามมาในภายหลัง เทคนิคต่างๆ เหล่านี้ได้แก่ การยึดด้วยวิธีการไขว้เหล็กตามกระดูก (cross

pin) (Slocum and Devine, 1986, 1989, 1998) การยึดตัวกระดูกสันหลังด้วยแล็กสกรู (lag screw) รวมไปถึงการใช้สกรูยึดที่ส่วนเพดิเคิล (pedicle) และการยึดด้วยการทำสะพานจากซีเมนต์กระดูก (bone cement) (Sharp and Wheeler, 2005)

### 2.1 ศัลยกรรมเพื่อตัดกระดูก lamina ด้านบน (Dorsal laminectomy)

dorsal laminectomy เป็นเทคนิคการทำศัลยกรรมที่เข้าไปเปิดส่วนของกระดูก lamina ด้านบน เพื่อลดการกดทับที่ตำแหน่งรอยโรค โดยตำแหน่งในการกรีดผ่าอาจเริ่มจากบริเวณปุ่มของเงี่ยงกระดูกสันหลังด้านบน (dorsal spinous process) ของกระดูกสันหลัง L5 ไปถึงส่วนท้ายของกระดูก sacrum ทำการแยกส่วนของกล้ามเนื้อ epaxial ออกจากปุ่มกระดูกสันหลังของ L7 และ S1 และนำส่วนของกระดูก lamina ของ L7 และ S1 ออกด้วย motorized burr ทำการสำรวจเนื้อเยื่อประสาทในช่องไขสันหลัง เช่น รากประสาท กลุ่มเส้นประสาทคออดาร์อิควินาและเยื่อดูรา (dural sac) รวมทั้งพิจารณารอยโรคว่ามีการบวมหรือมีเยื่อยึดติดกันหรือไม่ ในกรณีที่มีการเคลื่อนของหมอนรองกระดูกที่รุนแรงและกดเบียดส่วนของกลุ่มเส้นประสาทคออดาร์อิควินา อาจทำการเปิดช่องด้านบน (dorsal fenestration) และตัดหมอนรองกระดูกที่เสื่อมออก (รูปที่ 4) เช่น ส่วนของ annulus fibrosus และทำ nuclear pulpectomy และแนะนำให้ทำการป้าย (swab) ส่วนของช่องว่างของหมอนรองกระดูก (intervertebral disc space) เพื่อนำไปเพาะเชื้อแบคทีเรียต่อไป นอกจากนั้นแล้วในกรณีที่มีการกดทับที่ส่วนของรากเส้นประสาทภายใน intervertebral foramen หรือในตำแหน่ง facet joint หรือ อาจพิจารณาทำศัลยกรรม facetectomy และ / หรือ foraminotomy อย่างไรก็ตาม ควรพยายามหลีกเลี่ยงการทำศัลยกรรม facetectomy เนื่องจากเทคนิคการทำศัลยกรรมนี้จะทำให้รอยต่อของกระดูกสันหลังส่วนเอวและได้กระเบนเหน็บนี้ไม่มั่นคง (lumbosacral instability) มากยิ่งขึ้น

(Smith et al., 2004) ภายหลังจากการลดการกดทับแล้วจะทำการเก็บเนื้อเยื่อไขมันของตัวสัตว์เองจากชั้นใต้ผิวหนัง (subcutaneous fat graft) ขนาดชิ้นเล็กประมาณ 0.5 x 1.0 เซนติเมตร วางในตำแหน่งช่องว่างด้านใต้ของเส้นประสาทคอคาร์ท์ อีโควนา และขนาดชิ้น

ใหญ่วางไว้ที่ตำแหน่งที่ทำ laminectomy เพื่อป้องกันการยึดเกาะกันของดูรา (dural adhesion) และการสร้างใหม่ของกระดูก (new bone formation) ที่ตำแหน่งนี้ (Quist et al., 1998)

