

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI MEDICINA VETERINARIA

Dipartimento di Scienze Cliniche Veterinarie

TESI DI LAUREA

Studio Densitometrico della Mineralizzazione

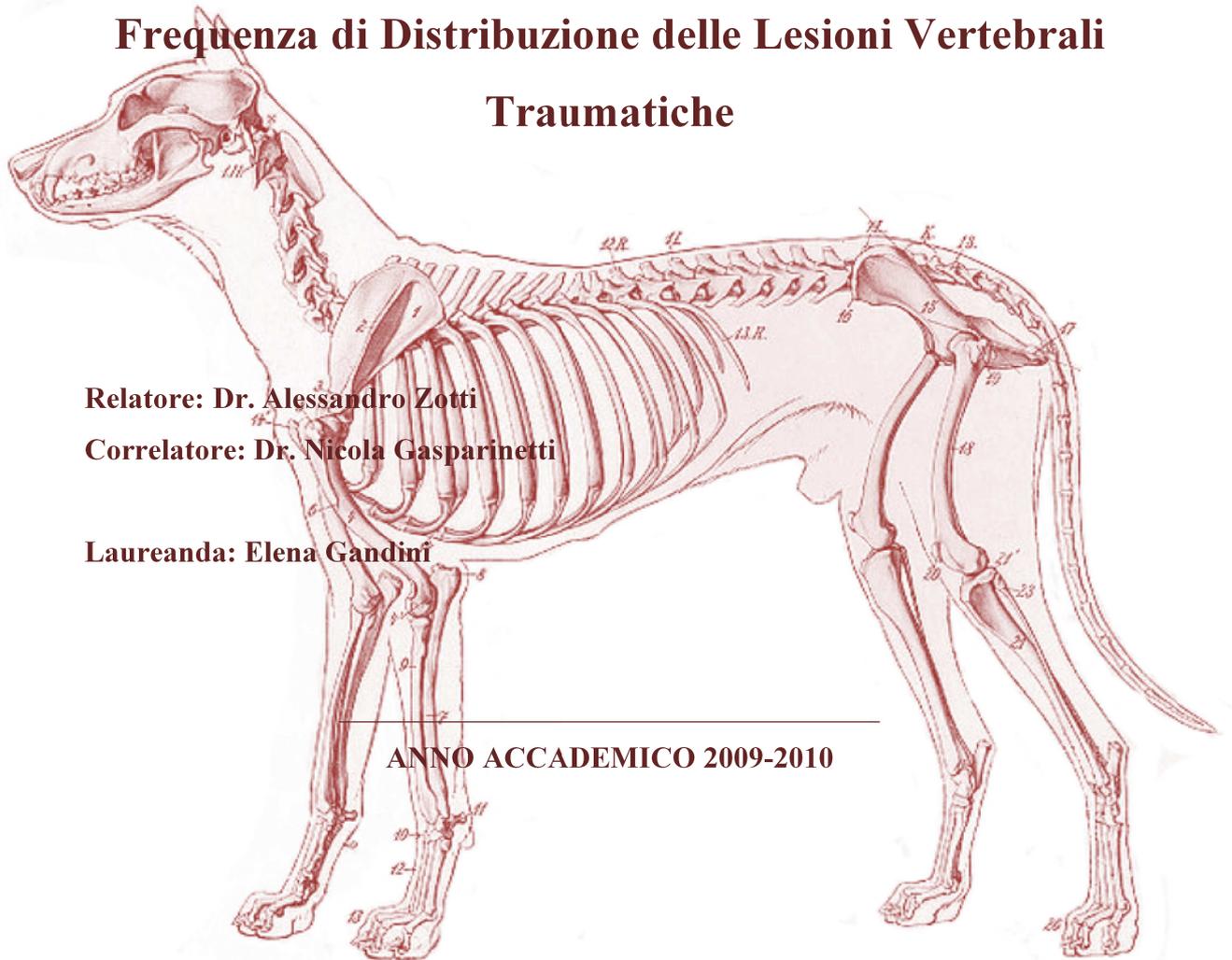
**Vertebrale Canina ed Analisi Retrospettiva della
Frequenza di Distribuzione delle Lesioni Vertebrali
Traumatiche**

Relatore: Dr. Alessandro Zotti

Correlatore: Dr. Nicola Gasparinetti

Laureanda: Elena Gandini

ANNO ACCADEMICO 2009-2010



Ai miei genitori

INDICE

| | |
|---|-----------|
| PREMESSA..... | IV |
| INTRODUZIONE..... | 1 |
| CAPITOLO 1: ANATOMIA DELLO SCHELETRO ASSILE DEL CANE..... | 3 |
| 1.1 CRANIO..... | 4 |
| 1.2 COSTE..... | 4 |
| 1.3 STERNO..... | 5 |
| 1.4 COLONNA VERTEBRALE | 6 |
| 1.4.1 GENERALITÀ..... | 6 |
| 1.4.2 ANATOMIA DELLA VERTEBRA TIPO..... | 6 |
| 1.4.3 CLASSIFICAZIONE MORFOLOGICA DELLE VERTEBRE | 8 |
| VERTEBRE CERVICALI..... | 8 |
| VERTEBRE TORACICHE..... | 11 |
| VERTEBRE LOMBARI..... | 12 |
| VERTEBRE SACRALI..... | 12 |
| VERTEBRE CAUDALI..... | 13 |
| 1.4.4 ARTICOLAZIONI DELLA COLONNA VERTEBRALE..... | 13 |
| ARTICOLAZIONE ATLANTO-OCCIPITALE..... | 14 |
| ARTICOLAZIONE ATLANTO-EPISTROFEA..... | 14 |
| ARTICOLAZIONI INTERVERTEBRALI..... | 15 |
| 1.4.5 LEGAMENTI DELLA COLONNA VERTEBRALE..... | 17 |
| 1.4.6 INSERZIONI MUSCOLARI VERTEBRALI | 17 |
| TRATTO CERVICALE..... | 18 |
| TRATTO TORACICO..... | 19 |
| TRATTO LOMBARE..... | 21 |
| TRATTO SACRALE..... | 22 |
| TRATTO COCCIGEO..... | 22 |
| CAPITOLO 2: PRINCIPALI PATOLOGIE VERTEBRALI NELLA SPECIE | |
| CANINA..... | 23 |
| 2.1 PATOLOGIE VERTEBRALI TRAUMATICHE: FRATTURE, LUSSAZIONI E | |
| SUBLUSSAZIONI VERTEBRALI..... | 23 |
| 2.1.1 PATOGENESI DELLE FRATTURE VERTEBRALI..... | 24 |
| 2.1.2 PATOFISIOLOGIA DEL TRAUMA VERTEBRALE..... | 26 |
| 2.1.3 LA TEORIA DEI TRE COMPARTIMENTI..... | 28 |
| 2.1.4 FRATTURE E LUSSAZIONI DELLA COLONNA VERTEBRALE | |
| CERVICALE..... | 29 |
| INSTABILITÀ ATLANTOEPISTROFEA..... | 30 |
| 2.1.5 FRATTURE E LUSSAZIONI DELLA COLONNA VERTEBRALE | |
| TORACOLOMBARE | 31 |

| | |
|---|------------|
| 2.1.6 FRATTURE E LUSSAZIONI DELLA COLONNA VERTEBRALE CAUDALE E DEL SACRO..... | 32 |
| 2.1.7 STUDI PRECEDENTI..... | 33 |
| 2.2 <i>PATOLOGIE VERTEBRALI ATRAUMATICHE</i> | 37 |
| 2.2.1 PATOLOGIE DEL DISCO INTERVERTEBRALE..... | 40 |
| DISCOPATIA CERVICALE..... | 42 |
| DISCOPATIA TORACOLOMBARE..... | 43 |
| CAPITOLO 3: ATTUALI POSSIBILITA DIAGNOSTICHE NELLO STUDIO DELLE PATOLOGIE VERTEBRALI IN MEDICINA CANINA..... | 44 |
| 3.1 <i>ESAME FISICO</i> | 45 |
| 3.2 <i>ESAME NEUROLOGICO</i> | 45 |
| 3.3 <i>NEURORADIOLOGIA: IMAGING DELLA COLONNA VERTEBRALE</i> | 45 |
| 3.3.1 RADIOGRAFIA..... | 45 |
| 3.3.2 MIELOGRAFIA..... | 48 |
| 3.3.3 ANALISI DEL LIQUIDO CEFALORACHIDIANO (LCR)..... | 49 |
| 3.3.4 TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC)..... | 49 |
| 3.3.5 RISONANZA MAGNETICA (RM)..... | 50 |
| 3.4 <i>LA DENSITOMETRIA OSSEA (DXA)</i> | 50 |
| CAPITOLO 4: GLI STUDI DI SLIJPER..... | 56 |
| 4.1 <i>RISULTATI DI SLIJPER NEL CALCOLO DELLA CURVA DEI MOMENTI DI RESISTENZA NELLA SPECIE CANINA</i> | 58 |
| CONTRIBUTO SPERIMENTALE..... | 62 |
| INTRODUZIONE..... | 63 |
| MATERIALI E METODI..... | 65 |
| RISULTATI..... | 66 |
| DISCUSSIONE..... | 68 |
| CONCLUSIONI..... | 72 |
| APPENDICE..... | 73 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 93 |
| RINGRAZIAMENTI..... | 105 |

PREMESSA

In medicina veterinaria la metodica diagnostica basata sulla densitometria ossea (DXA) non ha grande utilizzo da un punto di vista clinico; può essere tuttavia fonte di dati molto accurati che possono fornire informazioni utili soprattutto da un punto di vista sperimentale. In questa Tesi di Laurea verrà utilizzata la metodica DXA per la misurazione della densità ossea delle vertebre di quattro esemplari di specie canina (*Canis Lupus Familiaris*); i valori densitometrici così trovati verranno quindi relazionati alle curve dei momenti di resistenza al piegamento della colonna vertebrale costruite utilizzando le formule applicate alla colonna vertebrale dallo scienziato olandese E. J. Slijper, nonché alla frequenza di distribuzione delle lesioni (fratture e lussazioni) a livello di ogni singola vertebra.

Il momento di resistenza della vertebra non è altro che la forza interna del corpo vertebrale che si oppone alle forze esterne, cioè al piegamento. Maggiore sarà tale forza insita nel corpo vertebrale, maggiore sarà la resistenza del corpo vertebrale alla flessione sagittale o laterale. E. J. Slijper (1946), nel suo trattato “Comparative Biologic-Anatomical Investigations On The Vertebral Column And Spinal Musculature Of Mammals”, fornisce delle formule, valide per ogni specie di mammifero, per il calcolo dei momenti di resistenza contro il piegamento dei corpi vertebrali.

La frequenza media di distribuzione delle lesioni vertebrali è stata invece calcolata sulla base dell’analisi retrospettiva delle radiografie di fratture e/o lussazioni registrate

nel periodo compreso tra marzo 2002 e agosto 2009 presso il centro di referenza “Diagnostica Piccoli Animali SrL” (Zugliano -VI-).

Scopo della presente Tesi di Laurea è un’analisi preliminare dell’eventuale relazione fra i differenti dati ottenuti per la specie canina con le seguenti metodiche: 1) densitometria ossea delle vertebre ottenuta tramite la metodica DXA; 2) curve dei momenti di resistenza al piegamento (MoR e l-MoR) ottenute tramite la formula di Slijper; 3) frequenza di distribuzione delle fratture lungo la colonna vertebrale.

Prima di discutere i risultati ottenuti, è però opportuno introdurre alcune informazioni riguardanti l’anatomia e le principali patologie, in particolare di origine traumatica, della colonna vertebrale canina, aprire un capitolo dedicato agli studi di Slijper sui momenti di resistenza al piegamento dei corpi vertebrali, e fornire una panoramica sulle tecniche di neuroradiologia del rachide e di densitometria ossea (DXA) utilizzate in medicina veterinaria.

INTRODUZIONE

CAPITOLO 1: ANATOMIA DELLO SCHELETRO ASSILE DEL CANE

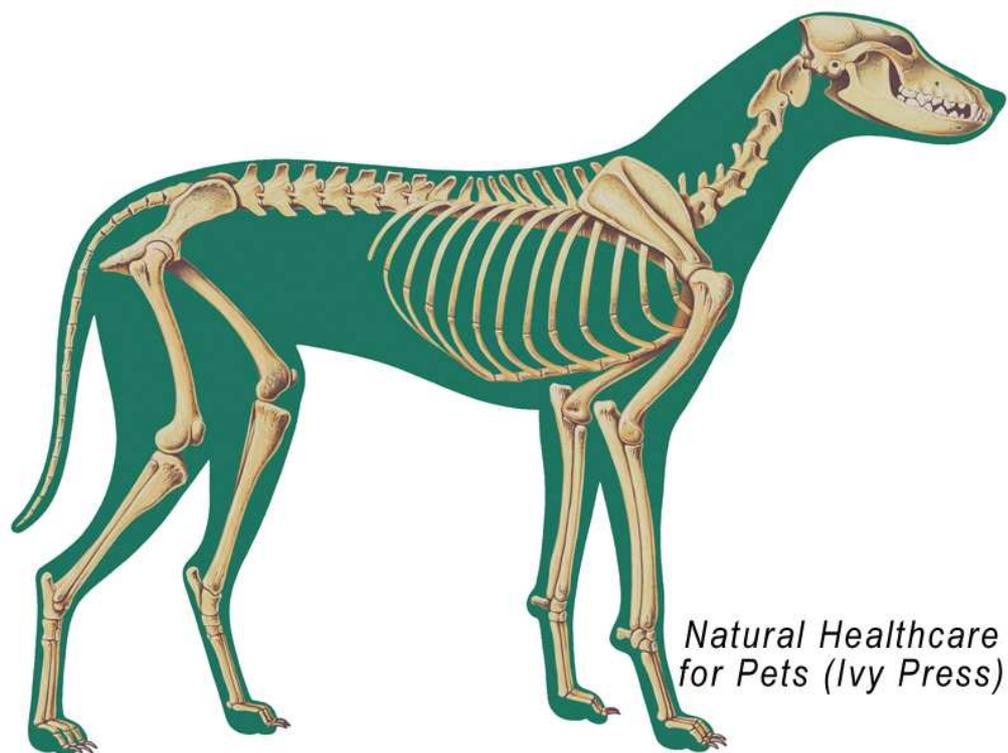


Fig. 1: Scheletro di cane (*Canis Lupus Familiaris*)

Lo scheletro di ogni specie animale è costituito da due componenti: la componente assile e la componente appendicolare. La componente assile comprende cranio, colonna vertebrale, coste e sterno; la componente appendicolare comprende invece lo scheletro degli arti, la cintura toracica e la pelvica.

In questa Tesi di Laurea considereremo solo lo scheletro cosiddetto assile, dando maggior spazio alla colonna vertebrale e accennando solo alle sue altre componenti (cranio, coste e sterno).

1.1 CRANIO

Il cranio è una struttura complessa, costituita da ossa pari e impari, tra loro connesse da articolazioni immobili, fatta eccezione la mandibola e l'osso ioide. Il cranio viene distinto in neurocranio, che comprende le ossa che delimitano più direttamente la scatola cranica, e splancnocranio, che comprende le ossa anteroinferiori del cranio che costituiscono lo scheletro della faccia (Barone, 1995).

1.2 COSTE

Le coste sono ossa pari poste tra le vertebre toraciche e lo sterno; in particolare, nel cane le coste hanno forma cilindrica e appena curvata a semicerchio. Ciascuna costa è costituita di due parti: una parte prossimale ossea, costa propriamente detta, e una parte distale cartilaginea, cartilagine costale.

Nel cane sono presenti tredici paia di coste, di cui le prime nove paia, più craniali, sono dette coste sternali o coste vere, in quanto articolate alla loro estremità distale con lo sterno, mentre le 4 paia più caudali sono dette coste asternali o coste false.

Le cartilagini delle coste asternali, associandosi nella parte distale, descrivono con l'ultima costa ossea l'arco sternale o arco degli ipocondri. In talune specie, quali il cane, le ultime paia di coste possono avere una cartilagine poco sviluppata e non raggiungere l'arco costale, sono perciò dette coste fluttuanti.

Una costa propriamente detta è costituita da un'estremità prossimale, che si articola con una delle vertebre toraciche, un corpo, e un'estremità distale cartilaginea, che si articola con lo sterno.

Il corpo, che nel cane ha sezione approssimativamente cilindrica, presenta due facce, laterale e mediale, e due margini, craniale e caudale. La faccia laterale presenta una leggera doccia muscolare, e in vicinanza dell'estremità prossimale forma il cosiddetto angolo costale; la faccia mediale è liscia e presenta solo una leggera doccia. Il margine craniale è ampio, quello caudale più sottile e affilato.

L'estremità prossimale o vertebrale della costa presenta un'incisura che la separa in due porzioni, la testa o capitello della costa e la tuberosità della costa. La testa della costa presenta due emifaccette articolari piccole e convesse tra le quali, nei carnivori,

corre un lieve solco; tali emifaccette sono destinate ad articolarsi con le corrispettive emifaccette articolari di due vertebre tra loro adiacenti. Nel cane e nei carnivori in genere, la testa è ben staccata dal corpo della costa da una zona più ristretta chiamata collo. La tuberosità o tubercolo della costa è rivolta in senso dorso caudale, e presenta una faccetta articolare per il processo trasverso della corrispondente vertebra toracica. L'estremità distale cartilaginea della costa o cartilagine costale è articolata prossimalmente alla costa propriamente detta (ossea) e distalmente per quanto riguarda le coste vere allo sterno, per le coste false alla cartilagine sternale della costa antistante (Barone, 1995).

1.3 STERNO

Lo sterno è un osso impari mediano posto ventralmente alle coste vere e che si articola con la porzione cartilaginea di queste; è costituito da una serie di nuclei ossei, le sternebre, cui nei carnivori s'interpongono dei dischi cartilaginei.

Lo sterno presenta: una faccia dorsale, che si allarga in direzione cranio-caudale assumendo una forma triangolare; una faccia ventrale rugosa per consentire l'attacco della muscolatura e che presenta sulla linea mediana una cresta sternale; dei margini, i quali a livello dei punti di giunzione tra le sternebre presentano le incisure costali per l'articolazione delle cartilagini costali. Nello sterno possiamo evidenziare una parte principale o corpo, un prolungamento craniale o manubrio e un prolungamento caudale o cartilagine xifoidea.

Il corpo dello sterno è costituito dalle sternebre, che nei carnivori e nel coniglio sono otto; il manubrio costituisce l'estremità craniale dello sterno; esso termina con uno stretto prolungamento detto cartilagine del manubrio che presenta a ogni lato l'articolazione per la prima costa. Nei carnivori, il manubrio è ridotto e, anteriormente, convesso. L'estremità caudale è costituita da una lamina spesso pedunculata detta cartilagine xifoidea, che nei carnivori è lunga e ampia (Barone, 1995).

1.4 COLONNA VERTEBRALE

1.4.1 GENERALITÀ

La colonna vertebrale, o rachide, è costituita da ossa impari e situate sulla linea mediana del corpo, le vertebre, le quali sono distinte in cervicali, toraciche, lombari, sacrali e caudali (Barone, 1995). Ogni vertebra viene indicata da una lettera (C cervicale, T toracica, L lombare, S sacrale, Cd caudali) seguita da un numero, il quale indica la posizione della vertebra lungo il tratto di colonna di cui fa parte.

Il cane possiede di norma 7 vertebre cervicali, 13 toraciche, 7 lombari e 3 sacrali; la variazione più comune è la riduzione a 6 delle vertebre lombari. L'accrescimento in lunghezza della colonna continua fino al 12° mese circa, quando le epifisi si fondono con i corpi vertebrali – tranne nella regione sacrale, dove vi è un certo ritardo. Il profilo della colonna vertebrale non riproduce il profilo dorsale dell'animale in piedi. La convessità della nuca è seguita da una sezione cervicale relativamente dritta. A livello cervicotoracico un pronunciato ma nascosto cambio di direzione delle vertebre porta la colonna lungo il decorso ascendente che poi delinea il profilo del dorso. I segmenti toracico caudale e lombare sono abbastanza diritti (secondo le razze), ma al di sopra della pelvi la colonna si incurva ventralmente continuandosi nella coda (Dyce *et al.*, 2006).

La colonna vertebrale serve a mantenere rigido l'asse del corpo e pertanto contribuisce al mantenimento della postura; inoltre racchiude e protegge il midollo spinale, il quale è a sua volta avvolto da tessuto adiposo e meningi.

1.4.2 ANATOMIA DELLA VERTEBRA TIPO

Una vertebra tipo comprende: corpo, arco neurale o arco vertebrale e, a livello di alcune vertebre coccigee, arco emale.

Il corpo ha forma cilindrica leggermente schiacciata nella sua parte media e presenta: una faccia craniale o testa della vertebra, pianeggiante o più o meno rilevata e convessa, che porta la superficie articolare per la vertebra antistante; una faccia

caudale o fossa della vertebra, che rappresenta il negativo della faccia craniale essendo infatti pianeggiante o concava (se le due facce vertebrali, craniale e caudale, si presentano entrambe pianeggianti, parleremo di vertebra anfipiana, se la testa è rilevata e la fossa è profonda parleremo di vertebra opistocele); una faccia dorsale o neurale, pianeggiante, che forma il pavimento del canale o foro vertebrale e presentante due angoli rugosi per l'inserzione dei legamenti; infine una faccia ventrale presentante una cresta ventrale o processo acantoideo, a direzione longitudinale.

L'arco neurale è posto dorsalmente alla faccia neurale del corpo; arco neurale e faccia neurale del corpo delimitano insieme il canale vertebrale. L'arco neurale è composto di due lamine che prendono origine dal corpo, al limite tra la faccia dorsale e ventrale, con una regione ristretta detta peduncolo della vertebra, e in alto le due lamine confluiscono in un processo spinoso, mediano, più o meno rilevato. Le facce ventrali delle lamine vanno quindi a delimitare il canale vertebrale, le facce dorsali, esterne, danno attacco a vari processi. Da ciascuna lamina, in prossimità del corpo, si solleva un processo trasverso. Dai margini anteriore e posteriore delle lamine originano i processi articolari. La coppia anteriore presenta le faccette articolari rivolte in alto e medialmente; la coppia posteriore ha orientamento inverso. Nella colonna vertebrale quindi, i processi articolari posteriori di una vertebra si sovrappongono a quelli anteriori della vertebra successiva. In alcune vertebre sono anche presenti dei processi mammillari, situati laterodorsalmente ai processi articolari craniali, e dei processi accessori, situati lateroventralmente ai processi articolari caudali (Barone, 1995).

I margini craniale e caudale di ciascuna lamina a livello del peduncolo presentano un'incisura, la quale, con l'incisura della vertebra contigua, delimita il foro intervertebrale o forame di coniugazione, percorso dal nervo spinale e dai vasi sanguigni che irrorano le strutture poste all'interno del canale vertebrale. A volte l'incisura, se molto profonda, si trasforma in un foro vertebrale laterale, come accade nel caso della prima vertebra cervicale. In ogni vertebra cervicale, ad eccezione di C7, è infine presente un foro trasversario che percorre ogni lamina a livello della base del processo trasverso, con decorso parallelo a quello del canale vertebrale; tale foro dà passaggio al nervo vertebrale e arteria e vena vertebrale, che vascolarizzano la parte posteriore dell'encefalo e il cervelletto (Dyce, 2006).

L'arco emale è presente solo in alcune vertebre coccigee dei carnivori, del coniglio e dei bovini. Posto inferiormente al corpo definisce con questo il canale emale, impegnato dai vasi sanguigni. In molte vertebre l'arco emale è incompleto, quindi descrive sotto il corpo una doccia (Barone, 1995).

