

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



**DIPARTIMENTO DI MEDICINA VETERINARIA E
PRODUZIONI ANIMALI**

*DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE CLINICHE E FARMACO-
TOSSICOLOGICHE VETERINARIE*

**FRATTURE E LUSSAZIONI
DELLA COLONNA VERTEBRALE
LOMBOSACRALE NEL CANE**

Il coordinatore del corso di dottorato
Ch.mo Prof. P. Ciaramella

Il docente guida
Ch.mo Prof. G. Fatone

Il candidato
Dr. Francesco Di Dona

Dottorato di ricerca XXVII° ciclo – 2012/2015

*A chi mi ama,
a chi riempie la mia vita!*

INDICE

<i>Riassunto</i>	1
<i>Summary</i>	3
<i>Introduzione</i>	5
<i>Capitolo I: Anatomia</i>	7
1.1 - <i>Lo scheletro assiale</i>	7
1.1.1 – <i>La vertebra</i>	8
1.1.2 – <i>Il disco intervertebrale</i>	9
1.1.3 – <i>L’articolazione lombo-sacrale</i>	10
1.2 – <i>Il midollo spinale</i>	11
1.2.1 – <i>La cauda equina</i>	11
1.2.2 – <i>Il plesso lombosacrale</i>	13
1.3 – <i>Muscoli e fasce della regione lombare caudale</i>	15
<i>Capitolo II: Biomeccanica</i>	17
2.1 – <i>Biomeccanica funzionale</i>	17
2.2 – <i>Biomeccanica del trauma</i>	20
2.3 – <i>Biomeccanica della frattura/lussazione di L7</i>	21
<i>Capitolo III: Patogenesi</i>	23
3.1 – <i>Fisiopatologia del trauma spinale</i>	23
3.2 – <i>Lesioni primarie del midollo spinale</i>	23
3.3 – <i>Lesioni secondarie del midollo spinale</i>	24
<i>Capitolo IV: Aspetti clinici</i>	27
4.1 – <i>Valutazione e stabilizzazione del paziente traumatizzato</i>	27
4.2 – <i>Esame neurologico</i>	27
4.3 – <i>Diagnostica per immagini</i>	30

<i>Capitolo V: Trattamenti</i>	33
5.1 – <i>Opzioni terapeutiche</i>	33
5.2 – <i>Terapia medica e conservativa</i>	33
5.3 – <i>Trattamenti chirurgici</i>	34
<i>Capitolo VI: Report clinico</i>	41
6.1 – <i>Obiettivi</i>	41
6.2 – <i>Materiali e metodi</i>	42
6.2.1 – <i>Tecniche chirurgiche</i>	42
6.2.2 – <i>Cure pre- e postoperatorie</i>	48
6.2.3 – <i>Follow-up</i>	49
6.3 – <i>Risultati</i>	50
6.4 – <i>Discussione</i>	57
6.5 – <i>Conclusioni</i>	61
<i>Bibliografia</i>	63

Riassunto

Le fratture e le lussazioni della colonna vertebrale sono delle lesioni piuttosto comuni e sono la principale causa di disturbi neurologici nel cane (Jeffery, 2010) e circa il 25% delle lesioni traumatiche della colonna vertebrale riguardano la regione lombare caudale e sacrale (Bali, 2009).

La frattura/lussazione della settima vertebra lombare nel cane è una lesione comune caratterizzata da una frattura obliqua o corta obliqua del corpo vertebrale di L7 con dislocazione cranio-ventrale del frammento caudale e del sacro (Harrington, 1998).

L'obiettivo in caso di frattura di L7 è il riallineamento del canale vertebrale e la stabilizzazione del sito di frattura, per promuovere la guarigione dell'osso. Numerosi trattamenti chirurgici sono stati segnalati a riguardo ma si tratta quasi esclusivamente di tecniche di fissazione scheletrica interna.

Gli obiettivi di questo studio sono: analizzare un campione composto da 20 soggetti, tutti appartenenti alla specie canina, con trauma lombosacrale, descrivendone gli aspetti clinici, diagnostici, terapeutici e prognostici; proporre una tecnica chirurgica modificata per il trattamento della frattura di L7 nel cane, valutandone vantaggi e svantaggi; riportare 3 casi di lussazione lombosacrale non associata a frattura.

Sono state analizzate le cartelle cliniche (Gen. 2000 – Mar. 2014) di tutti i pazienti con frattura di L7 o lussazione L7-S1. Il segnalamento, il tipo di trauma ed il tempo intercorso alla diagnosi, i rilievi all'esame neurologico e altre lesioni concomitanti, ed il tempo di recupero sono stati registrati. La diagnosi è stata confermata con l'esame radiografico e tutti i pazienti con frattura sono stati trattati con il chiodo transiliaco percutaneo, mentre quelli con lussazione con due tecniche differenti.

La condizione neurologica di tutti i pazienti è migliorata rapidamente con attenuazione del dolore immediatamente dopo la chirurgia. Il recupero funzionale è stato da buono (6/20) ad eccellente (12/20) nella maggior parte dei pazienti.

I risultati di questo studio supportano l'impiego del chiodo transiliaco percutaneo per il trattamento della frattura di L7. La tecnica descritta è facile da eseguire, garantisce maggiore rispetto per i tessuti molli e l'impianto è duttile, modificabile e facile da rimuovere. Per il trattamento della lussazione lombosacrale la fissazione scheletrica interna con chiodi e polimetilmetacrilato si è mostrata più efficace, a fronte della diversità della lesione e la differente risposta relativamente la sua guarigione.

Summary

Vertebral fractures and luxation are common lesions and a major cause of neurologic injury in the dog (Jeffery, 2010); about 25% of traumatic injuries of the spine affect the caudal lumbar and sacral column (Bali, 2009).

Fracture/luxation of seventh lumbar vertebra in dog is a common lesion characterized by an oblique or short oblique fracture of the vertebral body of L7 associated to cranio-ventral displacement of the caudal fragment and the sacrum (Harrington, 1998).

The objective in case of a fractured L7 vertebra is the realignment of the spinal canal and the stabilization of the fracture for promoting the bone healing. Several treatments have been reported, but only internal skeletal fixation techniques.

The purposes of this study are: to analyze a sample composed by 20 canine patients with lumbosacral trauma, describing the clinical, diagnostic, therapeutic and prognostic outcome; to propose a modified surgical technique in the treatment of L7 fracture in dog, evaluating advantages and disadvantages; to report 3 cases of lumbosacral dislocation without fracture.

Medical records (Jan 2000 – Mar 2014) of all dogs with L7 fracture or L7-S1 dislocation were reviewed. Signalment, type of trauma and time to diagnosis, neurological findings, concomitant injuries and recovery time were recorded. Diagnosis was confirmed through radiograph and all dogs with fracture were treated with percutaneous transilial pinning, while dogs with dislocation were treated with two different techniques.

Neurological status of all patients improved quickly with reduction of pain immediately after surgery. Functional recovery was as good (6/20) to excellent (12/20) in most dogs.

The results of this study support the use of the percutaneous transilial pinning in the treatment of L7 fracture. The described technique is easy to perform, more respectful for soft tissues and the implant is ductile, modifiable and easily removed. In the treatment of lumbosacral

dislocation, internal skeletal fixation with pins and polymethylmethacrylate has been more effective against the diversity of the lesion and the different recovery response.

Introduzione

Le fratture e le lussazioni della colonna vertebrale sono delle lesioni piuttosto comuni e sono la principale causa di disturbi neurologici nel cane (Jeffery, 2010).

Esse possono essere classificate in patologiche e traumatiche, a seconda della causa che determina la lesione. Nel primo caso si tratta di patologie sottostanti (metaboliche, neoplastiche, ecc.) che alterano la struttura delle ossa e/o dei mezzi di contenimento fibromuscolari circostanti, rendendo lo scheletro altamente vulnerabile anche al più piccolo insulto meccanico. Si stima, però, che la stragrande maggioranza delle fratture e lussazioni vertebrali nel cane derivi da un trauma fisico diretto determinato da incidenti automobilistici, cadute dall'alto, ferite da morso e da arma da fuoco (Selcer et al, 1991). Le lesioni traumatiche derivano dall'azione di numerose forze di flessione e/o estensione, di compressione assiale e di rotazione, le quali, da sole o in combinazione, esercitano la maggior parte dei propri effetti nelle zone di transizione della colonna vertebrale, ovvero nei punti di congiunzione di un segmento mobile con uno stabile. Alcune aree della colonna vertebrale sembrano essere, quindi, più predisposte a lesioni di tipo traumatico, infatti si stima che circa il 50-60% dei pazienti con trauma della colonna vertebrale sviluppa una lesione a carico della giunzione toracolombare (Selcer et al, 1991) e che circa il 25% delle lesioni riguardano la regione lombare caudale e sacrale (Bali, 2009). Molto spesso anche il tipo di frattura che si determina risulta essere piuttosto caratteristico e una situazione di questo tipo è quella che si osserva a carico della settima vertebra lombare nel cane, nella quale, in seguito ad un evento traumatico, si produce una frattura obliqua o corta obliqua con dislocazione cranio-ventrale del frammento caudale e del sacro (Harrington, 1998).

In seguito ad una trauma della colonna vertebrale, i danni neurologici secondari possono essere più o meno gravi a seconda del tipo di lesione che si determina. Il midollo spinale, infatti, può essere sottoposto a fenomeni di compressione o distrazione, che talvolta possono alterarne solo

in parte la funzione o in via del tutto temporanea, oppure può essere contuso o, nei casi più gravi, lacerato, con danni permanenti. In caso di frattura o lussazione della settima vertebra lombare, la presenza della cauda equina, e quindi di sole radici nervose, rende questa area altamente resistente alle forze distrattive che generano dalla dislocazione cranio-ventrale del frammento caudale e del sacro. Infatti, l'obiettivo in caso di frattura di L7 è il riallineamento del canale vertebrale e la stabilizzazione del sito di frattura, per promuovere la guarigione dell'osso. In questo modo, risolvendo le trazioni e le compressioni sulla cauda equina, vi sono buone probabilità di recuperare, anche totalmente, la funzionalità neurologica.

Numerosi approcci chirurgici sono stati segnalati per il trattamento della frattura dislocata della settima vertebra lombare e si tratta quasi esclusivamente di tecniche di stabilizzazione interna come: viti o chiodi e polimetilmetacrilato, chiodo/i transiliaco/i, artrodesi delle faccette articolari, chiodi e cerchiaggi, fissazione interna con un apparato di Kirshner, placca dorsale, viti transpeduncolari e barra (Joechler, 1998; Kirby, 1995; Meij, 2007; Slocum, 1975; Ullman, 1993). La sede della lesione limita l'impiego di impianti di fissazione scheletrica esterna, ma Shores et al. nel 1989 hanno descritto una tecnica ibrida costituita da un impianto esterno combinato ad una placca dorsale (Shores, 1989).

La prognosi in caso di frattura/lussazione della settima vertebra lombare nel cane è generalmente favorevole, anche se in letteratura mancano studi clinici su campioni sufficientemente ampi da poter confermare tale dato. In ogni caso, a prescindere dalla tecnica utilizzata e dalle cure prestate, la risoluzione del danno e il recupero funzionale del paziente sono fortemente correlati alla gravità dei sintomi al momento della presentazione clinica.

Il seguente studio analizza un campione composto da 20 soggetti, tutti appartenenti alla specie canina, con trauma lombosacrale, descrivendone gli aspetti clinici, diagnostici, terapeutici e prognostici. Si propone, inoltre, una tecnica chirurgica modificata per il trattamento della frattura di L7 nel cane, valutandone vantaggi e svantaggi, e si riportano 3 casi di lussazione lombosacrale non associata a frattura che, a nostra conoscenza, non è segnalata in letteratura.

Capitolo I: Anatomia

1.1 - Lo scheletro assiale

La colonna vertebrale (*columna vertebralis*) è composta approssimativamente da 50 ossa irregolari, le vertebre. Queste sono suddivise in cinque gruppi: cervicali, toraciche, lombari, sacrali e caudali (o coccigee). L'abbreviazione con la prima lettera di ogni gruppo seguita dal numero della vertebra nello specifico gruppo, costituisce la formula vertebrale. Quella del cane è $C_7 T_{13} L_7 S_3 Cd_{5-20}$. Il numero delle vertebre caudali può essere variabile a seconda della razza e delle caratteristiche individuali dei soggetti. Tutte le vertebre sono tutte ben distinte e formano articolazioni mobili con le vertebre contigue, solo le tre vertebre sacrali sono fuse a formare un singolo osso detto sacro (*os sacrum*). La colonna vertebrale svolge numerosi funzioni, di cui la più importante è proteggere il midollo spinale e le radici nervose, inoltre offre supporto strutturale alla testa ed è sito di attacco delle numerose masse muscolari che governano i movimenti del corpo (Evans, 2013).

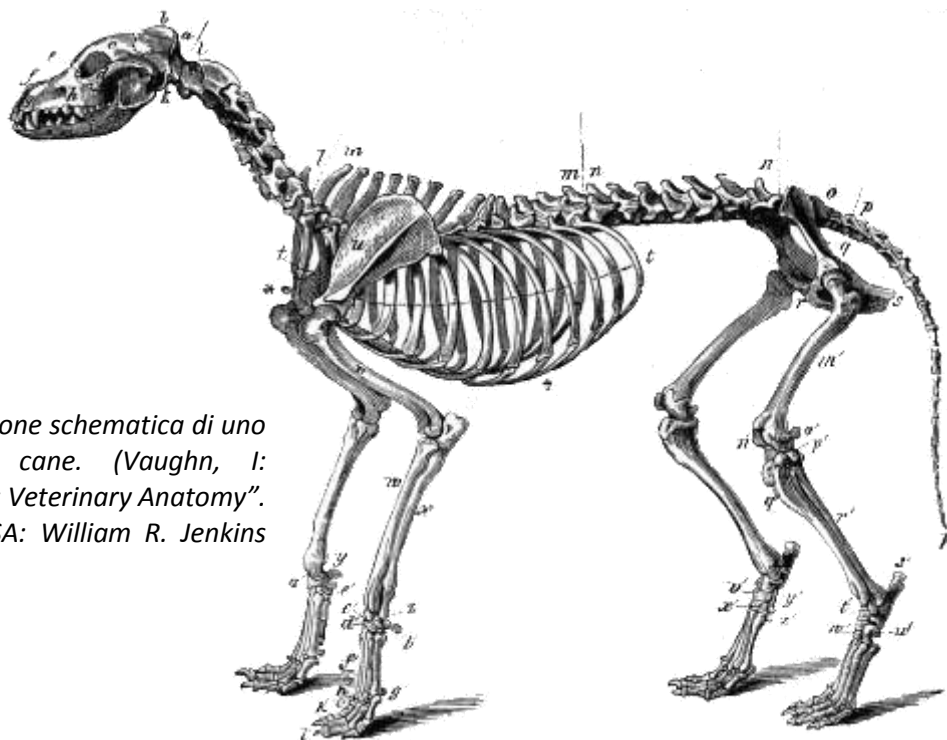


Fig. 1 – Rappresentazione schematica di uno scheletro di cane. (Vaughn, I: "Strangeway's Veterinary Anatomy". New York, USA: William R. Jenkins Co., 1908)

1.1.1 – La vertebra

Una vertebra tipicamente è composta da un corpo (*corpus vertebrae*); un arco vertebrale (*arcus vertebrae*); vari processi per le connessioni articolari e muscolari, che includono trasversi, spinosi, articolari, accessori e mammillari.

Il corpo vertebrale è ristretto al centro ed ha una superficie articolare craniale leggermente convessa ed una caudale leggermente concava nella parte centrale. Nella sua fase evolutiva la vertebra è costituita da tre centri di ossificazione: un corpo e due lamine. Dopo la nascita le epifisi di crescita si fondono con il resto del corpo intorno all'anno di età (circa 14 mesi).

L'arco vertebrale è costituito da due lamine e due peduncoli. Insieme al corpo, l'arco vertebrale dà origine ad una struttura tubulare, il forame vertebrale (*foramen vertebralis*). Tutti i forami vertebrali concorrono alla formazione del canale vertebrale (*canalis vertebralis*). Su ogni lato il peduncolo della vertebra si estende dorsalmente contribuendo alla formazione della superficie dorso laterale della vertebra, all'interno della quale sono presenti due incisure, craniale e caudale. Quando le vertebre sono allineate queste incisure formano, insieme a matrice fibrocartilaginea, i forami intervertebrali di destra e di sinistra, attraverso i quali scorrono nervi, arterie e vene. La parte più dorsale della vertebra è costituita dalle due lamine dell'arco vertebrale che confluiscono nella parte mediodorsale a formare un singolo processo spinoso. Ogni vertebra presenta inoltre su entrambe le pareti laterali un processo trasverso caratterizzato da un aspetto piuttosto irregolare; e processi articolari pari presenti sulla superficie craniale e caudale di ogni vertebra, in prossimità della giunzione tra peduncolo e lamina. In una colonna articolata è presente inoltre uno spazio

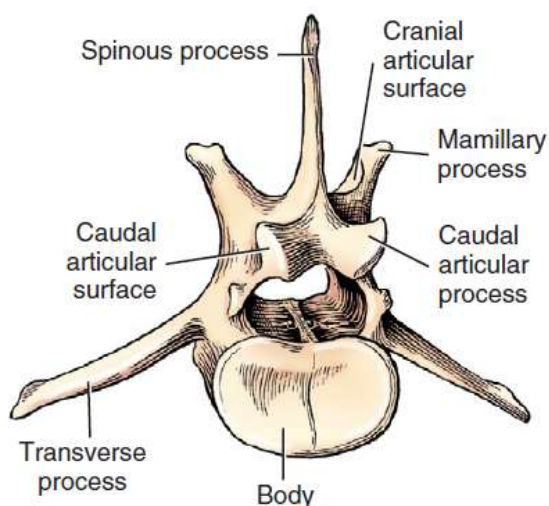


Fig. 2 – Rappresentazione schematica di una vertebra. (Evans HE, de Lahunta A: "Miller's anatomy of the dog", Fourth Edition. Elsevier 2013)

tra vertebre adiacenti, spazio interarcuato, all'interno del quale si trova, in posizione dorsale, il legamento giallo, o legamento interarcuato (Evans, 2013).

1.1.2 – Il disco intervertebrale

Il disco intervertebrale nei soggetti immaturi è costituito da un nucleo polposo (NP) estremamente gelatinoso che con l'età diventa progressivamente più fibroso e meno idratato a causa di un declino nei livelli di proteoglicani. Tale NP è circondato da un ben definito anello di lamelle di fibre di collagene, detto anello fibroso (AF). Il collagene di tipo I e II sono gli elementi predominanti nell'AF e sono presenti in quantità ridotte anche nel NP. Il collagene di tipo I è la frazione predominante dell'anello esterno, mentre nella regione nucleare si riscontrano più alti livelli di collagene tipo I. Il NP funge da cuscino idrodinamico viscoelastico e contrasta le forze di compressione sulla colonna vertebrale. Il carico viene attutito dal NP e trasferito in maniera radiale alle lamelle di collagene, disposte a 50-60° le une dalle altre, dell'AF. Questo meccanismo determina il rigonfiamento delle lamelle fibrose che generano un telaio che dissipa le forze assiali di compressioni (Innes, 2015).

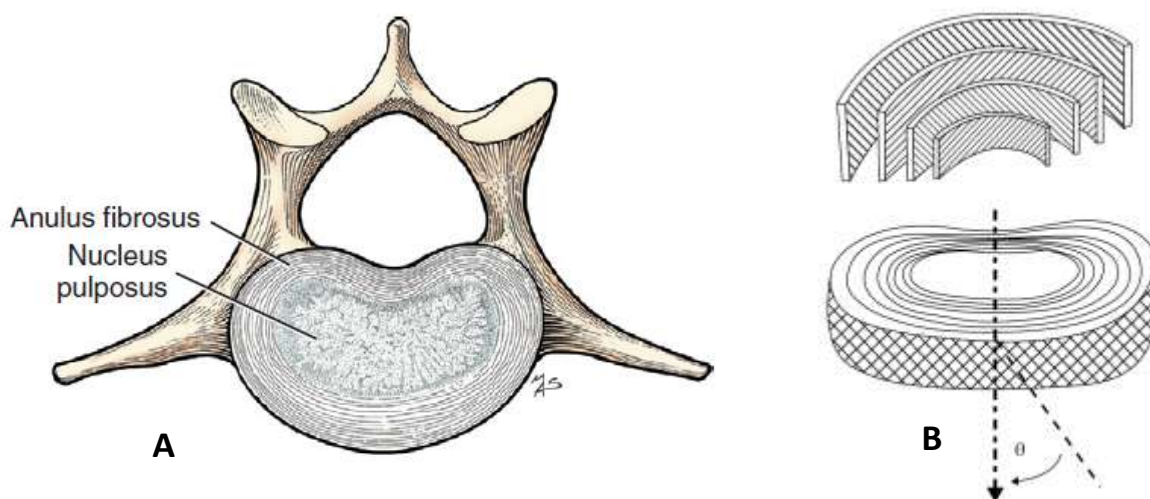


Fig. 3 – Rappresentazione schematica di un disco intervertebrale (A). (Evans HE, de Lahunta A: "Miller's anatomy of the dog", Fourth Edition. Elsevier 2013). Rappresentazione della struttura e dell'inclinazione delle lamelle di collagene dell'anello fibroso (B). (Fingerroth JM and Thomas WB: "Advances in Intervertebral Disc Disease in Dogs and Cats", First Edition. © 2015 ACVS Foundation. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc)

1.1.3 – L'articolazione lombo-sacrale

L'articolazione lombosacrale è la giunzione tra l'ultima vertebra lombare (L7) e il sacro, e si trova proprio dove la colonna vertebrale si incontra con la pelvi e l'arto posteriore. Essa è costituita da tre compartimenti articolari: il primo è un'anfiartrosi, ovvero un'articolazione semimobile, del disco intervertebrale tra i corpi vertebrali; le altre due articolazioni sono quelle pari delle faccette sinoviali tra i processi articolari dorsali. La stabilità generale è fornita da una complessa rete di tessuti di sostegno:

- L'anello fibroso unitamente ai legamenti longitudinale dorsale e, in minima parte, ventrale che stabilizzano l'articolazione tra i vari corpi vertebrali;
- Robuste capsule articolari, le quali stabilizzano le articolazioni sinoviali tra le faccette articolari dorsali;
- Un robusto legamento interarcuato o legamento giallo, tra le due vertebre e i fori lombosacrali;
- Legamenti tra i processi spinali e tra i processi trasversi;
- Muscolatura longitudinale ed obliqua ipoassiale (ventralmente all'asse del corpo) e epiassiale (sull'asse del corpo).