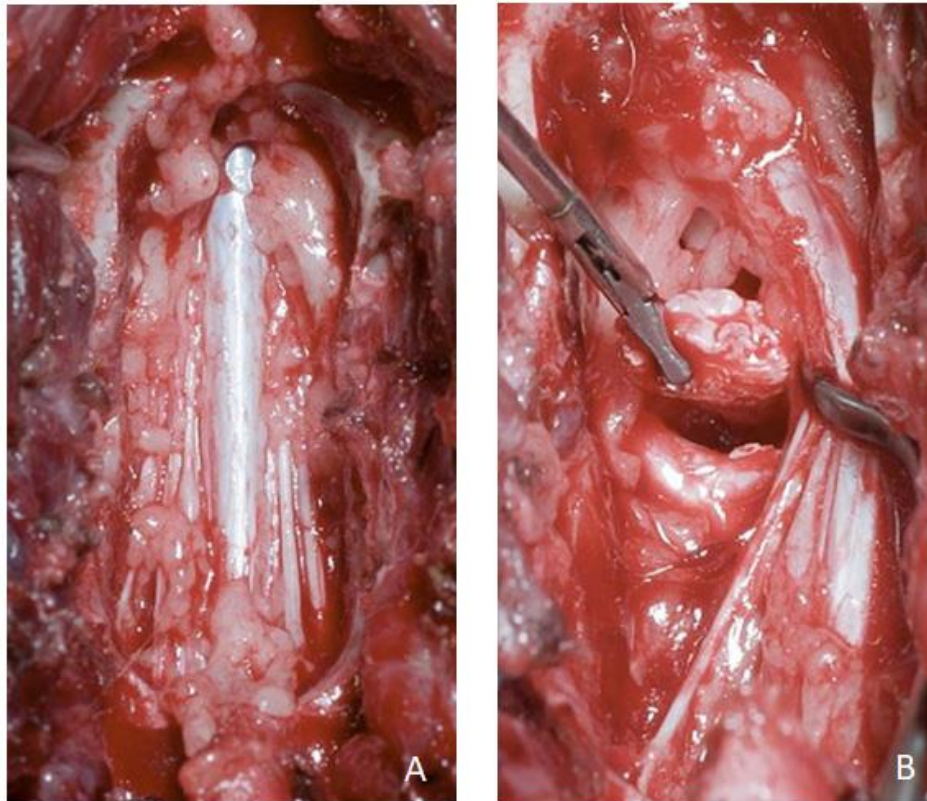


Figure 4. Surgical field at lumbosacral junction. A: The cauda equina and dural sac are identified when dorsal laminectomy is performed. B: Partial discectomy is performed by removing nucleus pulposus in case of severe disc protrusion.

ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการศึกษาและรายงานผลของการรักษา DLSS ด้วยวิธีทางศัลยกรรมเพื่อลดการกดทับที่ตำแหน่งเส้นประสาทคอคาร์ท์ อีโควนา ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (ตารางที่ 1) ทั้งนี้ พบว่า การประเมินผลการรักษาโดยสัตวแพทย์หรือเจ้าของสัตว์นั้นจะให้ผลดีถึงดีมากโดยเฉพาะอาการปวดที่บั้นเอวส่วนท้ายของสุนัขและอาการทางคลินิกที่ดีขึ้นถึง 66.7-96.5% (Meij and Bergknut, 2010) อย่างไรก็ตาม มีรายงานที่ศึกษา DLSS ในกลุ่มสุนัข

ทำงานมักจะไม่ค่อยน่าพอใจนัก อาจเนื่องจากความต้องการที่จะให้สุนัขกลับมาทำงานได้อย่างปกติ นั้นมีค่อนข้างสูง นอกจากนั้นมีการศึกษาโดยการประเมินผลการรักษา DLSS ด้วยวิธีวิเคราะห์การเดิน (gait analysis) ของสุนัข โดยพิจารณาถึงแรงที่กระทำลงบนพื้นนั้น พบว่าแรงที่ใช้ในการผลักดันให้เดินไปข้างหน้า (propulsive force) หลังการทำศัลยกรรมนั้นดีขึ้นแต่ยังไม่สามารถกลับมาได้ดีเท่าเดิม (Suwankong et al., 2007)

**Table 1** Outcomes of decompressive surgery in dog with degenerative lumbosacral stenosis

	Danielsson and Sjöstrom, 1991	Janssens et al, 2000	Jones et al, 2000	De Risio et al, 2001	van Klaveren et al, 2005	Suwankong et al, 2007	Gödde and Steffen, 2007	Suwankong et al, 2008
Type of study	retrospective	retrospective	prospective	retrospective	prospective	prospective	retrospective	retrospective
Number of dogs	131	35	12	69	12	31	20	156
German shepherd dogs (%)	56.5	23	25	27.5	25	29	40	25.6
male: female ratio	2:1	2.5:1	males	2.6:1	1.4:1	2.4:1	0.7:1	1.7:1
Average age (years); (ranges)	5.5 ± 2.0	7.2 (2-12)	6.7 (4-9)	6.8 ± 2.8	4.7 ± 2.5	5.4 ± 2.3	5.7 (2-11)	5.8 ± 2.5
Low back pain (%)	84.7	90	100	76.8	100	100	100	68.6
Lameness (%)	54.2	55	100	37.7	58.3	64.5	100	41
Disc protrusion	85.5	100	91.7	75	75	93.6	35	95.2
Follow-up method	medical record	questionnaire s	medical record	medical record	FPA	FPA	medical record	medical record, questionnaires
Follow-up period (years); (ranges)	2.2 ± 1.5	2.5	0.5	3.1 ± 1.9	0.5	2.2 ± 0.5	1.3 (0.5-3.5)	1.6 (0.2-3.5)
Postoperative improvement (%)	93.2	85	66.7	78	FPA improved	91	95	79

นอกจากนั้นยังมีรายงานการกลับมาเป็นซ้ำของอาการทางคลินิกถึงร้อยละ 18 ของสุนัขหลังจากได้รับการทำศัลยกรรม dorsal laminectomy (Danielsson and Sjöström, 1999)