Riportiamo ora alcune considerazioni di carattere generale riguardanti la colonna vertebrale dei carnivori, che si differenzia da quella degli altri mammiferi per alcune particolarità. Nei carnivori l'estremità caudale del segmento cervicale è la parte più flessibile e ciò fa sì che il cane possa raggiungere con la bocca quasi tutte le parti del tronco o degli arti. La flessione ventrale per abbassare la testa a livello del terreno è principalmente il risultato del movimento delle articolazioni toraciche craniali, le vertebre cervicali sono semplicemente allineate. La considerevole mobilità delle articolazioni toraciche caudali e lombari è necessaria per permettere l'alternarsi della flessione sagittale e dell'estensione del dorso nel galoppo saltato, usato da cani e gatti nell'andatura veloce. In questo modo gli arti posteriori possono essere posti di fianco (se non davanti) agli arti anteriori e dopo di che le articolazioni dell'arto posteriore e quelle della colonna si estendono per lanciare il corpo in avanti. La flessione laterale delle articolazioni dei segmenti toracici e lombari è sorprendentemente libera e permette ai cani di raggomitolarsi quando dormono (Dyce, 2006).

Dal punto di vista clinico è importante avere familiarità con le immagini radiografiche della colonna sia di animali giovani sia di quelli adulti. Meritano particolare attenzione le articolazioni atlanto-occipitale, atlanto-epistrofica e lombosacrale.

1.4.3 CLASSIFICAZIONE MORFOLOGICA DELLE VERTEBRE

VERTEBRE CERVICALI

Nel cane, come in tutti gli animali domestici e quasi tutti i mammiferi, sono presenti sette vertebre cervicali. Le prime due, ossia l'atlante (C1) e l'epistrofeo (C2), sono molto modificate per permettere i movimenti molto ampi e liberi della testa; le altre cinque sono più simili alla vertebra tipo.

L'atlante è privo del corpo, sostituito da un arco ventrale; appare come un anello allungato ai lati per il notevole sviluppo dei processi trasversi che, insieme ai processi articolari, costituiscono le ali dell'atlante. L'arco dorsale o neurale, molto sottile, presenta un processo spinoso ridotto, detto tubercolo dorsale. L'arco ventrale si rileva ventralmente a formare un tubercolo ventrale. Le ali sono rivolte dorso-ventralmente in senso cranio-caudale, e si proiettano lateralmente dal corpo costituendo un punto di repere spesso visibile e sempre palpabile nell'animale vivo (Barone, 1995). L'arco dorsale è attraversato da fori: il foro trasversario, che nel cane è situato alla base dell'ala, e il foro vertebrale laterale, che si trova nel cane vicino al margine craniale dell'arco dorsale e che dà passaggio alla branca principale del primo nervo cervicale; tali fori corrispondono rispettivamente ai fori trasversario e intervertebrale delle altre vertebre. Un terzo foro, il foro alare, attraversa l'ala dell'atlante in alcune specie, mentre nel cane tale foro è sostituito da un'incisura situata a livello del margine craniale dell'ala, attraverso la quale (incisura) passa il ramo ventrale del primo nervo cervicale.

Nel cane, l'ala dell'atlante è inclinata caudalmente e si sovrappone all'articolazione atlanto-epistrofica; entrambi gli archi, dorsale e ventrale, partecipano alla formazione della profonda fossa articolare craniale che riceve i condili occipitali: a livello di arco dorsale le due capsule articolari sono compartimentate, mentre a livello di arco ventrale sono in comunicazione tra loro. Sulla faccia caudale l'arco ventrale è incavato per formare le superfici articolari, dette fosse articolare caudali, che prendono rapporti con l'estremità craniale dell'epistrofeo (Dyce, 2006).

Tra il margine dorsale del grande foro occipitale e l'arco dorsale dell'atlante si estende la membrana atlanto-occipitale dorsale la quale, inserendosi lateralmente sulle capsule articolari, chiude lo spazio atlanto-occipitale. Questa membrana può essere perforata per la raccolta del liquido cerebrospinale e per l'iniezione di un mezzo di contrasto radiopaco nello spazio sub aracnoideo, quando occorre evidenziare il profilo del midollo spinale (mielografia con mezzo di contrasto). Esiste poi anche una membrana atlanto-occipitale ventrale, che si porta dall'arco ventrale dell'atlante al margine ventrale del foro occipitale.

L'epistrofeo è la vertebra più lunga, ha corpo massiccio prolungato anteriormente da un processo che nei carnivori ha forma di cilindro pieno, detto processo odontoideo o

dente dell'epistrofeo. L'estremità craniale del corpo e la superficie ventrale del dente concorrono a formare una singola ampia articolazione con l'atlante, mentre dorsalmente il dente presenta una faccia rugosa per l'inserzione dei legamenti che lo tengono in situ. L'arco dell'epistrofeo possiede un processo spinoso molto alto e lungo nel cane, e presenta due faccette articolari poste a livello dei processi articolari caudali che servono per l'articolazione con i processi articolari craniali della terza vertebra cervicale. I processi trasversi sono larghi, ognuno è attraversato alla base da un foro trasversario nel quale si portano l'arteria, la vena e il nervo vertebrale.

Nel cane l'epistrofeo è caratterizzato da uno sviluppatissimo processo spinoso, che sorpassa sia l'arco dorsale dell'atlante sia le lamine di C3. L'estensione in senso craniale del processo spinoso eguaglia quella del dente. Tra epistrofeo ed atlante vi è una grande incisura (incisura vertebrale craniale) per il passaggio del secondo nervo cranico; tale incisura va a formare il foro intervertebrale tra atlante ed epistrofeo.

L'articolazione atlantoepistrofica è racchiusa in un'unica capsula articolare; le due ossa sono tenute in sede mediante il legamento dell'apice del dente, che unisce l'apice del dente con il margine ventrale del foro occipitale, e da una coppia di legamenti alari che dal dente si dirigono obliquamente ai margini ventrolaterali del foro occipitale. Un legamento trasverso fissa ulteriormente il dente passando sulla superficie dorsale di questo e unendo le pareti interne dell'arco ventrale dell'atlante.

Una membrana atlantoepistrofea chiude lo spazio interarcuale, la sua parte media è ispessita da fibre elastiche e costituisce il legamento atlantoepistrofeo dorsale, che unisce l'estremità craniale del processo spinoso dell'epistrofeo con il tubercolo dorsale dell'atlante (Dyce, 2006).

Le restanti vertebre cervicali diventano progressivamente più corte dalla terza alla settima; tali vertebre sono tutte del tipo opistocele, le estremità craniale e caudale del corpo sono quindi fortemente incurvate, formando una vera e propria testa della vertebra, e hanno direzione obliqua (Dyce, 2006). La cresta ventrale è evidente ma più rilevata nelle ultime vertebre cervicali (Barone, 1995). L'arco è robusto e ampio, ma il processo spinoso è scarsamente sviluppato tranne che su C7.

I processi trasversi diventano più voluminosi nelle vertebre cervicali più caudali e sono orientati dorso-ventralmente in direzione cranio-caudale; ognuno di essi si biforca in due tubercoli, dorsale e ventrale, e quello ventrale si allarga caudalmente come una

lamina. Da C1 a C6 in ogni processo trasverso è presente un foro trasversario, nel quale decorrono i vasi e i nervi spinali.

La settima vertebra cervicale, C7, mostra caratteristiche di transizione con quelle toraciche. Essa si differisce dalle altre vertebre cervicali poiché presenta un processo spinoso più alto, non presenta i fori trasversari e possiede, a livello delle estremità caudale del corpo, due faccette articolari per il primo paio di coste (Dyce, 2006).

VERTEBRE TORACICHE

Le vertebre toraciche hanno corpi brevi con estremità craniali e caudali appiattite (vertebre anfipiane), presentano processi spinosi molto sviluppati e processi trasversi brevi e tozzi; gli archi neurali si incastrano tra loro e i processi articolari craniali e caudali sono molto bassi. Il loro numero è pari al numero delle coste, la prima delle quali si articola con l'ultima vertebra della serie cervicale e la prima della serie toracica. Ogni vertebra toracica si articola con la testa delle coste tramite le fosse costali craniali e caudali, situate su entrambe le estremità del corpo della vertebra, e con i tubercoli costali tramite le fosse costali trasversarie situate sui processi trasversi. A mano a mano che si prosegue in direzione caudale, si ha un avvicinamento fino a fusione delle fosse costali craniali con le fosse costali trasversarie, una riduzione ed eventuale scomparsa delle fosse costali caudali e una comparsa del processo mammillare come prolungamento del processo trasverso. Nel cane, i processi mammillari sono corte proiezioni dorsali dei processi trasversi che compaiono da T3 e poi, da T11, si spostano dorsalmente a sormontare i processi articolari craniali. Sono anche presenti dei processi accessori da metà della regione toracica fino a metà della regione lombare, i quali derivano dal margine caudale dell'arco vertebrale e si dirigono caudalmente fino a sovrapporsi alla vertebra successiva (Dyce, 2006).

I lunghi processi spinosi hanno all'incirca la stessa altezza nella metà craniale della regione toracica, raggiungendo il loro massimo sviluppo in T3 o T4, per poi decrescere gradualmente nella metà caudale della regione. Essi, da T1 a T10, sono inclinati in direzione caudale; tale tendenza si inverte a livello di T11, che viene perciò definita come vertebra anticlinale.

Un cambiamento ancora più notevole avviene nell'orientamento delle superfici articolari: da T1 a T10 queste sono dirette lungo un piano dorsale (come per le vertebre

cervicali), mentre da T11 diventano quasi sagittali, con i processi articolari craniali che racchiudono quelli caudali. Gli spazi articolari delle prime articolazioni risultano quindi più evidenti nelle radiografie latero-laterali, quelle delle ultime nelle ventrodorsali.

Da quanto appena descritto, è deducibile che le vertebre toraciche più craniali, grazie alla loro conformazione, favoriscono i movimenti laterali della colonna, mentre quelle più caudali favoriscono i movimenti di flessione ed estensione sagittale.

Anche nel cane le vertebre toraciche hanno un corpo relativamente corto, ma, dalla decima vertebra toracica e procedendo in direzione caudale, si ha un progressivo allungamento del corpo vertebrale. Tale tendenza all'allungamento si continua nella regione lombare, dove ciascun corpo è lungo circa il doppio rispetto a quello delle prime vertebre toraciche.

VERTEBRE LOMBARI

Le vertebre lombari hanno corpo più lungo e altezza inferiore rispetto a quelle toraciche; in genere si ha un'inclinazione in senso craniale dei processi spinosi e ovviamente sono prive di faccette costali. I processi trasversi sono lunghi e appiattiti; nel cane possiedono un'inclinazione cranioventrale e si sovrappongono alla vertebra precedente. I processi mammillari e, a volte, gli accessori, sono prominenti; i primi si portano cranialmente verso i processi articolari craniali (Dyce, 2006).

I processi articolari delle faccette articolari craniali appaiono concavi, mentre quelli delle faccette articolari caudali sono convessi (Barone, 1995).

VERTEBRE SACRALI

Il sacro è un singolo osso, formato nel cane dalla fusione di tre vertebre. Esso forma una solida articolazione con la cintura pelvica, attraverso la quale la spinta degli arti posteriori viene trasmessa al tronco.

Solo una o due delle vertebre sacrali partecipano all'articolazione con la cintura pelvica; le ossa più caudali del sacro si dirigono caudalmente all'articolazione e costituiscono la maggior parte della volta della cavità pelvica.

Il sacro si restringe dall'estremità craniale a quella caudale e presenta una faccia ventrale liscia concava rispetto alla cavità pelvica. La faccia dorsale presenta processi spinosi in numero pari a quello delle vertebre sacrali, nel cane indipendenti tra loro. Lateralmente ai processi spinosi, sempre sulla faccia dorsale, è presente una cresta sacrale intermedia, posta in corrispondenza dei processi articolari fusi. La parte laterale è costituita dalla fusione dei processi trasversi e si articola con l'ileo verso la sua estremità craniale.

Il numero di vertebre sacrali è anche indicato dal numero di fori presenti sulla faccia dorsale e ventrale: i rami dorsali e ventrali dei nervi sacrali emergono separatamente tramite i fori sacrali dorsali e ventrali.

Nel cane, la fusione delle tre vertebre che costituiscono il sacro può non essere completa fino a un anno e mezzo dopo la nascita. Il sacro è incluso profondamente tra le ali degli ilei, e attraverso la pelle sono palpabili solo i suoi processi spinosi; tuttavia attraverso l'esplorazione rettale è possibile palpare con il dito la porzione sacrale caudoventrale e le prime vertebre caudali (Dyce, 2006).

VERTEBRE CAUDALI

Il numero di vertebre caudali varia, anche all'interno della stessa specie, in maniera proporzionale alla lunghezza della coda. Le vertebre caudali mostrano una progressiva semplificazione della forma; sebbene le prime ricordino le vertebre lombari in miniatura, le intermedie e le ultime sono ridotte alla forma di semplici cilindretti.

Nel cane le vertebre caudali sono una ventina o più, e una caratteristica di alcune di esse (di norma dalla quarta alla sesta) è avere inserite sulle estremità caudali delle superfici ventrali delle piccole ossa a forma di V dette archi emali, a protezione della principale arteria della coda (Dyce, 2006).

1.4.4 ARTICOLAZIONI DELLA COLONNA VERTEBRALE

A livello di colonna vertebrale, sono presenti tre tipi di articolazioni: articolazione atlanto-occipitale, articolazione atlanto-epistrofea e articolazioni intervertebrali; queste ultime comprendono i dischi intervertebrali e le articolazioni tra le faccette articolari.

ARTICOLAZIONE ATLANTO-OCCIPITALE

L'articolazione atlanto-occipitale funziona come un giuglino, e i movimenti permessi sono limitati alla flessione e all'estensione sul piano mediano. I condili dell'occipitale si articolano con le fosse articolari craniali dell'atlante, a formare una singola cavità sinoviale, anche se le superfici articolari destra e sinistra dell'atlante nel cane restano ventralmente separate senza fondersi tra loro. Due membrane atlanto-occipitali, una dorsale e una ventrale, si portano rispettivamente dall'arco dorsale e dall'arco ventrale dell'atlante ai margini del foramen magno. Sono presenti inoltre brevi legamenti atlanto-occipitali laterali tra atlante e margini adiacenti dell'osso occipitale.

ARTICOLAZIONE ATLANTO-EPISTROFEA

L'articolazione atlanto-epistrofea è un'articolazione di tipo trocoide, ovvero ha la forma di un anello che ruota attorno a un piolo. È composta dalle fosse articolari caudali dell'arco ventrale dell'atlante che presentano delle ampie superfici articolari che si uniscono alle superfici articolari del corpo e del dente dell'epistrofeo in una singola cavità sinoviale. La capsula sinoviale è ampia e le superfici articolari sono conformate in modo che in ogni posizione della testa, solo determinate aree entrino in contatto tra loro, permettendo una certa libertà di movimento. Il movimento principale è comunque quello di rotazione attorno all'asse longitudinale.

Una membrana atlantoepistrofea chiude lo spazio interarcuae, la sua parte media è ispessita da fibre elastiche e costituisce il legamento atlantoepistrofeo dorsale, che unisce l'estremità craniale del processo spinoso dell'epistrofeo con il tubercolo dorsale dell'atlante, limitando il movimento reciproco tra le due vertebre. Sono inoltre presenti una serie di legamenti che fissano il dente dell'epistrofeo alla faccia interna dell'arco ventrale dell'atlante e a volte, come nel cane, all'occipitale. Tali legamenti sono il legamento dell'apice del dente, il quale unisce quest'ultimo con il margine ventrale del foro occipitale, una coppia di legamenti alari, che dal dente si dirigono ai margini ventrolaterali del foro occipitale, e infine un legamento trasverso che fissa

ulteriormente il dente passando sulla superficie dorsale di questo unendo le pareti interne dell'arco ventrale dell'atlante.

Tutti questi legamenti sono indispensabili poiché il dente dell'epistrofeo occupa una posizione potenzialmente pericolosa per la sua vicinanza al midollo spinale.

ARTICOLAZIONI INTERVERTEBRALI

Le articolazioni tra due vertebre contigue si realizzano per sinfisi tra i corpi (dischi intervertebrali) e articolazioni di tipo sinoviale tra le faccette articolari.

I dischi intervertebrali sono strutture avascolari che uniscono i corpi vertebrali di vertebre adiacenti; essi costituiscono circa il 16% della lunghezza della colonna nel cane, il 10% negli ungulati e il 25% nell'uomo, e tali percentuali rispecchiano il grado di flessibilità della colonna stessa.

Ogni disco è costituito da un nucleo polposo, formato da un tessuto gelatinoso ricco in glicosamminoglicani in grado di trattenere l'acqua, circondato da un anello fibroso, formato da fasci circolari di tessuto fibroso che decorrono obliquamente ed entrano in contatto con la cartilagine che riveste le epifisi delle vertebre.

Il contenimento del nucleo all'interno dell'anello fibroso assorbe lo shock da compressione e diffonde su una più ampia parte delle vertebre la forza pressoria alla quale è soggetta la colonna.

Se l'anello si rompe, il nucleo può estrudere, solitamente in direzione del canale vertebrale, dove potrà andare a comprimere il midollo spinale (Dyce, 2006). Le porzioni ventrale e laterali dell'anello fibroso sono da 1,5 a 3 volte più spesse della porzione dorsale, ed è anche tale posizione eccentrica del nucleo polposo all'interno dell'anello che spiega la propensione del nucleo ad erniare dorsalmente (Hoerlein, 1987). Se invece si verifica una calcificazione del nucleo, si avrà una diminuzione della flessibilità della colonna.

La degenerazione del disco assume aspetti più gravi quando avviene a livello dei dischi posti nelle zone di maggior mobilità, come il collo.

Molte strutture legamentose adiacenti ai dischi intervertebrali forniscono un sostegno che varia nelle diverse regioni della colonna vertebrale. Tali strutture sono il legamento longitudinale dorsale, il legamento longitudinale ventrale e i legamenti intercapitati (Evans, 1993).

Il legamento longitudinale ventrale si porta da C2 al sacro, restando addossato alla superficie ventrale dei corpi vertebrali; esso diventa più resistente caudalmente alla regione medio toracica. Il legamento longitudinale dorsale unisce invece i corpi vertebrali correndo dorsalmente ad essi; nella regione cervicale tale legamento è più ampio e spesso mentre nella regione toracica caudale e lombare si fa più sottile, in tal modo a livello cervicale l'erniazione dorsale del materiale nucleare sarà limitata e talvolta potrà deflettere verso un'erniazione laterale; a livello cervicale vi è quindi una tendenza al verificarsi di una radiculopatia dolorosa invece che i molto più gravi segni di una mielopatia compressiva, mentre a livello toracolombare è più facile il verificarsi di una erniazione dorsale del nucleo polposo che andrà a causare una compressione midollare (Slatter, 2005).

Infine, quasi ogni disco toracico è attraversato dorsalmente da un legamento intercapitato, che passa ventralmente rispetto al legamento longitudinale dorsale e che unisce le teste delle coste di destra e di sinistra passando sopra la porzione dorsale del disco intervertebrale. A questo livello quindi gli effetti della rottura dei dischi sono ridotti. Tale legamento è, però, assente a livello di 1°, 12° e 13° coppia di coste, ed è poco sviluppato a livello dell'11° coppia. L'incidenza dell'ernia del disco sarà quindi fortemente ridotta da T1-T2 a T9-T10 (e probabilmente fino a T10-T11), mentre i dischi più colpiti sono quelli della colonna toracica caudale e lombare (tratto toracolombare) e, in minor misura, quelli della colonna cervicale, soprattutto a livello della giunzione cervicotoracica (Walker e Betts, 1985).

Nelle razze condrodistrofiche, come il bassotto tedesco e il pechinese, il processo degenerativo del disco intervertebrale è più marcato e inizia precocemente nella vita dell'animale, pertanto tali razze sono particolarmente predisposte ai prolapsi discali.

Le articolazioni tra faccette articolari poste sui processi articolari craniali e caudali sono articolazioni di tipo sinoviale. Il grado di mobilità di tali articolazioni varia in base alla regione considerata: a livello cervicale e toracico craniale, le superfici articolari sono poste tangenzialmente alla circonferenza di un cerchio avente come centro il centro della vertebra, sono quindi possibili in tale regione, oltre che ai normali movimenti di estensione e flessione, anche movimenti di rotazione. Nella regione cervicale è permesso un movimento ancora più ampio grazie alle superfici articolari più ampie e alle capsule sinoviali più lasse.

A livello toracico caudale e lombare le superfici articolari hanno direzione radiale rispetto alla circonferenza suddetta e quindi i movimenti sono più o meno limitati alla flessione e l'estensione sul piano mediano.

A completare le articolazioni intervertebrali abbiamo i legamenti interarcuati (legamenti gialli o flavi), di tipo elastico, che uniscono il dorso degli archi di vertebre attigue, e, in alcune regioni e di minor importanza, i legamenti interspinosi e intertrasversari, che uniscono i processi omonimi (Dyce, 2006).

1.4.5 LEGAMENTI DELLA COLONNA VERTEBRALE

Sono presenti tre legamenti che si estendono per lunghi tratti della colonna: un legamento longitudinale dorsale si estende dall'epistrofeo al sacro correndo lungo il pavimento del canale vertebrale; un legamento longitudinale ventrale decorre dal sacro a metà della regione toracica, addossato alla faccia ventrale del corpo vertebrale (più cranialmente la sua funzione è svolta dal muscolo lungo del collo). Entrambi questi legamenti sono più stretti quando passano rispettivamente sopra o sotto la parte centrale del corpo vertebrale, più lassi quando scorrono sopra o sotto il disco intervertebrale.

Infine un terzo legamento, il legamento sovraspinoso, decorre dorsalmente alle sommità dei processi spinosi delle vertebre toraciche e lombari, ed è in stretto contatto con i tendini dei muscoli epiassiali. Più cranialmente, tale legamento si continua come legamento nucale, che nel cane origina dal processo spinoso della prima vertebra toracica e si porta fino al processo spinoso dell'epistrofeo. Il legamento nucale per la maggior parte della sua lunghezza non prende contatto con le vertebre cervicali, avendo un decorso più dorsale, e a differenza degli altri legamenti lunghi ha natura elastica ed è quindi in grado di sopportare il peso della testa quando questa è sollevata (Dyce, 2006).

1.4.6 INSERZIONI MUSCOLARI VERTEBRALI

TRATTO CERVICALE

Le vertebre cervicali servono da attacco per i muscoli delle tre regioni del collo e per qualche muscolo spinoso del torace. Della regione cervicale ventrale, solo gli scaleni hanno attacchi vertebrali. Fra i muscoli cervicali dorsali sono inseriti sulle vertebre cervicali: l'omo-trasversario, il grande dentato del collo, lo splenio, le due porzioni del piccolo complesso e del grande complesso. Quanto ai muscoli iusta-vertebrali del collo, tutti prendono evidentemente inserzione su queste vertebre: spinoso del collo, interspinoso, trasversario del collo, intertrasversario, trasversario spinoso, cervicale ascendente, lungo del collo, lungo della testa e tutti i muscoli retti e obliqui della testa. Infine, fra i muscoli toracici risalgono fino al collo: il lungo costale e, in certe specie, il lungo dorsale e il lungo spinoso.

Inserzioni muscolari sull'atlante

A livello di arco ventrale, sul tubercolo ventrale e per mezzo di un grosso tendine prende attacco il m. lungo del collo, e ai lati del tubercolo stesso si inserisce il m. retto ventrale della testa; un po' più laterocranialmente si inserisce invece il m. retto laterale della testa. Nel cane esiste anche, sempre a livello di arco ventrale, un piccolo attacco del m. lungo della testa.