Fig. 4 – Modello anatomico del bacino e della colonna vertebrale lombare e sacrale di un cane, veduta dorsale. (Museo di Anatomia Veterinaria, Università di Napoli "Federico II")

1.2 – Il midollo spinale

Il midollo spinale e l'encefalo costituiscono il sistema nervoso centrale. Il midollo spinale è racchiuso all'interno del canale vertebrale, dal quale fuoriescono ventralmente e dorsalmente le radici nervose che innervano le varie strutture del corpo. Il midollo spinale è suddiviso in segmenti identificati numericamente in base alla regione di appartenenza: cervicale, da 1 a 8; toracica, 1 a 13; lombare, da 1 a 7; sacrale, 1 a 3; e caudale, 1 a 5. Essi seguono le stesse regole per il conteggio delle vertebre ma presentano due eccezioni, in quanto esiste un ottavo segmento cervicale e solo cinque segmenti caudali. La parte terminale del midollo spinale viene definita cauda equina (Evans, 2013).

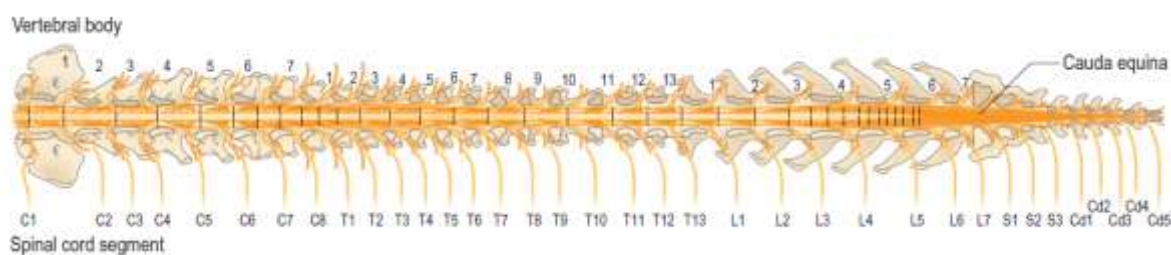


Fig. 5 – Rappresentazione schematica dell'allineamento del midollo spinale e dei corpi vertebrali. Da notare la presenza di otto segmenti midollari cervicali e solo sette corpi vertebrali. (Fitzmaurice S: "Saunders solution in veterinary practice. Small animal neurology". Saunders Elsevier 2010).

1.2.1 – La cauda equina

La cauda equina è la parte terminale del midollo spinale e delle radici nervose adiacenti. Nella maggior parte dei cani il midollo spinale termina a livello dei corpi vertebrali L5 o L6; in alcuni cani di piccola taglia e nei gatti, il midollo si interrompe a livello del corpo vertebrale di L7 o anche S1. In prossimità del punto di emergenza delle radici che innervano l'arto posteriore, il diametro relativo del midollo spinale è aumentato. Tale area (*intumescenza lumbalis*), che innerva la cavità pelvica e l'arto pelvico, ingloba i segmenti L5-7 e parte del segmento S1;

caudalmente ad esso il midollo appare come una zona conica ed allungata, detta cono midollare, la quale è costituita dai segmenti S2-3 e Ca1-5. Nella sua parte terminale, il midollo perde la copertura delle meningi che si assottigliano sempre più fino a formare piccoli filamenti terminali che rivestono le radici terminali dei singoli nervi (Evans, 2013).

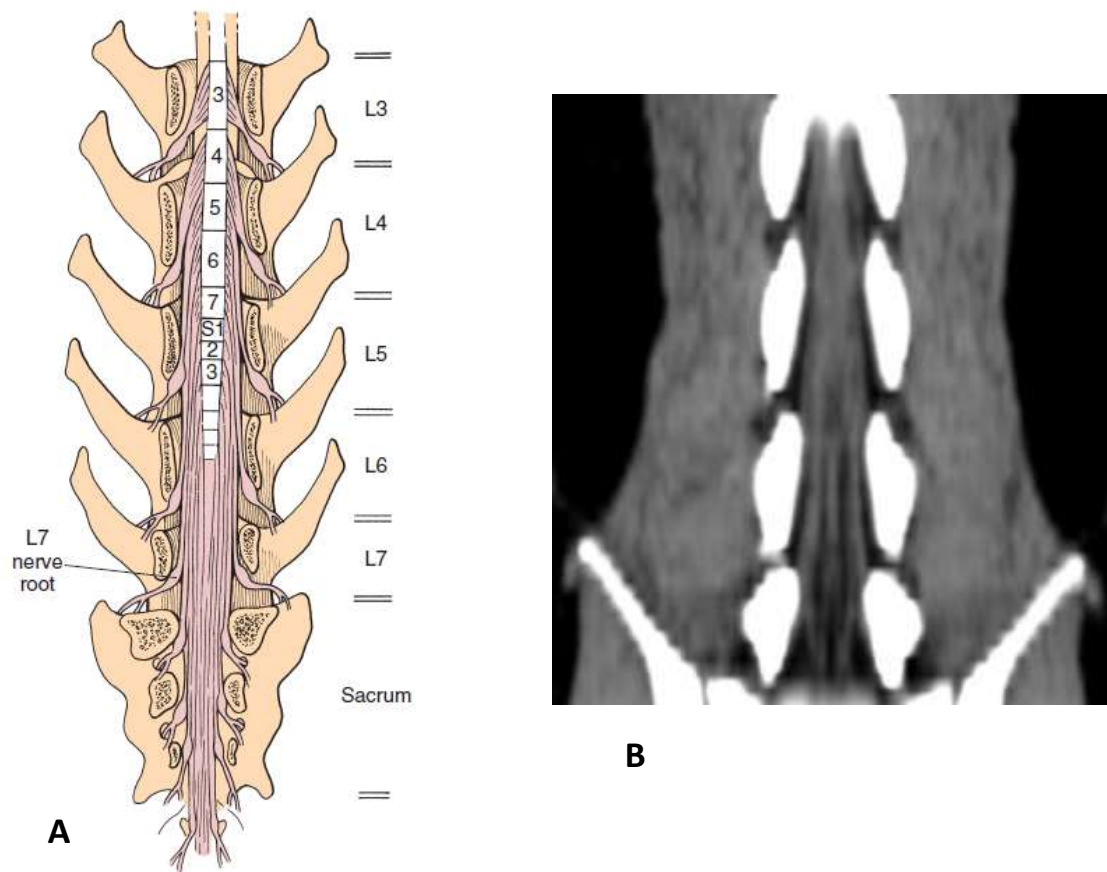


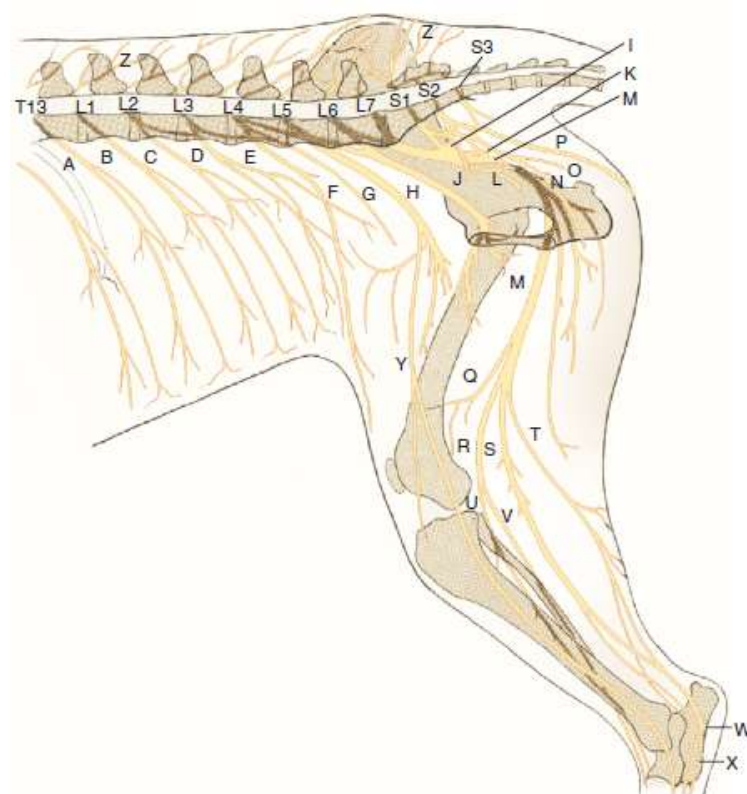
Fig. 6 – Rappresentazione schematica della cauda equina (A) (Fossum TW: “Small animal surgery”. Fourth Edition, Elsevier 2013). Scansione TC del rachide lombosacrale di cane. Notare la presenza di grosse radici nervose a partire dal corpo della sesta vertebra lombare (B).

1.2.2 – Il plesso lombosacrale

In prossimità della regione lombosacrale, le radici nervose dei tratti comprese tra L5 ed S1 emergono dal canale vertebrale e si anastomizzano tra loro dando origine al plesso lombosacrale. Tale plesso è formato dall'unione dei nervi lombari (dal quarto al settimo) e tutti quelli sacrali e può essere suddiviso in due porzioni, per l'appunto un plesso lombare ed uno sacrale. Dal primo partono le radici che innervano i muscoli craniali e mediali della coscia e la cute mediale della stessa regione; dal plesso sacrale originano i nervi che innervano i muscoli caudali della coscia e quelli del pes, e la relativa regione cutanea. Di seguito i principali rami nervosi del plesso:

- *Nervo otturatore*: origina dal quarto, quinto e sesto nervo lombare, ed in genere il sesto è più grosso mentre il ramo proveniente dal quarto può anche essere assente. Innerva i muscoli grande adduttore, otturatore, pettineo e gracile e non presenta alcuna branca cutanea.
- *Nervo femorale*: origina principalmente dal quinto segmento del plesso lombare, mentre piccoli rami accessori provengono anche dal quarto e dal sesto. Nel suo tratto prossimale innerva i muscoli psoas maggiore e ileopsoas, mentre successivamente entra nel quadricipite femorale passando tra il retto femorale e il vasto mediale e innerva tutti e quattro i capi del muscolo. Dalla sua porzione craniale origina il *nervo safeno* che si divide nelle sue due branche muscolare e cutanea e innerva la parte mediale dell'arto.
- *Nervo sciatico*: o nervo ischiatico, è il nervo più grande del corpo. Esso origina dai rami di L6, L7 ed S1, occasionale è il contributo di rami provenienti da S2. Generalmente esso passa in prossimità dell'articolazione dell'anca, immerso nella muscolatura glutea, per poi scendere in direzione dei muscoli flessori della coscia e raggiungere la regione poplitea dove si divide nelle due branche, il *nervo tibiale*, la più imponente, è il *nervo fibulare (o peroneo) comune*, più piccolo. Esso innerva la muscolatura caudale dell'arto e con il ramo fibulare controlla tutta la sua superficie laterale.

- *Nervo pelvico*: generalmente origina dai rami ventrale dei primi due segmenti del sacro, ma talvolta può originare anche dal nervo pudendo. Esso è composto da rami parasimpatici che controllano il colon discendente, la flessura colica sinistra, la vescica, il tessuto erettile del pene e altri visceri dell'addome caudale.
- *Nervo pudendo*: origina dalle branche ventrali di tutti e tre i segmenti del sacro attraverso il plesso sacrale. Da esso originano rami che innervano la regione rettale, perineale e gli organi genitali.



- | | | | |
|--|--|-----------------------------------|--|
| A. Thirteenth thoracic nerve, ventral branch | H. Obturator nerve | N. Pudendal nerve | V. Superficial fibular nerve |
| B. Cranial iliohypogastric nerve | I. Cranial gluteal nerve | O. Perineal nerve | W. Lateral plantar nerve |
| C. Caudal iliohypogastric nerve | J. Pelvic nerve | P. Caudal cutaneous femoral nerve | X. Medial plantar nerve |
| D. Ilioinguinal nerve | K. Caudal gluteal nerve | Q. Lateral cutaneous sural nerve | Y. Saphenous nerve |
| E. Lateral cutaneous femoral nerve | L. Nerve to mm. obturator internus, gemelli, and quadratus femoris | R. Common fibular nerve | Z. Dorsal branches of lumbar and sacral nerves |
| F. Genitofemoral nerve | M. Ischiatic nerve | S. Tibial nerve | |
| G. Femoral nerve | | T. Caudal cutaneous sural nerve | |
| | | U. Deep fibular nerve | |

Fig. 7 – Rappresentazione schematica delle radici nervose che originano dalla colonna lombosacrale e si distribuiscono all'arto pelvico. (Evans HE, de Lahunta A: "Miller's anatomy of the dog", Fourth Edition. Elsevier 2013)

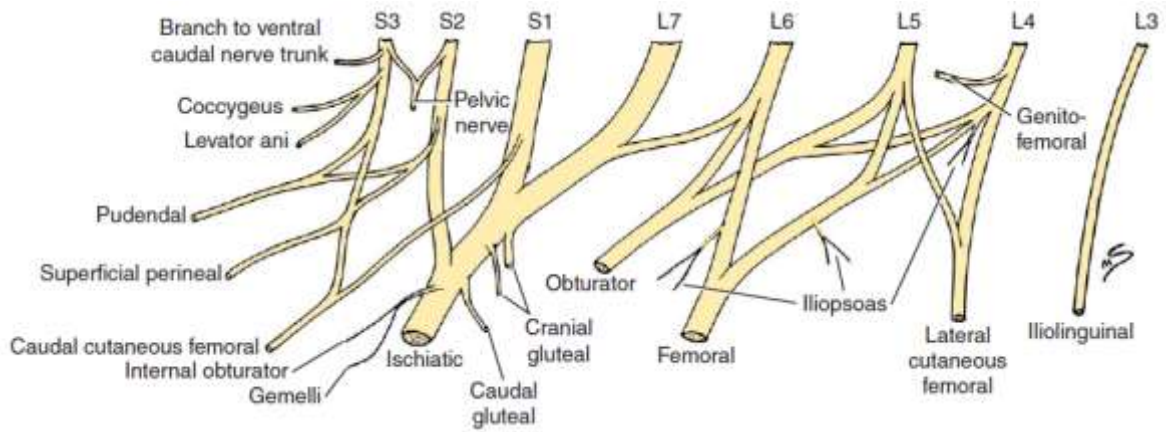


Fig. 8 – Rappresentazione schematica delle radici nervose che originano dalla colonna lombosacrale e concorrono alla formazione del plesso lombare. (Evans HE, de Lahunta A: "Miller's anatomy of the dog", Fourth Edition. Elsevier 2013)

1.3 – Muscoli e fasce della regione lombare caudale

Le vertebre caudali sono abbondantemente inglobate in muscoli. I muscoli sacrocaudali dorsali laterali e mediali rappresentano il comparto estensorio della coda, ai quali si contrappongono in funzione in quanto flessori o depressori della coda, i muscoli sacrocaudali ventrali laterale e mediale.

Il muscolo multifido è composto da numerose porzioni muscolari individuali che decorrono lateralmente alla colonna vertebrale dorsale dal sacro fino alla seconda vertebra cervicale. Ogni singola massa muscolare origina dal processo mammillare o articolare della vertebra più caudale e raggiunge il processo spinoso della vertebra craniale adiacente. Nella regione caudale della colonna e nella coda questo muscolo è in continuità con i muscoli sacrocaudali dorsali mediali. Il muscolo multifido lombare come tutti i restanti muscoli epiassiali, fissa la colonna vertebrale e contrasta specialmente le azioni laterali.

Altri muscoli comprendono quelli interspinali, posti tra due processi spinosi contigui e intertrasverari, tra i processi trasversi, mentre il muscolo lunghissimo lombare, ricoperto da un tessuto denso aponeurotico, origina dalla cresta iliaca e si porta cranialmente.

A protezione delle masse muscolari epiassiali troviamo le fasce del tronco, superficiale e profonda, che appaiono come strutture membranose/tendinee, molto dense e spesse. Originano dai processi spinosi delle vertebre toraciche e lombari da entrambi i lati, passano al di sopra della muscolatura dorsale e addominale fino a fondersi nella regione ventrale in prossimità della linea alba (Evans, 2013).

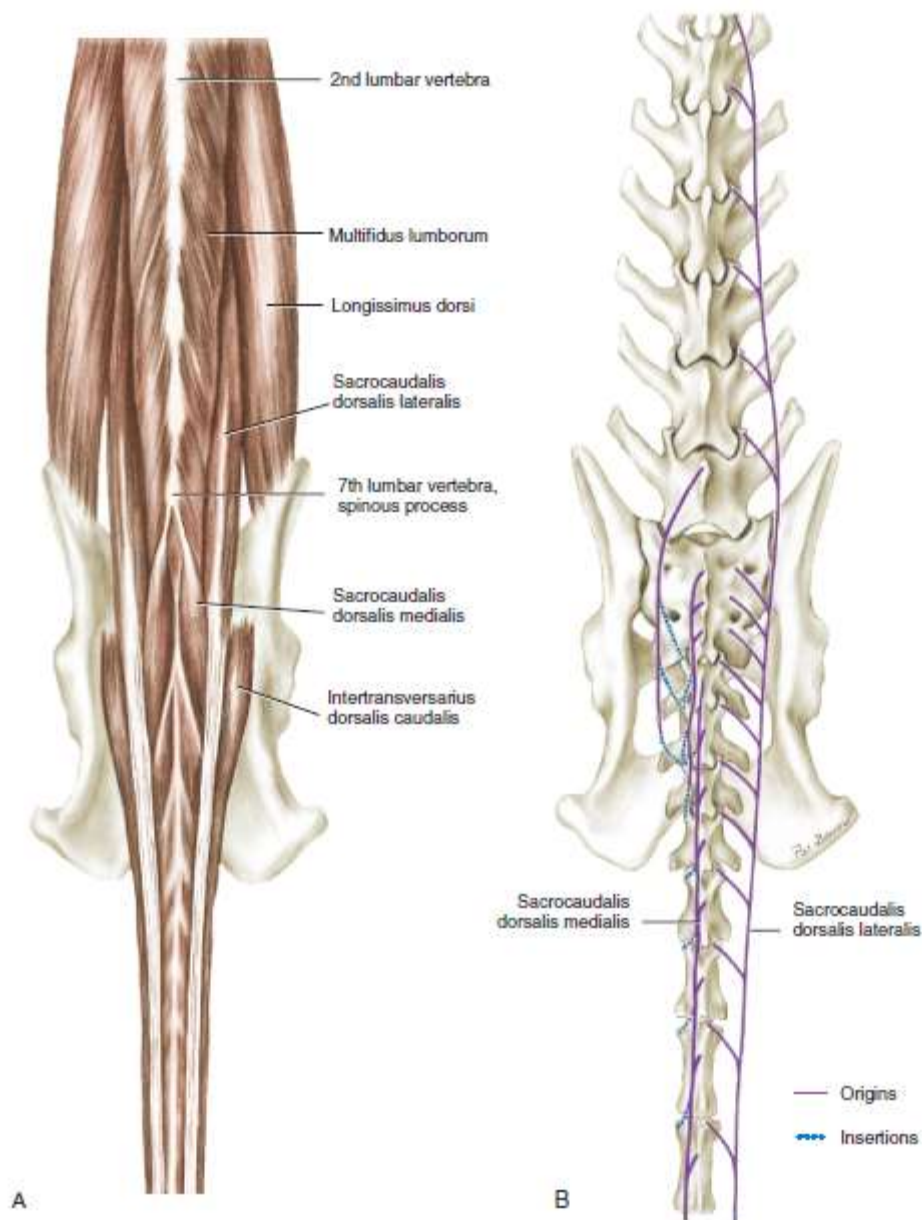


Fig. 9 – Rappresentazione schematica della muscolatura della colonna lombosacrale del cane. (Evans HE, de Lahunta A: "Miller's anatomy of the dog", Fourth Edition. Elsevier 2013)

Capitolo II: Biomeccanica

2.1 – Biomeccanica funzionale

Le caratteristiche fisiche della colonna vertebrale comprendono sia le sue proprietà strutturali che materiali. Le proprietà materiali sono determinate dalle proprietà fisiche delle varie componenti nel sito della lesione. Proprietà di particolare importanza sono la rigidità di un materiale e la sua resistenza finale. La rigidità è in relazione all'entità della deformazione manifestata quando l'oggetto è sottoposto ad una sollecitazione. Può essere espressa come un rapporto tra stress (quantità di forza applicata a un materiale) e sforzo (modificazione frazionale del materiale in conseguenza della sollecitazione). Questo rapporto è conosciuto come modulo elastico, o di Young, di un materiale. Più alto è il rapporto, più rigido è il materiale e, quindi, per produrre un allungamento o deformazione è richiesta una maggiore sollecitazione o forza. Il modulo elastico di un materiale può essere misurato applicando una sollecitazione in compressione o in tensione, ed il valore per le forze compressive può non essere lo stesso per le forze tensili. L'osso ha un modulo elastico più alto per la compressione che per la tensione e manifesta, quindi, una capacità maggiore di resistere alla compressione che alla tensione. Il punto di resistenza finale di un materiale è la sollecitazione alla quale si ha il cedimento strutturale del materiale stesso, come avviene nelle fratture ossee. Sia la rigidità che il punto di resistenza finale variano da materiale a materiale e non sono necessariamente in diretta relazione tra loro. L'osso è circa cento volte più rigido del disco intervertebrale, ma il punto di resistenza finale di un disco sano è maggiore dell'osso. Le caratteristiche di un carico al quale può essere sottoposta la colonna vertebrale sono la velocità l'intensità e il tipo. La velocità di carico è importante perché la colonna vertebrale, come tutte le ossa, ha un comportamento viscoelastico; cioè, ha un comportamento meccanico differente in relazione alla rapidità di

applicazione del carico. Per fratturare un osso è richiesta una forza maggiore se tale forza è applicata per un periodo di tempo più breve (Thacher, 2001).