เทคนิคศัลยกรรม laminectomy และ discectomy อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความสูงของหมอนรองกระดูกสันหลังลดลง รวมทั้งมีการตีบของช่องเปิดของรูประสาทผ่าน (foraminal apertures) และทำให้ความมั่นคงของ lumbosacral joint ลดลง (Early et al., 2013; Smolders et al., 2012) ซึ่งจะยังเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดอาการแทรกซ้อนทางคลินิกมากขึ้น (Jeffery et al., 2014; Worth et al., 2017)

## 2.2 ศัลยกรรมเพื่อขยายรูประสาทผ่าน (Foraminotomy)

การรักษาด้วยวิธีศัลยกรรมเพื่อขยายรูประสาทผ่าน (foraminotomy) นั้น สามารถทำได้ โดยเฉพาะในกรณีที่มีสัตว์ป่วยบางรายมีอาการทางคลินิกและภาพถ่ายรังสีที่บ่งบอกว่าปัญหาหลัก คือ การกดทับที่ส่วนของรากประสาท (nerve root compression) โดยที่ภาพจาก CT หรือ MRI ไม่ปรากฏว่ามีกระดูกทับของไขสันหลังร่วมด้วย โดยสามารถทำการรักษาด้วยวิธีเปิดขยายรูประสาทผ่านด้านข้าง (lateral foraminotomy) โดยการเปิดเข้าทางด้านข้าง (lateral approach) เพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจเพียงพอและให้ผลการรักษาที่ดีมาก (Goedde and Steffen, 2007) ทั้งนี้การทำ lateral foraminotomy สามารถทำร่วมกับศัลยกรรม dorsal laminectomy ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น หรือร่วมกับ mini-dorsal laminectomy ผ่านทางกล้องส่องตรวจภายใน (endoscopy) (Wood et al., 2004) ได้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในซากสุนัขโดยพบว่าสามารถเข้าไปประเมินลักษณะของรูประสาทผ่าน (lumbosacral foramina) โดยการเปิดเข้าทางกระดูกปีกสะโพก (transiliac) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถรักษา DLSS ได้โดยทำความเสียหายต่อเนื้อเยื่อน้อยกว่า (Carozzo

et al., 2008) อย่างไรก็ตาม เทคนิคการทำศัลยกรรมนี้ยังต้องการการศึกษาในสุนัขจริงต่อไป

## 2.3 ศัลยกรรมเพื่อเสริมความมั่นคง (Stabilization)

### 2.3.1 Dorsal distraction fixation-fusion

การทำ dorsal distraction fixation-fusion มีเป้าหมาย คือ เพื่อฟื้นฟูสภาพของหมอนรองกระดูกที่ล้ม โดยการขยายส่วนของช่องว่างของหมอนรองกระดูกและช่องรูประสาทผ่าน ซึ่งจะช่วยให้ผ่อนคลายแรงกดทับที่เนื้อเยื่อประสาท และสร้างความมั่นคงให้กับส่วนของ lumbosacrum (Slocum and Devine, 1986, 1989, 1998) ด้วยการใส่แท่งเหล็ก (pin) หรือสกรู ส่วนการเชื่อมรวมข้อต่อ (fusion) สามารถทำได้โดยนำกระดูกอ่อนข้อต่อ (articular cartilage) ออกจากข้อต่อและแทนที่ด้วยกระดูกฟองน้ำ (cancellous bone graft) วางที่ตำแหน่งด้านบนของ lamina หลังจากทำการถ่างแยก (distraction) กระดูกแล้ว จะทำการยึดตรึงโดยใช้โพลีเมทิล เมทาคริเลต (polymethylmethacrylate) ยึดปลาย pin หรือหัวของสกรู ซึ่งเมื่อแข็งตัวแล้วจะทำหน้าที่เป็นตัวยึดตรึงภายใน (internal fixator) ตลอดแนวด้านบนของสันหลังส่วน lumbosacrum (Slocum and Devine, 1998; Slocum and Devine, 1986) ซึ่งเทคนิคนี้สามารถทำร่วมกับศัลยกรรม dorsal laminectomy ได้ (Bagley, 2003; Slocum and Devine, 1998)