Sull'arco dorsale invece prende inserzione, a livello di tubercolo dorsale, il m. piccolo retto dorsale della testa.

Ogni ala a livello di superficie dorsale dà attacco al m. grande obliquo della testa; a livello di margine laterale al m. piccolo obliquo della testa; a livello di porzione caudale del margine stesso, tramite numerosi tendini che s'inseriscono su più piani a livello di tubercolo caudale, ai mm. splenio, piccolo complesso atloideo e omo-trasversario. Ventralmente ai tendini suddetti, nei carnivori, nei suidi e nei ruminanti abbiamo il m. intertrasversario lungo del collo, e nei carnivori, dorsalmente a tali tendini troviamo il fascio più craniale del m. cervicale ascendente.

Inserzioni muscolari sull'epistrofeo

Le inserzioni del m. lungo del collo ricoprono la superficie ventrale dell'epistrofeo; tale muscolo si estende anche sul margine ventrale dei processi trasversi, a livello dei quali, nel cane, s'inserisce anche il m. lungo della testa.

A livello di processo spinoso prendono inserzione: sul margine dorsale il m. grande retto dorsale della testa, sulla faccia laterale il m. grande obliquo della testa e sulla base il m. intertrasversario dorsale del collo, che si estende anche sulla base del processo trasverso, caudalmente all'inserzione del m. trasversario spinoso.

Sul processo trasverso dell'epistrofeo del cane s'inseriscono: sulla faccia dorsale il m. intertrasversario dorsale; sulla ventrale il m. lungo del collo e i mm. intertrasversario ventrale e lungo della testa; sull'apice il m. lungo intertrasversario del collo dal lato ventrale, poi il m. cervicale ascendente e il m. grande dentato del collo.

Infine sul processo articolare prendono inserzione, in modo variabile secondo la specie, i mm. grande e piccolo complesso.

Inserzioni muscolari sulle altre vertebre cervicali

Il m. lungo del collo prende attacco sulla faccia ventrale del corpo di tutte le vertebre cervicali e sul margine del tubercolo ventrale dei processi trasversi.

Sui processi spinosi s'inseriscono, all'estremità, il m. spinoso del collo e i mm. interspinosi del collo, e, alla base, i mm. trasversari spinosi.

Sui processi articolari caudali prendono inserzione i tratti d'origine dei mm. trasversari spinosi e linguette tendinee dei mm. complessi, soprattutto alla porzione ventrale del grande complesso e del piccolo complesso atloideo.

I mm. grande dentato del collo, splenio, cervicale ascendente, trasversario del collo, intertrasversari dorsali e ventrali e il lungo della testa prendono attacco, tramite linguette tendinee, sui processi trasversi; i mm. scaleni sui tubercoli ventrali e il m. lungo intertrasversario del collo sui bordi ventrali dei processi trasversi stessi.

TRATTO TORACICO

Le vertebre toraciche danno attacco a qualche muscolo del collo, ai muscoli spinali (soprattutto dorso-lombari), ai muscoli del dorso e ai muscoli sottolombari. I muscoli del collo prendono attacco sul tratto craniale della regione e sono: il lungo del collo, lo splenio, il piccolo e il grande complesso, lo spinoso del collo e il trasversario del collo.

I muscoli spinali dorso-lombari prendono inserzione su tutte le vertebre toraciche e sono: il lungo spinoso, il lungo dorsale, il lungo costale, il trasversario spinoso

dorsolombare, gli intertrasversari, l'interspinoso (bovino, carnivori, roditori e lagomorfi) e gli intercostali. Gli attacchi dei muscoli del dorso avvengono mediante aponeurosi larghe e sottili, spesso fuse; ciò rende assai approssimativa la loro delimitazione. Essi sono: il trapezio, il grande dorsale, il romboide e i piccoli dentati. Infine, fra i muscoli sottolombari, il piccolo e il grande psoas e, nei carnivori nei roditori e nei lagomorfi, anche il quadrato dei lombi, prendono attacco sulle ultime vertebre toraciche.

Le porzioni ventrolaterali dei corpi vertebrali danno attacco: nelle prime sei vertebre toraciche al m. lungo del collo, nell'ultima al m. psoas, nelle ultime tre al m. quadrato dei lombi.

Sulla sommità dei processi spinosi s'inseriscono, tramite una larga aponeurosi che si estende dal processo spinoso di T1 alla regione lombare, il m. trapezio dorsale e il m. grande dorsale, insieme al legamento sopraspinoso comune; questi due muscoli si accavallano a livello del terzo craniale della colonna toracica. I mm. splenio, piccolo dentato craniale e piccolo dentato caudale si inseriscono ventralmente al sito d'attacco dell'aponeurosi dei muscoli precedenti; nel caso del m. splenio l'aponeurosi raggiunge T5.

Il m. romboide prende inserzione sempre a livello dei processi spinosi, tra le due lamine aponeurotiche appena descritte, e caudalmente nei carnivori si estende fino all'ultima vertebra toracica. Ventralmente al sistema aponeurotico dello splenio e dei piccoli dentati, s'inserisce, a livello dei processi spinosi delle prime vertebre toraciche, il m. grande complesso, e, ancora più ventralmente, lungo invece tutto il tratto toracico, il m. trasversario spinoso o multifido toracolombare. Sui margini sia craniali sia caudali dei processi spinosi prendono infine attacco i mm. interspinosi.

Sui processi trasversi e mammillari di tutte le vertebre toraciche si inseriscono i fasci dei mm. trasversario spinoso e dei mm. sopracostali e le digitazioni del m. lungo dorsale e dei mm. intertrasversari; solo sui processi trasversi e mammillari delle prime quattro vertebre toraciche prende attacco invece il m. grande complesso, su quelli delle prime due vertebre toraciche il m. piccolo complesso, su quelli delle prime cinque o sei il m. trasversario del collo, su quelli della prima toracica i fasci più caudali del m. intertrasversario del collo e del m. trasversario spinoso.

TRATTO LOMBARE

Sulle vertebre lombari sono inseriti: i muscoli del dorso (m. grande dorsale e piccolo dentato caudale); i muscoli spino-toraco-lombari (lungo spinoso, lungo dorsale, lungo costale, trasversario spinoso toraco-lombare, interspinoso e intertrasversario dei lombi); i muscoli sottolombari (grande e piccolo psoas, quadrato dei lombi); il diaframma; tre dei muscoli della parete addominale ventrale (obliquo esterno, obliquo interno e trasverso dell'addome).

La superficie ventrale delle vertebre lombari presenta le inserzioni per i muscoli diaframma, sottolombari e, a livello delle estremità dei processi trasversi, per i muscoli della parete ventrale dell'addome. Il m. diaframma prende attacco sulla superficie ventrale del terzo o del quarto corpo vertebrale lombare tramite un potente tendine che si fonde con il legamento vertebrale comune ventrale; il m. quadrato dei lombi si inserisce sulla superficie ventrale del corpo di tutte e sette le vertebre lombari; il m. grande psoas è situato medialmente rispetto al muscolo precedente e prende attacco sulla superficie ventrale dei processi trasversi della seconda e della terza vertebra lombare e sulla parte adiacente degli ultimi tre o quattro corpi vertebrali; il m. piccolo psoas si inserisce sulla superficie ventrale dei corpi delle ultime quattro o cinque vertebre lombari; i mm. intertrasversari ventrali dei lombi vanno dal margine craniale o caudale di ogni processo trasverso a quello della vertebra vicina; il m. trasverso dell'addome e il m. obliquo interno dell'addome prendono attacco, mediante due distinte lamine aponeurotiche, sulle estremità dei processi trasversi lombari (eccettuati quelli della prima e dell'ultima vertebra per il m. trasverso).

I mm. grande dorsale, piccolo dentato caudale, e parte del m. obliquo esterno dell'addome si inseriscono sull'apice di tutti i processi spinosi del tratto lombare tramite la potente fascia dorso-lombare; abbiamo poi, con inserzione sulla faccia laterale dei processi spinosi e sui tubercoli mammillari, il m. trasversario spinoso del dorso e dei lombi. Il m. lungo spinoso, lungo dorsale e lungo costale prendono inserzione in ogni angolo delimitato dai processi spinosi e dai processi trasversi. I mm. interspinosi prendono attacco sui margini craniali e caudali dei processi spinosi; i mm. intertrasversari stanno invece tra i margini di processi trasversi di vertebre tra loro adiacenti.

TRATTO SACRALE

Il sacro dà attacco: ai mm. spinali lombari, quali la massa comune lombare e il m. trasversario spinoso (detto anche multifido); ai muscoli della coda, quali il m. coccigeo, i mm. sacrococcigei dorsali, sacrococcigei ventrali, intertrasversari coccigei; in certe specie, a dei muscoli sottollombari quali il m. iliaco e il m. piccolo psoas; a dei muscoli del bacino, quali il m. gluteo superficiale, il m. gluteo medio, il m. piramidale del bacino, il m. otturatore interno.

Sulla superficie ventrale dei corpi vertebrali e della base dei processi trasversi delle ultime due vertebre sacrali, si inseriscono il m. sacrococcigeo ventrale mediale e, un po' più lateralmente, il m. sacrococcigeo ventrale laterale. Sulla faccia ventrale dei processi trasversi dell'ultima vertebra sacrale prendono invece inserzione una piccola parte del m. coccigeo e il m. piramidale del bacino.

A livello di apice dei processi spinosi e assieme al sistema legamentoso sopraspinoso, prende inserzione la fascia glutea, che si continua con la fascia toraco-lombare. Sempre sulla faccia dorsale, s'inseriscono anche il m. gluteo superficiale e il m. intermediario della fascia glutea, e, ancora in prossimità dell'apice dei processi spinosi, qualche fascio del m. gluteo medio. Sulle facce laterali dei processi spinosi s'inseriscono invece i mm. sacrococcigei dorsali e il m. multifido dei lombi. Sull'ala del sacro e sulla cresta sacrale intermedia si infine la massa dei muscoli toracolombari (ileo-spinale) e, sugli ultimi due processi trasversi, i mm. intertrasversari coccigei.

TRATTO COCCIGEO

I mm. sacro-coccigei dorsali mediali e laterali e ventrali mediali e laterali, nonché i mm. intertrasversari coccigei, prendono attacco sulle vertebre coccigee. Inoltre, il primo o i primi due processi trasversi sono il sito d'attacco di una parte del m. coccigeo e di parte del m. paramerale. Infine, hanno attacco sulle vertebre coccigee il m. rettococcigeo e diversi fasci della muscolatura anale, che si attaccano ai primi corpi vertebrali (Barone, 1995).

CAPITOLO 2: PRINCIPALI PATOLOGIE VERTEBRALI NELLA SPECIE CANINA

2.1 PATOLOGIE VERTEBRALI TRAUMATICHE: FRATTURE, LUSSAZIONI E SUBLUSSAZIONI VERTEBRALI

Un trauma midollare spinale può verificarsi sia per un danno esogeno alla colonna vertebrale che per un danno endogeno.

Nel cane, le cause endogene, o atraumatiche, consistono in estrusioni del disco intervertebrale, fratture patologiche ed instabilità; quelle esogene, o traumatiche, che sono causa della maggior parte delle fratture e delle lussazioni vertebrali, includono incidenti stradali (la causa più frequente di trauma di tipo esogeno nel cane) (Bali, 2008; Bagley, 2000), cadute, lesioni causate da altri animali e dall'uomo, ferite da arma da fuoco e traumi provocati da oggetti (es., porte di garage e oggetti contundenti) (Shores, 1992).

I fattori esogeni di trauma alla colonna vertebrale sono una causa comune di disfunzioni midollari spinali; il tipo di lesione (frattura o lussazione/sublussazione) è determinato dalla posizione dell'animale al momento dell'impatto, dal tipo di forze esercitate, dall'area d'impatto e dalle forze e debolezze insite nella colonna vertebrale (Bagley, 2000).

Molti studi hanno valutato la localizzazione di fratture e lussazioni vertebrali nei cani e nei gatti (Mc Kee, 1990; Selcer *et al.*, 1991; Feeney e Oliver, 1980), uno dei quali ha dimostrato che l'area lombare è quella più comunemente colpita nel cane (39%) (Feeney e Oliver, 1980).

Poiché il midollo spinale è circondato da una struttura inelastica, cioè la vertebra, e poiché il parenchima midollare spinale è relativamente soffice, ogni diminuzione nel diametro del canale vertebrale, come quella che potrebbe essere causata da una lussazione/sublussazione o da una frattura-lussazione/sublussazione, può risultare in una lesione del midollo spinale stesso, causando alterazioni, sia fisiologiche che morfologiche, nella trasmissione dell'impulso nervoso (Bagley, 2000). Possono seguire al trauma numerose conseguenze, quali ischemia, emorragia, alterazione nel

flusso sanguigno del midollo spinale, edema. Uno studio sulle malattie neurologiche nel cane (Fluheman *et al.*, 2006) ha riportato che il 7% dei disordini neurologici in questa specie è causato da fratture o lussazioni vertebrali, e in un ulteriore studio (Feeney e Oliver, 1980) si è riscontrato che l'80,4% delle fratture vertebrali nel cane risulta in un restringimento del canale vertebrale.

2.1.1 PATOGENESI DELLE FRATTURE VERTEBRALI

Secondo alcuni studi, la maggior parte delle fratture e lussazioni che avvengono a livello di asse corporeo si verificano in corrispondenza delle articolazioni tra le porzioni mobili e immobili dell'asse stesso, quali l'articolazione lombosacrale, quella cervicotoracica e l'atlanto-occipitale (Tator e Fehlings, 1991; Walker *et al.*, 1983; Feeney e Oliver, 1980). Sembra inoltre che il corpo vertebrale sia la componente che si frattura con più frequenza in tutte le regioni del rachide (Feeney e Oliver, 1980).

Le forze responsabili delle fratture e delle lussazioni vertebrali sono:

- Piegamento (estensione e flessione)
- Torsione (rotazione)
- Compressione (carico assiale)

Piegamento: le forze di piegamento comprendono l'estensione e la flessione.

Le lesioni da flessione della colonna vertebrale sono più comuni rispetto a quelle da estensione, e normalmente causano una disfunzione neurologica più severa.

Una pura iperflessione causa una lussazione del corpo vertebrale con possibile estrusione del nucleo polposo nel canale vertebrale (estrusione dorsale) (Shores, 1992). Un'iperflessione combinata con forze rotazionali causa instabilità (Bradford, 1987; Walker *et al.*, 1983).

Le lesioni da estensione alla colonna vertebrale solitamente sono causate da forze applicate sul dorso della colonna stessa (Walker *et al.*, 1983). L'iperestensione provoca il collasso delle faccette articolari e uno stiramento dell'anulo fibroso ventrale con conseguente estrusione ventrale del nucleo polposo del disco intervertebrale. Nel caso di iperestensione, la stabilità delle vertebre è mantenuta dai legamenti e dalle strutture

ossee, ed è solitamente indicata una gestione conservativa della frattura (Shores *et al.*, 1990; Walker *et al.*, 1983).

Compressione: le fratture da compressione della colonna vertebrale sono provocate da un carico assiale sulla colonna sommato ad una flessione della stessa. Sono classificate in fratture compressive a cuneo (*wedge compression fractures*) e fratture a scoppio (*burst fractures*) (Bradford, 1987; Walker *et al.*, 1983).

Le fratture compressive a cuneo della colonna occorrono quando l'osso spugnoso e corticale del corpo vertebrale viene piegato da severe forze di flessione mentre sull'area pelvica o della testa è applicato un carico assiale. Le regioni cervicotoracica, toracolombare e lombosacrale sono quelle nelle quali più frequentemente si verifica questo tipo di frattura (Shores, 1992). L'instabilità generatasi in tale tipo di frattura può essere anche minima (Walker *et al.*, 1983).

Le fratture a scoppio risultano da flessione associata a forze assiali che causano comminuzione dei corpi vertebrali con fratture lungo uno od entrambi i capi ossei. Il nucleo polposo può estrudere in ogni direzione, mentre i frammenti ossei possono essere spinti verso l'esterno o dentro il canale vertebrale. La stabilità della frattura dipende dalle strutture coinvolte e dal supporto legamentoso (Shores, 1992). Senza una tomografia assiale, è difficile ottenere una buona visualizzazione della compressione midollare spinale causata dai frammenti ossei nel canale vertebrale (Bradford DS, 1987); quando viene diagnosticato che dei frammenti ossei comprimono e talvolta lacerano il midollo spinale, una decompressione dorsale non è adeguata e si dovrà invece procedere con un'emilaminectomia (Bradford, 1987; Piermattei e Greely, 1979; Shores *et al.*, 1990).

Rotazione: combinazioni di forze flessorie e rotazionali provocano in genere degli spostamenti delle vertebre che sono classificati come sublussazioni, lussazioni e fratture/lussazioni (Shores, 1992). Una sublussazione è una dislocazione vertebrale minore, e la stabilità nel punto di lesione dipende dalle strutture danneggiate. Una radiografia o una fluoroscopia effettuata con estrema attenzione sotto stress articolare possono essere utilizzate per valutare il grado d'instabilità vertebrale (Shores *et al.*, 1990). Una lussazione è uno spostamento dello spazio intervertebrale quando la flessione è la principale forza causale della lesione e si verifica in contemporanea a

forze rotazionali. La frattura/lussazione occorre invece quando la forza predominante è quella rotazionale e le si associa una flessione (Walker *et al.*, 1983). Le fratture/lussazioni si verificano con maggior frequenza a livello dell'articolazione lombosacrale.

Spesso le forze rotazionali a livello di colonna vertebrale causano fratture trasverse. Queste fratture possono essere il risultato di più forze che causano avulsione di un processo vertebrale, e possono coinvolgere il processo trasverso, i peduncoli, o i processi spinosi; la stabilità spesso è buona (Bradford, 1987). L'intervento chirurgico in questo caso è sconsigliato salvo che non siano presenti altre fratture o che i peduncoli o processi fratturati invadano il canale vertebrale, causando compressione (Shores, 1992).

2.1.2 PATOFISIOLOGIA DEL TRAUMA VERTEBRALE

Sono possibili due tipi d'insulto midollare spinale primario (acuto), la compressione e la commozione, che sono forse i due criteri più importanti da tenere in considerazione in un trauma spinale oltre all'estensione della lesione. Con il termine commozione indichiamo, secondo la definizione di Shores, una forza dinamica che si verifica durante la lesione e che può essere un fattore ricorrente se la colonna vertebrale è instabile e l'animale è impropriamente trasportato, contenuto o manipolato prima della stabilizzazione. La compressione si verifica invece nel caso di un disco intervertebrale estruso o della presenza di frammenti ossei nel canale vertebrale, o a causa di sublussazioni, lussazioni, o oggetti esterni quali frammenti di pallottola.

Una lesione al midollo spinale può essere classificata come commozione o come lesione compressiva con commozione, giacché le lesioni di tipo compressivo causano sempre un certo grado di commozione; in ogni caso, è la compressione midollare, e non la commozione, che permette di tenere in considerazione una terapia di tipo chirurgico (Shores *et al.*, 1990).

Per chiarire meglio la differenza tra compressione e commozione, possiamo utilizzare come esempio il caso di un'estrusione discale. In una estrusione discale in un cane condrodistrofico il grado di compressione viene determinato dalla massa del nucleo degenerato estruso nel canale vertebrale, dal rapporto tra il diametro del canale

vertebrale e il diametro del midollo spinale nel punto dell'estrusione e dal grado di disidratazione presente nel disco degenerato, in quanto nuclei più degenerati e quindi più disidratati assorbiranno più acqua una volta estrusi nel canale vertebrale, andando a costituire una massa compressiva ancora più grande (Shores, 1985). Il grado di commozione è invece determinato dalla forza (velocità x massa) del nucleo estruso al momento dell'impatto sul midollo spinale.

Non si può quindi calcolare la severità di una lesione midollare spinale considerando solamente il grado di compressione, poiché una grande quantità di nucleo estruso che comprime gradualmente il midollo spinale potrebbe causare disfunzioni neurologiche meno gravi di una piccola massa di nucleo che "esplode" nel canale vertebrale ad elevata velocità (Matthiesen, 1983).

Lo stesso concetto può essere applicato alle fratture/lussazioni vertebrali, nelle quali si può verificare una minima compressione/massiva commozione del midollo spinale o viceversa. Questi fattori, compressione e commozione, sono le cause primarie del trauma midollare spinale, e determinano in grande misura il grado di compromissione della funzionalità del midollo spinale subito dopo il trauma (Shores *et al.*, 1990). Una lesione vertebrale primaria (meccanica) raramente causa una recisione fisica del midollo spinale, nonostante si possa invece verificare una completa perdita funzionale (recisione fisiologica) del midollo stesso (Tator, Fehlings, 1991).

Come conseguenza della lesione primaria accadono eventi sistemici, focali, cellulari e subcellulari, i quali a loro volta potranno determinare nuovo deterioramento funzionale e compromissione dell'integrità strutturale del midollo spinale. Questi eventi post-traumatici saranno definiti come lesione secondaria (Braund *et al.*, 1990; Tator e Fehlings, 1991).

Ricapitolando, una lesione primaria al midollo spinale può essere il risultato di una commozione o di una combinazione di commozione e compressione. Le conseguenze variano da danni minori, che causano piccole disfunzioni o piccoli cambiamenti strutturali, a danni più gravi, quali lacerazione, schiacciamento, o distrazione, risultanti in una disfunzione permanente (Shores *et al.*, 1990). La commozione è la maggior responsabile del grado iniziale di disfunzione neurologica, mentre un successivo peggioramento è il risultato di fattori secondari, quali shock neurogenico, ipossia midollare spinale, formazione di radicali liberi, squilibri elettrolitici con aumento del calcio intracellulare e conseguente vasospasmo, diminuzione del flusso sanguigno al

midollo spinale, ischemia ed eventuale necrosi della sostanza grigia e della sostanza bianca (Braund *et al.*, 1990; Tator e Fehlings, 1991).

2.1.3 LA TEORIA DEI TRE COMPARTIMENTI

La teoria dei tre compartimenti è un metodo utilizzato in medicina umana per classificare le fratture vertebrali, successivamente adattato per l'utilizzo nei piccoli animali (Shores *et al.*, 1990).

Ogni vertebra viene suddivisa in tre compartimenti, definiti da strutture anatomiche:

- Il compartimento dorsale – comprende le faccette articolari, le lamine, i peduncoli, il processo spinoso e le strutture legamentose di supporto tra le quali il legamento flavo;
- Il compartimento medio – comprende il legamento longitudinale dorsale, l'anulo dorsale, e la porzione dorsale del corpo vertebrale (pavimento del canale vertebrale);
- Il compartimento ventrale – comprende la restante parte del corpo vertebrale, le porzioni ventrale e laterali dell'anulo, il nucleo polposo e il legamento longitudinale ventrale.

Tramite la valutazione radiografica si indicano quanti e quali sono i compartimenti vertebrali colpiti; se solo uno dei tre compartimenti è danneggiato la frattura è considerata stabile, mentre se ad essere lesionati sono due o tre compartimenti la frattura è valutata come instabile. L'instabilità vertebrale e la compressione midollare sono i criteri per la scelta di una terapia chirurgica, mentre una frattura che dalle indicazioni radiografiche sembra coinvolgere solo uno dei tre compartimenti verrà ulteriormente indagata per mezzo di una mielografia o tramite l'utilizzo di una TC o di una RM per identificare un'eventuale compressione midollare o la presenza di schegge ossee all'interno del canale vertebrale; nel caso in cui non fossero presenti né compressione midollare né schegge ossee nel canale vertebrale si procederà con una terapia di tipo conservativo (Shores, 1992).