Nei vertebrati superiori l'asse del corpo svolge numerose funzioni tra cui sopportare il peso del corpo e trasmettere la forza propulsiva degli arti posteriori. Di conseguenza la struttura dell'asse del corpo è il risultato di un compromesso tra le direzioni vettoriali delle forze di gravità e propulsione; deve poter resistere a carichi deformanti e attutire gli urti derivanti dalla risultante di tutte le forze propulsive. Attualmente, secondo la "teoria dell'arco teso", si considera l'asse del corpo formato da una serie di elementi rigidi, le vertebre, che insieme ai dischi intervertebrali formano un arco a curvatura variabile. A rendere stabile tale struttura intervengono i legamenti intrinseci della colonna vertebrale e l'azione variabile di corde muscolari.

Le forze muscolari che operano a livello della colonna vertebrale producono uno, o più, dei seguenti tipi di distorsione:

- Flessione longitudinale nel piano verticale che curva o estende il dorso;
- Flessione trasversa nel piano orizzontale che curva il tronco a destra o sinistra;
- Torsione attorno l'asse longitudinale con rotazione di vertebre adiacenti;
- Sollecitazioni di taglio, in direzione verticale e/o trasversa;
- Compressione o trazione longitudinale dello scheletro assiale.

La colonna vertebrale lombosacrale costituisce un efficace sistema portante, in modo particolare nell'uomo, infatti quando un carico viene applicato esternamente al corpo, esso produce sollecitazioni maggiori a carico dell'area più rigida e al relativo disco più elastico causando la deformazione dello stesso. Il disco intervertebrale riveste un ruolo fondamentale nel controllo e nella distribuzione delle forze assiali compressive soprattutto, e quello della giunzione lombosacrale è uno dei maggiormente sollecitati sia in caso di eventi traumatici sia a causa delle forze propulsive trasmesse dell'arto posteriore durante l'attività motoria. Il movimento dell'arto pelvico è vincolato al bacino che è una struttura rigidamente saldata alla

colonna vertebrale, ma nonostante la rigidità di tale impalcatura, durante il moto il bacino compie impercettibili movimenti in tutte le direzioni, contrastati dalle potenti masse muscolari della groppa, lombari ed epiassiali. Tutti questi movimenti sono causati alla forza propulsiva generata dall'arto in appoggio che, spingendo all'indietro, fa alzare ed avanzare il bacino del lato corrispondente e, contemporaneamente, fa arretrare ed abbassare il lato opposto, proprio come se fosse una bilancia a due bracci. Ad irrigidire tutta la struttura ci sono i muscoli, la cui funzione è quella di limitare i movimenti del bacino e determinare, di conseguenza, la trasmissione dell'energia di spinta prodotta dall'arto lungo la colonna vertebrale per generare propulsione in avanti. Tale concetto spiega perfettamente come la colonna lombare sia fisiologicamente in grado di sostenere imponenti forze vettoriali che costantemente vi si trasmettono lungo il suo asse e ogni sua giunzione (Badoux, 1982).

A differenza di altri tratti, la colonna vertebrale lombosacrale è significativamente più larga e rigida, ma allo stesso tempo è dotata una buona mobilità che offre tutto il supporto necessario alle forze propulsive. Allo stesso tempo, però, la giunzione tra la mobile colonna lombare e il sacro, rigido e immobile, rappresenta un vero e proprio concentratore di stress, proprio come la giunzione toracolombare, e di conseguenza uno dei siti più critici specialmente in caso i eventi traumatici. Analisi biomeccaniche e studi matematici condotti sull'uomo dimostrano come la velocità di deambulazione può influire, in maniera incisiva, e direttamente proporzionale, sulla meccanica della giunzione lombosacrale, influenzando la distribuzione delle forze articolari. Un precedente studio stimava che il picco di carico massimo nella giunzione lombosacrale dell'uomo (L₅-S₁) oscillasse tra 1.45 e 2.07 BW (% Body Weight) durante il normale passo (Khoo); in un più recente studio, invece, l'analisi del picco medio delle forze compressive sul disco della giunzione lombosacrale durante tre differenti andature mostrava i seguenti risultati: 2.95 BW per l'andatura veloce (1.53 ± 0.18 m/s), 2.53 BW per quella preferita (1.21 ± 0.16 m/s) e 2.28 BW per quella lenta (0.89 ± 0.07 m/s) (Cheng).

2.2 – Biomeccanica del trauma

La maggior parte delle fratture e lussazioni negli animali da compagnia si sviluppano a carico delle giunzioni tra i segmenti mobili e quelli immobili della colonna vertebrale: lombosacrale, toracolombare, cervicotoracica e atlantoassiale. È possibile classificare i traumi in relazione al tipo di forza: flesso-estensoria, torsionale o compressiva.

Le lesioni da iperflessione della colonna sono più comuni di quelle da iperestensione e, in genere, producono disfunzioni neurologiche più gravi. La sola iperflessione produce dislocazione del corpo vertebrale con estrusione del nucleo polposo nel canale vertebrale; mentre quando combinata a forze di rotazione determina instabilità. Le lesioni da iperestensione sono dovute a forze applicate direttamente sul dorso che determinano il collasso delle faccette articolari e la lacerazione dell'anello fibroso con l'espulsione del nucleo polposo ventralmente. Generalmente in questi casi parziale stabilità vertebrale è garantita dal supporto osseo del corpo e da quello legamentoso.

Fratture da trauma compressivo sono il risultato di forze assiali associate a flessione della colonna e sono classificate come "*wedge compression fracture*" (frattura a cuneo) e "*burst fracture*" (frattura a scoppio). La prima avviene quando l'osso corticale e spongioso collassano in seguito a un trauma flessorio ad alta energia; la seconda è caratterizzata da una frattura comminuta del corpo vertebrale ad una o entrambe le estremità, i cui frammenti possono direzionarsi verso l'esterno o, talvolta, verso l'interno del canale causando gravi danni midollari.

Le combinazioni di forze flessorie e torsionali sono comunemente causa di dislocazione vertebrale e sono classificate in lussazioni, sublussazioni e fratture/lussazioni. Quest'ultima evenienza ricorre in modo particolare quando la forza predominante è di tipo rotazionale, accompagnata da una di tipo flessorio ed è piuttosto frequente nella giunzione lombosacrale.

Fratture trasverse sono il risultato di forze di qualsiasi tipo che determinano l'avulsione di un processo vertebrale e possono interessare i processi spinosi, trasversi, i peduncoli o le lamine (Shores, 1992).

2.3 – Biomeccanica della frattura/lussazione di L7

Per la sua contiguità con la pelvi ed il sacro, la regione lombare caudale è uno dei principali concentratori di stress della colonna vertebrale. Ciò le predispone le ultime vertebre lombari ad un tipo di frattura piuttosto caratteristico, infatti un trauma diretto in flessione della pelvi produce fratture oblique o corto-oblique del loro corpo, accompagnate dalla lussazione dei processi articolari e dalla dislocazione cranioventrale del sacro e della pelvi.

Nonostante i tessuti molli della colonna vertebrale siano molto resistenti alla tensione, essi sono molto vulnerabili alle forze di torsione e, se sottoposti a tali forze, cedono rapidamente. In condizioni normali, raramente si hanno sole forze di torsione sulla colonna vertebrale, mentre molto più spesso si verifica una combinazione di queste con forze di flessione. Da tale combinazione si genera la caratteristica frattura/lussazione della settima vertebra lombare. In realtà il tipo di lesione che può svilupparsi è fortemente dipendente dalla dinamica dell'evento traumatico e, sebbene sia la frattura, associata in genere a dislocazione, che la sola lussazione della giunzione lombosacrale originano dalla stessa combinazione di forze di flessione e rotazione, a seconda della forza predominante il risultato sarà differente. Infatti si assiste alla frattura del corpo di L7 quando a predominare sono le forze di tipo rotazionale, mentre è maggiore la probabilità di avere la sola lussazione quando a dominare sono le forze di tipo flessorio (Thacher, 2001).

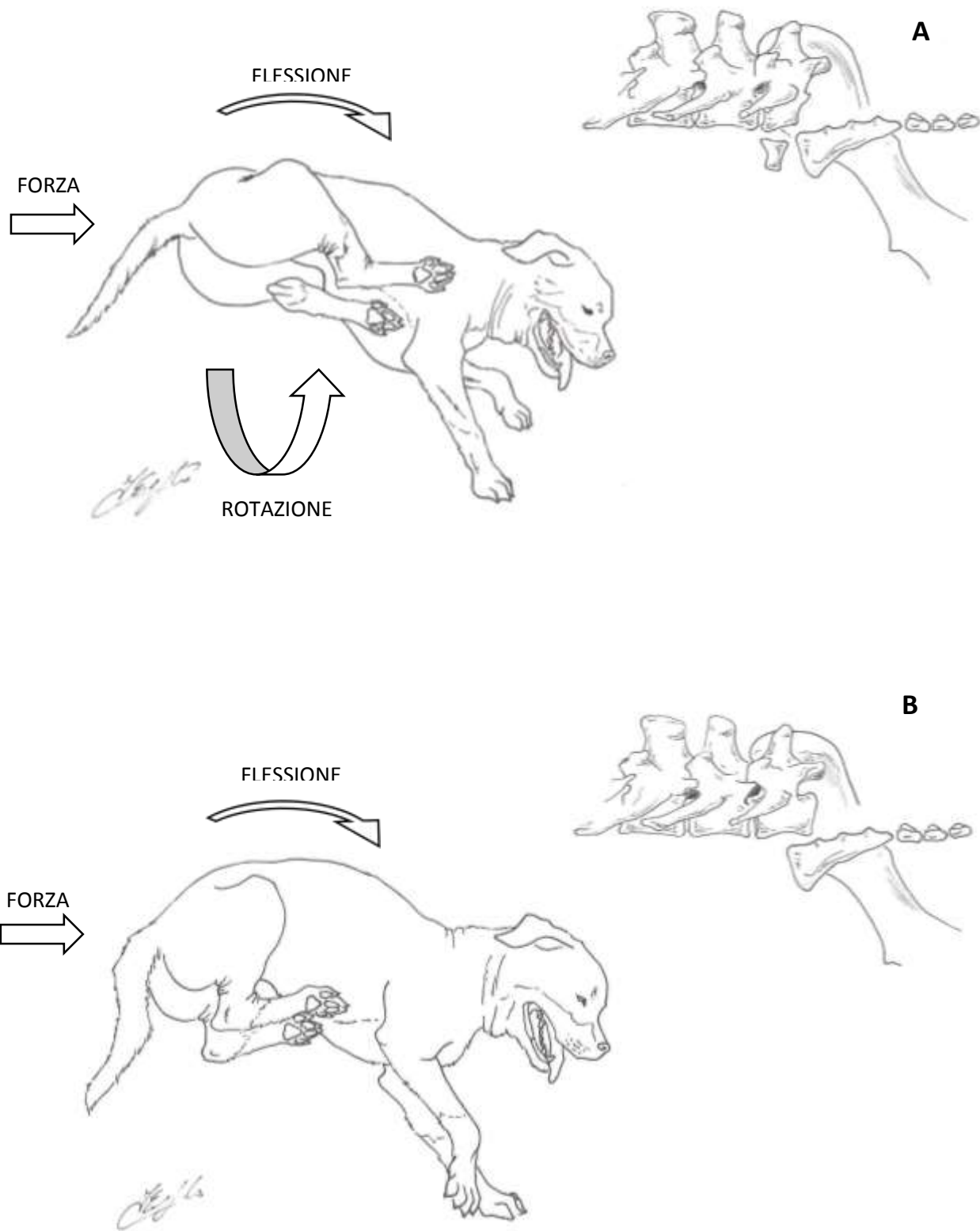


Fig. 10 – Rappresentazione dei meccanismi che determinano le lesioni della colonna vertebrale lombosacrale. In caso di frattura si osserva la combinazione di forze di flessione e di rotazione in presenza di una spinta caudo-craniale (A). In caso di lussazione le forze predominanti sono la flessione e la spinta caudo-craniale (B).

Capitolo III: Patogenesi

3.1 – Fisiopatologia del trauma spinale

Le lesioni primarie, meccaniche, raramente sono causa di lacerazione del midollo spinale, sebbene è questa un'evenienza possibile. Eventi sistemici, focali, cellulari e subcellulari sopraggiungono immediatamente dopo il trauma primario, e collettivamente determinano una serie di modificazioni biochimiche e patologiche, causa di danni addizionali che deteriorano e compromettono l'integrità del midollo spinale. Questi eventi post-traumatici sono detti lesioni secondarie (Shores, 1992).

Il fallimento nella trasmissione nervosa dovuto a alterazioni funzionali da compressione, ischemia o trauma in genere, è chiamato *neuroprassia*. Tale termine indica che gli assoni, motori o sensitivi, sono interessati preferenzialmente ma è preservata la percezione algica. Ciò è dovuto all'integrità delle cellule di Schwann e dalla persistenza del tessuto connettivo endoneurale, oltre che all'integrità della struttura nervosa (assenza di degenerazione Walleriana), che indicano una prognosi favorevole al recupero. La *assonotmesi* avviene quando l'assone e la mielina sono interrotti ma le strutture circostanti rimangono integre. In questo caso c'è degenerazione Walleriana, ma la ricrescita del nervo può avvenire lungo il tubo endoneurale. La *neurotmesi* è, invece, la completa o parziale lacerazione dell'assone, della guaina mielinica e del connettivo endoneurale. In questo caso, la totale distruzione dell'impalcatura del nervo non è compatibile con la rigenerazione dello stesso (Fitzmaurice, 2010).

3.2 – Lesioni primarie del midollo spinale

Il danno primario è la conseguenza diretta di fenomeni compressivi, concussioni o una combinazione di entrambi. Le conseguenze dell'evento traumatico variano e vanno da danni

minori, che determinano minime disfunzioni o alterazioni strutturali, a lacerazione o distrazione della trama nervosa, che esitano in disfunzioni gravi e talvolta permanenti (Shores, 1992).

3.3 – Lesioni secondarie del midollo spinale

Cause di lesioni secondarie possono essere i meccanismi vascolari, biochimici ed elettrolitici, ed ognuno di essi può produrre cambiamenti che alterano la normale funzionalità del sistema nervoso.

- *Vascolari.* In seguito a trauma intervengono immediati danni meccanici alla microvascolarizzazione del midollo spinale, ai quali possono associarsi danni secondari ai vasi e seni più grandi. Il seguente shock neurogeno determina un declino della pressione arteriosa, che oltre ad avere effetti sistemici, determina localmente la riduzione del flusso sanguigno (spinal cord blood flow, SCBF) nel midollo stesso. Tale fenomeno è amplificato da numerosi fattori che intervengono, che includono emorragie, perdita dei meccanismi di autoregolazione, vasospasmi, trombosi, e che determina un ulteriore declino del SCBF. La diretta conseguenza del diminuito flusso sanguigno locale è l'incremento della richiesta metabolica dei tessuti lesi che facilita il rilascio di fattori autodistruttivi ed il loro accumulo.
- *Biochimici.* Numerose alterazioni biochimiche si sviluppano in caso di ridotto SCBF ed ipossia del segmento interessato. Questi cambiamenti sono stati associati in modo particolare all'incremento di concentrazione di catecolamine in seguito all'evento traumatico. Queste includono istamina, norepinefrina, serotonina e dopamina. Altre sostanze potenzialmente necrotizzanti sono gli aminoacidi citotossici (glutammato, aspartato) che possono indurre degenerazione neuronale. In particolare l'attivazione dei recettori per il glutammato potrebbe facilitare il flusso di calcio intracellulare, promuovendo vasospasmo e ischemia. La perossidazione lipidica e la vasocostrizione

sono il risultato finale della cascata dell'acido arachidonico in seguito alla sua interazioni con le ciclo-ossigenasi e le lipo-ossigenasi. I prodotti che derivano da queste reazioni includono potenti vasocostrittori, quali trombossani e numerosi radicali liberi che si accumulano e distruggono alcuni componenti delle membrane cellulari. L'azione di questi metaboliti tossici si somma al disturbo di circolo locale e ai danni primari causando morte cellulare e gravi danni spinali. Infatti il controllo di tali fenomeni è uno dei primi obiettivi nella gestione dei pazienti con trauma spinale acuto.

- *Aberrazioni elettrolitiche.* La principale anomalia elettrolitica che si presenta in corso di danno al sistema nervoso centrale è un aumento del flusso intracellulare di ioni calcio. Il calcio infatti determina vasospasmo della microcircolazione, altera l'attività mitocondriale e di conseguenza la respirazione cellulare, e facilita la liberazione di prostaglandine e leucotrieni con conseguenti ripercussioni vascolari. Altre alterazioni elettrolitiche riguardano l'incremento del potassio extracellulare e della permeabilità della parete cellulare al sodio, che promuovono alterazioni ischemiche.
- *Fattori addizionali.* Altri fattori che rivestono un ruolo nei meccanismi di danno secondario includono: liberazione di oppioidi endogeni (dinorfine), un aumento del consumo di ossigeno locale e edema, associato al ridotto o mancato ritorno venoso, stasi vascolare o ostruzione fisica del flusso venoso (trombosi, compressione). Tutto ciò determina un ulteriore riduzione del SCBF e seguente ipossia (Shores, 1992).

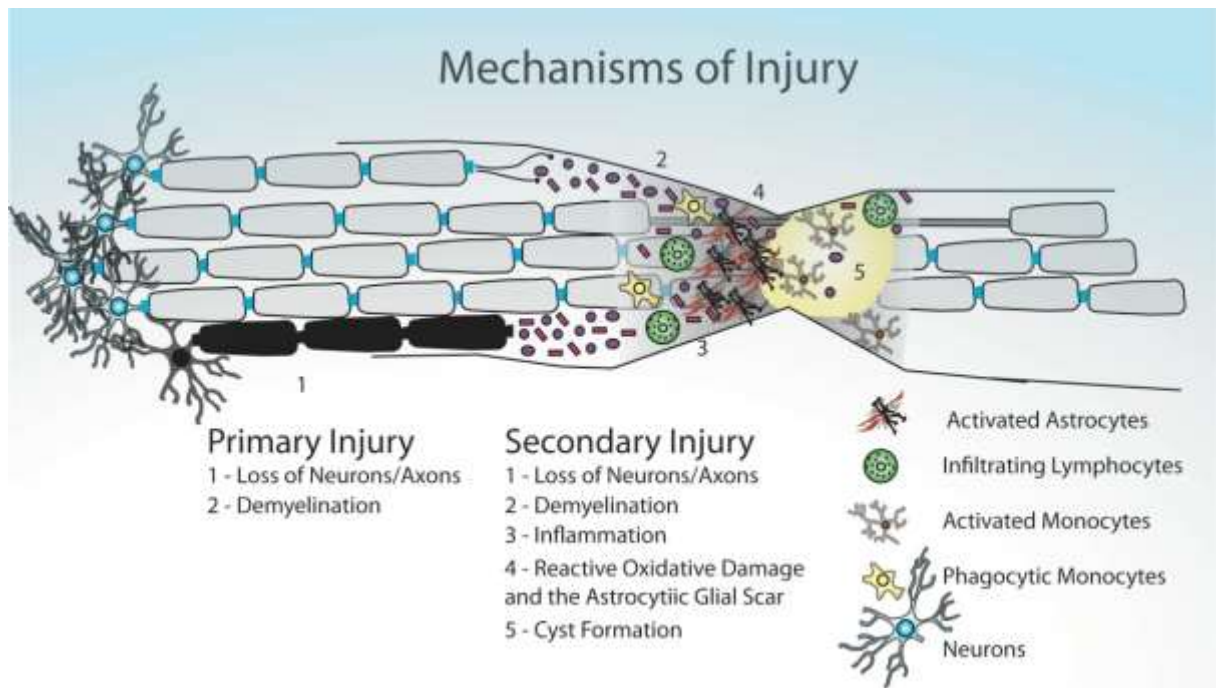


Fig. 11 – Rappresentazione schematica dei meccanismi patogenetici del trauma spinale. (Salewski R, Emrani H and Fehlings MG: “Neural Stem/Progenitor Cells for Spinal Cord Regeneration”, in Wislet-Gendebien S: “Trends in Cell Signaling Pathways in Neuronal Fate Decision”. InTech 2013).