### 2.3.2 Pedicle screws and rod fixation

การใช้ pedicle screws และ rod เพื่อยึดตรึงส่วนของ lumbosacrum เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่มีเป้าหมายเพื่อลดปัญหาและสร้างความมั่นคงให้กับกระดูกสันหลังในกรณีที่เกิดกระดูกสันหลังเคลื่อน (spondylolisthesis) ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิด caudal lumbar pain มากในมนุษย์ (Sears, 2005; Spruit et al., 2005) ในกรณีสุนัขที่เป็น DLSS นั้น มักพบ



lumbosacral instability ภายหลังจากการทำ dorsal laminectomy หรือภายหลังจากการบาดเจ็บได้ ทั้งนี้ การทำ pedicle screw-rod fixation สามารถทำร่วมกับ ศัลยกรรม dorsal laminectomy ได้ด้วยเช่นกัน (รูปที่ 5) มีการศึกษาเปรียบเทียบการทำเทคนิค pedicle screw และ rod fixation ก่อนและหลังการทำ dorsal laminectomy ในซากสุนัข พบว่าเทคนิค pedicle screws และ rod fixation นั้นสามารถเพิ่มความมั่นคงให้กับส่วนของ lumbosacrum หลังจากทำ dorsal laminectomy ได้ (Meij et al., 2007, Zindl et al., 2018) นอกจากนี้ หลังการทำศัลยกรรมรักษา DLSS ในสุนัข ด้วยการทำ pedicle screw และ rod fixation โดยใช้ force plate analysis และแบบสอบถาม พบว่า สุนัขมีอาการแสดงทางคลินิกที่ดีขึ้น (Tellegen et al.,

2015) อย่างไรก็ตาม การทำ pedicle screw และ rod fixation ร่วมกับ dorsal laminectomy นั้นต้องใช้เวลา ในการทำศัลยกรรมที่นานขึ้นและมีความเสี่ยงต่อการ เกิดข้อแทรกซ้อนหลังการทำศัลยกรรมเพิ่มมากขึ้น อาทิ การล้าของวัสดุยึดที่ใช้ การแตกหักของ articular process เป็นต้น (Tellegen et al., 2015) รวมทั้งอาจ เกิดโรคหรือความผิดปกติของส่วนที่ติดกับตำแหน่งที่ทำ การศัลยกรรมตามมาหลังการทำเชื่อมสันหลังได้ (Hoogendoorn et al., 2008; Yang et al., 2008, Zindl et al., 2018) อีกทั้งวัสดุที่ใช้ยังเป็นการประยุกตวัสดุที่มี ขนาดเล็กที่สุดซึ่งพัฒนามาใช้สำหรับมนุษย์และยังมี ราคาที่สูง ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาขนาดของวัสดุที่ เหมาะสมกับการใช้ในสุนัขในอนาคตต่อไป

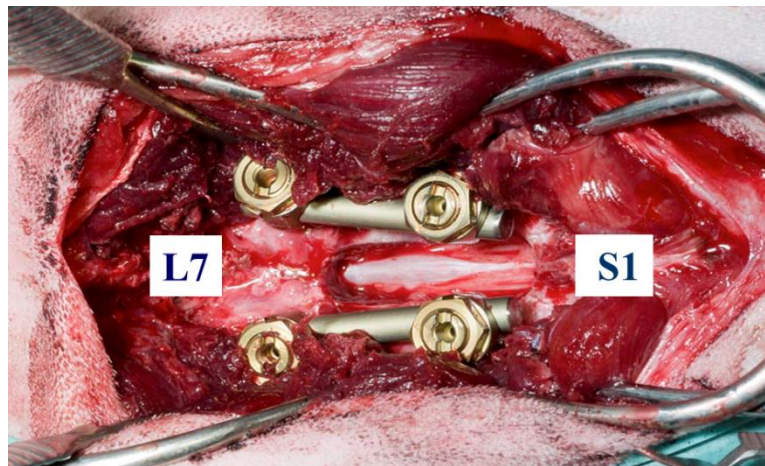


Figure 5. Dorsal laminectomy followed by pedicle screw and rod fixation to stabilize the lumbosacral junction.

### 2.3.3 Fixation with intervertebral cage

ในปัจจุบันมีการศึกษาเทคนิคการทำศัลยกรรมที่ช่วยเพิ่มความมั่นคงของ lumbosacral joint หลังการทำ dorsal laminectomy หรืออาจทำ ร่วมกับเทคนิค pedicle screw และ rod fixation มีการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางชีวภาพของการ ใช้วัสดุแทนหมอนรองกระดูกด้วยไทเทเนียม (titanium intervertebral cage) ใน lumbosacrum ของซากสุนัข ซึ่งพบว่าวัสดุนี้สามารถเพิ่มความมั่นคงให้กับข้อต่อส่วน lumbosacrum ภายหลังจากการทำ decompressive

surgery ได้เท่ากับในรายชื่อของ lumbosacrum ที่มีหมอนรองกระดูกปกติ (Teunissen et al., 2017) อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ได้ทำในซากสุนัขที่เป็นสุนัขพันธุ์ใหญ่ และใช้วัสดุแทนหมอนรองกระดูกที่ขนาดเล็กที่สุด (ความสูง 4.5 มิลลิเมตร) ซึ่งพัฒนามาสำหรับใช้ใน กระดูกส่วนคอ (cervical spine) ของมนุษย์ซึ่งเป็นวัสดุ ที่มีขนาดเหมาะสมกับสุนัขพันธุ์ใหญ่นี้ ดังนั้น จึงควรมี การพัฒนาขนาดของวัสดุที่เหมาะสมกับการใช้ในสุนัข ในอนาคต รวมทั้งศึกษาเพิ่มเติมในสุนัขที่เป็น DLSS ต่อไป