Shores ha utilizzato tale criterio di classificazione per tre anni e l'ha trovato abbastanza attendibile, nonostante i segni radiografici siano solo una rappresentazione statica della colonna vertebrale. Dovranno perciò essere considerati anche il concetto di instabilità acuta o cronica, lo stato neurologico dell'animale e la presenza o l'assenza di compressione del midollo spinale (Shores *et al.*, 1990). L'instabilità acuta implica che la frattura è capace di un'ulteriore dislocazione o movimento immediatamente dopo il trauma; è una conseguenza delle fratture-lussazioni e della perdita di tutti i supporti legamentosi, solitamente con coinvolgimento dei compartimenti dorsale e medio.

L'instabilità cronica indica fratture che non sono immediatamente associate a dislocazione, ma che porteranno ad una ulteriore angolazione della colonna durante la fase di guarigione e quindi ad una progressiva deformazione e peggioramento dello stato neurologico in un periodo che va da settimane a mesi post-trauma. L'instabilità cronica può anche risultare da una minima lussazione che non si stabilizza e causa compressione e commozione del midollo spinale ad ogni movimento dell'animale.

Il giudizio finale sulla stabilità o sulla instabilità di una frattura può però essere formulato solo sulla base di una mielografia con la colonna vertebrale in stress o combinata con una fluoroscopia (Matthiesen, 1983; Shores *et al.*, 1990).

È inoltre importante ricordare che, nel caso di un trattamento conservativo di una lesione vertebrale, l'animale dovrà essere monitorato tramite una serie di radiografie durante le 6-8 settimane post-trauma, giacché durante il riassorbimento osseo che si verifica durante le fasi iniziali della guarigione può svilupparsi un'instabilità vertebrale con collasso della frattura. Bisogna, a questo riguardo, prestare particolare attenzione ai cani giovani, nei quali ulteriori forze compressive (carico assiale) vengono applicate al sito di frattura a causa del continuo accrescimento delle vertebre contigue (Shores *et al.*, 1990).

2.1.4 FRATTURE E LUSSAZIONI DELLA COLONNA VERTEBRALE CERVICALE

Le vertebre cervicali si fratturano e si lussano più raramente rispetto a quelle della colonna toracolombare. Le lesioni più frequenti avvengono a livello del dente e del

corpo dell'epistrofeo (Seim, 2002). Secondo uno studio effettuato su 47 cani di 23 specie diverse (Bali *et al.*, 2008), l'incidenza delle fratture nel tratto cervicale è del 12%; altri studi avevano già in precedenza fornito dati compatibili con i risultati di Bali, con incidenze che andavano dal 7 al 20 % (Selcer *et al.*, 1991; Feeney e Oliver, 1980).

La maggior parte delle fratture cervicali sono fratture trasverse, e possono essere gestite tramite una terapia conservativa. Ci sono però delle eccezioni, che comprendono le sublussazioni atlantoassiali, le fratture della porzione craniale del corpo vertebrale dell'atlante, la lussazione bilaterale delle faccette articolari dorsali, e qualche frattura-lussazione atlanto-occipitale (Shores, 1992).

INSTABILITÀ ATLANTOEPISTROFEA

La lacerazione atlantoepistrofea nel cane è un evento raro, ma molto grave. Può essere di origine traumatica, ma alcuni animali sono predisposti a tale insulto a causa di alterazioni congenite delle prime due vertebre cervicali.

La patogenesi della lacerazione atlantoepistrofea consiste in una flessione ventrale forzata della testa: l'articolazione si muove fino al suo punto di massima flessione, i legamenti atlantoepistrofeo dorsale, apicale e trasverso si tendono anche fino alla loro rottura o alla rottura del processo odontoideo, del processo spinoso dell'epistrofeo, della porzione craniale del corpo dell'epistrofeo o combinazioni di queste. Questi fenomeni possono verificarsi in cani di ogni razza, sesso ed età (Sorjonen e Shires, 1981), ma nei cani normali, salvo che la forza di flessione non sia notevole, la gravità del trauma è generalmente lieve. Se però l'articolazione è di per sé instabile a causa di anomalie congenite o di sviluppo, come accade ad esempio nelle razze toy a livello di dente dell'epistrofeo a causa delle aberrazioni della chiusura dei piani di crescita fiseali, anche un minimo trauma può avere gravi conseguenze. È possibile che il dente sia assente (agenesia del dente dell'epistrofeo), o malformato, o privo di inserzioni legamentose: in tal caso il legamento atlantoepistrofeo dorsale deve supportare tutte le tensioni della flessione della testa.

Il dente dell'epistrofeo possiede sette centri di ossificazione, l'apice del dente si forma a nove - dodici settimane d'età. Una fusione precoce, parziale o una mancata fusione dei piani di crescita del dente possono determinarne una deviazione, un'ipoplasia o

un'aplasia, e la stabilità atlantoepistrofea ne risulterà ovviamente compromessa. Finché l'instabilità non genera danni al midollo spinale, essa è asintomatica; nel momento in cui si verifica un trauma midollare spinale il quadro diventa sintomatico e la gravità di quest'ultimo dipende dal grado di insulto al midollo spinale; i segni clinici saranno dolore o tetraparesi da motoneurone superiore. Nel caso dell'agenesia del dente dell'epistrofeo, le conseguenze dell'instabilità atlantoepistrofea sul midollo spinale saranno meno gravi rispetto a quelle causate da un dente normale o dorsalmente deviato. Nel caso invece in cui sia il corpo dell'epistrofeo a fratturarsi, il dente resta legato all'atlante e il trauma midollare conseguente è meno grave rispetto quello generato dalla rottura del legamento.

I segni clinici variano in base alla gravità del trauma: il segno più precoce e lieve è comunemente la dolorabilità cervicale, mentre in caso di trauma midollare più grave si avranno deficit propriocettori e motori nei quattro arti. È possibile anche il verificarsi di una paralisi respiratoria, con morte del paziente (Slatter, 2005).

2.1.5 FRATTURE E LUSSAZIONI DELLA COLONNA VERTEBRALE TORACOLOMBARE

Le vertebre del tratto toracolumbare sono quelle più soggette a fratture e lussazioni; la regione toracica caudale è la zona più colpita nel cane (Hoerlein, 1978).

Le fratture-lussazioni tra T1 e L6 occorrono nel 50-60% dei pazienti che sono stati oggetto di un trauma chiuso (Selcer *et al.*, 1991); un altro studio ha rilevato che un 50% delle lesioni alla colonna vertebrale avvengono a livello del tratto toracolumbare (Mc Kee, 1990). Un ulteriore studio dava il tratto lombare della colonna vertebrale (L1-L7) come la regione più soggetta a fratture (Feeney e Oliver, 1980), ma tale divergenza è forse imputabile al fatto che in questo studio è stato utilizzato un diverso raggruppamento delle localizzazioni delle lesioni e si è tenuto conto anche delle vertebre caudali.

Le fratture della colonna ventrale toracica da T1 a T9 sono rare e presentano una limitata possibilità di dislocazione a causa della stabilità intrinseca fornita dalle coste e dalle inserzioni dei muscoli intercostali, dal sostegno legamentoso e dalle masse muscolari epiassiali ben sviluppate (Seim, 2002).

Circa il 40-50% delle fratture e delle lussazioni della colonna vertebrale toracolombare si verificano unitamente ad altri problemi come pneumotorace, contusione polmonare, ernia diaframmatica, lesioni urogenitali ed ortopediche (Seim, 2002; Selcer *et al.*, 1991; Wheeler e Sharp, 1994).

Circa il 20% dei pazienti con una frattura-lussazione vertebrale toracolombare presenta una seconda frattura e/o lussazione a un altro livello della colonna vertebrale (Seim, 2002; Selcer *et al.*, 1991).

2.1.6 FRATTURE E LUSSAZIONI DELLA COLONNA VERTEBRALE CAUDALE E DEL SACRO

Le fratture e le lussazioni nei segmenti vertebrali più caudali sono frequenti (Shores, 1992); in uno studio retrospettivo effettuato osservando le radiografie di diverse fratture e/o lussazioni vertebrali, è stato riscontrato che nel cane la regione lombare è quella più colpita, con una prevalenza del 39% (Feeney e Oliver, 1980). Le fratture dei corpi vertebrali di L6 e di L7 sono comuni (Lewis *et al.*, 1989; Shores *et al.*, 1989; Ullman e Boudrieau, 1993); ciò che accade più comunemente è che la parte caudale del corpo vertebrale subisca una dislocazione cranioventrale. A livello di giunzione lombosacrale, il segmento craniale della frattura è instabile e dislocato dorsalmente rispetto al segmento stabile articolato con la pelvi (Shores, 1992).

Per quanto riguarda le fratture sacrali, uno studio retrospettivo ha indicato che ammontano ad un 7% sul totale e tutte sono state riscontrate in cani di piccola taglia (Bali *et al.*, 2008). Questa prevalenza nei cani di piccola taglia è giustificabile considerando che le vertebre di questi cani sono più sottili e quindi più fragili, mentre a livello lombare i cani di grossa taglia presentano vertebre molto più grandi e resistenti (Bali *et al.*, 2008). I risultati di Bali sono in linea con quelli di altri studi che avevano dato un'incidenza delle fratture sacrali compresa tra il 2% e il 23% (Mc Kee, 1990; Feeney e Oliver, 1980).

Poiché il midollo spinale nella specie canina termina a livello della sesta vertebra lombare, caudalmente a tale regione il canale vertebrale è più libero, poiché vi passano solo i nervi spinali aventi origine dalla porzione più caudale del midollo (cauda equina). Anche in caso di dislocazione di notevole grado quindi, in genere i trattamenti

in questa regione danno buoni risultati (Seim, 2002; Wheeler e Sharp, 1994). Spesso i segni clinici associati a traumi a livello della cauda equina sono diversi gradi di disfunzione dei nervi sciatico, sacrale e caudale.

2.1.7 STUDI PRECEDENTI

Vale la pena, in relazione all'argomento della presente tesi di laurea, riportare i risultati di alcuni studi precedenti:

Feeney e Oliver, 1980:

Un altro studio, meno recente, sulle lesioni vertebrali di tipo traumatico nel cane e nel gatto fu effettuato da Feeney e Oliver nel 1980. Furono analizzate le radiografie di 121 animali (95 cani e 26 gatti) per identificare la localizzazione ed il tipo di lesione, considerando solo i casi riguardanti i tratti cervicale, toracico, lombare e sacrale della colonna vertebrale. Furono esclusi tutti i casi in cui la diagnosi era di sublussazione atlanto-assiale e di instabilità vertebrale cervicale (Sindrome di Wobbler). I 95 cani presentavano un totale di 102 lesioni. I risultati furono i seguenti:

Distribuzione percentuale delle lesioni (solo cani):

- tratto cervicale: 6,9 %
- tratto toracico: 22,6 %
- tratto lombare: 39,1 %
- tratto sacrale: 22,6 %
- giunzione lombosacrale: 5,9 %
- giunzione toracolombare: 2,9 %

Distribuzione percentuale delle fratture (cani + gatti):

- tratto cervicale: 3,6 %
- tratto toracico: 17 %
- tratto lombare: 48,4 %
- tratto sacrale: 28,9%
- tratto coccigeo: 2,1 %

Distribuzione percentuale delle fratture nelle diverse aree anatomiche (cani+gatti):

- processo spinoso: 8,2 %
- lamina: 9,8 %
- corpo: 50 %
- epifisi: 3,6 %
- processi articolari: 9,8 %
- processi trasversi: 13,9 %
- fisi: 4,6 %

Lo studio retrospettivo di Feeney e Oliver afferma quindi che il corpo vertebrale è la parte della vertebra più comunemente fratturata e che nel cane la regione vertebrale maggiormente colpita è quella lombare. Un 80,4 % delle lesioni nel cane risultò anche in un restringimento del canale vertebrale.

Hawthorne *et al.*, 1999:

Questo studio effettuato su 56 cani con lesione vertebrale a livello cervicale ha dimostrato che l'atlante e l'epistrofeo sono le vertebre cervicali più colpite. Le fratture cervicali, comunque, sono meno frequenti rispetto alle fratture toracolombari (Hawthorne, 1999). I cani oggetto dello studio colpiti da trauma automobilistico erano il 63% del totale; il 48 % presentava anche lesioni secondarie.

I 56 cani presentavano un totale di 81 fratture; l'epistrofeo era la vertebra più colpita, costituendo il 36 % del totale delle fratture (il 52 % dei cani presentava una frattura dell'epistrofeo), mentre un 25 % dei cani aveva una frattura in C1. Solo un 15 % dei cani presentanti una lesione da C3 a C7.

Bali *et al.*, 2008:

Tale studio retrospettivo effettuato su 47 cani e 42 gatti aveva lo scopo di analizzare le differenze tra le fratture e/o lussazioni vertebrali nelle due specie in esame (Bali *et al.*, 2008).

Prenderemo in considerazione solo i dati ottenuti per la specie canina, rappresentata da 47 cani di 23 razze diverse.

Animali con fratture e/o lussazioni caudali o presentanti lussazioni lombosacrali non sono stati inclusi nello studio. Le lesioni sono state classificate secondo la loro localizzazione nella colonna vertebrale (C1-C5, C6-T2, T3-L3, L4-L7, S1-S3), e le lesioni che riguardavano le estremità dei segmenti (C5/C6, T2/T3, L3/L4, L7/S1) sono state incluse nel segmento ad esse craniale.

I 47 cani sono stati divisi in due gruppi: cani di piccola taglia (21 individui) e cani di taglia grande (26 individui).

In totale i 47 cani presentavano 59 lesioni (fratture e/o lussazioni) vertebrali, in queste percentuali:

- fratture-lussazioni (combinare): 37%
- lussazioni: 20% (13% nelle taglie piccole, 30% nelle taglie grandi)
- fratture trasverse: 17% (tutte rinvenute nei cani di piccola taglia)
- sublussazioni: 14%
- fratture a cuneo da compressione: 7%
- lesioni da iperestensione: 5%
- lesioni da iperflessione: 0%

La distribuzione delle lesioni era la seguente:

- C1-C5: 3%
- C6-T2: 9%
- T3-L3: 58%
- L34-L7: 33%
- S1-S3: 18%

I compartimenti vertebrali, tenendo conto che si era considerata la vertebra come divisa in due soli compartimenti, dorsale e ventrale (Sharp e Wheeler, 2005), il primo comprendente le due lamine e i processi associati più le strutture legamentose, il secondo costituito da corpo vertebrale, disco intervertebrale e legamento longitudinale dorsale e ventrale, erano coinvolti in tali percentuali:

- Compartimento dorsale: 17% (coinvolti solo cani di piccola taglia)

- Compartimento ventrale: 24%
- Entrambi i compartimenti: 59%

Nel 64% dei casi è avvenuta una dislocazione del segmento caudale: nel 63% dei casi la dislocazione del segmento caudale è stata di tipo ventrale, nel restante 37% di tipo dorsale.

Questo si può spiegare ricordando che una dislocazione in senso dorsale è impossibile senza andare a fratturare le faccette articolari, che sono strutture molto potenti soprattutto nei cani di grossa taglia (Bali *et al.*, 2008).

Le fratture e/o lussazioni vertebrali multiple erano presenti nel 15% dei cani, con incidenza molto maggiore nei cani di piccola taglia rispetto a quelli di taglia grande (rispettivamente 29 e 4 %).

Le lussazioni vertebrali avvenivano con incidenza maggiore nei cani di piccola taglia rispetto ai cani di taglia grande; ciò per le differenze anatomiche e per la maggior delicatezza delle vertebre dei primi.

Un interessamento dello spazio intervertebrale è stato segnalato nel 64% degli animali, stavolta con una prevalenza degli esemplari di grossa taglia (85% contro il 47% dei cani di piccola taglia).

Le fratture epifisarie vertebrali sono state riscontrate nel 37 % dei soggetti, mentre le fratture fisarie in un 10%, e solo in soggetti minori di un anno di età. Nel cane, la chiusura epifisaria vertebrale è completa dopo gli 11-14 mesi di età (Hare, 1961).

Disfunzioni nell'urinazione sono state riscontrate nel 36% dei soggetti, ed un altro studio aveva precedentemente dato risultati simili (30%) (Mc Kee, 1990).

Bruce *et al.*, 2008:

In questa valutazione retrospettiva di 95 casi di trauma vertebrale (di cui 84 cani e 11 gatti), i risultati per quanto riguarda la distribuzione delle lesioni furono i seguenti:

- tratto C1-C5: 10,1%
- tratto C6-T2: 1%
- tratto T3-L3: 54,5%

- tratto L4-L7: 36,4%

I pazienti che presentavano unicamente lesioni sacrali o coccigee furono esclusi dallo studio.

Il 63,2 % dei pazienti era stato vittima di un incidente stradale, e tali risultati sono in linea con quanto osservato in studi precedenti (Matthiesen, 1983; Turner, 1987; Selcer *et al.*, 1991; Hawthorne *et al.*, 1999; Mc Kee, 1990); le forze impresse sulla colonna da un urto violento come quello che si verifica in caso di incidente stradale rappresentano perciò la forza sufficiente per determinare una frattura e/o lussazione di una struttura stabile come la colonna vertebrale.

Non sono state trovate relazioni significative tra causa del trauma e severità della lesione, sede della lesione, presenza di lesioni multiple e incidenza delle complicazioni.

Prenderemo in considerazione i risultati di questi studi in seguito, per un confronto con i dati ottenuti nel nostro studio.

2.2 PATOLOGIE VERTEBRALI ATRAUMATICHE

Nel cane, come già riferito, la maggior parte delle fratture e delle lussazioni vertebrali deriva da un trauma fisico diretto (cause esogene, o traumatiche, di lesione vertebrale). Altre cause di lesione vertebrale possono essere di tipo endogeno o atraumatico: infezioni, processi patologici conseguenti a una neoplasia primaria o secondaria a livello vertebrale, malattie ossee nutrizionali. Tali patologie causano instabilità della colonna e quindi facilitano il verificarsi di lussazioni o fratture di quest'ultima (Slatter, 2005). Per completezza d'informazione, elencheremo qui di seguito le principali patologie atraumatiche che possono colpire la specie canina a livello di vertebre e di midollo spinale:

- Instabilità Atlanto-Epistrofea
- Spondilopatia Cervicale (o Spondilomielopatia Cervicale Caudale, Instabilità Vertebrale Caudale, Sindrome di Wobbler)

- **Malattia del Disco Intervertebrale (Discopatia):**
 - Discopatia Cervicale
 - Discopatia Toracolombare

- **Disturbi Spinali Degenerativi:**
 - Mielopatia Degenerativa
 - Cisti Sinoviali Extradurali
 - Leucodistrofie

- **Disturbi Spinali Anomali e Dello Sviluppo:**
 - Malformazioni Vertebrali Congenite
 - Esostosi Cartilaginee
 - Meningocele e Mielomeningocele
 - Disrafia Spinale
 - Idromielia e Siringomielia
 - Seno Pilonidale (Seno Dermoide)
 - Cisti Epidermoide
 - Cisti Aracnoidee Spinali

- **Disturbi Spinali Idiopatici:**
 - Calcinosi Tumorale (Calcinosi Circoscritta)
 - Iperostosi Scheletrica Idiopatica Disseminata

- **Disturbi Spinali Infiammatori e Infettivi:**
 - Discospondilite

- Empiema Spinale Epidurale
- Meningite e Meningomielite
 - Meningoencefalomielite Granulomatosa
 - Meningite Asettica
 - Meningiti Infettive
- Disturbi Ischemici Spinali:
 - Mielopatia Embolica Fibrocartilaginea
- Patologie Lombosacrali:
 - Stenosi Lombosacrale Degenerativa
 - Discopatia Degenerativa Cronica
 - Vertebre di Transizione
 - Osteocondrosi
 - Stenosi Congenita del Canale Vertebrale

Particolare attenzione meritano, in relazione alla presente tesi di laurea, le patologie a livello di disco intervertebrale, in quanto in una frattura, lussazione o sublussazione spesso si verificano fenomeni di estrusione del disco, anche all'interno del canale midollare: se il disco in questione presenta un certo grado di degenerazione è possibile che l'entità della lesione midollare conseguente sia più elevata rispetto a ciò che accadrebbe nel caso di un disco sano. Ad esempio, come si era già accennato prima, l'estrusione dorsale di un disco condrodistrofico può esercitare una maggior compressione sul midollo spinale rispetto all'estrusione di un disco sano, poiché il nucleo polposo dentro l'anulo fibroso si trova ormai in uno stato di disidratazione tale che, nel momento in cui estrude nel canale vertebrale, andrà ad assorbire molti liquidi aumentando la sua massa ed esercitando perciò una compressione maggiore.

Parleremo quindi qui di seguito in maniera più specifica della malattia del disco intervertebrale.

2.2.1 PATOLOGIE DEL DISCO INTERVERTEBRALE

Le discopatie nel cane e nell'uomo presentano caratteristiche differenti. La differenza saliente è la tendenza a manifestarsi nel cane con sintomi più gravi; nell'uomo, infatti, le discopatie sono frequentemente lombari e i segni clinici per lo più rappresentati da dolore lombare, mentre nel cane le compressioni sono più frequentemente a carico del tratto toracolombare e al dolore si associano spesso gradi marcati di debolezza fino alla paralisi.

A livello lombare, la zona più colpita nell'uomo, le discopatie comprimono le radici nervose, che sono strutture molto resistenti; a livello toracolombare invece le compressioni sono a carico del midollo spinale, una struttura molto delicata e più sensibile agli effetti compressivi prodotti dalle discopatie. I segni clinici associati sono spesso molto gravi e le conseguenze possono essere invalidanti. La maggior incidenza delle patologie discali nel cane è tra soggetti giovani, con un picco tra 4-6 anni di età (Slatter, 2005).

Quando la colonna vertebrale subisce un trauma grave, si verificano in prevalenza fratture vertebrali più che rotture dei dischi (Hoerlein, 1987); ciò è indice della grande capacità di sopportazione dell'anello discale del cane agli stress distensivi.

Quando il disco è compresso, ciò che avviene è una dislocazione del nucleo incomprimibile in tutte le direzioni e una distensione dell'anello, e le forze si disperdono sull'area aumentata dell'anello (Smith, 1966). La capacità di un disco di assorbire colpi dipende da tre fattori:

- Il contenuto in acqua del nucleo, per le sue proprietà leganti, che è direttamente proporzionale al contenuto in proteoglicani;
- L'integrità dell'anello fibroso;
- L'elasticità dell'anello fibroso.

Con l'età i dischi subiscono una degenerazione metaplastica a causa di una perdita di proteoglicani (e quindi di acqua) e di un'alterata meccanica del nucleo, fattori che vanno a diminuire la nutrizione del disco (Braund, 1981; Braund *et al.*, 1975).

Esistono due tipi di degenerazione metaplastica del disco: quella che avviene nei cani condrodistrofici (Bassotto Tedesco, Pechinese, Barboncino, Lhasa Apso, Shih-tzu, Bulldog francese, Cocker Spaniel, Beagles, cani meticci con corpo lungo e arti corti), detta metaplasia condroide, e quella che accade nei cani non condrodistrofici (cani di taglia grande quali Pastore Tedesco, Labrador Retriever, Dalmata, Dobermann, etc.), detta metaplasia fibroide.

Cani di ogni razza possono essere colpiti, tuttavia le razze di piccola taglia e in particolare le razze condrodistrofiche hanno un'incidenza di tali patologie notevolmente superiore. Le razze condrodistrofiche sono accomunate da una patologia delle cartilagini di accrescimento che è responsabile anche del loro aspetto con arti poco sviluppati rispetto alla lunghezza del tronco.