Capitolo IV: Aspetti clinici

4.1 – Valutazione e stabilizzazione del paziente traumatizzato

Un trauma è un evento accidentale che può essere causa di danni talvolta gravi e multifocali, nel senso che numerosi tessuti e organi possono essere coinvolti contemporaneamente. Sebbene il tipo di lesioni può essere differente al variare del tipo di evento traumatico, la valutazione iniziale e le cure immediate sono generalmente le stesse. L'esame iniziale prevede la rapida valutazione mirata ad evidenziare gravi ed evidenti lesioni e il successivo processo di *triage* per definire l'ordine di trattamento delle varie lesioni, dando priorità a ciò che può interferire con la sopravvivenza del paziente e/o può causare disabilità permanenti (Payne, 1995).

Nel caso particolare di un paziente con un trauma spinale, oltre alle misure precauzionali per contrastare il coinvolgimento sistemico, è fondamentale immobilizzare l'animale in decubito laterale su una superficie rigida e tenerlo nella medesima posizione durante tutti i successivi esami clinici e collaterali. Nel caso in cui il paziente dovesse manifestare intensa algia e/o problematiche relative al contenimento fisico, si ricorre ad una sedazione. Solo successivamente alla stabilizzazione del paziente si procede con la raccolta anamnestica che talvolta può fornire scarse informazioni, mentre altre volte può dare chiare indicazioni sulla dinamica dell'evento traumatico, in genere incidente automobilistico o cadute dall'alto (Kirby, 1995).

4.2 – Esame neurologico

Una volta esclusi danni a carico di organi vitali è possibile focalizzare l'attenzione su eventuali danni al sistema nervoso. Mentre l'individuazione ed il trattamento di danni cerebrali rientrano nelle procedure di emergenza e primo soccorso, la valutazione dell'integrità e funzionalità del midollo spinale avviene successivamente. Ciò è dovuto, nel caso particolare delle lesioni delle

regioni più caudali del rachide lombosacrale, alle caratteristiche anatomiche, precedentemente citate, della cauda equina e alla sua elevata resistenza soprattutto alle forze di trazione.

L'esame neurologico prevede l'ispezione del soggetto in stazione ed in movimento, e la valutazione della propiocezione. Purtroppo molto spesso questo tipo di valutazione non è possibile poiché i soggetti con trauma spinale non sono deambulanti. Di conseguenza l'esame continua, con il paziente in decubito laterale, con la valutazione della risposta riflessa. In caso di lesioni della cauda equina, si apprezzerà una sindrome da motoneurone inferiore (MNI) caratterizzata da ipo/ariflessia e debolezza con perdita di tono muscolare. Alla palpazione del rachide è evidente una tumefazione dorsale in prossimità del sito di frattura o dislocazione ed una differenza anomala di altezza dei processi spinosi contigui di L7 ed S1, dovuta al mal allineamento conseguente alla perdita di integrità strutturale della colonna. Inoltre, un aspetto costante e caratteristico è la marcata algia che può essere facilmente elicitata palpando gentilmente la zona lombosacrale, così come la percezione di crepitio ed instabilità. In considerazione dei nervi che originano dalla regione è un reperto ricorrente l'incontinenza fecale ed urinaria, che si associa frequentemente a chiara atonia dello sfintere anale con perdita della sua risposta riflessa alla stimolazione e atonia della coda. L'esame neurologico si conclude con la valutazione della sensazione dolorifica superficiale e profonda. Quest'ultima è valutata, nel caso di frattura e/o lussazione dell'ultima vertebra lombare, dal clampaggio, prima con mano e successivamente con pinza, delle sole due falangi laterali, ovvero quelle controllate da ramificazione del nervo sciatico e quindi che possono essere coinvolte in corso di questo tipo di lesione. La valutazione della sensibilità sul versante mediale (secondo dito) non è necessaria ed affidabile in quanto l'origine del nervo femorale che controlla la sensibilità della regione è antecedente al sito di lesione e non è mai coinvolto nei traumi della specifica giunzione lombosacrale. Infatti spesso, per la persistente funzione dei rami del nervo femorale, si osserva parziale capacità dell'animale di sostenere il peso corporeo e capacità di flessione delle anche,

mentre per il deficit sciatico si ha perdita della flessione del ginocchio, di flesso-estensione del tarso e di estensione digitale (de Lahunta, 2009; DiFazio, 2013; Sturges, 2003).

La presenza o assenza del dolore profondo riveste un ruolo importantissimo nella prognosi per la lesione, infatti, secondo alcuni Autori, gli animali presentati in meno di 24h dal trauma ma con assenza di percezione profonda hanno meno del 20% di possibilità di recupero funzionale, valore che si riduce drasticamente quando il tempo trascorso è superiore (Sturges, 2003).



Fig. 12 – Rappresentazione fotografica dell'esame neurologico. Riflesso patellare (A); Riflesso tibiale craniale (B); Riflesso flessore (C); Nocicezione profonda (D).



Fig. 13 – Notare la flessione del ginocchio non accompagnata dalla flessione del tarso. Tale reperto è indicativo del coinvolgimento del n. sciatico, ma non di quello femorale.

4.3 – Diagnostica per immagini

RADIOGRAFIA

La radiografia è considerata un esame di prima scelta per lo studio della colonna vertebrale, in maniera particolare quando si sospettano traumi. Lo studio della giunzione lombosacrale prevede due proiezioni, la prima in decubito laterale e la seconda in decubito dorsale, o sternale in alternativa. Durante l'esecuzione della proiezione latero-laterale (LL) è fondamentale non manipolare eccessivamente il paziente al fine di evitare la mobilizzazione dei monconi ossei, in caso di frattura, o la dislocazione della vertebra in caso di lussazione. Ciò è importante sia per evitare ulteriori traumatismi sul midollo spinale, sia per evitare errori di lettura dell'immagine causati dal posizionamento del paziente.

L'aspetto radiografico della frattura della settima vertebra lombare è piuttosto caratteristico, e si tratta di una frattura obliqua o corta obliqua che riguarda il corpo di L7 e può accompagnarsi a dislocazione delle faccette articolari. La dislocazione cranio-ventrale del segmento caudale è un reperto costante ed è dovuta all'azione delle forze muscolari sul sacro e sulla pelvi (Fossum). La proiezione ventro-dorsale (VD) o dorso-ventrale (DV) può fornire ulteriori informazioni per una migliore caratterizzazione della frattura. In caso di lussazione si osserva la sola dislocazione cranio-ventrale del sacro e la totale perdita dei rapporti anatomici tra le vertebre contigue L7 e S1.

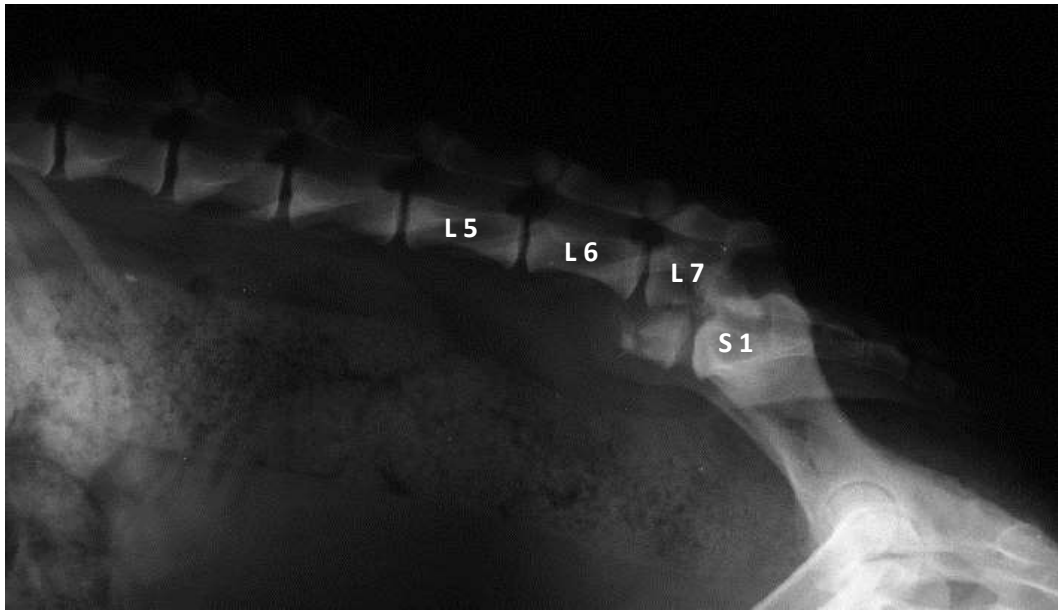


Fig. 14 – Proiezione LL del rachide lombosacrale. Tipico aspetto radiografico della frattura del corpo vertebrale di L7 con dislocazione cranio-ventrale del sacro e del frammento caudale.

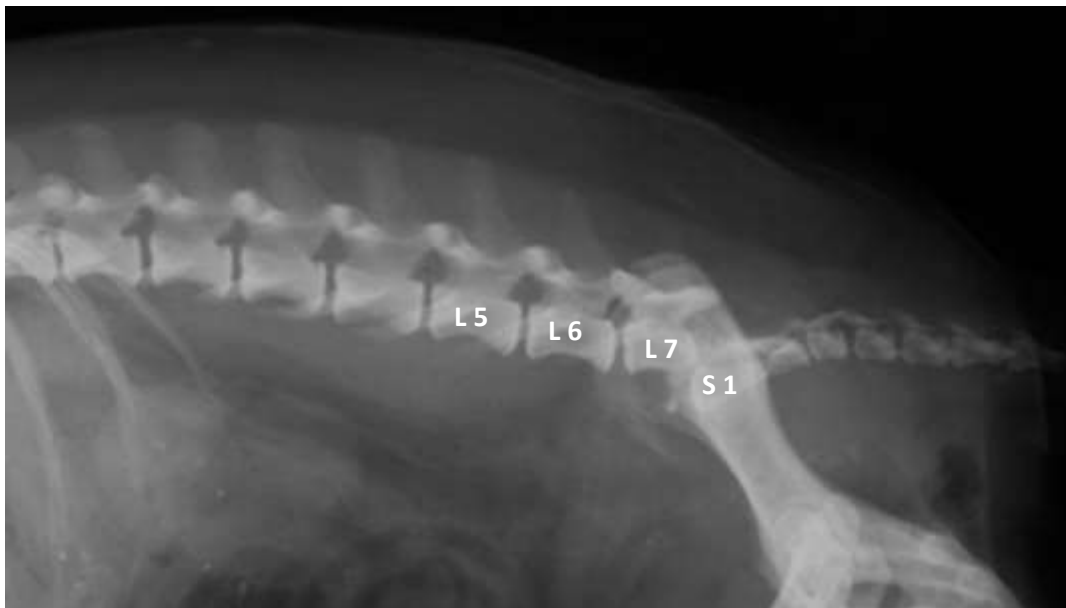


Fig. 15 – Proiezione LL del rachide lombosacrale. Aspetto radiografico della lussazione L7-S1. Notare l'integrità del corpo vertebrale di L7 e la dislocazione cranio-ventrale del sacro.

MIELOGRAFIA

La mielografia, ovvero lo studio della colonna vertebrale e del midollo spinale attraverso l'uso di mezzi di contrasto, è un'indagine accessoria alla convenzionale radiografia, già di per sé diagnostica. L'esame mielografico permette di osservare l'andamento del midollo all'interno

del canale vertebrale e definire meglio le dislocazioni vertebrali. Questo studio, in considerazione del limite anatomico posteriore del midollo spinale (L6), non aggiunge molte informazioni alla radiografia diretta, in corso di fratture di L7.

DIAGNOSTICA AVANZATA

Le tecniche di diagnostica per immagini avanzate comprendono la tomografia computerizzata (TC) e la risonanza magnetica (RM). Entrambe le tecniche permettono l'osservazione trasversale e tridimensionale della colonna vertebrale e del midollo spinale, ma mentre la prima è più adatta allo studio dello scheletro, la seconda è oggi la tecnica di imaging di prima scelta per lo studio del sistema nervoso. La loro utilità in corso di frattura o lussazione vertebrale risiede nella loro capacità di identificare eventuali comminuzioni che potrebbero danneggiare il midollo e di identificare eventuali anomalie del midollo stesso, specialmente in caso di lesioni croniche per stabilirne una prognosi (Sturges, 2003; Sande, 1992). Entrambe le procedure possono essere combinate all'impiego di mezzo di contrasto per ottenere maggiori dettagli e informazioni (Bagley, 2000).

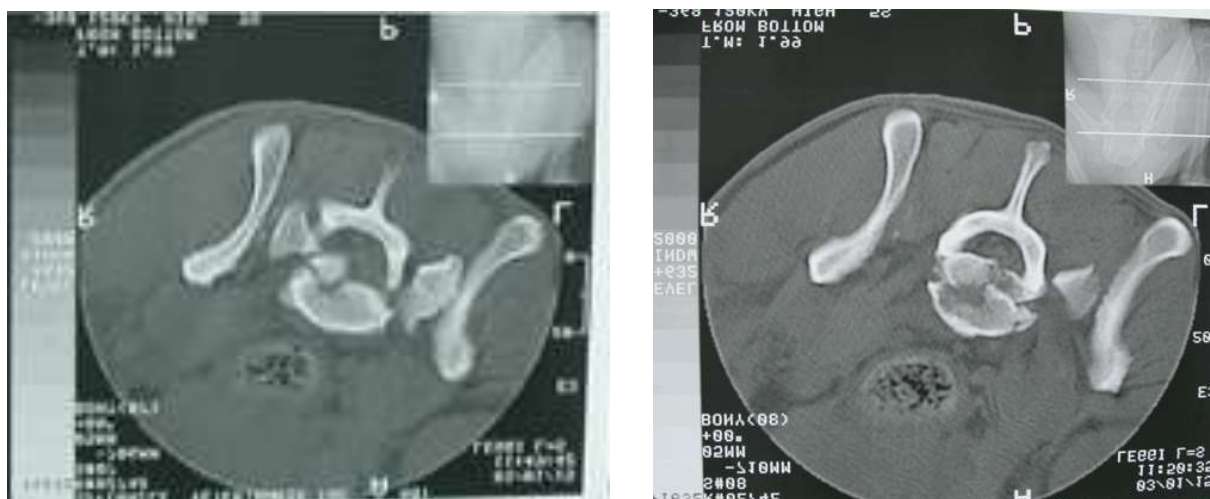


Fig. 16 – Esame TC. Scansioni trasversali del rachide lombosacrale di un cane con frattura della settima vertebra lombare. Notare la perdita di integrità del corpo vertebrale e la riduzione del diametro del canale vertebrale.

Capitolo V: Trattamenti

5.1 – Opzioni terapeutiche

L'obiettivo del trattamento di fratture e/o lussazioni vertebrali è provvedere a creare quelle condizioni in cui il tessuto nervoso danneggiato può recuperare la funzione persa. Impedire ulteriori danni, dati dall'instabilità del sito leso, è quindi lo scopo primario insieme all'eliminazione delle compressioni, che derivano dall'alterazione della dimensione e dell'orientamento del canale vertebrale. Nonostante sia ipotizzabile un approccio medico e conservativo nei pazienti con trauma del midollo spinale, è di per sé chiaro che la persistenza di instabilità e lesioni di tipo meccanico è incompatibile con una ripresa delle funzioni nervose. La terapia chirurgica, pertanto, rappresenta un punto chiave nella gestione dei pazienti con trauma della colonna vertebrale lombosacrale, in quanto può garantire la stabilità necessaria per il ripristino di una più o meno normale anatomia del canale vertebrale e quindi favorire il ripristino della funzionalità nervosa. Al trattamento chirurgico segue in ogni caso un trattamento medico e conservativo, ed uno riabilitativo postoperatorio.

5.2 – Terapia medica e conservativa

A differenza di altre sedi, le fratture e/o lussazione della giunzione lombosacrale difficilmente possono essere immobilizzate con l'applicazione di bendaggi rigidi o altri elementi di contenimento. Nella regione cervicale l'immobilizzazione esterna può garantire efficaci risultati, mentre già in altri tratti, come quello toracico e lombare, l'incidenza di complicanze e difficoltà legate al bendaggio è considerevole; a livello di colonna vertebrale lombosacrale le eccessive forze di spinta che provengono dall'arto pelvico e dal bacino e le trazioni caudo-dorsali provenienti dalla muscolatura lombare non riescono in nessun modo ad essere

contrastare e contenute. L'unico reale approccio conservativo attuabile in questa tipologia di pazienti è il confinamento in ambiente ristretto con la limitazione della mobilità.

I trattamenti medici per le lesioni della cauda equina comprendono l'impiego di corticosteroidi e/o farmaci antiinfiammatori non steroidei (FANS). Entrambi alleviano i sintomi secondari alla massiva risposta infiammatoria che consegue al trauma, preservando ulteriori danni secondari (Wheeler, 1992).

5.3 – Trattamenti chirurgici

I principi del management chirurgico di una frattura vertebrale includono una chiara comprensione della biomeccanica del segmento spinale interessato e del tipo di lesione accorsa (Shores, 1992).

La giunzione lombosacrale presenta numerose difficoltà nella fissazione, in particolare dovute all'impossibilità di raggiungere la parte laterale per la contiguità con le ali dell'ileo. Nonostante ciò sono state descritte numerose tecniche chirurgiche che, in maniera e con apparati differenti, riescono a garantire la stabilità necessaria alla guarigione dell'osso e dei tessuti molli circostanti (Jeffery, 2010).

CHIODO TRANSILIACO

L'impiego del chiodo transiliaco è limitato alle fratture della settima vertebra lombare e alle lussazioni L7/S1, nelle quali la lamina dorsale è intatta (Fossum).

La tecnica prevede un accesso dorsale alla regione lombosacrale con esposizione della lamina vertebrale della giunzione e scheletrizzazione dell'intero ileo per l'inserimento del chiodo. Tale chiodo viene introdotto attraverso le due ali dell'ileo in posizione dorsale e caudale rispetto alla base del processo spinoso di L7. È previsto anche l'impiego di due o più chiodi in relazione alla taglia del paziente. Le estremità dei chiodi sono generalmente ripiegate per prevenirne la

migrazione o possono essere bloccate con dei morsetti chirurgici (Joechler, 1998; Fossum; Slocum, 1975; Ullman, 1993).

Il chiodo così posizionato ha la capacità di mantenere la retrazione dorsale e caudale in caso di lussazione o frattura lombosacrale (Joechler, 1998). Esiste la possibilità di aumentare la stabilizzazione dell'apparato combinandolo all'uso di una placca in materiale plastico (placca di Lubra), applicata a ponte nei processi spinosi di più vertebre contigue e raccomandata in caso di lesioni multiple che coinvolgono anche siti più craniali (Curtis, 2013).