## อาการแทรกซ้อนหลังการทำศัลยกรรม

อาการแทรกซ้อนที่พบได้หลังการรักษาด้วยวิธีทางศัลยกรรม ได้แก่ การเกิดก้อนน้ำเลือดคั่ง (seroma formation) ที่บริเวณ lumbosacrum อาจเนื่องมาจากเทคนิคการเย็บแผลและการห้ามเลือดที่ไม่ดีพอ และตามมาด้วยการติดเชื้อที่บาดแผล รวมทั้งภาวะแทรกซ้อนจากเทคนิคและอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อยึดตรึง อันได้แก่ การล้าของอุปกรณ์ที่ใช้ในการยึด ส่งผลให้กระดูกสันหลังส่วน lumbosacrum เกิดความไม่มั่นคงได้

## การจัดการหลังการทำศัลยกรรม

การจัดการหลังการทำศัลยกรรมนั้น ประกอบด้วย การให้ยาบรรเทาปวด การจำกัดบริเวณ รวมทั้งการควบคุมการออกกำลังกายของสัตว์ Suwankong และคณะ (2008) ได้รายงานถึงผลบวกต่อการเพาะเชื้อแบคทีเรียในสุนัขที่เป็น DLSS หลังการทำศัลยกรรมถึงร้อยละ 23 ดังนั้นการให้ยาต้านจุลชีพจึงมีความจำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่สูงเสี่ยงต่อการติดเชื้อ นอกจากนี้ ยังพบว่าการใช้ยาต้านการอักเสบแบบไม่ใช้สเตียรอยด์ จะช่วยลดการเกิดแผลเป็น (scar formation) หลังการทำศัลยกรรมได้ (Janssens et al., 2000) สัตวแพทย์ควรแนะนำเจ้าของสุนัขให้กักบริเวณสุนัขในช่วง 6 สัปดาห์แรกหลังการทำศัลยกรรม และอนุญาตให้พาดูเดินในระยะสั้นก่อน จากนั้นจึงเพิ่มการออกกำลังกายให้นานขึ้นในสัปดาห์ที่ 7 ถึง 12 (Sharp and Wheeler, 2005) นอกจากนี้การทำกายภาพบำบัดให้แก่สุนัขยังเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะส่งผลให้สุนัขสามารถกลับมาใช้ชีวิตได้ดีในระยะยาวต่อไป (Meij and Bergknut, 2010)

## การพยากรณ์โรค

การพยากรณ์โรค DLSS หลังการรักษาด้วยวิธีทางศัลยกรรมนั้น ขึ้นอยู่กับความรุนแรงและระยะเวลาของอาการที่เป็นก่อนการรักษา ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงและระดับการกดทับที่กลุ่มเส้นประสาทคอ ตาร์ อี ไควนา มีรายงานการศึกษาถึงผลการรักษาทางศัลยกรรมอยู่ที่ช่วงร้อยละ 41-78 (Danielsson and Sjöström, 1999; De Risio et al., 2001) ในสุนัขที่มีอาการทางคลินิกเล็กน้อยถึงปานกลางจะได้รับพยากรณ์โรคที่ดีถึงดีมากและสามารถกลับมาใช้ชีวิตได้ตามปกติ อย่างไรก็ตาม ในสุนัขที่มีความเสียหายของระบบประสาทรวมถึงในรายที่กลั้นปัสสาวะและอุจจาระไม่ได้ (urinary and fecal incontinence) จะได้รับการพยากรณ์โรคที่ไม่ดี (De Risio et al., 2001) มีรายงานในสุนัขที่กลับมาแสดงอาการทางคลินิกอีกร้อยละ 18 หลังการทำศัลยกรรม dorsal laminectomy ทั้งนี้เนื่องมาจากอาจยังมีกระดูกทับที่เนื้อเยื่อประสาทหลงเหลืออยู่ รวมถึงภาวะความไม่มั่นคงของส่วน lumbosacrum การสร้างกระดูกใหม่ที่ตำแหน่งที่ทำ laminectomy และการเกิดเนื้อเยื่อแผลเป็น (scar tissue) ภายในช่องไขสันหลัง (Danielsson and Sjöström, 1999; De Risio et al., 2001) อย่างไรก็ตามสัตวแพทย์สามารถป้องกันข้อแทรกซ้อนดังกล่าวนี้ได้ โดยการใช่วัสดุที่ย่อยสลายได้ เป็นเยื่อ กัน (biodegradable barrier) หรือการปลูกถ่ายไขมัน (autograft fat) เพื่อมาคลุมส่วนของกลุ่มเส้นประสาทคอ ตาร์ อี ไควนา ไว้ (Quist et al., 1998; Sjöström, 2003)