Metaplasia condroide (cani condrodistrofici): la metaplasia condroide si manifesta tra gli 8 mesi ed i 2 anni di età; a partire da 1 anno di età il 75% dei dischi intervertebrali è soggetto a un certo grado di degenerazione (Slatter, 2005). Se ad essere interessato dalla discopatia è il tratto toracolombare i segni clinici insorgono con maggior frequenza nei soggetti di età compresa tra i 3 e 6 anni. Il disco diviene più cartilagineo e il nucleo assume una consistenza granulare a causa della perdita di proteoglicani e di glicosamminoglicani e dell'aumento del collagene, talvolta arrivando addirittura a una calcificazione del nucleo degenerato (Braund, 1981; Braund *et al.*, 1975). Si può quindi verificare una rottura completa dell'anello dorsale, il che comporta un'estrusione esplosiva verso l'alto di parte o di tutto il materiale nucleare nel canale vertebrale: si parla di estrusione discale o di ernia discale di tipo Hansen I, che si verifica in genere nei cani tra i 2 e i 7 anni d'età, con picco tra i 4 ed i 5 anni (Hansen, 1952).

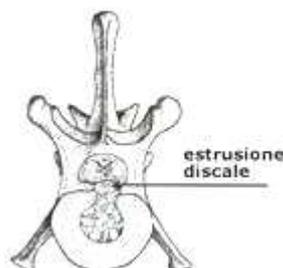


Fig. 2: estrusione discale

Metaplasia fibroide (cani non condrodistrofici): la metaplasia fibroide del disco si manifesta in età più avanzata, provocando in genere una sintomatologia meno pronunciata rispetto alla metaplasia condroide. Gli animali colpiti sono di taglia grande e hanno oltre i 5-6 anni di età; sono ernie singole o più spesso multiple, in genere a localizzazione toracolombare. È una metaplasia a sviluppo lento, insidioso, il nucleo polposo resta ad elevato contenuto di glicosamminoglicani e l'anulo fibroso ha minor contenuto in fibre collagene rispetto ai dischi condrodistrofici, il contenuto in acqua del nucleo polposo rimane quindi abbastanza elevato e la calcificazione è un evento raro, la sua consistenza rimane simile a quella di un gel. Questa condizione favorisce l'instaurarsi di una cosiddetta protrusione discale o ernia discale di tipo Hansen II, con una protrusione a cupola dell'anello dorsale nel canale vertebrale. A deformarsi e a protrudere nel canale vertebrale è quindi la porzione fibrosa del disco intervertebrale (Hansen, 1952).

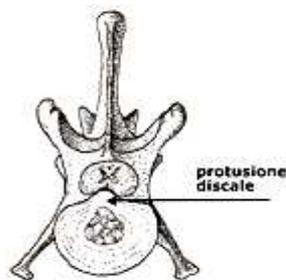


Fig. 3: protrusione discale

DISCOPATIA CERVICALE

Nel cane, il 14-16% delle patologie discali intervertebrali si manifestano a livello di colonna cervicale (Gage, 1975; Hoerlein, 1978).

Le razze condrodistrofiche ed altre razze di piccola taglia, in particolare Bassotti, Barboni, Beagle e toy, hanno un maggior rischio di sviluppo della patologia. Il Dobermann è l'unica razza non condrodistrofica e di grande mole comunemente colpita (Walker e Betts, 1985); ciò è relazionabile all'instabilità cervicale caudale (sindrome di Wobbler) tipica di tale razza. Non sembra vi siano predisposizioni di

nesso, mentre per quanto riguarda l'età, la maggior parte dei cani colpiti ha un'età compresa tra i quattro e gli otto anni.

In questo tratto della colonna vertebrale i segni clinici di una patologia discale sono meno gravi rispetto ai segni che occorrono in caso di una patologia discale della stessa entità situata a livello toracolombare, perché nella regione cervicale vi è un più piccolo rapporto del diametro del midollo spinale con il diametro del canale vertebrale. (Shores, 1985; Walker e Betts, 1985).

Come descritto in tabella 2, le lesioni cervicali si verificano prevalentemente a livello di C2-C3, con frequenza che decresce in maniera progressiva fino a C7-T1. In uno studio che ha preso in considerazione 363 casi di discopatia cervicale, il 44% delle lesioni si era verificato a livello di C2-C3, il 23,5% a livello di C3-C4, il 13,5% a livello di C4-C5, il 13% a livello di C5-C6, il 4,5% a livello di C6-C7 e l'1,5% a livello di C7-T1 (Hoerlein, 1978).

Tab. 2: distribuzione delle discopatie cervicali in uno studio effettuato su 363 cani colpiti (Hoerlein, 1978).

| | |
|-------|-------|
| C2-C3 | 44% |
| C3-C4 | 23,5% |
| C4-C5 | 13,5% |
| C5-C6 | 13% |
| C6-C7 | 4,5% |
| C7-T1 | 1,5% |

DISCOPATIA TORACOLOMBARE

Le patologie discali intervertebrali nel cane sono molto più frequenti a livello toracolombare che non a livello cervicale, con un'incidenza del 84-86% contro un 14-16% di quelle cervicali.

La razza più comunemente colpita è il Bassotto, ma anche Shitzu, Pechinese, Lhasa Apso, Welsh Corgie e Beagle sono razze a rischio.

A differenza delle patologie discali cervicali, nelle quali non sembra esserci una predisposizione di sesso, qui sembrano essere più colpiti i cani maschi rispetto alle femmine, e che le femmine sterilizzate siano più a rischio rispetto le femmine intere.

Sebbene non dimostrate, queste differenze sono state attribuite agli effetti protettivi degli estrogeni contro la degenerazione discale (Priester, 1976).

Per le razze condrodistrofiche l'età media d'insorgenza dei segni clinici è attorno ai 3-6 anni, mentre per le razze non condrodistrofiche tale media si alza fino agli 8-10 anni (Shores, 1985).

I dischi più comunemente colpiti a livello toracolombare sono quelli tra T11-T12 e L1-L2; in uno studio effettuato su 2257 pazienti, il 26,5% delle lesioni si manifesta a livello di T12-T13, il 25,4% a livello di T13-L1. Come accade per le patologie discali cervicali, l'incidenza diminuisce procedendo in direzione caudale: il 12,7% delle lesioni occorre a carico di L1-L2, l'8% a livello di L2-L3, il 7,3% tra L3 e L4, il 5,5% tra L4-L5, l'1,5% tra L5-L6. Il coinvolgimento diminuisce anche cranialmente a T12-T13, con l'11,5% delle lesioni tra T11 e T12 e lo 0,9% tra T10 e T11 (tabella 3) (Griffiths, 1972).

Tab. 3: distribuzione delle discopatie toracolombari in uno studio effettuato su 2257 pazienti (Griffiths, 1972).

| | |
|---------|-------|
| T10-T11 | 0,9% |
| T11-T12 | 11,5% |
| T12-T13 | 26,5% |
| T13-L1 | 25,4% |
| L1-L2 | 12,7% |
| L2-L3 | 8% |
| L3-L4 | 7,3% |
| L4-L5 | 5,5% |
| L5-L6 | 1,5% |

CAPITOLO 3: ATTUALI POSSIBILITA DIAGNOSTICHE NELLO STUDIO DELLE PATOLOGIE VERTEBRALI IN MEDICINA CANINA

In questa tesi di laurea, considereremo le metodiche diagnostiche disponibili per lo studio delle patologie vertebrali canine in relazione alle patologie di tipo traumatico.

In caso di sospetto trauma della colonna vertebrale, dopo un attento esame fisico e neurologico le procedure diagnostiche raccomandate sono: la radiografia della colonna vertebrale senza contrasto in proiezioni latero-laterale e dorso-ventrale, mirate, oblique

e stressate (o dinamiche); la raccolta e l'analisi del liquido cefalorachidiano (LCR); la mielografia. Altre metodiche diagnostiche che possono essere utilizzate sono la TC (Tomografia Computerizzata), la RM (Risonanza Magnetica) e i test elettrodiagnostici; la scelta per l'utilizzo di queste altre metodiche si basa sulla natura della frattura o della lussazione e sui risultati della radiografia, della mielografia e dell'analisi del LCR, e sulla decisione se eseguire o no una sedazione o un'anestesia (vedi in seguito).

3.1 ESAME FISICO

Il protocollo diagnostico per un paziente traumatizzato inizia sempre con la valutazione delle lesioni e delle condizioni che possono costituire un pericolo per la vita dell'animale, quali ad esempio shock emorragico o pneumotorace. Dopo le valutazioni iniziali e dopo essere state prese tutte le misure per stabilizzare il paziente, sarà necessario effettuare una valutazione di tutti i sistemi organici ed è consigliabile l'effettuazione di un esame ematobiochimico, di un'urinalisi e di un elettrocardiogramma (Shores, 1990).

3.2 ESAME NEUROLOGICO

L'esame neurologico nell'animale in decubito con possibile frattura o instabilità vertebrale è limitato alla valutazione dello stato mentale, della postura, dei nervi cranici, del tono muscolare, dei riflessi spinali e della sensibilità dolorifica. La localizzazione della lesione vertebrale potrà essere determinata tramite tali valutazioni (Shores *et al.*, 1990).

3.3 NEURORADIOLOGIA: IMAGING DELLA COLONNA VERTEBRALE

3.3.1 RADIOGRAFIA

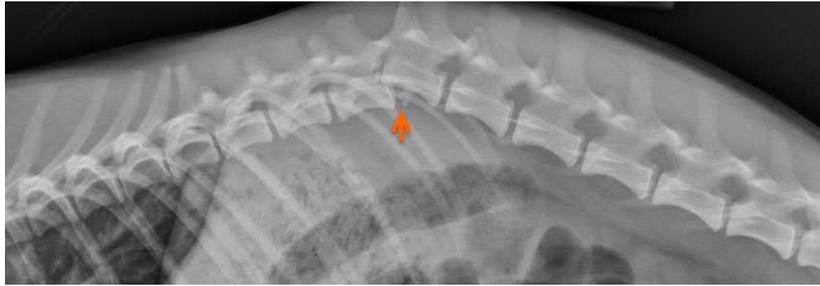


Fig. 4.: Radiografia di rachide di cane con lussazione vertebrale (freccia arancione) (www.vet.cam.ac.uk).

Dopo un attento esame neurologico, prima di manipolare ulteriormente l'animale devono essere eseguite le radiografie dell'intera colonna vertebrale, focalizzando l'attenzione sulla sede in cui sospetto l'eventuale lesione midollare (Bagley, 2000).

Gli scopi dell'esecuzione di una radiografia completa della colonna in caso di trauma vertebrale sono:

- La precisa localizzazione delle lesioni
- L'evidenziazione di lesioni multiple non sospettate sulla base dell'esame neurologico
- la valutazione delle indicazioni per la chirurgia
- la determinazione della procedura chirurgica più adeguata

Salvo che non sia disponibile un fascio radiogeno orizzontale, con il tavolo posto di traverso, in modo da ottenere proiezioni ventrodorsali senza causare nuove lesioni al midollo spinale dovute al posizionamento del paziente in decubito dorsale, è indicato limitarsi ad eseguire delle proiezioni laterolaterali (Slatter, 2005). Poiché fratture e lussazioni possono essere sottili, una buona qualità delle radiografie e un adeguato posizionamento dell'animale sono spesso di grande aiuto (Brawner *et al.*, 1990; Feeney e Oliver, 1980). Una povera tecnica radiografica risultante da una rotazione della colonna vertebrale, soprattutto a livello di regione cervicale, può rendere difficile un giudizio su una possibile instabilità e mal allineamento vertebrale (Bagley, 2000).

Dopo l'esame neurologico si decide se anestetizzare o sedare l'animale e si procede all'esecuzione del radiogramma (Seim, 2002). L'anestesia sarebbe molto utile giacché permette un posizionamento preciso dell'animale durante l'esecuzione della

radiografia e consente di procedere con l'analisi del LCR, la mielografia, le procedure elettrodiagnostiche ed, eventualmente, la TC o la RM. Durante l'eventuale intubazione per l'esecuzione di un'eventuale anestesia, è necessario assicurarsi che la colonna vertebrale non subisca eccessivi movimenti, in modo particolare se il sospetto di trauma cade su una delle vertebre cervicali (Slatter, 2005).

In ogni caso, l'anestesia o la sedazione sarebbero comunque da evitare per due ragioni: 1) l'esaminatore potrebbe essere incerto a riguardo della diagnosi fatta sulla base dell'esame neurologico, e anche con una semplice sedazione una presa visione di ulteriori indizi di carattere neurologico risulterebbe impossibile; 2) senza la protezione fornita alla colonna vertebrale dal tono muscolare presente nell'animale sveglio (non sedato/anestetizzato), e quindi senza la contrazione muscolare paravertebrale volontaria, si va ad aumentare l'instabilità vertebrale ed i movimenti sfavorevoli eseguiti durante il posizionamento del paziente potrebbero essere più marcati, rendendo possibile un peggioramento della lesione (Shores, 1992; Bagley, 2000).

È indicato perciò procedere in tale maniera: tramite un'indagine radiografica effettuata senza anestesia formulare un giudizio iniziale per determinare l'effettiva presenza o l'assenza di una frattura o di potenziale instabilità vertebrale; se l'iniziale studio radiografico rivela una lesione alla colonna vertebrale, solo allora si valuterà l'utilizzo dell'anestesia per l'esecuzione di ulteriori studi diagnostici, pesando i vantaggi che porterebbe l'anestesia con i potenziali rischi di ulteriori lesioni vertebrali e al midollo spinale durante il posizionamento dell'animale anestetizzato (Shores, 1992).

Può occasionalmente accadere che nella radiografia non sia evidenziabile alcuna frattura, lussazione o sublussazione nonostante la presenza, all'esame neurologico, di significativi deficit indicativi di trauma midollare. Questo può accadere se la dislocazione vertebrale si verifica al momento del trauma, ma è poi seguita da un immediato ritorno all'allineamento normale (a causa della forte muscolatura paravertebrale infatti, le vertebre possono subire uno spostamento significativo acuto al momento del trauma, per poi essere successivamente "tirate indietro" ad una posizione normale), oppure, più comunemente, se vi è stata una contusione del midollo spinale come conseguenza di un trauma, di un'erniazione traumatica del disco intervertebrale, o di un'emorragia extradurale determinante una compressione midollare (Slatter, 2005). In molti casi quindi il giudizio neurologico sulla severità

della lesione vertebrale è più importante, nella formulazione di una prognosi, rispetto a quanto non lo sia l'indagine radiografica.

Tramite la metodica radiologica, sono riscontrabili anche eventuali disturbi ai tessuti molli adiacenti alla colonna vertebrale come lesioni della muscolatura paravertebrale ed ematomi, i quali costituirebbero un ulteriore indizio radiografico della sede del trauma; inoltre, si può tentare di stabilire il grado d'instabilità vertebrale, secondo il modello di suddivisione a tre compartimenti (Bagley, 2000).

Ricordiamo infine che una serie radiografica completa che va dalla regione cervicale a quella lombosacrale è l'ideale per individuare fratture multiple (Shores, 1992).

Secondo uno studio (Kinns *et al.*, 2006), la sola radiografia non è un metodo diagnostico abbastanza sensibile per il riconoscimento di potenziali lesioni acute alla colonna vertebrale nel cane, ed è spesso necessario associarvi altre metodiche diagnostiche quali mielografia, tomografia computerizzata o risonanza magnetica.

3.3.2 MIELOGRAFIA

La mielografia, così come altre tecniche d'imaging avanzate quali la tomografia computerizzata e la risonanza magnetica, è necessaria per stabilire se vi è compressione del midollo spinale e per riscontrare eventuali ulteriori lesioni non visibili nella radiografia (Bagley, 2000).

In un animale con trauma midollare, un mielogramma può: 1) determinare l'estensione della tumefazione del midollo spinale da commozione negli animali che non hanno subito frattura o lussazione vertebrale; 2) evidenziare un'emorragia extradurale non visibile nella radiografia in bianco; 3) localizzare con accuratezza un'eventuale estrusione traumatica del disco intervertebrale; 4) identificare altre lesioni non significative rispetto a quella determinante i segni clinici; 5) identificare lacerazioni durali (Yarrow e Jeffery, 2000).

L'iniezione del mezzo di contrasto può essere eseguita a livello della cisterna magna, o a livello di cisterna lombare, ma per cani e gatti con trauma spinale si preferisce la seconda.

L'uso di agenti iodati non ionici e idrosolubili ha ridotto le complicazioni associate all'uso delle mielografie (Feltrin *et al.*, 2004), ciononostante si possono verificare crisi

convulsive generalizzate post-mielografia e il verificarsi di questi attacchi potrebbe avere effetti devastanti in un animale con una colonna vertebrale instabile; il clinico perciò dovrebbe essere preparato ad affrontare ogni procedura chirurgica necessaria (Shores, 1992).

3.3.3 ANALISI DEL LIQUIDO CEFALORACHIDIANO (LCR)

Dopo un trauma spinale è importante eseguire un'analisi del LCR, per diagnosticare eventuali disfunzioni midollari. Se un problema midollare è diagnosticato tramite analisi del LCR, può essere che tale problema fosse già presente prima del trauma (es.: una preesistente meningomielite causata da un'infezione da cimurro) e che non sia stato quindi causato dal trauma stesso.

In caso si sospetti un'aumentata pressione intracranica, devono essere adottate particolari precauzioni durante il prelievo (LeCouteur e Grandy, 2000; Wheeler e Sharp, 1994), poiché l'improvvisa diminuzione nella quantità di liquido cerebrospinale causata dal prelievo stesso potrebbe andare ad alterare l'equilibrio creatosi a livello intracranico.

3.3.4 TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC)

La ricostruzione tridimensionale dell'immagine ottenibile grazie alla TC dà informazioni anatomiche addizionali riguardo al contorno osseo (Bagley, 2000). Com'è noto, una TC è preferibile a una RM per la visualizzazione del tessuto osseo. Nel caso in cui una frattura o una lussazione vertebrale non sia sufficientemente definita tramite una radiografia in bianco o una mielografia, è possibile quindi eseguire un TC-mielografia, utilizzando in particolare le tecniche di ricostruzione tridimensionale. La TC-mielografia è molto utile soprattutto per l'orientamento delle fratture della regione cervicale craniale e per l'esatta localizzazione del materiale discale intervertebrale (Kraus *et al.*, 1997).

In un animale con trauma alla colonna vertebrale, è necessario come già riferito prestare particolare attenzione ai movimenti impressi alla colonna durante il

posizionamento del paziente e tenere conto della necessità di un'anestesia avente durata sufficiente da permettere un esame tomografico completo (Slatter, 2005).

Sarà quindi compito del clinico determinare la necessità o meno dell'effettuazione di una diagnostica per immagini avanzata tenendo conto del tempo e delle manipolazioni addizionali richieste per l'acquisizione dell'immagine (Shores, 1992).

3.3.5 RISONANZA MAGNETICA (RM)

La risonanza magnetica ha il vantaggio di mostrare informazioni riguardanti le alterazioni dei tessuti molli quali il midollo spinale, nonostante il dettaglio osseo non sia così ben definito come lo è nella TC (Bagley, 2000).

La risonanza magnetica permette quindi una valutazione indiretta dei tessuti molli nel canale vertebrale, dei tessuti molli paraspinali, dei dischi intervertebrali nonché delle strutture legamentose (Gopal e Jeffery, 2001).

L'uso della RM può essere precluso dopo un intervento chirurgico per la riparazione di una frattura o di una lussazione vertebrale, a causa della presenza d'impianti metallici e degli artefatti associati che influenzano la risonanza (Slatter, 2005).

3.4 LA DENSITOMETRIA OSSEA (DXA)

La densitometria ossea nasce verso gli anni '60 con l'obiettivo di ottenere delle misure quantitative della densità minerale ossea per la diagnosi e il monitoraggio della osteoporosi post-menopausale nelle donne.

La radiografia classica non fornisce infatti informazioni sulla densità minerale ossea, aspetto indispensabile per la diagnosi delle malattie osteopenizzanti.

Densitometria tramite l'utilizzo di radiazioni ionizzanti

Ci sono 4 metodi per determinare la densità ossea in base all'attenuazione di un raggio di fotoni o di raggi-X. Tali metodi sono:

- SPA - assorbimetria a singolo raggio fotonico - (*single photon absorptiometry*)
- DPA - assorbimetria a duplice raggio fotonico - (*dual photon absorptiometry*)
- SXA - assorbimetria a singolo raggio X - (*single x-ray absorptiometry*)
- DXA - assorbimetria a duplice raggio X - (*dual X-ray absorptiometry*)

Tra questi, i primi metodi sono ormai caduti in disuso, mentre il DXA è il metodo standard per gli studi di ricerca.

DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry)

La tecnologia DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) ha rappresentato un significativo progresso nell'ambito della densitometria: la fonte di radiazioni usata è più stabile e la risoluzione ottenuta è migliore (Sartoris e Resnick, 1990); grazie alle sue caratteristiche, la DXA ha sostituito le metodiche SPA e DPA. Il grande vantaggio della DXA rispetto alla radiologia convenzionale è il fornire dati quantitativi, mentre la radiografia tradizionale è soggettiva e molto influenzata da fattori tecnici (Schwarz *et al.*, 2000).

Nella DXA vengono inviate alla regione di interesse due flussi di raggi X di diversa frequenza: poiché osso e tessuti molli possiedono diversi coefficienti di attenuazione dei raggi X, l'osso assorbe maggiormente i raggi X di minor energia rispetto al tessuto adiposo. Vengono quindi utilizzati dei rivelatori e un algoritmo per distinguere l'attenuazione avvenuta per ognuno dei due flussi di raggi X dopo il passaggio attraverso la regione in esame, in modo da poter infine esprimere una misura in termini di contenuto minerale osseo (BMC) e di densità minerale ossea (BMD).

Tre dei metodi attualmente utilizzati sono offerti da Hologic, Lunar e Norland.

L'apparecchiatura DXA è costosa e ingombrante ma il processo di scansione è più rapido (tempi molto brevi per l'intero corpo) e l'esposizione alle radiazioni è bassa.

Tutte le macchine forniscono un'immagine sullo schermo di un monitor; tali immagini possono così essere salvate nel computer per assicurare la riproducibilità in misurazioni seriali (Woolf e Dixon, 1998). La DXA è in grado di eseguire misurazioni della massa ossea della colonna vertebrale lombare, del femore e dell'intero scheletro con elevata precisione (capacità dello strumento di fornire lo stesso risultato in misurazioni ripetute) e accuratezza (corrispondenza tra la stima acquisita e il valore vero del dato) in vivo. L'errore di precisione in vivo per le indagini sulla colonna

vertebrale è minore dell'1% e l'errore di accuratezza è circa del 2-4 %. La DXA permette una risoluzione dell'immagine fino a 0,76 mm x 1 mm, il che consente di ottenere immagini più dettagliate e di qualità simile a quella prodotta da apparecchi radiografici e soprattutto una maggiore affidabilità rispetto alle tecniche precedenti. La DXA, nonostante i suoi grandi vantaggi, richiede una procedura altamente standardizzata; è importante che il soggetto o la struttura ossea da analizzare sia sempre ben centrato e nella stessa posizione, e che la macchina venga periodicamente tarata utilizzando il fantoccio di calibrazione.

La tecnologia DXA è diventata una procedura standard per una valutazione non invasiva del contenuto minerale osseo (BMC) e della densità minerale ossea (BMD) nella ricerca e nella clinica medica umana (Ortolani, 1990; De Aloysio *et al.*, 1994), anche se i dati relativi ai piccoli animali sono ancora pochi (Lauten *et al.*, 2000).