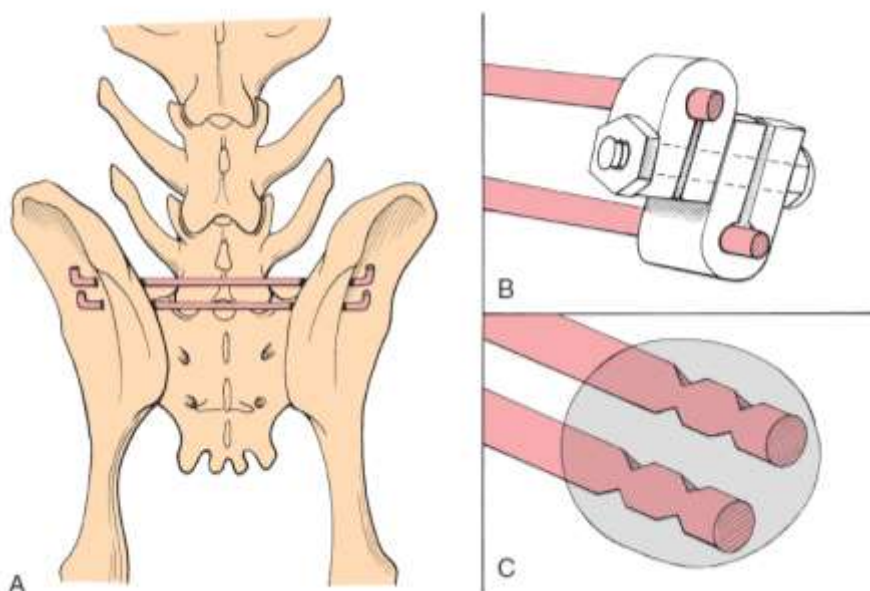


Fig. 17 – Rappresentazione grafica del chiodo transiliaco. Due chiodi paralleli a ponte sulla giunzione lombosacrale e ripiegati alle estremità (A). Immobilizzazione di due chiodi transiliaci con morsetto chirurgico (B) e resina acrilica (C) (Fossum TW: "Small animal surgery". Fourth Edition, Elsevier 2013).

ARTRODESI DEI PROCESSI ARTICOLARI

I chiodi transarticolari sono elementi di stabilizzazione posti a cavallo di articolazioni vertebrali. È una tecnica frequentemente utilizzata per la stabilizzazione della colonna vertebrale lombosacrale per la semplicità di esecuzione. Il chiodo può essere introdotto nel processo spinoso della vertebra e angolato in direzione del processo articolare oppure posto

esclusivamente sul processo stesso. È una tecnica raccomandata, come unico elemento di stabilizzazione, nei soggetti leggeri con peso inferiore a 10 kg, ma è riportato l'impiego anche in soggetti di peso maggiore con buoni risultati. Oltre che rappresentare un tecnica a se stante, l'impiego di due chiodi transarticolari è indicato in caso di frattura e dislocazione lombosacrale per garantire una stabilizzazione primaria, dopo la riduzione del sito leso (Kirby, 1995; Joechler, 1998).

In alternativa ai chiodi, l'artrodesi permanente delle faccette articolari di L7 ed S1 si può ottenere con l'impiego di due viti a compressione poste nella medesima maniera (Cabassau, 2005).

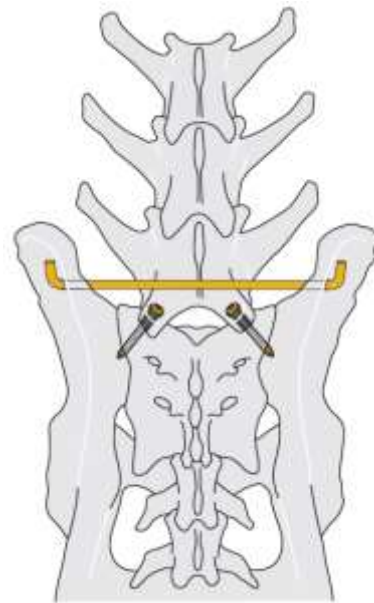


Fig. 18 – Rappresentazione grafica di un chiodo transiliaco combinato ad un'artrodesi delle faccette articolari con viti a compressione (Johnson AL: AO principles of fracture management in the dog and cat". AO Publishing, Thieme 2005).

CHiodo E CERCHIAGGI

Una tecnica di stabilizzazione che prevede l'impiego di un chiodo di Kirshner del diametro di 1-1.5 mm, ripiegato alle sue estremità per adagiarsi in due fori eseguiti nei processi spinosi di due vertebre. Generalmente si considerano quelli delle due vertebre più craniali e più caudali al sito di frattura. È possibile anche curvare la barra al centro e ancorarla ad un solo processo spinoso. Successivamente la barra, in entrambi i casi descritti, viene stabilizzata da numerosi cerchiaggi che inglobano il chiodo endomidollare e passano all'interno di piccoli fori praticati in tutti i processi spinosi adiacenti (Joechler, 1998). Nel caso di lesioni della colonna vertebrale lombosacrale, si possono usare due o quattro chiodi di Steinmann piegati a 90°, che sono introdotti in fori praticati nelle ali dell'ileo per poi decorrere parallelamente ai processi spinosi dove sono stabilizzati con cerchiaggi come descritto in precedenza (Curtis, 2013).

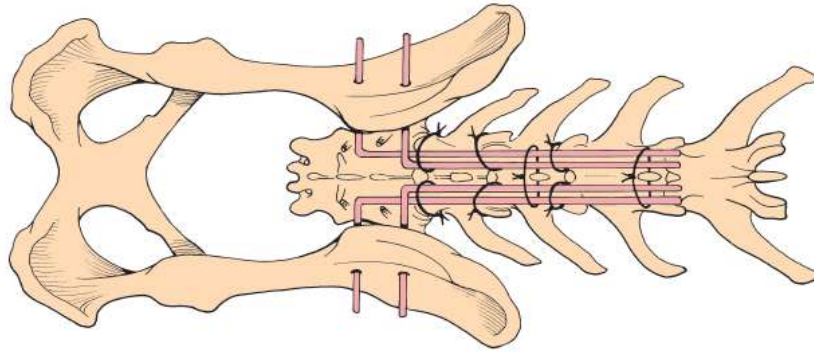


Fig. 19 – Rappresentazione grafica del corretto impiego di chiodi e cerchiaggio, per lo sviluppo di un impianto segmentale spinale di immobilizzazione di L6-L7-S1 (Fossum TW: “Small animal surgery”. Fourth Edition, Elsevier 2013).

KIRSCHNER-EHMER DEVICE E PLACCA DORSALE

È una tecnica descritta da Shores *et al.*, per la fissazione delle fratture delle vertebre lombari caudali nel cane. La tecnica offre una stabilizzazione ottimale, infatti può essere combinato alla decompressione dorsale, e non richiede l’integrità del processo spinoso della vertebra fratturata o l’ancoraggio dell’impianto alla stessa. La tecnica prevede un impianto esterno combinato alla fissazione dorsale con placca. Al termine dei processi riparativi si procede alla rimozione del solo impianto esterno (Shores, 1989).

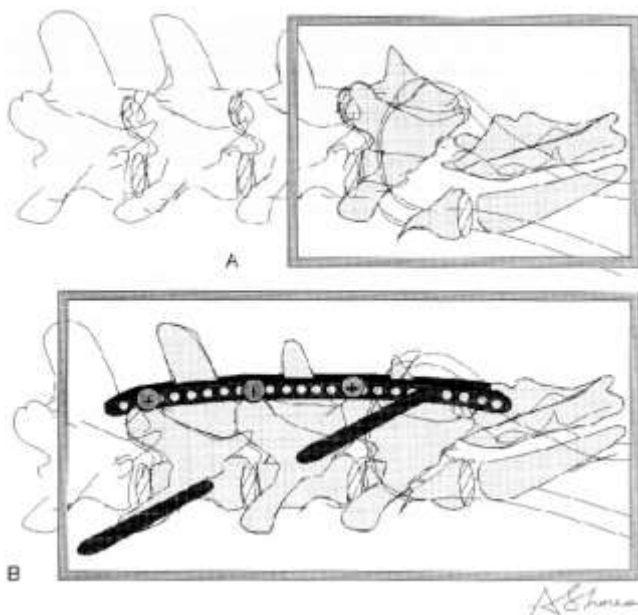


Fig. 20 – Rappresentazione grafica del kirschner-ehmer device abbinato a placca dorsale, per il trattamento di una frattura del corpo vertebrale della settima vertebra lombare. (Shores A et al.: “Combined Kirschner-Ehmer device and dorsal spinal plate fixation technique for caudal lumbar vertebral fractures in dogs”, J Am Vet Med Assoc 195:335-339, 1989).

CHIODI (O VITI) E POLIMETILMETACRILATO (PMMA)

Possono essere utilizzati in qualsiasi area della colonna vertebrale; in genere vengono posizionati due chiodi nei corpi vertebrali da entrambi i lati adiacenti al sito fratturato, poi inglobati nella matrice acrilica (Rouse, 1975). Per la giunzione lombosacrale l'unico approccio è quello dorsale e i chiodi, che forniscono l'impalcatura all'apparato di fissazione, vengono impiantati nel corpo vertebrale di L6, e/o di L7, e in quello del sacro. Le prime descrizioni di questa tecnica per le fratture della settima vertebra lombare suggerivano l'impiego di chiodi nelle vertebre L5 ed L6, oltre che nel corpo del sacro, e viti nelle ali dell'ileo; successivamente il tutto veniva reso stabile da una colata di PMMA che inglobava le teste di tutti i chiodi e viti (Beaver, 1996). Un recente studio ha proposto l'impiego di quattro chiodi di cui due nel corpo/lamina di L7 o L6 e due nel corpo del sacro, i chiodi venivano poi ripiegati e fatti convergere gli uni verso gli altri per poi inglobarli nel PMMA (Weh, 2007).

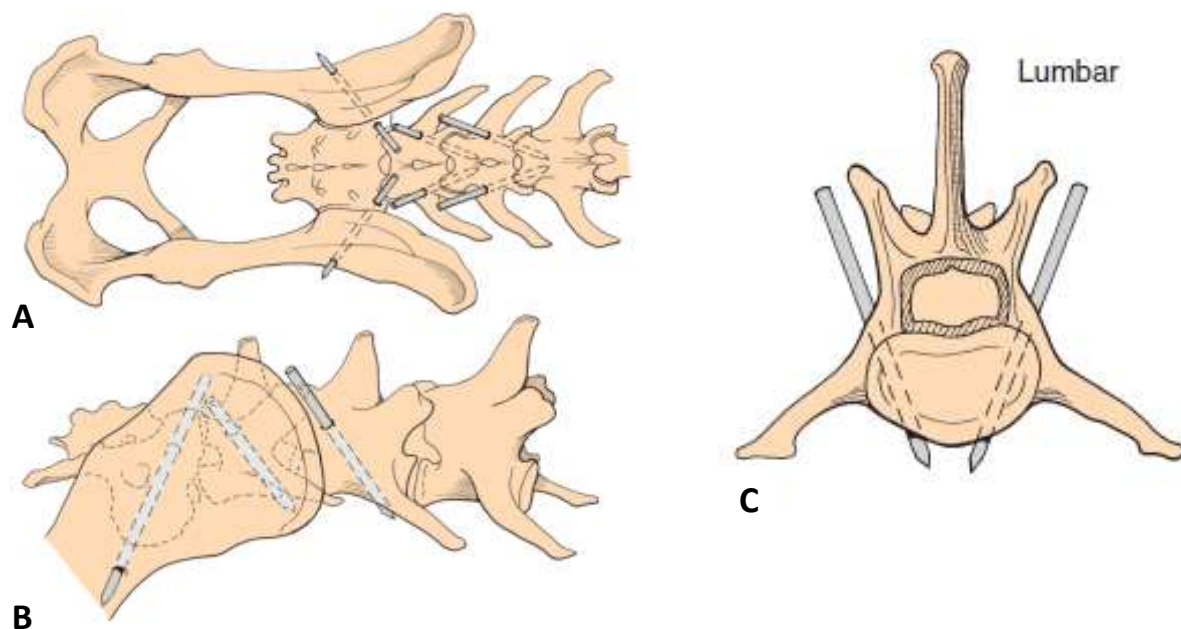


Fig. 21 – Rappresentazione grafica di impianti composti da chiodi e PMMA. Corretto posizionamento dei chiodi nei corpi vertebrali in veduta dorsale (A), laterale (B), e trasversale (C) (Fossum TW: "Small animal surgery". Fourth Edition, Elsevier 2013).

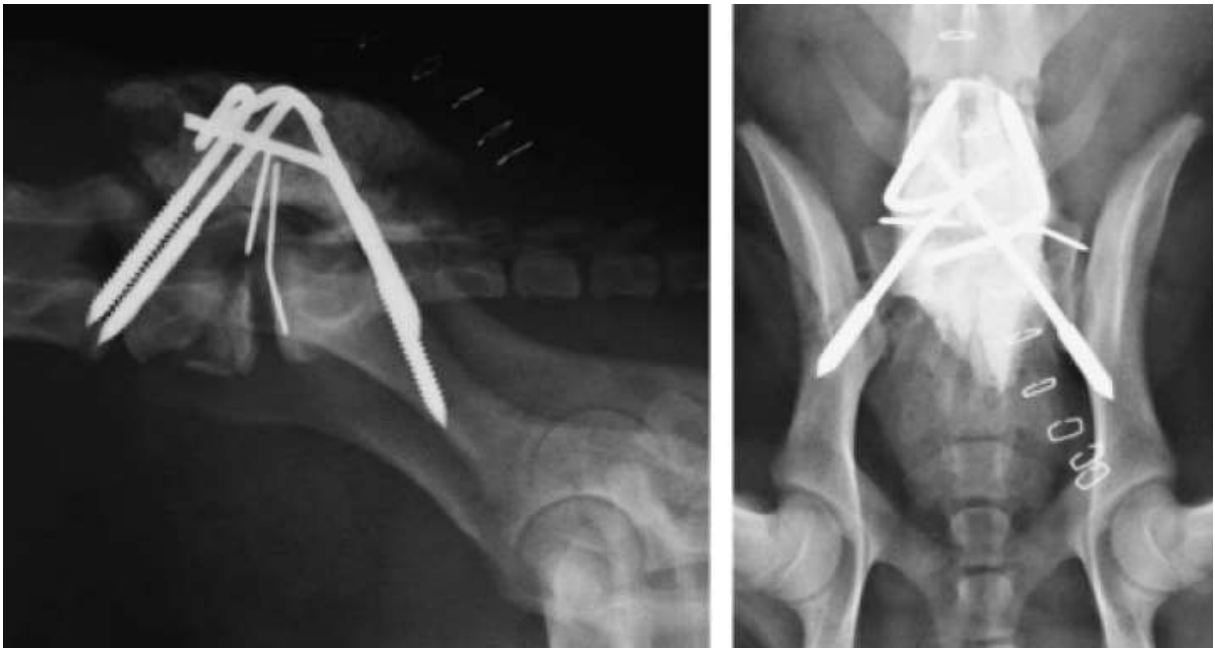


Fig. 22 – Rappresentazione radiografica di un impianto composto da chiodi e PMMA per il trattamento di una frattura con dislocazione lombosacrale (Weh JM, Kraus KH: “Use of a Four Pin and Methylmethacrylate Fixation in L7 and the Iliac Body to Stabilize Lumbosacral Fracture–Luxations: A Clinical and Anatomic Study”. *Vet Surg* (2007) 36:775–782).

VITI TRANSPEDUNCOLARI

L'impiego di viti poste trasversalmente attraverso le articolazioni laterali della spina lombosacrale è una tecnica descritta per la prima volta negli anni 40 e che rapidamente si è diffusa ed evoluta. Oggigiorno è conosciuta come “pedicle screw-rod fixation” (PSRF) e si caratterizza per la combinazione di viti transpeduncolari immobilizzate con apposite barre. Questo sistema è stato a lungo impiegato nell'uomo per il trattamento di stenosi e/o instabilità vertebrale, e degenerazione del disco intervertebrale. Il suo obiettivo è quello di determinare l'artrosi di uno o più segmenti spinali in seguito a laminectomia dorsale (Boos, 1997; Davne, 1992). In letteratura veterinaria, sono state valutate *ex vivo* le caratteristiche meccaniche del PSRF ed è stato dimostrato che effettivamente è in grado di stabilizzare la colonna vertebrale lombosacrale dopo laminectomia dorsale (Meij, 2007). Il primo studio in vivo della tecnica è stato riportato da Mèheust et al., ma una tecnica simile prevedeva l'inserimento di viti dorsali transpeduncolari, le cui teste venivano inglobate in un ponte di cemento chirurgico (Meheust, 2000).

PSRF prevede l'applicazione di 4 viti, equamente divise tra L7 e S1; il punto di inserimento sulla settima vertebra lombare è l'intersezione tra la line che passa lungo il margine caudale delle faccette articolari e la linea cranio-caudale che passa alla base del processo trasverso; per il sacro il punto di inserzione è situato a metà strada tra il bordo caudale del processo articolare e la cresta del sacro (Meij, 2007).

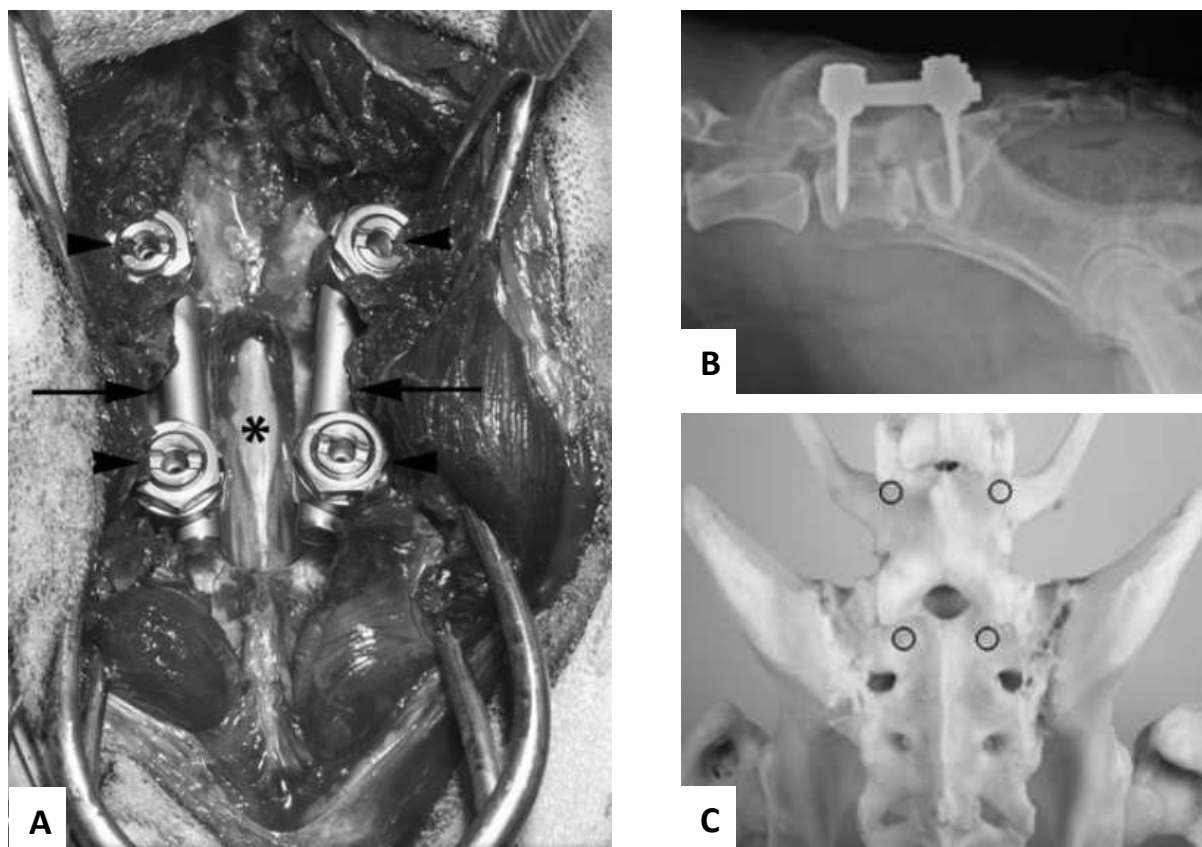


Fig. 23 – Rappresentazione di un impianto “pedicle screw-rod fixation”. Immagine intraoperatoria (A), immagine radiografica (B) e rappresentazione su modello anatomico dei corretti punti di inserimento dell’impianto (C) (Meij BP et al.: “Biomechanical flexion-extension forces in normal canine lumbosacral cadaver specimens before and after dorsal laminectomy-discectomy and pedicle screw-rod fixation”. Vet Surg 2007; 36:742–751).

Capitolo VI: Report clinico

6.1 – Obiettivi

Le fratture e le lussazioni della colonna vertebrale sono delle lesioni piuttosto comuni e sono la principale causa di disturbi neurologici nel cane (Jeffery, 2010). Studi stimano che circa il 25% delle lesioni traumatiche della colonna vertebrale riguardano la regione lombare caudale e sacrale (Bali, 2009). Nonostante i numerosi studi a riguardo, a conoscenza dell'autore non esiste alcun report di lussazione lombosacrale pura, quindi non associata a frattura vertebrale, se non una isolata segnalazione nel gatto (Zulauf, 2008).

Il chiodo transiliaco è una tecnica comune che continua a rappresentare una approccio di prima scelta per il trauma della regione lombosacrale e per il trattamento della frattura di L7 nel cane. Nel tempo, sono state proposte diverse modalità di esecuzione di tale tecnica, ma si è quasi sempre trattato di impianti di fissazione scheletrica interna. In questo studio viene considerata una modifica della tecnica classica (Slocum, 1975) finalizzata alla facilitazione dell'applicazione ed all'incremento di stabilità, proponendo due chiodi transiliaci resi solidi, l'uno con l'altro, impiegando due morsetti impiegati per la fissazione scheletrica esterna.