## เอกสารอ้างอิง

- Adams, M.A., Roughley, P.J., 2006. What is intervertebral disc degeneration, and what causes it? *Spine* 31, 2151-2161.
- Adams, W.H., Daniel, G.B., Pardo, A.D., Selcer, R.R., 1995. Magnetic resonance imaging of the



- caudal lumbar and lumbosacral spine in 13 dogs (1990–1993). *Vet. Radiol. Ultrasound* 36, 3-13.
- Bagley, R.S. 2003. Surgical stabilization of the lumbosacral joint, In: Slatter, D. (Ed.) *Textbook of small animal surgery*. Elsevier Science, Philadelphia, 1238-1243.
- Barthez, P.Y., Morgan, J.P., Lipsitz, D., 1994. Discography and epidurography for evaluation of the lumbosacral junction in dogs with cauda equina syndrome. *Vet. Radiol. Ultrasound* 35, 152-157.
- Benninger, M.I., Seiler, G.S., Robinson, L.E., Ferguson, S.J., Bonél, H.M., Busato, A.R., Lang, J., 2006. Effects of anatomic conformation on three-dimensional motion of the caudal lumbar and lumbosacral portions of the vertebral column of dogs. *Am. J. Vet. Res.* 67, 43-50.
- Carozzo, C., Cachon, T., Genevois, J.P., Fau, D., Remy, D., Daniaux, L., Collard, F., Viguier, E., 2008. Transiliac approach for exposure of lumbosacral intervertebral disk and foramen: technique description. *Vet. Surg.* 37, 27-31.
- Damur-Djuric, N., Steffen, F., HÄssig, M., Morgan, J.P., Flückiger, M.A., 2006. Lumbosacral transitional vertebrae in dogs: classification, prevalence, and association with sacroiliac morphology. *Vet. Radiol. Ultrasound* 47, 32-38.
- Danielsson, F., Sjöström, L., 1999. Surgical treatment of degenerative lumbosacral stenosis in dogs. *Vet. Surg.* 28, 91-98.
- De Risio, L., Sharp, N.J., Olby, N.J., Muñana, K.R., Thomas, W.B., 2001. Predictors of outcome after dorsal decompressive laminectomy for degenerative lumbosacral stenosis in dogs: 69 cases (1987–1997). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 219, 624-628.
- De Risio, L., Thomas, W.B., Sharp, N.J., 2000. Degenerative lumbosacral stenosis. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 30, 111-132.
- DeCamp, C.E., 1997. Kinetic and kinematic gait analysis and the assessment of lameness in the dog. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 27, 825-840.
- Delamarter, R.B., Bohlman, H., Dodge, L.e.a., Biro, C., 1990. Experimental lumbar spinal stenosis. Analysis of the cortical evoked potentials, microvasculature, and histopathology. *J. Bone Joint Surg. Am.* 72, 110-120.
- Early, P., Mente, P., Dillard, S., Roe, S., 2013. In vitro biomechanical comparison of the flexion/extension mobility of the canine lumbosacral junction before and after dorsal laminectomy and partial discectomy. *Vet. J.* 196, 533-535.
- Flückiger, M.A., Damur-Djuric, N., Hassig, M., Morgan, J.P., Steffen, F., 2006. A lumbosacral transitional vertebra in the dog predisposes to cauda equina syndrome. *Vet. Radiol. Ultrasound* 47, 39-44.
- Goedde, T., Steffen, F., 2007. Surgical treatment of lumbosacral foraminal stenosis using a lateral approach in twenty dogs with degenerative lumbosacral stenosis. *Vet. Surg.* 36, 705-713.
- Hoogendoorn, R.J., Helder, M.N., Wuisman, P.I., Bank, R.A., Everts, V.E., Smit, T.H., 2008. Adjacent segment degeneration: observations in a goat spinal fusion study. *Spine* 33, 1337-1343.
- Indrieri, R.J., 1998. Lumbosacral stenosis and injury of the cauda equina. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 18, 697-710.
- Janssens, L., Beosier, Y., Daems, R., 2009. Lumbosacral degenerative stenosis in the dog. The results of epidural infiltration with methylprednisolone acetate: a retrospective study. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 22, 486-491.
- Janssens, L., Moens, Y., Coppens, P., Peremans, K., Vinck, H., 2000. Lumbosacral degenerative stenosis in the dog: The results of dorsal decompression with dorsal anulectomy and nucleotomy. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 13, 97-103.