Essendo uno strumento molto sensibile, consente di svolgere misurazioni di tipo seriale negli stessi soggetti evidenziando cambiamenti relativamente piccoli nella massa ossea in una serie di misurazioni nel tempo; permette perciò di eseguire studi di lunga durata sulle condizioni metaboliche associate alla rarefazione dell'osso e sugli effetti sperimentali dei farmaci sul metabolismo di quest'ultimo, nonché sulla nutrizione, sulla crescita e sullo sviluppo scheletrico (Grier *et al.*, 1996; Guglielmini *et al.*, 2002; Zotti *et al.*, 2003, 2004). La DXA può essere inoltre utilizzata per misurare la risposta dell'osso alle fratture, misurando le BMD del sito di frattura e dell'osso distalmente al sito di frattura (Janes *et al.*, 1993; Eyres e Kanis, 1995).

La dose radioattiva che riceve l'operatore eseguendo l'indagine DXA non viene considerata rischiosa, non è necessario interporre schermi antiradiazioni tra il paziente e il radiologo, anche se quest'ultimo si trova a meno di un metro di distanza dal tavolo dove viene eseguita la scansione. Con le nuove generazioni di densitometri la dose a cui vengono esposti sia il paziente che l'operatore aumentano in modo significativo. Patel *et al.* (1996) hanno visto che, utilizzando la macchina QDR 4500, il radiologo è esposto ad una dose di 2,4 μSv all'ora contro i 0,12 $\mu\text{Sv/h}$ del QDR 1000. Per ovviare a questo inconveniente, l'operatore dovrebbe rimanere ad almeno 2 metri di distanza dal paziente nel corso della scansione. Per quanto riguarda il paziente, la dose radioattiva a cui viene esposta la regione interessata dall'analisi è di circa 5 μSv , una

quantità almeno di cinque volte inferiore a quella a cui il paziente è esposto in un normale esame radiologico (Nordin, 1994).

Il miglioramento dei protocolli analitici dei densitometri a raggi X di ultima generazione consente un'elevata sensibilità nell'individuare variazioni relativamente piccole della massa ossea anche in animali di piccole dimensioni, come ad esempio il gatto o il coniglio (Lauten *et al.*, 2000).

Densitometria ossea in Medicina Veterinaria

Negli ultimi anni, molti densitometri utilizzati in medicina umana sono stati riadattati per il loro utilizzo nella medicina veterinaria (Grier *et al.*, 1996), dove trovano applicazione nello studio delle malattie metaboliche ossee, nel monitoraggio delle fratture e degli impianti protesici, e nella valutazione degli effetti dei farmaci sul metabolismo osseo (Newman *et al.*, 1995). La densitometria è stata utilizzata anche per degli studi sperimentali, effettuati sugli animali, sulla patogenesi e terapia dell'osteoporosi post-menopausale delle donne (Mitlak *et al.*, 1994). Nonostante tali utilizzi, la densitometria ossea non è ancora ampiamente diffusa nella clinica veterinaria. Il perfezionamento delle tecniche in questi ultimi anni ha reso possibile estendere l'uso dei densitometri anche nel campo dell'ortopedia e della medicina interna, poiché i nuovi strumenti densitometrici sono così sensibili da individuare variazioni relativamente piccole della massa. Il vantaggio fondamentale dato da questi nuovi strumenti è quello di fornire una migliore risoluzione delle immagini e di ridurre a pochi minuti i tempi di scansione, permettendo quindi, in campo veterinario, una riduzione dei dosaggi e dei tempi di mantenimento dell'anestesia. Per coniglio, ratto e gatto sono stati introdotti dei software ad altissima risoluzione e viene applicato, sopra il collimatore originale, un piccolo collimatore dei raggi X, per permettere l'utilizzo della tecnica densitometrica anche in animali di così piccole dimensioni (Mitlak *et al.*, 1991; Griffin *et al.*, 1993; Garcia Moreno *et al.*, 1995). Nel cane la densitometria ossea a raggi X è stata utilizzata per lo studio del metabolismo osseo e per il monitoraggio della risposta all'esercizio fisico e di particolari terapie o regimi alimentari in grado di influenzare il turnover osseo (Zotti *et al.*, 2001). Nel gatto gli studi effettuati sono pochi, tuttavia la DXA è stata impiegata per approfondire gli studi sulla

mucopolisaccaridiosi di tipo VI, esaminando la BMD delle vertebre lombari (Turner *et al.*, 1995). Studi sulla BMC e sulla BMD sono stati effettuati anche sul cavallo, per vedere come l'attività sportiva e altri fattori influiscono sul metabolismo osseo in tale specie: i risultati hanno dimostrato un aumento della BMD negli esemplari sottoposti ad allenamento. L'attività motoria è, infatti, uno dei fattori che modificano maggiormente la densità ossea (Porr *et al.*, 2000). LA DXA è stata utilizzata anche nelle pecore per misurare la BMD delle vertebre lombari, del radio distale e del calcaneo (Grier *et al.*, 1996). Infine, grazie all'insorgenza di nuove patologie a carico del tessuto osseo degli avicoli causate dalla pressione produttiva, la DXA ha trovato applicazione anche nel campo della patologia aviaria (Zotti *et al.*, 2003).

Il maggior limite della tecnologia DXA nella medicina interna canina è la mancanza di valori di referenza per la BMD. Mentre studi di lunga durata possono essere eseguiti anche in assenza di valori di referenza, stabilire una curva di riferimento sulla mineralizzazione fisiologica durante la crescita e l'invecchiamento è essenziale se la DXA viene utilizzata nel campo clinico, sia umano che veterinario (Lauten *et al.*, 2000, 2001).

In un precedente studio è stata utilizzata la metodica DXA per la misurazione della BMD vertebrale in otto cani di razza Boxer (Zotti *et al.*, 2004). Lo scopo dello studio era quello di ottenere dei valori di referenza della densità minerale vertebrale in relazione all'età, al genere e al peso corporeo di cani boxer italiani in accrescimento e giovani adulti, dai 7 ai 18 mesi d'età. La regione d'interesse, in ogni soggetto, era il tratto vertebrale da T12 a L2, comprendente le quattro sottoregioni T12, T13, L1 ed L2. I risultati ottenuti indicarono che l'età è il fattore più in relazione con la densità ossea, che gli effetti del genere sulla densità dell'osso vertebrale non sono significativi e che invece la regione d'interesse è molto significativa.

La densità minerale ossea media BMD \pm SD (SD = standard deviation, deviazione standard) risultò essere:

- per l'intero tratto T12 – L2: $0,862 \pm 0,108$ g/cm²
- per T12: $0,836 \pm 0,141$ g/cm²
- per T13: $0,853 \pm 0,144$ g/cm²
- per L1: $0,870 \pm 0,113$ g/cm²

- per L2: $0,928 \pm 0,119 \text{ g/cm}^2$

CAPITOLO 4: GLI STUDI DI SLIJPER

Lo scienziato olandese Everhard Johannes Slijper (1907-1968) fu uno tra gli studiosi della prima metà del '900 a sviluppare un metodo che permettesse all'anatomia comparata di distaccarsi da un approccio meramente descrittivo, per trovare nuove vie d'unione con le questioni biologiche.

Durante il 16° congresso nazionale di Zoologia, tenutosi a Washington D.C. nel 1963, Slijper, insieme ad altri importanti studiosi dell'epoca (Hildebrand M., Gans C., Davis D. D., Bock W. J., Kummer B. e Dullemeijer P.), analizzò le basi e le cause delle particolari costituzioni morfologiche dei vertebrati: l'obiettivo non era più una semplice descrizione ed annotazione delle omologie, bensì una ricerca del perché di una determinata morfologia. Una spiegazione di questo tipo richiede, come riassunto da Gans nel 1963, una precisa determinazione delle specifiche funzioni eseguite dalle strutture, oltre che un'attenta analisi delle influenze ambientali, ontogenetiche e filogenetiche (Liem, 1989). Slijper, già nel 1946, tra i suoi altri lavori aveva pubblicato un trattato dal titolo "Comparative biologic-anatomical investigations on the vertebral column and spinal musculature of mammals" (Amsterdam, 1946). Questo scritto è particolarmente interessante per noi soprattutto per quanto riguarda il Capitolo IV: "The vertebral bodies".

Secondo Slijper, la colonna vertebrale di un mammifero quadrupede può essere comparata con l'arco di una struttura-arco-e-corda. All'estremità craniale di questa struttura è attaccato il collo, che Slijper paragona ad un'asta sostenuta ad una sola estremità e che riceve un sostegno aggiuntivo da alcune "corde" (muscoli e legamenti). Poiché il piegamento ventrale, o estensione (concavità dorsale), è in gran parte impedito dalla muscolatura addominale, la principale funzione statica dell'asse corporeo, e quindi della colonna vertebrale, di un quadrupede, sarebbe l'opporsi al piegamento in direzione dorsale, ovvero alla flessione (concavità ventrale).

Esperimenti compiuti da Meyer sull'uomo (1973) e da Wenger sul cavallo (1915) hanno dimostrato che l'asse della colonna vertebrale dell'adulto passa per il centro dei corpi vertebrali, e non per il midollo spinale. Ciò sta ad indicare che la struttura dell'osso dei corpi vertebrali e della cartilagine dei dischi intervertebrali non deve solo essere adatta a sopportare la pressione, ma anche la tensione. Bardeleben (1847),

Mutel (1921,1922) e Gallois e Japiot (1925) hanno infatti mostrato che la struttura interna dei corpi vertebrali è simile a quella di una ragnatela.

Senza alcun dubbio, afferma Slijper, le dimensioni e la forma dei corpi vertebrali e dei dischi intervertebrali dipende dalle diverse forze che agiscono su di essi nelle diverse regioni della colonna vertebrale durante la vita dell'animale. Oltre a ciò però, è anche vero, afferma sempre Slijper, che tale forma dipende anche dallo sviluppo di altre parti delle vertebre: le lamine (o archi neurali), le faccette articolari, e, in particolare, i processi spinosi con i loro muscoli e legamenti. Se i processi spinosi sono molto alti o se le faccette articolari legano la vertebra a quelle contigue molto tenacemente, il livello di stress che agisce sui corpi vertebrali sarà minore rispetto a vertebre con un processo spinoso basso e faccette articolari molto mobili.

Per stress della colonna vertebrale si intende la forza interna delle vertebre che si oppone alle forze deformanti esterne (pressione o tensione). Poiché la principale funzione statica della colonna vertebrale è resistere al piegamento, solo il momento di resistenza contro il piegamento sagittale (che chiameremo W) può essere considerato come parametro di valutazione di tale stress. Il momento di resistenza è dato dal rapporto tra l'ampiezza (cioè il diametro trasverso), che chiameremo b , e il quadrato dell'altezza (cioè il diametro sagittale), che chiameremo h , in una trave, rappresentata nel nostro caso dal corpo vertebrale ($W = bh^2$).

Poiché la forza di una costruzione è determinata dalla forza della sua parte più debole, per quanto riguarda la colonna vertebrale si dovrebbe determinare il momento di resistenza di ogni disco intervertebrale. Ma poiché negli scheletri essiccati ciò è impossibile, Slijper calcolò le dimensioni e quindi i momenti di resistenza della parte di superficie caudale del corpo vertebrale a cui è adesa la superficie craniale del disco intervertebrale, poiché queste dimensioni non differiscono di molto da quelle del disco intervertebrale stesso.

La formula $W = 1/6 bh^2$ (con W = momento di resistenza; b = ampiezza; h = altezza) è valida solamente per un'asta di sezione rettangolare; nel caso della colonna vertebrale sarebbe più corretto applicare la formula $W = I/e$ (I = momento d'inerzia; e = distanza tra il baricentro e il punto più alto di una sezione non rettangolare). Poiché il momento d'inerzia richiede molto tempo ed è possibile calcolarlo solamente in uno scheletro smontato, e poiché la forma del disco intervertebrale non differisce di molto dalla sezione di una trave rettangolare, Slijper ha deciso che la determinazione del momento

di resistenza $W = bh^2$ era sufficiente a dare un'impressione dello stress della colonna vertebrale nelle sue differenti regioni.

Esiste anche un altro momento di resistenza che deve essere considerato, ovvero il momento di resistenza al piegamento laterale ($W = hb^2$) (Slijper, 1946).

4.1 RISULTATI DI SLIJPER NEL CALCOLO DELLA CURVA DEI MOMENTI DI RESISTENZA NELLA SPECIE CANINA

In un diagramma che pone sull'asse delle ascisse le vertebre da C2 a L7, e sull'asse delle ordinate i momenti di resistenza al piegamento sagittale ($W = bh^2$), l'andamento della curva dei momenti di resistenza al piegamento sagittale dei corpi vertebrali calcolata da Slijper per il cane è il seguente: la curva aumenta leggermente a livello delle vertebre cervicali e poi decresce in maniera speculare nella regione toracica craniale; essa resta orizzontale fino a una delle ultime vertebre toraciche, per poi rialzarsi nel tratto lombare allo stesso modo di ciò che avviene nel tratto cervicale.

Ci si potrebbe aspettare che la curva avesse un andamento come rappresentato in figura (Fig. 4):

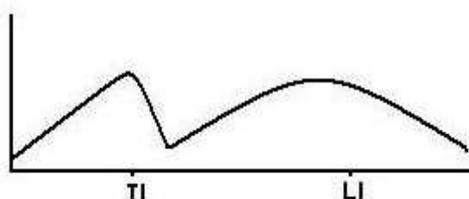


Fig. 4: diagramma dei momenti di resistenza della colonna vertebrale in un mammifero quadrupede come ci si potrebbe aspettare paragonando la colonna vertebrale a un arco con un'asta sostenuta ad una sola estremità, attaccata all'estremità craniale dell'arco.

In realtà, dobbiamo considerare che lo stress dell'asse corporeo non dipende solo dai corpi vertebrali, ma anche da altri elementi dell'asse, quali i processi spinosi, i processi trasversi, le faccette articolari, i muscoli e i legamenti. Se in una certa regione della colonna uno o più di questi elementi sono più sviluppati rispetto ad altre regioni, i

corpi vertebrali potranno proporzionalmente mostrare un minor sviluppo e di conseguenza un minor momento di resistenza.

Questa condizione occorre nelle tre regioni della colonna vertebrale: la regione cervicale, il torace e la regione sacrale.

a) *La regione cervicale:* il peso di testa e collo è sostenuto non solo dalla colonna vertebrale, ma anche da muscoli e legamenti, in particolar modo il m. splenio, il legamento nucale, il m. serrato ventrale parte cervicale. Più tali elementi sono sviluppati, minore sarà lo stress da piegamento dei corpi vertebrali.

L'andamento della curva dei momenti di resistenza al piegamento sagittale della regione cervicale dipende quindi principalmente dalla forza delle corde-tiranti. La forza di questi muscoli e tendini è inversamente proporzionale alla grandezza dell'animale e quindi con l'aumentare della taglia lo stress delle vertebre cervicali aumenta, poiché decresce lo stress muscolare; perciò, gli animali di taglia intermedia, quali il cane, mostrano una leggera ascesa della curva nella regione cervicale (medio stress muscolare), mentre negli animali di piccola taglia la curva è quasi parallela all'asse delle ascisse (elevato stress muscolare) e nei grossi mammiferi presenta le stesse caratteristiche della curva in figura 4, poiché, nonostante il supporto addizionale dei legamenti, lo stress della regione cervicale in questi animali dipende in gran parte dai corpi vertebrali (basso stress muscolare).

b) *La regione toracica:* ci si potrebbe aspettare una crescita uniforme della curva dalla prima all'ultima vertebra toracica. In realtà, in tutti i mammiferi, subito dopo il picco a livello cervicale c'è un marcato declino della curva, a cui fa seguito un tratto orizzontale fino alla 8° - 12° vertebra toracica. Tale fenomeno si spiega pensando che lo stress dell'asse corporeo in questa regione dipende anche da altri elementi oltre che dai corpi vertebrali, in primo luogo i processi spinosi con i loro muscoli e legamenti. Ogni aumento nell'altezza dei processi spinosi è seguito da una diminuzione dell'altezza dei corpi vertebrali e di conseguenza da una diminuzione dei loro momenti di resistenza. In quasi tutti i mammiferi i processi spinosi toracici anteriori sono molto più alti rispetto ai posteriori e a quelli lombari. Un ulteriore elemento da considerare sono le coste: queste, soprattutto le coste

vere, possono anch'esse essere responsabili dello stress dell'asse corporeo. In genere i mammiferi possiedono 7 – 9 coste vere, un valore che corrisponde al punto del grafico (T7-T9) in cui inizia l'ascesa della curva dei momenti di resistenza dei corpi vertebrali. Considerando il fatto che nel cane le coste sternali sono nove, e che i processi spinosi dalla 8° alla 12° vertebra toracica sono già relativamente bassi, ci si potrebbe aspettare che l'innalzamento della curva inizi dalla 8°-9° vertebra toracica, invece che dalla 9°-13°. È molto probabile, continua Slijper, che tale fenomeno sia causato dal fatto che i corpi vertebrali non possono essere alti quanto sarebbe in teoria necessario in quella zona, poiché la mobilità della colonna vertebrale ne risulterebbe troppo limitata. Se tali considerazioni sono esatte, la regione toracica caudale dovrebbe essere "il punto debole" della colonna vertebrale.

- c) *La regione lombare:* l'aumento della curva dei momenti di resistenza al piegamento sagittale dei corpi vertebrali aumenta nella regione toracica posteriore e nella regione lombare. Tale fenomeno è spiegato dal fatto che in queste regioni lo stress dell'asse corporeo dipende in gran parte dai corpi vertebrali e dai dischi intervertebrali. Oltre a questi elementi, anche altre strutture contribuiscono allo stress della colonna in questo punto, ma nel cane non hanno grande importanza. Tali strutture sono il legamento ileo-lombare, che connette i processi trasversi dell'ultima o delle ultime due vertebre lombari con l'ileo, le articolazioni accessorie tra i processi trasversi dell'ultima vertebra lombare e il sacro e tra l'ultima e la penultima vertebre lombari, e l'incremento del diametro trasverso tra le faccette articolari della regione lombare soprattutto a livello di articolazione lombosacrale (caratteristica ritrovata solo negli Artiodattili) (Slijper, 1946).

CONTRIBUTO SPERIMENTALE

INTRODUZIONE

I traumi spinali coinvolgono frequentemente fratture, lussazioni o sublussazioni, in base alla posizione dell'animale al momento dell'impatto, al tipo di forze coinvolte, all'area colpita e alle forze e debolezze insite nella colonna vertebrale (Bagley, 2000; Bali *et al.*, 2009). Le forze responsabili delle fratture e delle lussazioni sono: piegamento (flessione ed estensione), torsione (rotazione), compressione (carico assiale) (Shores, 2002).

Come già riportato precedentemente, molti studi hanno confermato il fatto che la maggior parte delle fratture vertebrali occorrono a livello delle articolazioni tra segmenti mobili ed immobili della colonna vertebrale (articolazione atlanto-occipitale, atlanto-assiale, cervicotoracica, toracolombare, lombosacrale) (Feeney and Oliver, 1980; Shores, 2002; Bali *et al.*, 2009).

Dati clinici riportati in letteratura sui siti più frequenti di lesione vertebrale (sia fratture che lussazioni) mostravano una maggior incidenza delle lesioni a livello di colonna lombare piuttosto che toracica, sia nei cani (39,1% vs. 22,6%) che nei gatti (30,8% vs. 19,2 %) (Feeney and Oliver, 1980); nonostante ciò, il corpo vertebrale più colpito nel gatto era quello di T13 (30,8%) (Masoudifard *et al.*, 2006). Un recente studio di cui si è già parlato nei precedenti capitoli (Bali *et al.*, 2009) ha mostrato che la maggior parte delle lesioni vertebrali del cane e del gatto sono localizzate nell'area toracolombare (T3-L3), rispettivamente nel 58% e nel 49% dei casi, mentre le lesioni localizzate nell'area lombare (L4-L7) ammontano rispettivamente a un 24% delle lesioni nel cane e a un 33 % nel gatto.

Nel suo studio fondamentale sulle funzioni statiche e dinamiche dell'asse corporeo (colonna vertebrale e muscolatura vertebrale) dei mammiferi, Slijper (1946) ha descritto i cosiddetti "momenti di resistenza" (MoR e l-MoR) della colonna vertebrale, che rappresentano le forze interne della colonna che si oppongono al piegamento rispettivamente sagittale e laterale. Il momento di resistenza sagittale vertebrale (MoR), come già ampiamente spiegato, consiste nel prodotto tra l'ampiezza (b , diametro trasverso) e il quadrato dell'altezza (h , diametro sagittale) della superficie caudale di ogni corpo vertebrale, ed è ottenuto quindi con la formula bh^2 . Il momento

di resistenza laterale vertebrale (l-MoR), si ottiene invece calcolando il prodotto tra l'altezza (h) e il quadrato dell'ampiezza (b) della superficie caudale del corpo vertebrale, e quindi tramite la formula hb^2 .

La curva MoR per la specie canina individuata da Slijper (1946), è caratterizzata graficamente da una leggera crescita a livello del tratto cervicale, seguita da un corrispondente declino nella regione toracica anteriore; la curva quindi prosegue orizzontalmente fino alle vertebre toraciche posteriori, per poi crescere in modo marcato in corrispondenza della regione lombare. Può infine essere presente un leggero declino della curva nella regione lombare posteriore. Sfortunatamente, non ci sono informazioni disponibili riguardanti la razza, il genere, l'età, il peso corporeo e le condizioni cliniche dei soggetti analizzati da Slijper.

Un moderno approccio clinico alle questioni riguardanti le funzioni biomeccaniche della colonna vertebrale canina dovrebbe prendere in considerazione: a) il tipo morfologico del soggetto in studio; b) il pattern di distribuzione della densità minerale vertebrale (*vertebral mineral density*, VMD) lungo la colonna vertebrale. Nonostante molti lavori scientifici si riferiscano alla VMD in vivo o *ex vivo* del cane considerandolo come un modello di ricerca, solo pochi analizzano i valori fisiologici (Zotti et al., 2004) o patologici (Zotti et al., 2006) della colonna vertebrale canina tramite la metodica DXA (Dual-energy X-ray Absorptiometry). Inoltre, secondo le nostre conoscenze, non è mai stato pubblicato uno studio sulla curva DXA-VMD dell'intera colonna vertebrale canina.

Per le suddette ragioni gli scopi di questo studio preliminare sono:

- determinare le curve MoR, l-MoR e DXA-VMD di quattro cani di differenti età, genere e tipo morfologico;
- aggiungere alla letteratura corrente le analisi retrospettive della distribuzione delle frequenze radiografiche delle fratture e/o lussazioni vertebrali di cani che sono stati ammessi ad un centro di riferimento tra il 2002 e il 2008;
- studiare un'ipotetica relazione esistente tra le curve MoR, l-MoR e DXA-VMD e le sedi più frequenti di lesioni vertebrali.

MATERIALI E METODI

Animali

Il tratto vertebrale C1-L7 di quattro cani sono stati dissezionati nella Sala Necroscopica della Facoltà di Medicina Veterinaria di Padova. I soggetti in questione erano:

- Soggetto A: femmina intera di Pastore Tedesco, 8 anni, 38 kg di peso;
- Soggetto B: maschio intero di Basset Hound, 4 anni, 28 kg di peso;
- Soggetto C: maschio intero di Dobermann, 4 anni, 34 kg di peso;
- Soggetto D: maschio intero di razza meticcica, 8 anni, 8,7 kg di peso.

Tutti i soggetti sono stati sacrificati per ragioni umanitarie in seguito a incidenti traumatici in cui non era coinvolta la colonna vertebrale ($n = 3$ soggetti) o in seguito a torsione gastrica ($n = 1$ soggetti); l'anamnesi di ogni animale non ha rivelato nessuna ulteriore patologia acuta o cronica che potesse influenzare i valori di densitometria ossea. La colonna di ogni animale è stata radiografata prima di essere dissezionata per evidenziare l'eventuale presenza di spondilosi deformante, e il soggetto A è risultato leggermente affetto da tale patologia a livello della regione toracolombare. Cinque soggetti di razza medio-grande ad anamnesi nota sono stati scartati dal campione di studio proprio a causa del rilevamento di spondilosi di grado da medio ad elevato.