Si riportano i risultati clinici ottenuti su di un campione composto da 20 soggetti, appartenenti alla specie canina, con trauma della colonna vertebrale lombosacrale. Si valutano i risultati ottenuti con l'impiego del doppio chiodo transiliaco inserito per via percutanea e bloccato in impianto esterno e si segnalano 3 casi di lussazione lombosacrale senza frattura vertebrale nel cane con relativi trattamenti e follow-up.

6.2 – Materiali e metodi

Le cartelle cliniche di tutti i pazienti di specie canina con trauma della giunzione lombosacrale riferiti presso l'Ospedale Veterinario Universitario Didattico (OVUD) sono state analizzate. Il segnalamento, il tipo di trauma ed il tempo intercorso alla diagnosi, i rilievi all'esame neurologico e altre lesioni concomitanti, ed il tempo di recupero sono stati registrati. Tutti i pazienti sono stati valutati sempre, sia al primo esame sia ai successivi controlli, dallo stesso medico.

La diagnosi è stata confermata attraverso esami radiografici in proiezioni latero-laterale e ventro-dorsale e/o esame TC qualora necessario, e tutti i pazienti inclusi nel campione sono stati trattati chirurgicamente con doppio chiodo transiliaco percutaneo bloccato o chiodi e metacrilato.

6.2.1 – Tecniche chirurgiche

La chirurgia è stata eseguita in anestesia generale con il paziente posizionato in decubito sternale con un supporto ventrale e gli arti posteriori in flessione. La tricotomia della regione caudale del dorso doveva essere sufficiente per l'esposizione della colonna lombosacrale, a partire dalla quinta vertebra lombare fino all'intero corpo del sacro, per entrambe le tecniche, ma nel caso di intervento di stabilizzazione mediante doppio chiodo transiliaco bloccato era necessaria un'area più vasta che comprendesse le aree di proiezione delle ali e del corpo dell'ileo. Il campo chirurgico era preparato ad arte.

L'accesso chirurgico prevedeva l'esposizione della regione lombosacrale a partire dall'apofisi spinosa di L5 fino al margine caudale della spina sacrale. I tessuti sottocutanei e le fasce connettivali erano incisi e discontinuati, fino all'esposizione della fascia lombosacrale, lungo la linea mediana e intorno i processi spinosi delle vertebre. I muscoli epiassiali erano separati da entrambi i lati, a partire da ogni processo spinoso e continuando negli spazi interspinosi, con l'ausilio di uno scollaperiostio e una pinza bipolare per la separazione degli attacchi tendinei e

per l'emostasia intraoperatoria. La dissezione procedeva dai processi articolari di L6-L7 fino alla cresta del sacro.

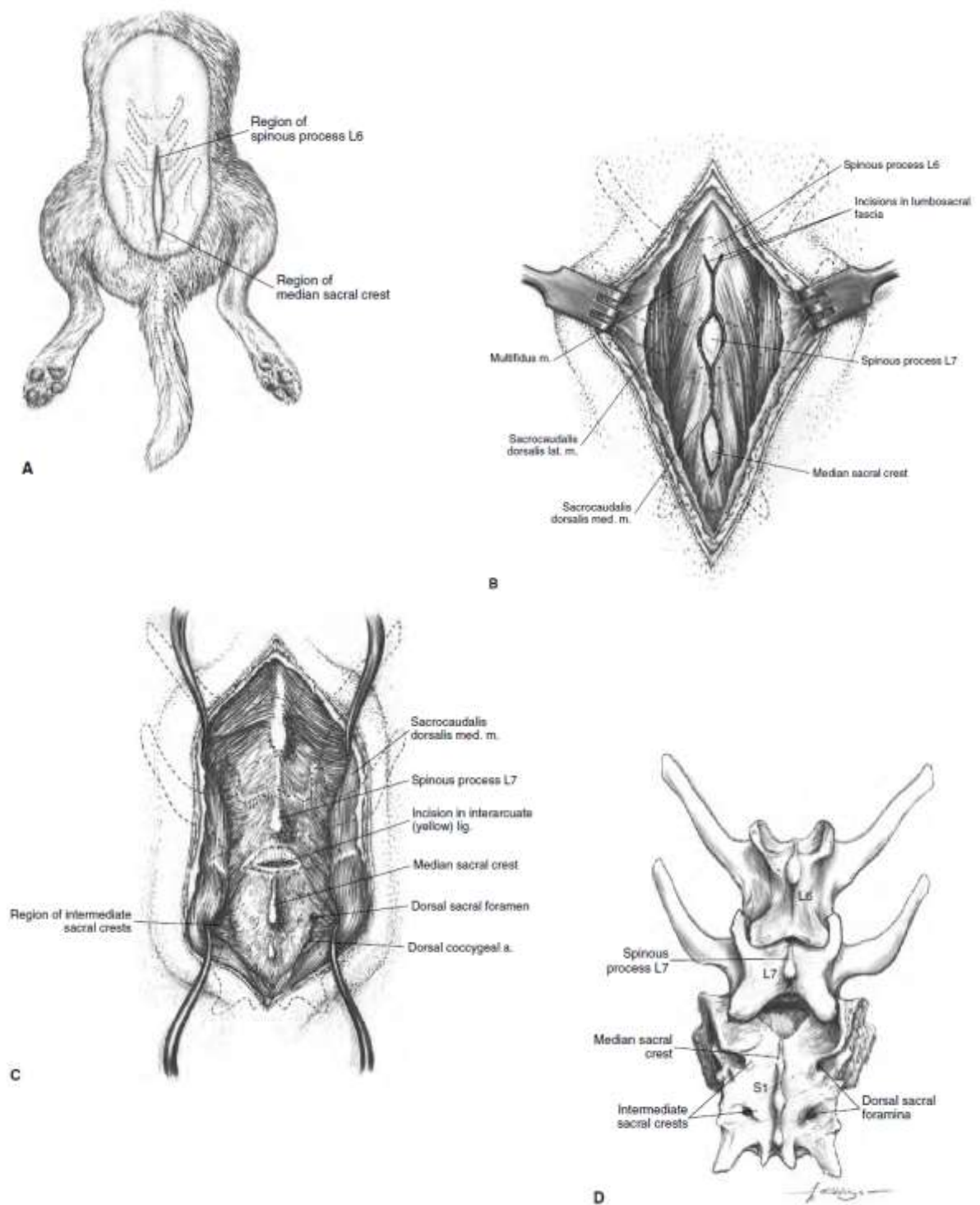


Fig. 24 – Accesso dorsale alla colonna vertebrale lombosacrale (Piermattei DL, Johnson KA: “An atlas of surgical approaches to the bones and the joints of the dog and cat”, Saunders 2004).

La riduzione della frattura o della lussazione era ottenuta attraverso l'utilizzo di una leva di Homann, o un retrattore di Senn, posti nel sito lesso per fare leva tra le due vertebre o tra i due monconi della vertebra fratturata a seconda se si trattava rispettivamente delle lussazione lombosacrale o della frattura di L7, e favorire l'allineamento dorso-ventrale, e afferrando il processo spinoso dell'ultima vertebra lombare con una pinza da osso in maniera da poter eseguire una trazione in senso caudo-craniale e la spinta verso il basso. La stabilizzazione temporanea della riduzione ottenuta era garantita, talvolta, dall'impiego di uno o due chiodi (Ø 1.5 mm) nei processi articolari di L7-S1.

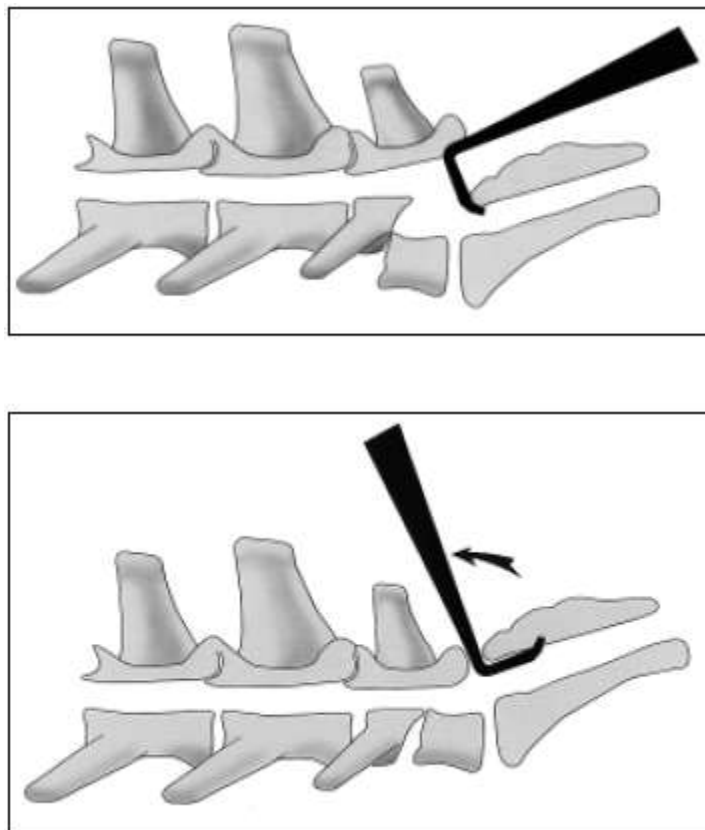
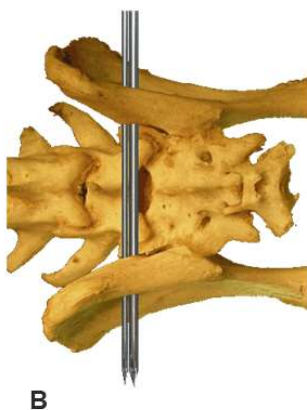
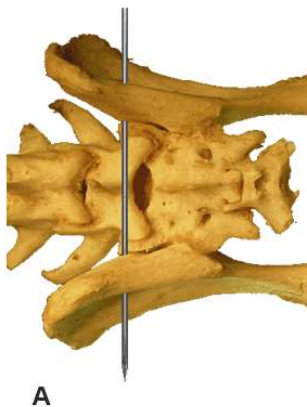
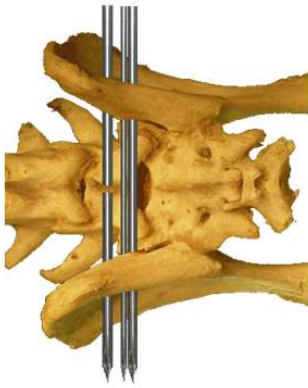


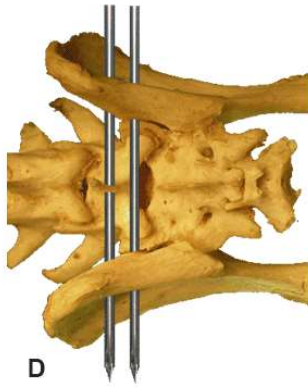
Fig. 25 – Rappresentazione di una modalità di riduzione di una frattura tipica di L7 con dislocazione cranio-ventrale del frammento caudale e del sacro. L'immagine mostra come un retrattore di Senn ancorato al sacro può fungere da leva per il suo riposizionamento in continuità con la settima vertebra lombare. (Harrington ML, Bagley RS: "Realignment of a seventh lumbar vertebral fracture/luxation using a Senn retractor in two puppies". J Am Anim Hosp Assoc Sep 1998, Vol. 34, No. 5, pp. 377-380).

In caso di stabilizzazione con doppio chiodo transiliaco bloccato, un primo chiodo (\varnothing 2 mm), perpendicolare all'asse vertebrale, era introdotto, a partire dalla cute, in entrambi i muscoli glutei medi e le ali dell'ileo, per agire come guida all'inserimento dei successivi, e definitivi, chiodi. Infatti, il secondo chiodo (\varnothing 3 o 4 mm, in relazione alla taglia del paziente) era inserito, con le opportune correzioni, seguendo l'andamento del chiodo guida, sopra il processo articolare caudale di L7. L'ultimo chiodo (stesso \varnothing del precedente) era inserito perfettamente parallelo al secondo passando, però, attraverso la base del processo spinoso di L7. Generalmente sono stati usati chiodi di \varnothing 3 mm in cani con peso inferiore a 20 Kg e di \varnothing 4 mm in quelli di peso maggiore. La procedura terminava con la rimozione del chiodo guida e la solidarizzazione dei due chiodi transiliaci con due morsetti ortopedici, posti esternamente, al di sopra della cute.





C



D

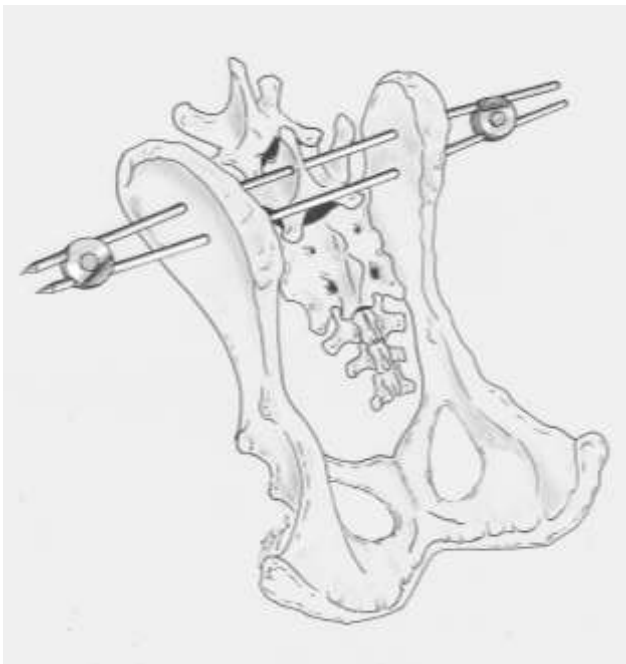


Fig. 26 – Rappresentazione della corretta applicazione del doppio chiodo transiliaco. La tecnica prevede l'introduzione di un chiodo guida (A), rispetto al quale vengono inseriti i due chiodi definitivi (B, C), che è rimosso al termine della procedura (D). Il disegno a sinistra mostra un impianto correttamente applicato e reso solido da due morsetti da fissazione scheletrica esterna applicati al di sopra della cute.

In caso di stabilizzazione con impianto interno si procedeva ad inserimento di quattro chiodi da \varnothing 1.6 mm, di cui due sul moncone craniale della settima vertebra lombare e due su quella adiacente (L6). Per lo sviluppo di questo impianto i due chiodi transarticolari tra L7/S1 occupavano un ruolo fondamentale in quanto rappresentavano gli elementi di stabilizzazione impiantati nel corpo del sacro. Tutti e sei i chiodi, dopo essere stati allocati nelle rispettive vertebre L6-L7-S1 venivano ripiegati a partire da 1 cm dal punto di emergenza dall'osso in maniera da farli convergere e sovrapporre in un unico punto; venivano immobilizzati, quindi, con l'ausilio di filo metallico da cerchiaggio in attesa della colata di cemento. La procedura terminava con l'applicazione di PMMA sterile in maniera da inglobare tutti i chiodi precedentemente ripiegati. Durante questa fase i tessuti molli erano protetti con garze umide al fine di prevenire il contatto con il polimero, che durante la fase di solidificazione, per le reazioni chimiche esotermiche prodotte, raggiungeva una temperatura elevata.

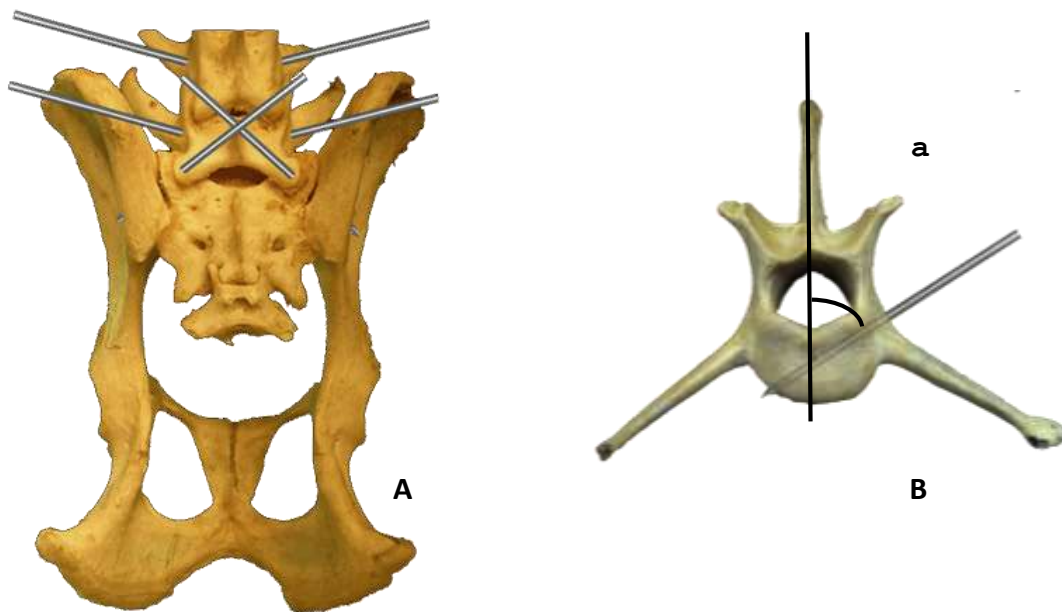


Fig. 27 – Chiodi e PMMA. L'impianto prevede due chiodi applicati, a partire dalle faccette articolari di L7, con direzione medio-laterale, nel sacro e nelle ali dell'ileo; altri quattro chiodi sono inseriti nei corpi vertebrali della sesta e settima vertebra lombare (A). Questi ultimi sono inseriti con un angolazione di 60° rispetto al piano sagittale mediano (B).

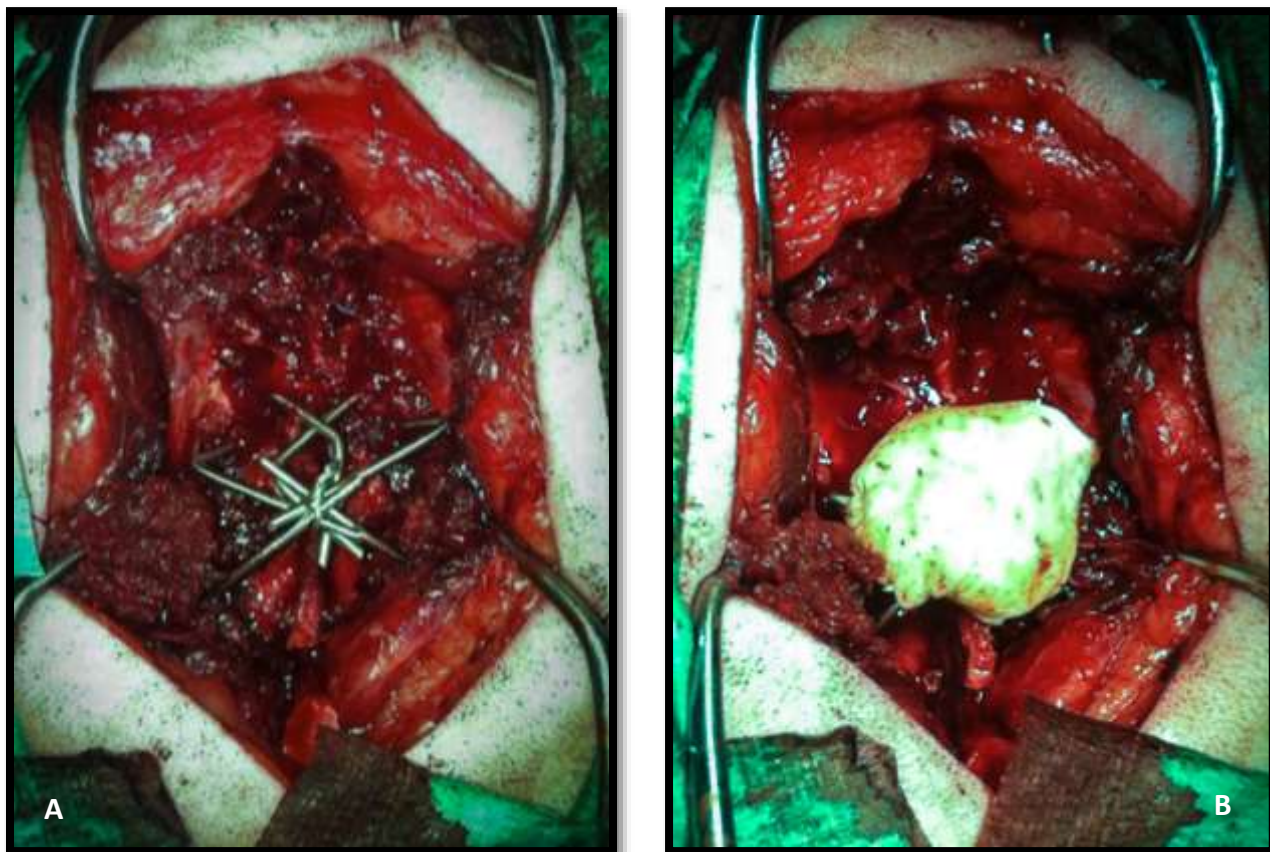


Fig. 28 – Chiodi e PMMA. Le estremità emergenti dei chiodi correttamente applicati sono ripiegate e fatte convergere verso il centro dove sono fissate con un cerchiaggio ortopedico (A). Successivamente l'impianto è reso solido dalla colata di PMMA che ingloba tutti i chiodi emergenti (B).