- Jeffery, N.D., Barker, A., Harcourt-Brown, T., 2014. What progress has been made in the understanding and treatment of degenerative lumbosacral stenosis in dogs during the past 30 years? *Vet. J.* 201, 9-14.
- Jones, J.C., Banfield, C.M., Ward, D.L., 2000. Association between postoperative outcome and results of magnetic resonance imaging and computed tomography in working dogs with degenerative lumbosacral stenosis. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 216, 1769-1774.
- Jones, J.C., Inzana, K.D., 2000. Subclinical CT abnormalities in the lumbosacral spine of older large-breed dogs. *Vet. Radiol. Ultrasound* 41, 19-26.
- Jones, J.C., Shires, P.K., Inzana, K.D., Sponenberg, D.P., Massicotte, C., Renberg, W., Giroux, A., 1999. Evaluation of canine lumbosacral stenosis using intravenous contrast-enhanced computed tomography. *Vet. Radiol. Ultrasound* 40, 108-114.
- Kärkkäinen, M., Punto, L.U., Tulamo, R.M., 1993. Magnetic resonance imaging of canine degenerative lumbar spine diseases. *Vet. Radiol. Ultrasound* 34, 399-404.
- Kim, N.H., Yang, I.H., 1996. A study of motor and sensory evoked potentials in chronic cauda equina compression of the dog. *Eur. Spine J.* 5, 338-344.
- Lang, J., Jaggy, A., 1993. The radiographic examination on the canine cauda equina. *Eur. J. Comp. Anim. Pract* 3, 40-47.
- Linn, L.L., Bartels, K.E., Rochat, M.C., Payton, M.E., Moore, G.E., 2003. Lumbosacral stenosis in 29 military working dogs: epidemiologic findings and outcome after surgical intervention (1990-1999). *Vet. Surg.* 32, 21-29.
- Mayhew, P.D., Kapatkin, A.S., Wortman, J.A., Vite, C.H., 2002. Association of cauda equina compression on magnetic resonance images and clinical signs in dogs with degenerative lumbosacral stenosis. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 38, 555-562.
- McKee, M., 2000. Intervertebral disc disease in the dog 1. Pathophysiology and diagnosis. *In Pract.* 22, 355-369.
- McLaughlin, R.M., 2001. Kinetic and kinematic gait analysis in dogs. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract* 31, 193-201.
- Meij, B.P., 1993. Pelvic limb lameness associated with nerve root compression: diagnosis, neurosurgery and follow-up in two dogs. *Vet. Surg.* 22, 249.
- Meij, B.P., Bergknut, N., 2010. Degenerative lumbosacral stenosis in dogs. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 40, 983-1009.
- Meij, B.P., Suwankong, N., van den Brom, W.E., Venker-van Haagen, A.J., Hazewinkel, H., 2006. Tibial nerve somatosensory evoked potentials in dogs with degenerative lumbosacral stenosis. *Vet. Surg.* 35, 168-175.
- Meij, B.P., Suwankong, N., van der Veen, A.J., Hazewinkel, H.A.W., 2007. Biomechanical flexion-extension forces in normal canine lumbosacral cadaver specimens before and after dorsal laminectomy-discectomy and pedicle screw-rod fixation. *Vet. Surg.* 36, 742-751.
- Middleton, D.L., 1993. Radiographic positioning for the spine and skull. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 23, 253-268.
- Olby, N., Dyce, J., Houlton, J., 1994. Correlation of plain radiographic and lumbar myelographic findings with surgical findings in thoracolumbar disc disease. *J. Small Anim. Pract.* 35, 345-350.
- Olmarker, K., Holm, S., Rosenqvist, A.I., Rydevik, B., 1991. Experimental nerve root compression: a model of acute, graded compression of the porcine cauda equina and an analysis of neural and vascular anatomy. *Spine* 16, 61-69.
- Quist, J.J., Dhert, W.J.A., Meij, B.P., Visser, W.J., Oner, F., Hazewinkel, H.A.W., Verbout, A.J., 1998. The