Valori DXA-VMD

Dopo il dissezionamento, le colonne sono state manualmente scarnificate; ogni colonna è stata poi divisa in sei parti: le tre più craniali costituite ognuna da cinque vertebre, le tre più caudali da quattro, evitando così le naturali curvature della colonna vertebrale. I campioni ottenuti erano il più piani possibile, aumentando la precisione del processo di scansione. I campioni sono stati scansionati per mezzo della metodica DXA (Hologic QDR-1000, Hologic, Waltham); ogni scansione è stata eseguita con campione orizzontale, in proiezione dorso-ventrale e con orientamento caudo-craniale. Tutte le scansioni sono state eseguite da uno stesso operatore; la precisione della macchina è stata regolarmente controllata per mezzo di un fantoccio di calibrazione (Hologic Calibration Phantom, Hologic). Il software d'analisi della regione vertebrale lombare (Subregion Analysis Lumbar Spine Software, version 6.2 D, Hologic) è stato

utilizzato per calcolare il VMD di ogni vertebra. I risultati VMD sono stati espressi in grammi di minerale osseo per area del sito di scansione (g/cm^2). (Fig.1)

MoR, l-MoR values

Dopo la scansione DXA i residui di tessuti molli sono stati rimossi da ogni vertebra tramite bollitura in acqua saponata per almeno 1 ora. Sono stati poi misurati da due operatori i diametri trasversali e sagittali della superficie caudale di ogni corpo vertebrale, per mezzo di un calibro di precisione (Slijper, 1946). Le misure sono state espresse in cm.

Cartelle Cliniche

Le cartelle cliniche di cani con fratture vertebrali o lussazioni nel tratto vertebrale C1-L7 diagnosticate tra marzo 2002 e agosto 2008 presso la “Diagnostica Piccoli Animali SrL” (Zugliano –VI-) sono state riviste per determinare la frequenza di distribuzione delle lesioni per ogni sito vertebrale o intervertebrale. Il segnalamento, la storia, il tipo di trattamento della frattura/lussazione e l’evoluzione finale di ogni paziente non sono state considerate in questo studio.

Analisi Statistiche

I dati ottenuti sono stati analizzati tramite misure ripetute con un’analisi di varianza ad una via (ANOVA) per verificare gli effetti della razza su bh^2 , hb^2 e su VMD, utilizzando il pacchetto statistico SIGMA STAT 3.5 (Systat Software). Le significatività sono state determinata a $P < 0.05$, a meno che diversamente indicato. I dati presentati sono i valori medi \pm la deviazione standard (SD). Sono state calcolate entro i parametri anche le correlazioni lineari di Pearson.

RISULTATI

I valori individuali (medio, minimo, massimo ed errore standard) di VMD (g/cm^2) e di MoR e l-MoR relativi al tratto vertebrale C1-L7 sono riportati nella tabella 1.

La tabella 1 mostra le differenze esistenti tra i valori VMD, MoR e l-MoR di ogni soggetto. In particolare, i valori minimi individuali di VMD ottenuti sono quelli relativi al soggetto D (0.39 – 0.66), mentre i valori massimi sono stati rilevati nel soggetto A (0.60 – 0.98). I valori minimi di MoR sono risultati nel Soggetto D (0.67 - 1.68), i valori massimi nel Soggetto C (3.79 - 11.95), e così pure per quanto riguarda il valore l-MoR, con il Soggetto D che presentava valori pari a 0.77-2.82 e il Soggetto C con valori che variavano da 4.75 a 16.11. Nonostante ciò, le curve del MoR e del l-MoR mostrano un andamento analogo in ogni soggetto (Fig. 2, 3, 4, 5): dopo il picco tra C4 e C7 i valori assoluti decrescono fino a T3. Poi segue un andamento lineare fino a T8 e successivamente si ha una crescita della curva da T9 a L7. Le curve di VMD di ogni soggetto mostrano un picco a livello di C2, seguito da un andamento irregolare fino a T9-T10 e da un successivo incremento a livello del tratto lombare.

Gli andamenti ora descritti sono confermati in Fig. 6, che mostra i valori medi (media \pm SD) di VMD, MoR e l-MoR, calcolati per ogni soggetto, riferiti al tratto vertebrale C1-L7. Le correlazioni di Pearson (R^2) tra i parametri considerati nella popolazione in studio sono riportati nella tabella 2. Come deducibile dalle curve, è risultata per tutti i tratti vertebrali (eccetto che per la vertebra C5) una correlazione statistica significativa ($P < 0.005$) tra MoR e l-MoR, con R^2 compresi tra +0.947 e +0.999, un'ulteriore conferma che questi due parametri hanno lo stesso andamento e possono essere considerati alternativamente. Inoltre, una correlazione statistica significativa ($P < 0.05$) è risultata anche tra i valori di VMD e sia i valori di MoR che di l-MoR, per ogni vertebra del tratto T11-L1 (R^2 da +0.959 a +0.993); nello stesso tratto, è stato osservato un aumento lineare dei valori di tutti i parametri in ogni soggetto (Fig. 2, 3, 4, 5) e nella curva media (Fig. 6).

La frequenza di distribuzione delle 57 fratture vertebrali e le relative percentuali sono riportate nella Tabella 3. Eccetto che per la vertebra C2, dove erano riportate quattro fratture (7.02 % del totale), l'incidenza più alta è stata rilevata tra T9 e L7 (92.98 % del totale). La vertebra più colpita era L7 (15.79 %) seguita da L4 ed L5 (14.04 %) e L3 e L6 (10.53 %). La distribuzione intervertebrale delle 34 lussazioni/sublussazioni e le

relative percentuali sono riportate nella Tabella 4. Eccetto che per il tratto cervicale, dove sono state rilevate sette lussazioni (20.58 % del totale), la percentuale più alta di lussazioni/sublussazioni è stata rilevata a livello del tratto T9/T10-L7/S1 (79.40 % del totale). Lo spazio intervertebrale più colpito era T12/T13 (17.65 %), seguito da T13-L1 (14.71 %), da T13-L1 (14.71 %) e da L1-L2 e L7-S1 (11.76 %).

DISCUSSIONE

La funzione statica chiave dell'asse corporeo (colonna vertebrale e muscolatura vertebrale) è resistere al piegamento in direzione dorsale e laterale, poiché al

movimento in direzione ventrale si oppone primariamente la muscolatura addominale (Slijper, 1946). La forza e l'elasticità dell'asse corporeo nell'animale vivo non dipendono solo dai corpi vertebrali, ma anche da altri elementi dell'asse, quali i processi spinosi, le coste sternali, i processi trasversi e articolari, i muscoli e i legamenti. Se uno o più di questi elementi sono maggiormente sviluppati in una regione della colonna vertebrale rispetto a quanto lo sono in altre regioni, i corpi vertebrali del tratto in questione possono mostrare in proporzione un minor grado di sviluppo e di conseguenza un minor MoR. Al contrario, un più alto MoR può essere spiegato dal fatto che la forza dell'asse corporeo in quel tratto dipenda soprattutto dalla struttura e dalle dimensioni dei corpi vertebrali.

Le curve MoR e I-MoR che abbiamo ottenuto nelle nostre serie sperimentali sono simili a quelle precedentemente descritte da Slijper (1946) per il cane "generico" (Figura 2); possiamo inoltre dedurre che nel nostro limitato campione di studio la funzione statica della colonna vertebrale canina è simile in soggetti di diversa conformazione (Soggetto A: mesomorfo, Soggetto B: brachicefalo, Soggetto C: dolicomorfo), peso (Soggetto D: mesomorfo), età e sesso (Fig. 3). Inoltre, la significativa correlazione positiva tra i valori MoR e I-MoR (Tabella 3), osservata per tutti i corpi vertebrali tranne che per C5, indica che i due parametri mostrano un andamento simile lungo l'intera colonna vertebrale; l'unica differenza entro il nostro gruppo sperimentale è l'assenza di una diminuzione della curva MoR nel Soggetto A a livello di tratto lombare posteriore. I valori hanno un picco a livello della metà cervicale caudale (C4-C7), poi diminuiscono marcatamente e quindi restano uniformi o quasi uniformi fino a T8-T10. Secondo Slijper (1946) questo fenomeno può essere spiegato dalla supposizione che il MoR dell'asse corporeo in questa regione è strettamente relazionato con la presenza e con l'azione di elementi relazionati all'asse corporeo incluse le coste sternali e i processi spinosi. D'altro canto, l'aumento della curva nella regione toracica posteriore e nella regione lombare può evidentemente essere spiegata dal fatto che in quest'ultimo segmento la forza dell'asse corporeo dipende soprattutto dalla struttura e dalle dimensioni dei corpi vertebrali. Il declino della curva MoR (eccetto che per il soggetto A) nel tratto L5-L7 può essere invece spiegato dall'immobilità delle ultime due articolazioni della regione lombare, che provocano una diminuzione della taglia (diametri b e h) dei corpi vertebrali.

Le curve VMD che descriviamo qui per la prima volta mostrano andamenti simili; inoltre consideriamo che la leggera spondilosi toracolombare che interessa il Soggetto A esercita solo un minimo effetto sui valori VMD determinati tramite DXA (Zotti *et al.*, 2004). Dopo il picco in C2, le curve diminuiscono in modo irregolare in tutti i soggetti fino a T9-T10, punto in cui le curve crescono fino a L1. Dopo un declino nel tratto lombare medio, i valori aumentano ancora a livello L6-L7, fatta eccezione per il Soggetto D. Inoltre, i nostri dati indicano una significativa correlazione tra i valori VMD e MoR lungo il segmento T11-L3. Una densità minerale ossea più elevata è riportato essere relazionata a: a) inserzioni legamentose o muscolari più forti (Tsuji *et al.*, 1995; Nevill *et al.*, 2003); b) una predisposizione evolutiva ad aumentare la resistenza ossea per diminuire o evitare il rischio di fratture (Melton *et al.*, 1998; Emmerson *et al.*, 2000; Zotti *et al.*, 2003; MacLeod, 2002).

La nostra valutazione retrospettiva della frequenza di distribuzione delle fratture e lussazioni vertebrali ha rivelato che la più alta prevalenza occorre tra T9 e L7 (92.98 % e 79.40 % del totale rispettivamente per fratture e lussazioni); le rimanenti lesioni erano localizzate lungo la colonna cervicale. Questi ritrovamenti concordano con precedenti indagini riportate nella letteratura (Feeney and Oliver, 1980; Slatter, 2003; Masoudifard *et al.*, 2006; Bali *et al.*, 2009).

La frequenza di distribuzione delle lesioni è molto più alta nei segmenti che mostrano una crescita o più alti valori di MoR; in assenza di informazioni biomeccaniche specifiche potremmo ipotizzare che le forze di piegamento più potenti esercitate sull'intera colonna vertebrale agiscano sul segmento T9-L7.

Nella sua analisi finale della curva MoR, Slijper (1946) ha concluso che il punto più debole dell'asse corporeo nei cani e negli altri mammiferi simili ai cani potrebbe essere localizzato nella regione toracica posteriore come conseguenza di: a) l'assenza delle coste sternali; b) i processi spinosi relativamente bassi; c) la mobilità della colonna toracolombare, che non permette ai corpi vertebrali di essere tanto alti quanto sarebbe necessario per la forza dell'asse vertebrale.

I nostri risultati sperimentali e retrospettivi confermano il modello di Slijper e suggeriscono fortemente una correlazione tra i valori crescenti di MoR e VMD nel segmento T10-L1 della colonna. In ogni caso, la diminuzione della curva VMD tra L2-L5 non può essere sufficientemente spiegata.

CONCLUSIONI

I nostri dati preliminari ottenuti da un campione limitato di cani adulti suggeriscono che l'andamento generale della curva MoR non è influenzato da età, sesso e morfologia, e che le curve ottenute con le formule di Slijper seguono un percorso parallelo alle curve di densità ossea, se prendiamo in considerazione il tratto toracico posteriore e la regione lombare craniale, compreso il picco a livello di L1. La costante e crescente forma delle curve MoR nel tratto toracico posteriore e nei segmenti lombari è compatibile con la più alta incidenza di fratture tra T9 e L7; ciò potrebbe significare che tale regione della colonna vertebrale è quella più sensibile alle forze che agiscono sulla colonna vertebrale in caso di evento traumatico. La correlazione tra i valori crescenti di MoR e di VDM nel segmento T9/T10-L1 indica indirettamente che questo potrebbe essere il punto più debole dell'asse corporeo in relazione ai tipi di forze trasmesse. Infatti, si potrebbe ipotizzare che la correlazione positiva tra i valori di MoR e di VDM lungo il tratto spinale T10-L1 sia un ulteriore tentativo biologico ed evolutivistico di rafforzare l'asse corporeo a quel livello. Come conferma indiretta di quanto suddetto, la vertebra C2 è riportata essere quella più soggetta a fratture a livello della regione cervicale (Slatter, 2003) - e i nostri dati confermano tale andamento - e tale vertebra mostra in tutti i soggetti esaminati i valori più alti di VMD; è però vero che i valori più alti di MoR a livello di vertebre cervicali si verificano più caudalmente rispetto all'epistrofeo. Una spiegazione complementare per il picco di VMD a livello di C2 potrebbe essere la particolarità dell'articolazione atlanto-epistrofea (legamenti e inserzioni muscolari).

Siamo ben consci che ogni lesione vertebrale di tipo traumatico è lo specifico risultato di fattori individuali quali la posizione dell'animale al momento dell'impatto e il tipo di forze trasmesse e che ulteriori specifici studi biomeccanici siano necessari per comprendere meglio le dinamiche delle forze di piegamento vertebrale; in ogni caso, crediamo che le ricerche che uniscono gli studi meccanici con valutazioni morfometrico-densitometriche potrebbero far luce su ulteriori aspetti attinenti alla patofisiologia del trauma spinale canino.

APPENDICE
Tabelle e Figure

Table 1. Valori individuali (medio, minimo, massimo ed errore standard) di VMD [g/cm²], del Momento di Resistenza (BH²) e del Momento di Resistenza laterale (HB²) in relazione al tratto vertebrale C1-L7.

| | | Medio | Minimo | Massimo | Errore Standard |
|-----------------|-----------------|-------|--------|---------|-----------------|
| BH ² | Pastore Tedesco | 5.54 | 3.57 | 9.18 | 0.34 |
| | Basset Hound | 3.66 | 2.02 | 5.82 | 0.23 |
| | Dobermann | 6.14 | 3.79 | 11.95 | 0.43 |
| | Meticcio | 1.04 | 0.67 | 1.68 | 0.06 |
| HB ² | Pastore Tedesco | 8.44 | 4.30 | 15.75 | 0.69 |
| | Basset Hound | 5.68 | 2.35 | 11.13 | 0.50 |
| | Dobermann | 8.37 | 4.75 | 16.11 | 0.69 |
| | Meiccio | 1.60 | 0.77 | 2.82 | 0.13 |
| VMD | Pastore Tedesco | 0.78 | 0.60 | 0.98 | 0.02 |
| | Basset Hound | 0.66 | 0.54 | 0.81 | 0.01 |
| | Dobermann | 0.71 | 0.54 | 0.93 | 0.02 |
| | Meticcio | 0.51 | 0.39 | 0.66 | 0.01 |

Table 2. Correlazioni di Pearson (R2) tra i parametri studiati (BH², HB² e VMD) nella popolazione in esame. /: Assenza di dati; NS:non significativo (P > 0.05).

| VERTEBRE | BH² x HB² | BH² x VMD | HB² x VMD |
|-----------------|--|-----------------------------|-----------------------------|
| C1 | / | / | / |
| C2 | 0.997 | NS | NS |
| C3 | 0.990 | NS | NS |
| C4 | 0.996 | 0.978 | 0.964 |
| C5 | NS | NS | NS |
| C6 | 0.980 | NS | NS |
| C7 | 0.996 | NS | NS |
| T1 | 0.958 | 0.988 | NS |
| T2 | 0.977 | 0.987 | NS |
| T3 | 0.991 | NS | NS |
| T4 | 0.998 | NS | NS |
| T5 | 0.999 | NS | NS |
| T6 | 0.980 | 0.975 | 0.971 |
| T7 | 0.972 | NS | NS |
| T8 | 0.965 | 0.980 | NS |
| T9 | 0.981 | NS | NS |
| T10 | 0.997 | NS | NS |
| T11 | 0.979 | NS | 0.988 |
| T12 | 0.947 | 0.990 | NS |
| T13 | 0.988 | 0.959 | 0.983 |
| L1 | 0.988 | 0.991 | 0.993 |
| L2 | 0.998 | 0.989 | 0.979 |
| L3 | 0.997 | 0.961 | 0.980 |
| L4 | 0.963 | NS | NS |
| L5 | 0.961 | NS | NS |
| L6 | 0.957 | NS | 0.953 |
| L7 | 0.990 | NS | NS |

Table 3. Distribuzione delle fratture (numero e percentuale) nel tratto vertebrale C1-L7 in 57 cani.

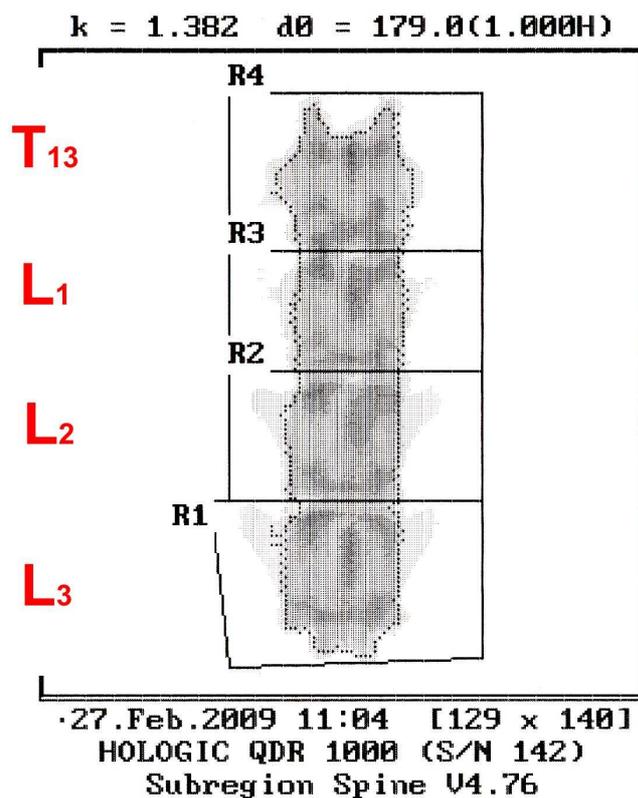
| VERTEBRE | N° | % |
|-----------------|-----------|------------|
| C1 | 0 | 0,00 |
| C2 | 4 | 7,02 |
| C3 | 0 | 0,00 |
| C4 | 0 | 0,00 |
| C5 | 0 | 0,00 |
| C6 | 0 | 0,00 |
| C7 | 0 | 0,00 |
| T1 | 0 | 0,00 |
| T2 | 0 | 0,00 |
| T3 | 0 | 0,00 |
| T4 | 0 | 0,00 |
| T5 | 0 | 0,00 |
| T6 | 0 | 0,00 |
| T7 | 0 | 0,00 |
| T8 | 0 | 0,00 |
| T9 | 1 | 1,75 |
| T10 | 3 | 5,26 |
| T11 | 1 | 1,75 |
| T12 | 3 | 5,26 |
| 13 | 1 | 1,75 |
| L1 | 5 | 8,77 |
| L2 | 2 | 3,51 |
| L3 | 6 | 10,53 |
| L4 | 8 | 14,04 |
| L5 | 8 | 14,04 |
| L6 | 6 | 10,53 |
| L7 | 9 | 15,79 |
| <i>TOTALE</i> | <i>57</i> | <i>100</i> |

Table 4. Distribuzione delle lussazioni e delle sublussazioni (numero e percentuale)

nel tratto vertebrale C1-L7 in 34 cani.

| TRATTO VERTEBRALE | N° | % |
|------------------------------|-----------|------------|
| C1-C2 | 2 | 5,88 |
| C2-C3 | 2 | 5,88 |
| C3-C4 | 0 | 0,00 |
| C4-C5 | 0 | 0,00 |
| C5-C6 | 3 | 8,82 |
| C6-C7 | 0 | 0,00 |
| C7-T1 | 0 | 0,00 |
| T1-T2 | 0 | 0,00 |
| T2-T3 | 0 | 0,00 |
| T3-T4 | 0 | 0,00 |
| T4-T5 | 0 | 0,00 |
| T5-T6 | 0 | 0,00 |
| T6-T7 | 0 | 0,00 |
| T7-78 | 0 | 0,00 |
| T8-T9 | 0 | 0,00 |
| T9-T10 | 1 | 2,94 |
| T10-T11 | 0 | 0,00 |
| T11-T12 | 1 | 2,94 |
| T12-T13 | 6 | 17,65 |
| T13-L1 | 5 | 14,71 |
| L1-L2 | 4 | 11,76 |
| L2-L3 | 2 | 5,88 |
| L3-L4 | 0 | 0,00 |
| L4-L5 | 2 | 5,88 |
| L5-L6 | 1 | 2,94 |
| L6-L7 | 1 | 2,94 |
| L7-SACRO | 4 | 11,76 |
| <i>TOTALE</i> | <i>34</i> | <i>100</i> |

Figura 1. Soggetto B: tratto vertebrale scarnificato T13-L3 con il corrispondente resoconto DXA.



| C.F. | 1.009 | 0.997 | 1.000 |
|--------|----------------------------|----------------|-------------------------------|
| Region | Area (cm ²) | BMC (grams) | BMD (gms/cm ²) |
| GLOBAL | 26.96 | 21.33 | 0.791 |
| R1 | 7.58 | 5.91 | 0.780 |
| R2 | 6.76 | 5.39 | 0.797 |
| R3 | 6.16 | 4.97 | 0.808 |
| R4 | 7.11 | 5.42 | 0.762 |
| NETAVG | 26.96 | 21.33 | 0.791 |

Figura 2. Valori di Momento di Resistenza (BH²), di Momenti di Resistenza laterale (HB²) e di Densità Vertebrale Minerale (VMD) [g/cm²] riferiti al tratto vertebrale C1-L7 del Soggetto A (Pastore Tedesco).