6.2.2 – Cure pre- e postoperatorie

L'analgesia preoperatoria prevedeva la somministrazione intramuscolare di metadone (0.4 mg/kg) o morfina (0.4 mg/kg). Durante la procedura chirurgica, invece, ai pazienti era somministrato fentanyl in infusione costante (4-8 μ g/kg/h IV), preceduto da un bolo di carico alla dose di 2 μ g/kg/h IV. Durante l'ospedalizzazione, l'analgesia prevedeva somministrazione di metadone (0.4 mg/kg) nelle prime due ore dalla chirurgia, seguito da buprenorfina (0.02-0.03 mg/kg IM ogni 8h) e, contemporaneamente, terapia antiinfiammatoria con carprofen (4 mg/kg IV ogni 12h); dopo dimissione la terapia analgesica prevedeva carprofen (2 mg/kg OS ogni 24h) per 7-10 giorni e tramadolo (3 mg/kg OS ogni 8h) per 3-5 giorni.

La terapia antibiotica preoperatoria prevedeva somministrazione di cefazolina (20 mg/kg IV), 20-40 minuti prima della chirurgia, da ripetersi, alla stessa dose, per via intramuscolare, ogni

8h durante il primo giorno di ospedalizzazione. Successivamente la terapia antibiotica continuava con le medesime indicazioni, ogni 12h, per 7-10 giorni.

Contemporaneamente alle altre terapie, veniva somministrata ranitidina (2 mg/kg IM o SC) ogni 12h, per prevenire possibili reazioni avverse ai farmaci impiegati.

Tutti i pazienti sono stati confinati in spazi ridotti durante le 48h successive all'intervento chirurgico, per limitarne la mobilità, e si raccomandava, dopo le dimissioni, una settimana di riposo seguita da attività fisica limitata compatibilmente con le condizioni cliniche, ma progressiva, nei successivi 30 giorni.

Nei pazienti trattati con chiodi transiliaci, tutta la parte esterna dell'impianto è stata protetta con ovatta e benda elastica. Qualora fosse stata presente infiammazione/infezione e secrezione, nell'interfaccia chiodo-cute, si procedeva a medicazioni locali con sostanze disinfettanti fino a guarigione.

Durante il monitoraggio dei pazienti, l'allentamento dell'impianto e la sua traslazione sono stati gestiti e controllati modificando la posizione dei morsetti, qualora fosse stato necessario.

6.2.3 – Follow-up

Controlli clinici e radiografici sono stati programmati a 7 giorni, 3 e 6 settimane fino a rimozione dell'impianto. La valutazione radiografica consisteva in proiezioni in laterale e ventrodorsale della colonna lombosacrale e valutava la stabilità dell'impianto, la guarigione della frattura e l'allineamento del canale vertebrale. Il monitoraggio a lungo termine prevedeva il controllo clinico almeno 6 mesi dopo la chirurgia.

L'esito era classificato, in base ai riscontri clinici e radiografici, in: “scarso” in caso di mortalità postoperatoria, assenza di miglioramento dello status neurologico o persistenza di deficit anche ad un solo arto; “buono” in caso di completo recupero funzionale con minimi deficit sporadici; “eccellente” in caso di recupero funzionale totale.

6.3 – Risultati

Venti casi rispondono ai criteri di inclusione per questo studio, di cui 17/20 presentavano frattura della settima vertebra lombare, mentre 3/20 avevano una lussazione lombosacrale. I pazienti avevano un peso medio di 22.7 ± 6.5 kg (range: da 15 a 30 kg), un'età media di 3.9 ± 2.1 anni (range: da 1 a 9 anni) e appartenevano alle seguenti razze: Pastore tedesco (2), Rottweiler (2), Setter inglese (3), Shnautzer (1), Cocker spaniel (1), razza meticcia (11). La principale causa sospettata, di frattura di L7 o lussazione lombosacrale nei cani inclusi nel campione, era il trauma automobilistico, in considerazione del fatto che l'anamnesi era nella gran parte dei casi sconosciuta, poiché spesso si trattava di animali sfuggiti al controllo del proprietario, scappati e/o smarriti. Il tempo medio trascorso dall'evento traumatico era di 78.6 ± 68.6 ore (range: da 12 a 240 ore). La valutazione neurologica ha evidenziato, nei pazienti con frattura vertebrale, paraparesi grave in quattordici casi (70%) e moderata in due (10%), mentre i restanti quattro (20%) erano parzialmente ambulanti in quanto erano occasionalmente in grado di utilizzare almeno uno dei due arti posteriori. Due pazienti (10%) non erano responsivi alle prove di stimolazione del dolore profondo, due (10%) ne mostravano solo un'attenuazione, mentre i restanti 16 (80%) erano perfettamente responsivi. L'incontinenza sfinteriale, fecale ed urinaria, era marcata in sette casi (35%), parziale in un solo paziente (5%) e assente nei restanti dodici (60%).

Il dolore lombosacrale era evidente in tutti i pazienti in esame e le lesioni concomitanti comprendevano lussazione d'anca, fratture del sacro e dell'omero, lesioni cutanee.

I segni radiografici consistevano, in diciassette casi, nella frattura corta obliqua del corpo di L7 associata alla tipica dislocazione cranio-ventrale del frammento caudale, mentre nei restanti tre casi si evidenziava la sola dislocazione cranio-ventrale del sacro e nessun segno ascrivibile a frattura. Tali reperti erano particolarmente evidenti in proiezione laterale. In tutti i casi analizzati, è stato possibile notare la totale attenuazione del canale vertebrale, la quale è stata rivalutata ai controlli radiografici postoperatori mostrando in tutti i casi un riallineamento

soddisfacente del canale midollare. Differentemente la lunghezza del corpo vertebrale di L7 era ridotta in tutti i casi di frattura mentre perfettamente normale nei pazienti con sola lussazione lombosacrale.

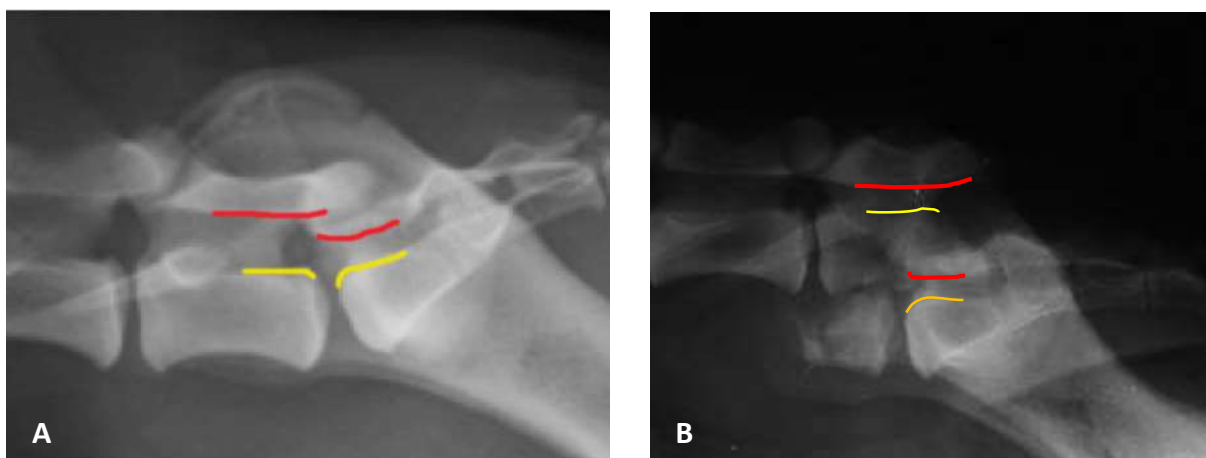


Fig. 29 – Confronto radiografico tra una colonna vertebrale lombosacrale normale (A) ed una con frattura del corpo vertebrale di L7 (B). Notare come la dislocazione cranio-ventrale del frammento caudale e del sacro determinano la totale attenuazione del canale vertebrale.

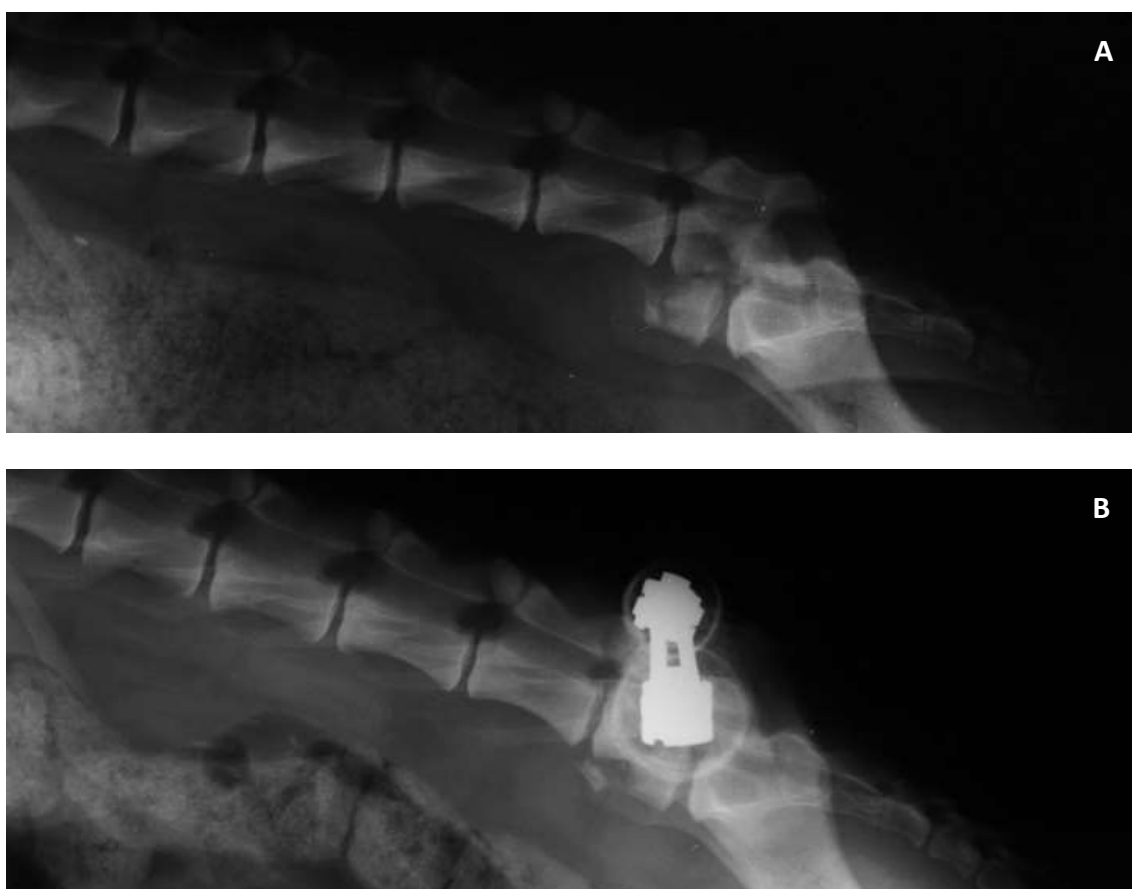


Fig. 30 – Radiografia della colonna vertebrale lombosacrale prima (A) e dopo stabilizzazione (B). Notare l'accorciamento del corpo vertebrale di L7 dopo intervento.

La condizione neurologica di tutti i pazienti trattati è migliorata velocemente dopo la chirurgia con un tempo medio di ritorno alla funzione deambulatoria di 7.5 ± 4.7 giorni (range: da 1 a 15 giorni), ma il risultato più significativo è stata la riduzione del dolore già pochi giorni dopo la chirurgia, tranne che in un paziente che ha manifestato algia nelle successive 5 settimane.

In sei casi, di cui uno con sola dislocazione lombosacrale (caso 18), i pazienti erano tornati deambulanti ma con deficit persistenti ad uno dei due arti posteriori, che si sono risolti spontaneamente nell'arco di due settimane in tre cani (casi 4, 5, 10); dei restanti tre pazienti (casi 8, 13, 18), due mostravano un deficit del nervo sciatico permanente ad un solo arto associato ad un deficit sfinteriale temporaneo scomparso in quattro settimane, mentre uno (caso 18) ha mostrato deficit sporadici ad un solo arto per circa quattro settimane. Tutti i pazienti hanno richiesto una minima assistenza nei primi giorni dopo la chirurgia e venivano dimessi dall'ospedale a circa 4-6 giorni dalla chirurgia. Un solo paziente (caso 12) è stato ricoverato per un tempo maggiore, circa due settimane, a causa della chirurgia di revisione necessaria a sette giorni dal primo intervento per fallimento dell'impianto di fissazione.

Il follow-up a breve termine ha mostrato un buon recupero funzionale nella gran parte dei pazienti, con complicanze in 5 casi. I primi due, precedentemente descritti, con deficit permanenti del nervo sciatico e deficit sfinteriali temporanei; il terzo riguardava un solo paziente con algia persistente 5 settimane dopo la chirurgia; il quarto a causa del fallimento dell'impianto pochi giorni dopo chirurgia ha richiesto una chirurgia di revisione una settimana più tardi; l'ultimo ha mostrato una zoppia acuta immediatamente dopo la rimozione dell'impianto, attenuatasi e scomparsa nei successivi 10 giorni.

Il tempo medio di rimozione degli impianti, per i pazienti trattati con doppio chiodo transiliaco, è stato 54.2 ± 9.0 giorni (range: da 45 a 75 giorni) dopo la chirurgia, e avveniva solo in presenza di evidenti segni di guarigione del sito interessato all'esame radiografico di controllo.

Nel periodo intercorso tra l'applicazione e la rimozione degli apparati di fissazione esterna, tutti gli impianti sono stati modificati per prevenirne l'allentamento e la migrazione, e di

conseguenza l'efficacia di lavoro, e in parte dei casi in esame non è stata necessaria la sedazione del paziente.

Al monitoraggio a lungo termine (>6 mesi), gran parte dei pazienti aveva recuperato tutte le abilità locomotorie con risultati che oscillavano da buono (6/17) a eccellente (12/17); in recupero funzionale nei tre pazienti con persistente deficit del nervo sciatico, con recupero completo di uno solo dei due arti posteriori, è stato giudicato scarso (2/20).



Fig. 31 – In foto si osserva lo stesso paziente (caso 10) prima della chirurgia (A) e a 3 giorni dall'intervento (B). Notare la precoce ripresa della capacità di sostenere la stazione quadrupedale.

Case N.	Breed	Age (Years)	Weight	Sex	Hours by trauma	Paraparesis	Loss of pain perception	Sphinteral incontinence	Concomitant injuries	Returned ambulatory (Days)	Implants removal (Days)	Complications
1	Mix breed	4	25	M	24	Severe	-	-	-	10	60	-
2	German Sheperd dog	4,5	32	F	72	Severe	+	+	-	15	45	Lameness after implant removal
3	Rottweiler	1	30	M	48	Severe	-	-	-	10	75	5 weeks pain after surgery
4	Mix breed	2,5	18	M	48	Mild	-	-	Hip luxation, S1 fracture	3	45	-
5	English setter	5	27	M	36	-	-	-	-	9	51	-
6	Rottweiler	6	35	F	24	Severe	-	-	-	15	49	-
7	Shnautzer	4	31	F	48	-	-	-	Humeral fracture	7	52	-
8	Mix breed	1,5	18	F	72	Severe	+	+	-	4	50	Permanent sciatic nerve deficit
9	English setter	2	15	F	144	Severe	-	+	Hip luxation	12	65	-
10	German Sheperd dog	7	28	M	120	-	-	-	-	1	45	-
11	Mix breed	5	21	M	48	Severe	-	+	-	5	48	-
12	English setter	2	18	M	240	Severe	-	-	Hip luxation, Humeral fracture	14*	71	Revision after 7 days
13	Mix breed	3	17	F	24	Severe	-	-	-	9	52	Permanent sciatic nerve deficit
14	Mix breed	6,5	23	F	72	Severe	-	-	-	8	57	-
15	Mix breed	2	16	M	144	Severe	+/-*	+	-	10	60	-
16	Cocker spaniel	2,5	15	M	12	-	-	+	-	3	45	-
17	Mix breed	3	20	M	120	Severe	-	+	-	11	55	-
18	Mix breed	9	30	F	72	Severe	+/-*	+	-	15	50	Slow return to function (7 months)
19	Mix breed	4	15	M	36	Severe	-	+	Skin lesions	2	-	-
20	Mix breed	4	20	M	240	Severe	-	-	-	1	-	-

* Time elapsed from the revision surgery; * Reduced response.



Fig. 32 – Esame radiografico, in proiezioni LL (A) e VD (B) dello stesso paziente prima e dopo la rimozione dell'impianto di fissazione. Notare la presenza di un chiodo di stabilizzazione sulla faccetta articolare destra della settima vertebra lombare.

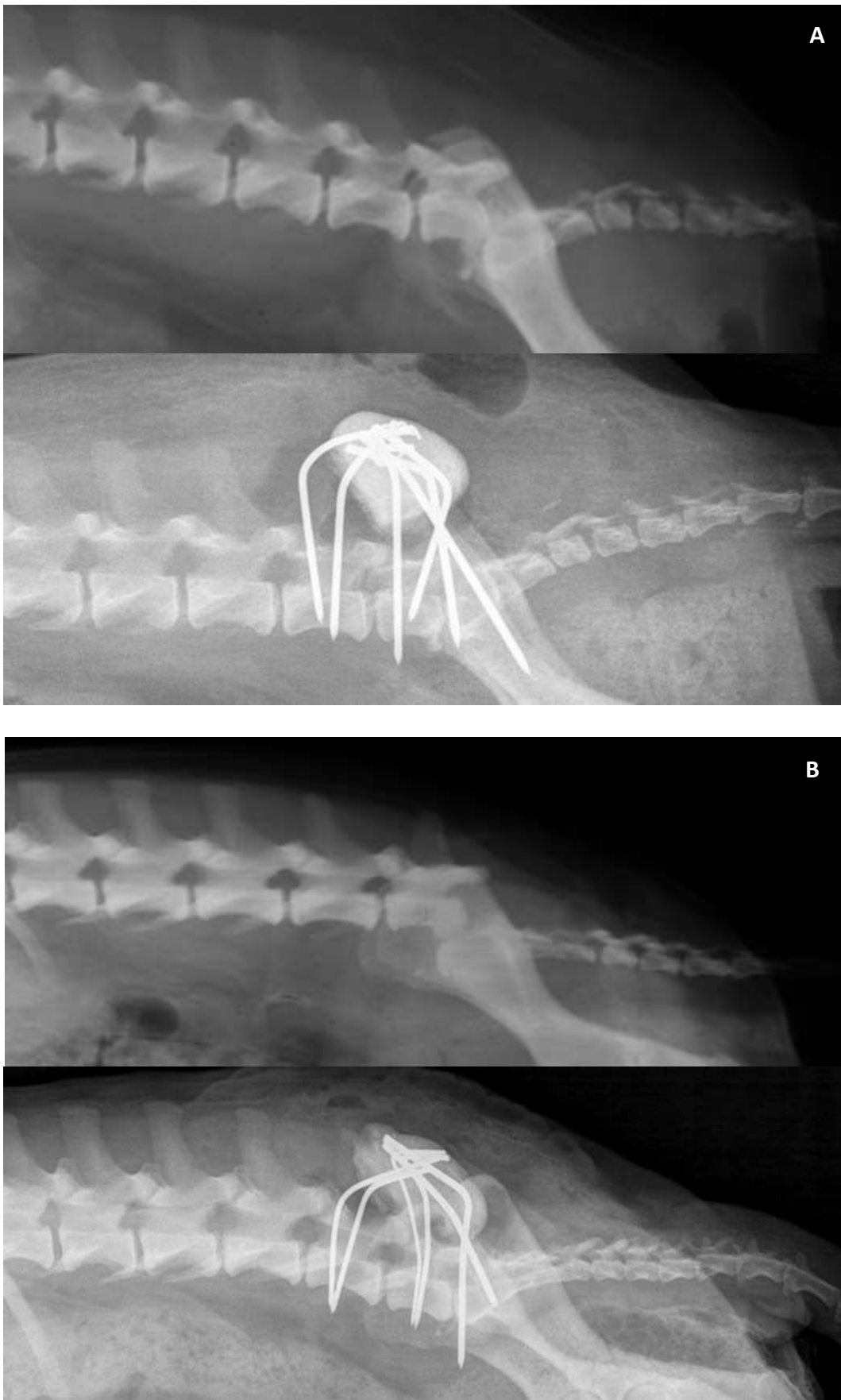


Fig. 33 – Esame radiografico, in proiezioni LL dei due pazienti (casi 19 e 20) (A, B) con lussazione lombosacrale, prima e dopo trattamento con chiodi e PMMA.