- prevention of peridural adhesions. *J. Bone Joint Surg. Br.* 80, 520-526.
- Raj, P.P., 2008. Intervertebral disc: anatomy-physiology-pathophysiology-treatment. *Pain Pract.* 8, 18-44.
- Ramirez, O., Thrall, D.E., 1998. A review of imaging techniques for canine cauda equina syndrome. *Vet. Radiol. Ultrasound* 39, 283-296.
- Rossi, F., Seiler, G., Busato, A., Wacker, C., Lang, J., 2004. Magnetic resonance imaging of articular process joint geometry and intervertebral disk degeneration in the caudal lumbar spine (L5-S1) of dogs with clinical signs of cauda equina compression. *Vet. Radiol. Ultrasound* 45, 381-387.
- Sears, W., 2005. Posterior lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis: restoration of sagittal balance using insert-and-rotate interbody spacers. *Spine J.* 5, 170-179.
- Seiler, G.S., Häni, H., Busato, A.R., Lang, J., 2002. Facet joint geometry and intervertebral disk degeneration in the L5-S1 region of the vertebral column in German Shepherd dogs. *Am. J. Vet. Res.* 63, 86-90.
- Sharp, N.J.H., Wheeler, S.J. 2005. Lumbosacral disease, In: Sharp, N.J.H., Wheeler, S.J. (Eds.) *Small animal spinal disorders: diagnosis and surgery.* Mosby, St Louis, 181-209.
- Sjöström, L. 2003. Lumbosacral disorders. Degenerative lumbosacral stenosis: Surgical decompression, In: Slatter, D. (Ed.) *Textbook of small animal surgery.* Elsevier Science, 1227-1237.
- Slocum, B., Devine, T., 1986. L7-S1 fixation-fusion for treatment of cauda equina compression in the dog. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 188, 31-35.
- Slocum, B., Devine, T., 1989. Optimal treatment for degenerative lumbosacral stenosis: traction, internal fixation, and fusion. *Vet. Med. Report* 1, 249-257.
- Slocum, B., Devine, T. 1998. L7-S1 fixation-fusion technique for cauda equina syndrome, In: Bojrab, M.J. (Ed.) *Current Techniques in Small Animal Surgery.* ea&Febiger, Philadelphia, 861-864.
- Smith, M.E.H., Bebchuk, T.N., Shmon, C.L., Watson, L.G., Steinmetz, H., 2004. An in vitro biomechanical study of the effects of surgical modification upon the canine lumbosacral spine. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 17, 17-24.
- Smolders, L.A., Voorhout, G., van de Ven, R., Bergknut, N., Grinwis, G., Hazewinkel, H.A.W., Meij, B.P., 2012. Pedicle screw-rod fixation of the canine lumbosacral junction. *Vet. Surg.* 41, 720-732.
- Spruit, M., van Jonbergen, J.P.W., de Kleuver, M., 2005. A concise follow-up of a previous report: posterior reduction and anterior lumbar interbody fusion in symptomatic low-grade adult isthmic spondylolisthesis. *Eur. Spine J.* 14, 828-832.
- Steiss, J.E. 2003. Electrodiagnostic evaluation. In *Clinical neurology in small animals: localization, diagnosis and treatment,* Braund, K.G., ed. (New York, International veterinary information service).
- Suwankong, N., Meij, B.P., Van Klaveren, N.J., Van Wees, A.M.T.C., Meijer, E., van den Brom, W.E., Hazewinkel, H.A.W., 2007. Assessment of decompressive surgery in dogs with degenerative lumbosacral stenosis using force plate analysis and questionnaires. *Vet. Surg.* 36, 423-431.
- Suwankong, N., Meij, B.P., Voorhout, G., Boer, A.d., Hazewinkel, H.A.W., 2008. Review and retrospective analysis of degenerative lumbosacral stenosis in 156 dogs treated by dorsal laminectomy. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 21, 285-293.
- Taga, A., Taura, Y., Nishimoto, T., Takiguchi, M., Higuchi, M., 1998. The advantage of magnetic resonance imaging in diagnosis of cauda equina syndrome in dogs. *J. Vet. Med. Sci.* 60, 1345-1348.
- Tanaka, N., An, H.S., Lim, T.H., Fujiwara, A., Jeon, C.H., Haughton, V.M., 2001. The relationship between

- disc degeneration and flexibility of the lumbar spine. *Spine J.* 1, 47-56.
- Tellegen, A.R., Willems, N., Tryfonidou, M.A., Meij, B.P., 2015. Pedicle screw-rod fixation: a feasible treatment for dogs with severe degenerative lumbosacral stenosis. *BMC Vet. Res.* 11, 299.
- Teunissen, M., van der Veen, A., Smit, T., Tryfonidou, M., Meij, B., 2017. Effect of a titanium cage as a stand-alone device on biomechanical stability in the lumbosacral spine of canine cadavers. *Vet. J.* 220, 17-23.
- van Klaveren, N.J., Suwankong, N., De Boer, S., van den Brom, W. E., Voorhout, G., Hazewinkel, H.A.W., Meij, B. P., 2005. Force plate analysis before and after dorsal decompression for treatment of degenerative lumbosacral stenosis in dogs. *Vet. Surg.* 34, 450-456.
- Wada, N., Akatan, J., Shikaki, N., Taga, A., Itamoto, K., Taura, Y., Tokuriki, M., 2002. Somatosensory evoked potentials produced by stimulation of the dorsomedial nerves innervating the tail in dogs. *J. Vet. Med. Sci.* 64, 251-253.
- Wood, B.C., Lanz, O.I., Jones, J.C., Shires, P.K., 2004. Endoscopic-Assisted Lumbosacral Foraminotomy in the Dog. *Vet. Surg.* 33, 221-231.
- Worth, A.J., Hartman, A., Bridges, J.P., Jones, B.R., Mayhew, J.I., 2017. Effect of dorsal laminectomy and dorsal annulectomy with partial lumbosacral discectomy on the volume of the lateral intervertebral neuroforamina in dogs when the lumbosacral junction is extended. *Vet. Surg.* 46, 265-270.
- Yang, J.Y., Lee, J.K., Song, H.S., 2008. The impact of adjacent segment degeneration on the clinical outcome after lumbar spinal fusion. *Spine* 33, 503-507.
- Zindl, C., Litsky, A.S., Fitzpatrick, N., Allen, M.J., 2018. Kinematic behavior of a novel pedicle screw-rod fixation system for the canine lumbosacral joint. *Vet. Surg.* 47, 114-124.