6.4 – *Discussione*

Le fratture o le lussazioni della giunzione lombare sono lesioni comuni nei cani giovani in seguito a traumi da investimento (Thacher, 1993; Beaver, 1996; Selcer, 1991; Harrington, 1998). In particolare il coinvolgimento di questo sito è dovuto alla rapporto tra la colonna lombare e il sacro, ovvero tra una zona mobile ed una fissa (Curtis, 2013; Slocum, 1975).

La rapida ed energica flessione del bacino si traduce in compressione dei corpi vertebrali di L6 ed L7 e successiva frattura obliqua o corta obliqua, associata a lussazione delle faccette articolati e dislocazione cranio-ventrale del sacro, ed eventualmente altre lesioni che coinvolgono sacro e pelvi (Ullmann, 1993; Turner, 1987).

Una dislocazione simile in un altro sito della colonna vertebrale produrrebbe gravissimi danni midollari fino ad arrivare alla completa resezione del midollo stesso. A livello lombosacrale, invece, la sola presenza di nervi accolti in un canale vertebrale piuttosto ampio ma, soprattutto, la grande resistenza delle radici nervose alla trazione (Bruce, 2008) può giustificare la ridotta incidenza di lesioni gravi ed irreversibili delle strutture nervose. Infatti le lesioni lombari hanno una presentazione clinica migliore rispetto a quella da coinvolgimento di altri siti della colonna vertebrale.

L'esperienza clinica mostra che i soggetti con trauma lombosacrale riescono a compiere movimenti volontari e a volte anche sostenere la stazione e/o essere deambulanti (compiere pochi passi), e ciò suggerisce che molto probabilmente la sintomatologia è maggiormente correlata al dolore conseguente alla instabilità che al danno neurologico in se per se.

In medicina umana le lesioni della giunzione lombosacrale (L5-S1) sono piuttosto infrequenti, salvo in pazienti politraumatizzati, mentre la sola dislocazione della giunzione è considerata una lesione molto rara, ciò perché la quantità di energia richiesta per determinare la lussazione è enorme (Arandi, 2015; Tofuku, 2009).

In medicina veterinaria le fratture vertebrali sono un'evenienza piuttosto comune e la regione lombare è senza dubbio una delle sedi più esposte, dello scheletro assiale, a lesioni traumatiche.

La frattura del corpo vertebrale di L7 è una lesione conosciuta e ampiamente descritta, diversamente, in letteratura, sono stati segnalati solo due casi di dislocazione lombosacrale traumatica nel gatto, mentre nessun report relativamente il cane è stato mai pubblicato (Zulauf, 2008).

L'impiego del chiodo transiliaco nella frattura della settima vertebra lombare nel cane è tuttora un trattamento di prima scelta per la facilità di esecuzione della tecnica chirurgica e per la positiva risposta clinica all'intervento. Nonostante ciò la tecnica tradizionale, che prevede l'impiego di uno o più chiodi ancorati nell'ala dell'ileo bilateralmente creando un ponte dorsale tra L7 ed il sacro in modo da impedire la dislocazione dorsale tipica di questo tipo di lesione, richiede un ampio accesso chirurgico che non si limita esclusivamente all'esposizione delle lamine vertebrali dorsali ma prevede anche una sufficiente esposizione delle ali dell'ileo per permettere l'introduzione del chiodo stesso. Tutto ciò, oltre che determinare un incremento dei tempi tecnici chirurgici, è anche, e soprattutto, causa di maggiore danno a carico dei tessuti molli con conseguente incremento del disagio post-operatorio e periodo di convalescenza per il paziente. Da ricordare, inoltre, che il chiodo transiliaco è concepito come sistema di fissazione scheletrica interna e si associa a tutte i limiti della tipologia di impianti, in particolare l'impossibilità di modificarlo e/o rimuoverlo se non attraverso un nuovo intervento chirurgico. La tecnica attuata nel campione in esame si diversifica dall'impianto tradizionale perché il chiodo transiliaco è concepito in questo caso come elemento di fissazione scheletrica esterna. L'analisi del campione composto da 17 cani con frattura del corpo vertebrale di L7 e trattati con doppio chiodo transiliaco percutaneo ha evidenziato un rapido recupero clinico, caratterizzato dalla riduzione dei deficit neurologici e dal recupero delle abilità deambulatorie in un tempo approssimativo di circa due settimane. Generalmente i segni del recupero funzionale sono stati evidenti già a pochi giorni dalla chirurgia, con i primi tentativi dei pazienti di guadagnare una posizione di stazione più o meno normale, anche se caratterizzata nella maggior parte dei casi da tentativi di alzarsi seguiti da immediata caduta, tipici di una ripresa

del controllo sull'arto con ancora importante debolezza muscolare. I miglioramenti osservati, talvolta, riguardavano uno solo dei due arti posteriori nella prima fase e successivamente la ripresa di tutto il treno posteriore, probabilmente ciò è stato strettamente dipendente dal tipo di frattura e dislocazione e, quindi, dall'eventuale coinvolgimento di una porzione, o una radice, più della controlaterale. I deficit permanenti evidenziati in due casi hanno rappresentato senza dubbio una complicanza che ha influito anche sul giudizio finale del paziente, ma in ogni caso entrambi i cani hanno mostrato un grande adattamento alla deambulazione tripode, con il pieno recupero di uno solo dei due arti posteriori.

Un ruolo chiave nell'analisi della sintomatologia clinica e del periodo di convalescenza è stato il dolore. Come detto in precedenza esso rappresenta il maggiore disagio per il paziente e, probabilmente, il fattore che più di tutti caratterizza la sintomatologia clinica. Lo stato di benessere dei cani trattati è migliorato in maniera significativa a una settimana dalla chirurgia. La valutazione del dolore residuo prevedeva l'osservazione del paziente e la sua interazione con l'uomo, l'eventuale presenza di vocalizzi, l'atteggiamento durante il riposo, l'interesse per lo spazio circostante, lo stato di reattività e risposta a stimoli.

Nei tre pazienti con lussazione lombosacrale i tempi di ripresa sono molto più rapidi (24 e 48 ore dalla chirurgia per il caso 19 e 20) rispetto ai cani trattati per la frattura del corpo vertebrale e la remissione dei sintomi è iniziata nel momento in cui il sito è stato reso stabile ed il canale allineato. Questo aspetto spiega come il trattamento del problema ortopedico, quindi della dislocazione, determini la fine della trazione sulle fibre nervose e quindi il deficit neurologico. La scelta di trattare la stessa patologia con due differenti impianti nasce dagli scarsi risultati ottenuti nel primo caso trattato con il doppio chiodo transiliaco percutaneo. Il cane (caso 18) ha manifestato infatti un lento recupero funzionale, con ripristino della deambulazione a due settimane dalla chirurgia, un tempo abnorme se comparato a quello degli altri due casi trattati invece con un impianto di fissazione interna composto da chiodi e PMMA. Probabilmente nel caso in questione la scelta dell'impianto potrebbe aver influito sull'esito del trattamento, poiché

è noto come il chiodo transiliaco, a prescindere dalla sua modalità di applicazione ed impiego, costituisca un impianto meno resistente nel tempo rispetto alla fissazione con chiodi e cemento. Tali effetti sono stati evidenti soprattutto nel follow-up a lungo termine, poiché il cane, con sola dislocazione lombosacrale e trattato con chiodo transiliaco, ha recuperato in maniera soddisfacente le funzioni locomotorie circa 7 mesi dopo la chirurgia. La differente risposta delle due tipologie di lesioni è giustificata considerando che la guarigione del tessuto osseo, in caso di frattura, è differente dalla guarigione dei tessuti molli, in caso di sola lussazione; infatti lo sviluppo di un callo osseo primario che coinvolge prevalentemente l'osso spongioso della settima vertebra lombare richiede tempi certamente inferiori alla guarigione fibrosa dei tessuti molli di contenimento (capsule, legamenti, fasce) necessaria in caso di sola lussazione.

L'unica complicanza maggiore rilevata ha previsto la rimozione dell'impianto e l'esecuzione di un secondo intervento chirurgico di stabilizzazione della frattura. Tale complicanza è ascrivibile al non corretto posizionamento dell'impianto durante la prima chirurgia e, di conseguenza, ad un sito altamente instabile da richiedere il secondo intervento. Le complicanze minori sono state tutte gestite in maniera conservativa, ad esclusione delle lesioni permanenti in due pazienti che non hanno previsto alcun trattamento. Altre complicanze normalmente associate ad impianti di fissazione scheletrica esterna sono state infiammazione/infezione/secrezione nell'interfaccia chiodo-cute e invecchiamento dell'impianto. Si tratta di due fenomeni comuni a questo tipo di impianti e sono stati gestiti entrambi in maniera piuttosto semplice. Nel primo caso, l'impiego di antibiotici ed antiinfiammatori, quando necessario, per via orale abbinato a pulizia e medicazioni topiche ha garantito la totale regressione del problema; nel secondo caso, invece, l'allentamento dell'impianto è correlato ai fenomeni osteolitici che si sviluppano in prossimità dell'interfaccia chiodo-osso e che determinano una riduzione dell'attrito tra impianto e scheletro con possibilità di traslazione della struttura di fissazione. Quest'ultima evenienza è stata costante in tutti i pazienti trattati con chiodo transiliaco, ma è stata anch'essa facilmente gestita modificando la

posizione dei morsetti chirurgici usati per solidarizzare i due chiodi l'uno sull'altro. Infatti in caso di invecchiamento dell'impianto i morsetti sono stati spostati medialmente al fine di incrementare le forze compressive tra i due chiodi e impedirne, di conseguenza, i movimenti di traslazione. Un limite di tale procedura è stata la necessità di garantire una minima distanza tra il morsetto stesso e la cute, onde evitare lo sviluppo di piaghe da contatto.

6.5 – Conclusioni

I risultati ottenuti dall'analisi del nostro campione confermano come l'impiego del chiodo transiliaco, nonostante la sua semplicità, continui a rappresentare un'ottima tecnica per il trattamento della frattura del corpo vertebrale di L7. La modifica della tecnica proposta, che si prefigge di impiegare il chiodo transiliaco in un contesto di fissazione scheletrica esterna, dimostra di garantire un impianto efficace ma allo stesso tempo gestibile. Uno dei principali vantaggi del doppio chiodo transiliaco percutaneo è senza dubbio la possibilità di limitare il danno chirurgico ai tessuti molli, in quanto prevede l'introduzione dei chiodi a partire dalla cute senza dover ampiamente separare la muscolatura glutea dal bacino. Un altro interessante aspetto è la possibilità di controllare l'impianto e modificarlo, come un qualsiasi fissatore scheletrico esterno, per garantirne la massima efficacia meccanica. Infine, trattandosi di un impianto in parte posto esternamente, esso può essere facilmente rimosso al termine dei processi di guarigione della vertebra lesa, o in qualsiasi caso dovesse esserci una reazione avversa ai materiali o all'impianto. I principali limiti della tecnica sono quelli comuni a tutti i mezzi di fissazione scheletrica esterna: maggiore attenzione durante il periodo di convalescenza, fino alla rimozione dell'impianto; rischio di infiammazioni/infezioni/ulcere cutanee; impianto ingombrante.

Sebbene la nostra esperienza clinica con l'impiego del doppio chiodo transiliaco percutaneo nel trattamento delle lesioni della colonna vertebrale lombosacrale nel cane è limitato ai casi riportati, i risultati ottenuti sono soddisfacenti e indirizzano ad un suo maggiore impiego,

soprattutto considerando che in letteratura nessuna altra tecnica ha ottenuto validazione clinica con una casistica così ampia. In ogni caso l'esito finale variabile, come per qualsiasi altra tecnica omologa, è sempre correlato allo stato neurologico iniziale del paziente e all'entità del danno midollare.

A nostra conoscenza, non esiste in letteratura una segnalazione di lussazione lombosacrale traumatica nel cane non associata a frattura, di conseguenza la mancanza di indicazioni cliniche e terapeutiche ha indotto a optare per un diverso trattamento chirurgico tra i pazienti in esame. Tale scelta è stata la diretta conseguenza dei non pienamente soddisfacenti risultati ottenuti nel primo caso segnalato che abbiamo deciso di trattare, per il tipo di lesione, alla stessa maniera dei pazienti con frattura del corpo vertebrale della settima vertebra lombare. Sebbene la scelta di un impianto fissazione scheletrica interna, composto da chiodi e PMMA, sia risultata essere più vantaggiosa, la nostra esperienza clinica è limitata a questi soli tre casi e, pertanto, ulteriori segnalazioni e indagini sulla meccanica e sul trattamento di questa rara lesione sono necessarie.

Bibliografia

1. **Arandi NR, Mundis GM Jr, Kabirian N, Zhang D, Schroerlucke S:** “*Traumatic complete lateral dislocation at the lumbosacral junction: a case report*”. J Spinal Disord Tech. 2015 Feb; 28(1):E56-60.
2. **Badoux DM:** “*Biostatica e biomeccanica generalità*”, in **Getty R:** “*Anatomia degli animali domestici*”, Fifth Edition. Piccin Editore, 1982.
3. **Bagley RS:** “*Spinal fracture or luxation*”, Vet Clin North Am: Small Anim Pract (2000) 30:133-153.
4. **Bali MS, Lang J, Jaggy A, Spreng D, Doherr MG, Forterre F:** “*Comparative study of vertebral fractures and luxations in dogs and cats*”. Vet Comp Orthop Traumatol 2009; 22: 47–53.
5. **Beaver DP, MacPherson GC, Muir P, Johnson KA:** “*Methyl-methacrylate and bone screw repair of seventh lumbar vertebral fracture-luxations in dogs*”. Journal of Small Anim Pract, 37: 381-386, 1996.
6. **Boos N, Webb JK:** “*Pedicle screw fixation in spinal disorders: a European view*”. Eur Spine J 1997; 6:2–18.
7. **Bruce CW, Brisson BA, Gyselinck K:** “*Spinal fracture and luxations in dog and cats*”. Vet Comp Orthop Traumatol 2008; 21: 280–284.
8. **Cabassau JP:** “*Fractures of the spine*”, in **Johnson AL, Houlton JEF, Vannini R:** “*AO principles of fracture management in the dog and cat*”. AO Publishing, Thieme 2005.
9. **Cheng CK, Chen HH, Chen CS, Lee SJ:** “*Influence of walking speed change on the lumbosacral joint force distribution*”, Bio-Medical Materials and Engineering 8 (1998), 155-165.

10. **Curtis WD**: “*Surgery of the Cauda Equina*”, in **Fossum TW**: “Small animal surgery”. Fourth Edition, Elsevier 2013.
11. **Davne SH, Myers DL**: “*Complications of lumbar spinal fusion with transpedicular instrumentation*”. Spine (Phila Pa 1976) 1992; 17:S184–S189.
12. **de Lahunta A, Glass E**: “*Veterinary neuroanatomy and clinical neurology*”, Saunders Elsevier, Third Ed (2009).
13. **DiFazio J, Fletcher DJ**: “*Updates in the management of the small animal patient with neurologic trauma*”, Vet Clin North Am (2013) 43:915-940.
14. **Evans HE, de Lahunta A**: “Miller’s anatomy of the dog”, Fourth Edition. Elsevier 2013.
15. **Fitzmaurice S**: “Saunders solution in veterinary practice. Small animal neurology”. Saunders Elsevier 2010.
16. **Fletcher TF, Kitchell RL**: “*Anatomical studies on the spinal cord segments of the dog*”. Am J Vet Res (1966) 27, 1759–1767.
17. **Garcia JN, Milthorpe BK, Russel D, Johnson KA**: “*Biomechanical study of canine spinal fracture using pins or bone screws with polimethylmethacrylate*”. Vet Surgery, 23: 322-329, 1994.
18. **Harrington ML, Bagley RS**: “*Realignment of a seventh lumbar vertebral fracture/luxation using a Senn retractor in two puppies*”. J Am Anim Hosp Assoc Sep 1998, Vol. 34, No. 5, pp. 377-380.
19. **Innes JF, Melrose J**: “*Embryology, Innervation, Morphology, Structure, and Function of the Canine Intervertebral Disc*”, in **Fingerroth JM and Thomas WB**: “*Advances in Intervertebral Disc Disease in Dogs and Cats*”, First Edition. © 2015 ACVS Foundation. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc.
20. **Joechler M, Cassibba L**: “*Avvio alla chirurgia del rachide del cane*”. Cristiano Giraldi Editore (1998).

21. **Khoo BCC, Goh JCH and Bose K:** “*A biomechanical model to determine lumbosacral loads during single stance phase in normal gait*”, Med. Eng. Phys. 17 (1995), 27–35.
22. **Kinns J, Mai1 W, Seiler G, Zwingenberger A, Johnson V, Cáceres A, Valdés-Martínez A, Schwarz T:** “*Radiographic sensitivity and negative predictive value for acute canine spinal trauma*”, Vet Radiol Ultrasound. 2006 Oct-Nov; 47(6):563-70.
23. **Kirby BM:** “*Spinal fracture/luxation*”, Vet Clin North Am: Small Anim Pract (1995) 25:1149-1174.
24. **Meheust P, Mallet C, Marouze C:** “*Une nouvelle technique de stabilisation lombosacrée: l'arthrodèse par vissage pédiculaire. Considérations anatomiques*”. Prat.Med Chir Anim Comp (2000) 34:717-724.
25. **Meij BP, Suwankong N, Van der Veen AJ, Hazewinkel HAW:** “*Biomechanical flexion-extension forces in normal canine lumbosacral cadaver specimens before and after dorsal laminectomy-discectomy and pedicle screw-rod fixation*”. Vet Surg 2007; 36:742–751.
26. **Newton CD, Nunamaker DM:** “*Textbook of small animal orthopedics*”. Philadelphia: JB Lippincott Company, 1985.
27. **Payne JT:** “*General management considerations for the trauma patient*”, Vet Clin North Am: Small Anim Pract (1995) 25:1015-1029.
28. **Rouse GP, Miller JI:** “*The use of methylmethacrylate for spinal stabilization*”. J Am Anim Hosp Assoc 11 :408, 1975.
29. **Sande RD:** “*Radiography, myelography, computed tomography, and magnetic resonance imaging of the spine*”, Vet Clin North Am: Small Anim Pract (1992) 22:811-831.
30. **Selcer RR, Bubb WJ, Walker TL:** “*Management of vertebral column fractures in dogs and cats: 211 cases (1977-1985)*”. J Am Vet Med Assoc. 1991 Jun 1; 198(11):1965-8.

31. **Shores A**: “*Spinal trauma: pathophysiology and management of traumatic spinal injuries*”, *Vet Clin North Am: Small Anim Pract* (1992) 22:859-888.
32. **Shores A, Nichols C, Rochat M, Fox SM, Burt GJ, Fox WR**: “Combined Kirschner-Ehmer device and dorsal spinal plate fixation technique for caudal lumbar vertebral fractures in dogs”, *J Am Vet Med Assoc* 195:335-339, 1989.
33. **Slocum B, Rudy RL**: “*Fractures of the seventh lumbar vertebrae in the dog*”. *J Am Anim Hosp Assoc* 11:167–174, 1975.
34. **Slocum B, Slocum TD**: “*Fracture of seventh lumbar vertebra*”, in **Bojrab MJ, Ellison GW, Slocum B**: “*Current techniques in small animal surgery*”. Fourth edition, Lippincott Williams & Wilkins, 1998, pp 814-823.
35. **Sturges BK, LeCouteur RA**: “*Fratture e lussazioni vertebrali*”, in **Slatter D**: “*Chirurgia dei piccoli animali*”, Antonio Delfino Editore, Terza Ed (2003), pp 1244-1261.
36. **Thacher C**: “*Biomeccanica delle fratture e lussazioni del cranio e della colonna vertebrale*”, in **Bojrab MJ**: “*Le basi patogenetiche delle malattie chirurgiche nel cane e nel gatto*”. Giraldi, 2001.
37. **Tofuku K, Koga H, Yone K, Komiya S**: “*Traumatic lumbosacral dislocation treated with posterior lumbar interbody fusion using intersomatic cages*”. Hindawi Publishing Corporation, *Case Reports in Medicine* (2009).
38. **Turner WD**: “*Fractures and Fractures Luxations of the Lumbar Spine: A retrospective study in the Dog*”. *J Am Anim Hosp Assoc*, 23:459-464, 1987.
39. **Ullman SL, Boudrieau RJ**: “*Internal skeletal fixation using a Kirschner apparatus for stabilization of fracture/luxations of the lumbosacral joint in six dogs. A modification of the transilial pin technique*”. *Vet Surg* (1993) 22:11-7.

40. **Weh JM, Kraus KH:** “*Use of a Four Pin and Methylmethacrylate Fixation in L7 and the Iliac Body to Stabilize Lumbosacral Fracture–Luxations: A Clinical and Anatomic Study*”. *Vet Surg* (2007) 36:775–782.
41. **Wheeler, SJ:** “*Lumbosacral disease*”, *Vet Clin North Am: Small Anim Pract* (1992) 22:937-950.
42. **Zulauf D, Koch D, Voss K:** “Traumatic dislocation of the lumbosacral joint in two cats”. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2008;21(5):467-70.