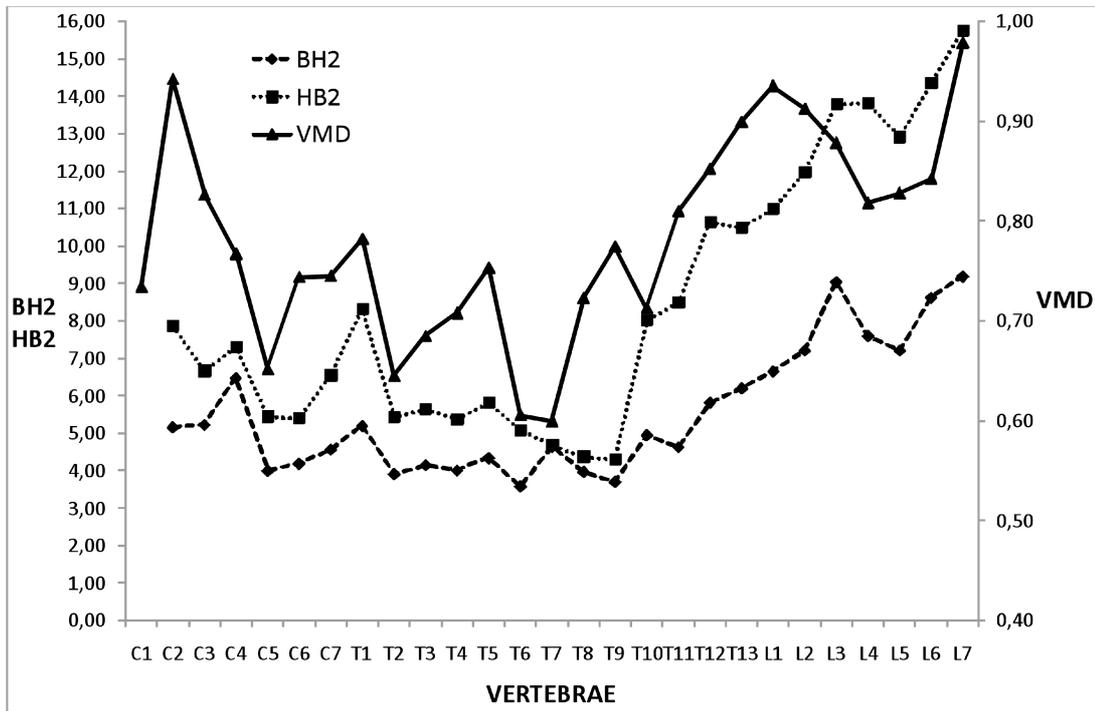


Figura 3. Valori di Momento di Resistenza (BH^2), di Momento di Resistenza laterale (HB^2) e di Densità Vertebrale Minerale (VMD) [g/cm^2] riferiti al tratto vertebrale C1-L7 del Soggetto B (Basset Hound).

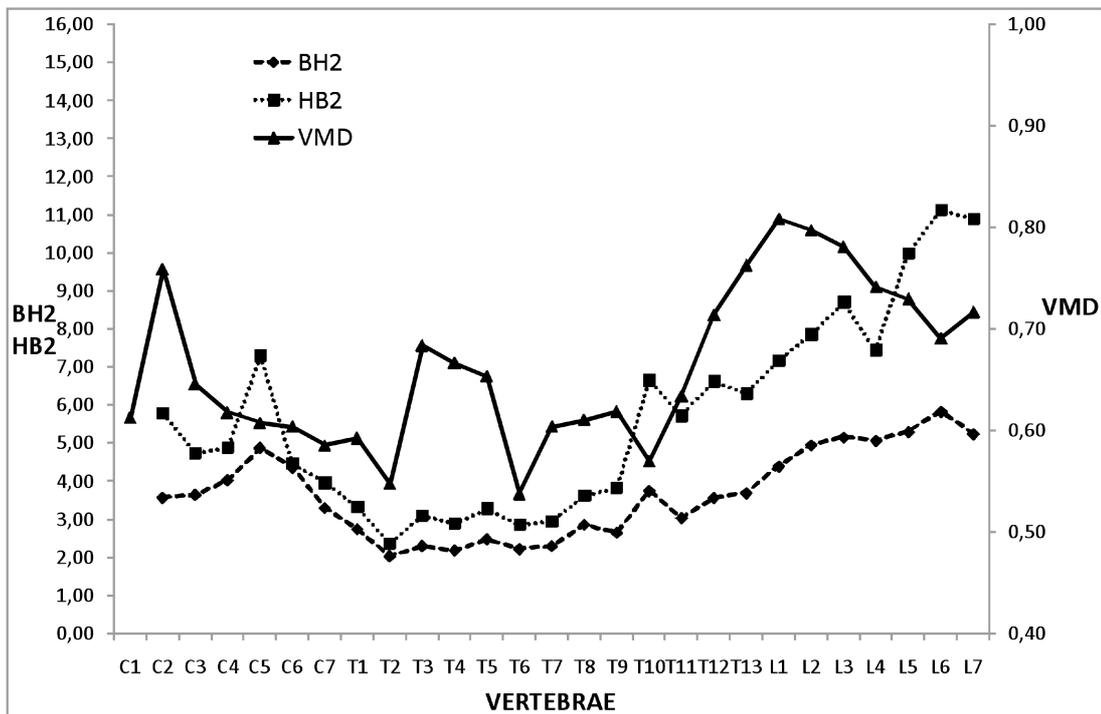


Figure 4. Valori di Momento di Resistenza (BH^2), di Momento di Resistenza laterale (HB^2) e di Densità Vertebrale Minerale (VMD) [g/cm^2] riferiti al tratto vertebrale C1-L7 del Soggetto C (Dobermann).

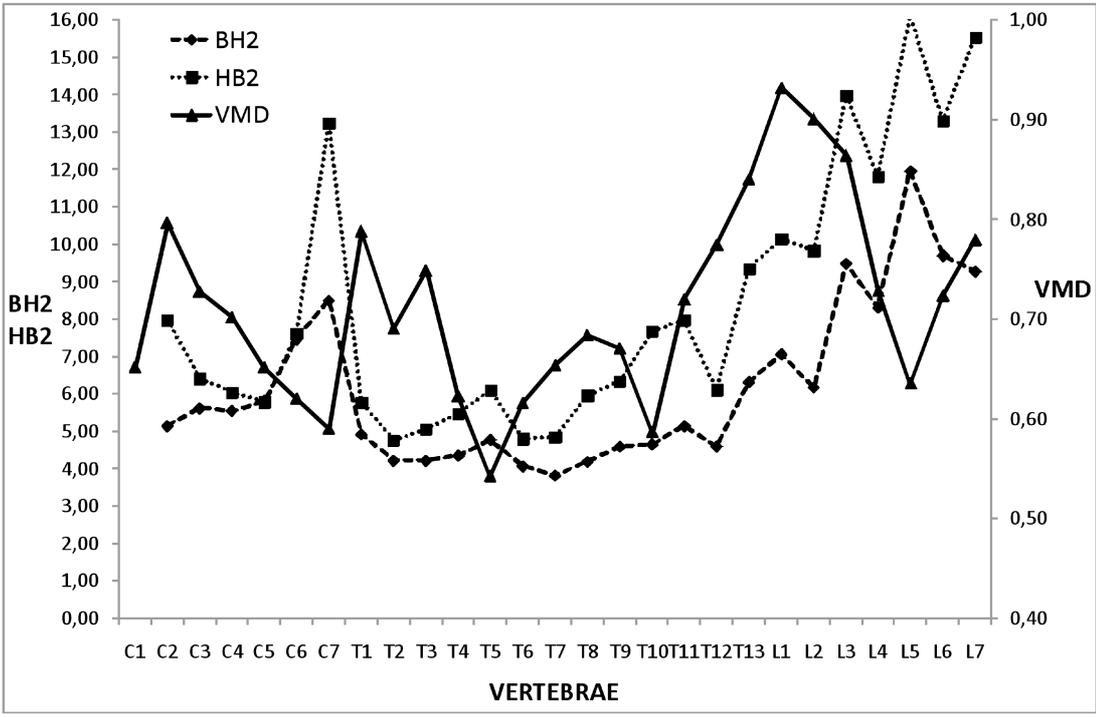


Figure 5. Valori di Momento di Resistenza (BH^2), di Momento di Resistenza laterale (HB^2) e di Densità Vertebrale Minerale (VMD) [g/cm^2] riferiti al tratto vertebrale C1-L7 del Soggetto D (Meticcio).

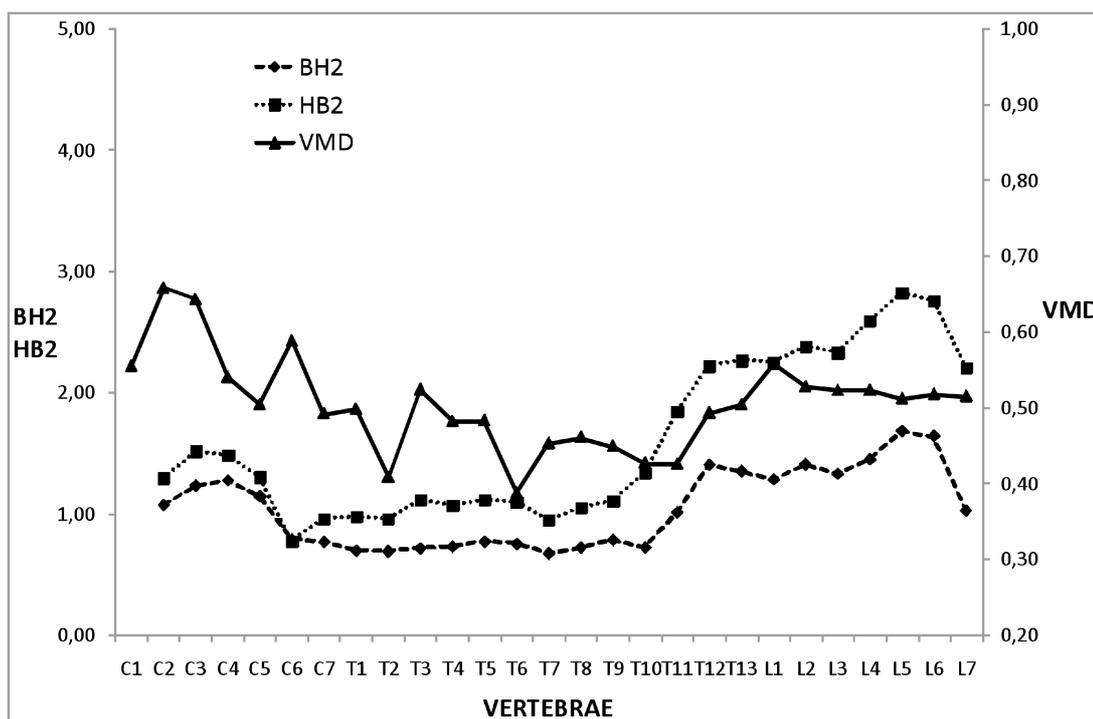
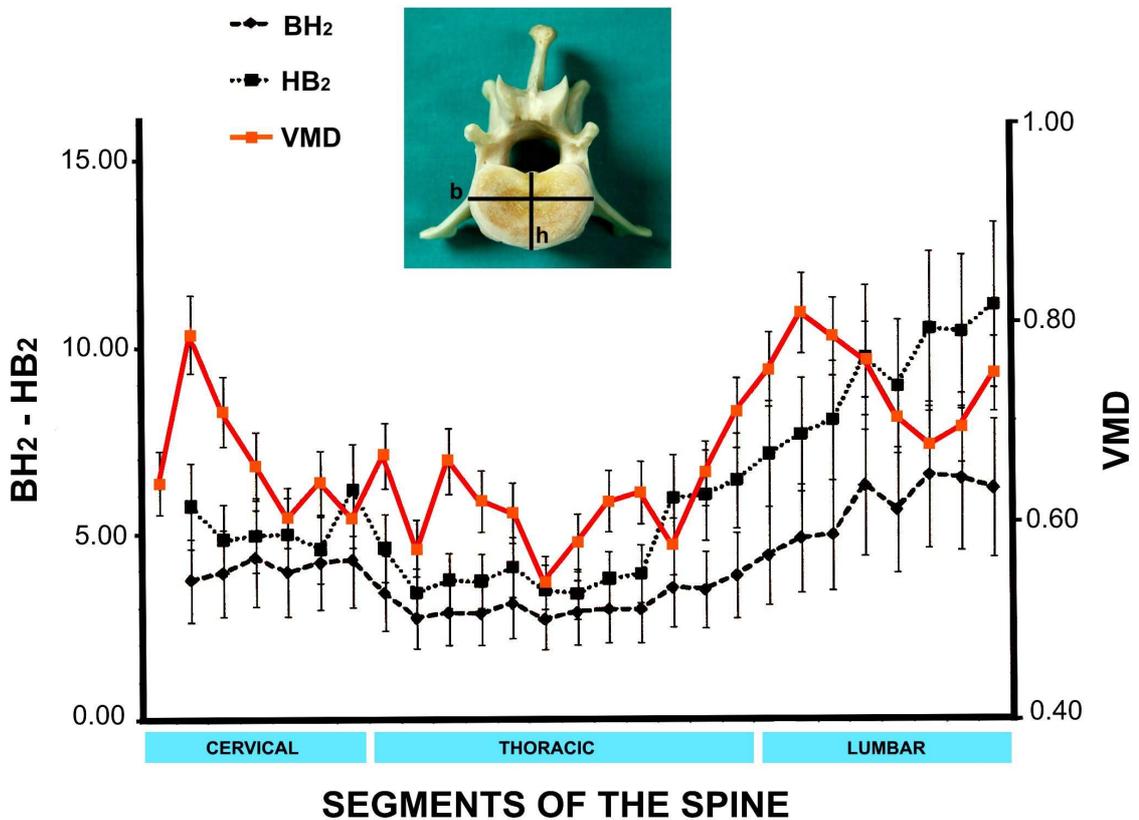


Figure 6. Media (media \pm SD) dei valori di Momento di Resistenza (BH^2), di Momento di Resistenza laterale (HB^2) e di Densità Minerale Vertebrale (VMD) [g/cm^2] riferiti al tratto vertebrale C1-L7 nella popolazione in esame. Insetto: Soggetto B, veduta caudale della vertebra L2 riportante i diametri trasverso (B) e sagittale (H) della superficie caudale del corpo vertebrale.



BIBLIOGRAFIA

- Bagley RS, 2000. Spinal fracture or luxation. *Vet Clin North Am: Small Anim Pract* 30:133 – 153.
- Bali MS, Lang J, Jaggy A, Spreng D, Doherr MG, Forterre F, 2009. Comparative study of vertebral fractures and luxations in dogs and cats. *Vet Comp Orthop Traumat* 22:47 – 53.
- Barone R, 1995. *Anatomia Comparata dei Mammiferi Domestici, Vol. 1, Osteologia*. Ed italiana a cura di Bortolami R e Callegari E, ed. Agricole, Bologna.
- Bradford DS, 1987. Techniques of surgery. *In* Bradford DS, Lonstein JE, Moe JH, et al: (eds): *Moe's textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities*, ed 2. Philadelphia, WB Saunders, p 135.
- Braund KG, 1981. Canine intervertebral disc disease. *In* Bojrab MJ (ed): *Pathophysiology of Small Animal Surgery*. Lea & Febiger, Philadelphia, p 739.
- Braund KG, Ghosh P, Taylor TK, Larsen LH, 1975. Morphological studies of the canine intervertebral disc. The assignement of the beagle to the achondroplastic classification. *Res Vet Sci* 19:167.

- Braund KG, Shores A, Brawner WR, 1990. The etiology, pathology, and pathophysiology of acute spinal cord trauma. *Vet Med* 85:684.
- Brawner WR, Brasund KG, Shores A, 1990. Radiographic evaluation of dogs and cats with acute spinal cord trauma. *Vet Med (Praha)* 85:703.
- Bruce CW, Brisson BA, Gyselinck K, 2008. Spinal fracture and luxation in dogs and cats: A retrospective evaluation of 95 cases. *Vet Comp Orthop Traumatol* 21:280 – 284
- Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG, 2006. *Anatomia veterinaria*. 3^o Ed, Antonio Delfino Editore.
- Emmerson TD, Lawes TJ, Goodship AE, Rueux-Mason C, Muir P, 2000. Dual-energy X-ray absorptiometry measurement of bone mineral density in the distal aspect of the limbs in racing Grayhounds. *Am J Vet Res* 61:1214 – 1219.
- Evans HE (ed): *Miller's anatomy of the dog*, 3rd ed. WB Saunders, Philadelphia, 1993.
- Eyres KS, Kanis JA, 1995. Bone loss after tibial fracture: evaluated by dual-energy X-ray absorptiometry. *J Bone Joint Surg Br* 77:473 – 478.
- Feeney DA, Oliver JE, 1980. Blunt spinal trauma in the dog and cat: insights into radiographic lesions. *J Am Anim Hosp Assoc* 16:885 – 890.

- Feltrin GP, Zandonà M, Borile V, Rettore C, Miotto D, 2004. Fondamenti sui mezzi di contrasto iodati e reazioni avverse. *Radiol Med* 37 (Suppl 1 al N° 4):8 – 31.
- Gage ED, 1975. Incidence of clinical disc disease in the dog. *J Am Anim Hosp Assoc* 11: 135.
- Garcia Moreno C, Calvo OM, Herrero S, 1995. Heterogeneous decrease of bone mineral density in the vertebral column of ovariectomized rats. *Bone* 16:295S – 300S.
- Gopal MS, Jeffery ND, 2001. Magnetic resonance imaging in the diagnosis and treatment of a canine spinal cord injury. *J Small Anim Pract* 42:29.
- Grier SJ, Turner AS, Alvis MR, 1996. The use of dual-energy X-ray absorptiometry in animals. *Invest Radiol* 31:50 – 62.
- Guglielmini CA, Zotti A, Bernardini D, Pietra M, Podestà M, Cozzi B. Bone density of the arm and forearm as an age indicator in stranded specimens of the striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*). *Anat Rec* 267:225 – 230.
- Hansen HJ, 1952. A pathologic-anatomical study on disc degeneration in dog. *Acta Orthop Scand Suppl* 11.

- Hare WCD, 1961. Zur Ossifikation und Vereinigung der Wirbelepiphysen beim Hund. Wiener Tierärztliche Monatsschrift 48:210 – 215.
- Hawthorne JC, Blevins WE, Wallace LJ et al., 1999. Cervical vertebral fractures in 56 dogs: A retrospective study. J Am Anim Hosp Assoc 35:135 – 146.
- Hoerlein BF, 1978. Spinal fractures, luxations and fusions. *In* Canine neurology, 3rd ed, Philadelphia, W.B. Saunders, pp 561 – 592.
- Hoerlein BF, 1987. Intervertebral disc disease. *In* Oliver JE, et al (eds): Veterinary Neurology. WB Saunders, Philadelphia, p 321.
- Janes GC, Collop DM, Price R, Sikorski JM, 1993. Bone density after rigid plate fixation: a dual-energy X-ray absorptiometry study. J Bone Joint Surg Br 75:914 – 917.
- Kinns J, Mai W, Seiler G, Zwingenberger A, Johnson V, Càceres A, Valdes-Martinez A, Scwarz T, 2006. Radiographic sensivity and negative predictive value for acute canine spinal trauma. Vet Radiol & Ultrasound, Vol. 47, N° 6, pp 563 – 570.
- Kraus MS, Mahaffey MB, Girard E, Chambers JN, Brown CA, Coates JR, 1997. Diagnosis of C5-C6 spinal luxation using threedimensional computed tomographic reconstruction. Vet Radiol Ultrasound 38:39.

- Lauten SD, Cox NR, Baker GH, Painter DJ, Morrison NE, Baker HJ, 2000. Body composition of growing and adult cats as measured by use of dual energy X-ray absorptiometry. *Comp Med* 50:175 – 183.
- Lauten SD, Cox NR, Brawner WR, Baker HJ, 2001. Use of dual energy X-ray absorptiometry for non-invasive body composition measurements in clinically normal dogs. *Am J Vet Res* 62:1295 – 1301.
- LeCouteur RA, Grandy IL, 2000. Diseases of the spinal cord. *In* Ettinger SJ, Feldman EC (eds): *Textbook of Veterinary Internal Medicine*, 5th ed. WB Saunders, Philadelphia, p 608.
- Lewis DD, Stampley A, Bellah JR, Donner GS, Ellison GW, 1989. Repair of sixth lumbar vertebral fracture-luxations, using transilials pins and plastic spinous process plates in six dogs. *J Am Vet Assoc* 194:538.
- Liem KF, 1989. Milton Hildebrand: Architect of the Rebirth of Vertebrate Morphology. *Amer Zool*, 29: 191 – 194.
- MacLeod C, 2002. Possible functions of the ultradense bone in the rostrum of Blanville's beaked whale (*Mesoplodon densirostris*). *Canad J Zool* 80:178 – 184.
- Masoudifard M, Vaijhi AR, Mohamadian M, Mirshahi A, 2006. Radiographic evidence of vertebral column lesions in cats: Retrospective study of 133 cases (2002-2004). In *Proceedings of the 1st TSAVA Anadolom Continuing Education Congress*, 10-11 November, Istanbul, Turkey.

- Matthiesen DT, 1983. Thoracolumbar spinal fractures/luxations: Surgical management. *Comp Cont Ed Small Anim Pract* 5:867 – 878.
- Mc Kee WM, 1990. Spinal trauma in dogs and cats: a review of 51 cases. *Vet Rec* 126:258 – 289.
- Melton LJ III, Atkinson EJ, O'Connor MK, O'Fallon WM, Riggs LB, 1998. Bone density and fracture risk in men. *J Bone Min Res* 13:1915 – 1923.
- Mitlak BH, Rodda CO, Von Deck MD, Dobrolet MC, Neer RM, Nussbaum SR, 1991. Pamidronate reduces TH-mediated bone loss in a gene transfer model of hyperparathyroidism in rats. *J Bone Min Res* 6:1317 – 1321.
- Nevill AM, Holder RL, Stewart AD, 2003. Modeling elite male athletes' peripheral bone mass, assessed using regional dual x-ray absorptiometry. *Bone* 32:62 – 68.
- Newman E, Turner AS, Wark JD, 1995. The potential of sheep for the study of osteopenia: current status and comparison with other animal models. *Bone* 16:277S – 284S.
- Piermattei DL, Greeley RG, 1979. *Approaches to the Bones of the Dog and Cat*. Philadelphia, WB Saunders.

- Porr AS, Kronfeld DS, Lawrence LA, Pleasant RS, Haris PA, 2000. Diet and conditioning influence bone development. *Eq Pract* 22(5):18 – 21.
- Priester WA, 1976. Canine intervertebral disc disease – occurrence by age, breed and sex among 8.117 cases. *Theriogenology* 6:293.
- Sartoris DJ, Resnick D, 1990. Current and innovative methods for non-invasive bone densitometry. *Radiol Clin North Am* 28: 257 – 278.
- Schwarz TC, Stork D, Mellor D, Sullivan M, 2000. Osteopenia and other radiographic signs in canine hyperadrenocorticism. *J Small Anim Pract* 41:491 – 495.
- Seim HB, 2002. Fundamentals of neurosurgery. *In* Fossum TW (ed): *Small Animal Surgery*, 2nd ed. Mosby-Year Book, St. Louis, p 1192.
- Seim HB, 2002. Surgery of the cervical spine. *In* Fossum TW (ed): *Small Animal Surgery*, 2nd ed. Mosby-Year Book, St Louis, p 1213.
- Seim HB, 2002. Surgery of the lumbosacral spine. *In* Fossum TW (ed): *Small Animal Surgery*, 2nd ed. Mosby-Year Book, St Louis, p 1302.
- Selcer RR, Bubb WJ, Walker TL, 1991. Management of vertebral column fractures in dogs and cats: 211 cases (1977 – 1985). *J Am Vet Med Assoc* 198: 1965 – 1968.

- Sharp NJH, Wheeler SJ, 2005. Trauma. *In* Small animal spinal disorders: diagnosis and surgery. 2nd ed. London, Mosby-Wolfe, pp 281-318.
- Shores A, 1985. Intervertebral disc disease. *In* Newton CD, Nunamaker DM (eds): Textbook of Small Animal Orthopaedics. JB Lippincott, Philadelphia, p 739.
- Shores A, Nichols C, Rochat M, Fox WR, 1989. Combined Kirschner-Ehmer device and dorsal spinal plate fixation technique for caudal lumbar vertebral fractures in dogs. *J Am Vet Assoc* 195:335.
- Shores A, Braund KG, Brawner WR, 1990. Management of acute spinal cord trauma. *Vet Med* 85:724.
- Shores A, 1992. Spinal trauma: pathophysiology and management of traumatic spinal injuries. *Vet Clin North Am: Small Anim Pract* 22:859 – 888.
- Slatter D, 2003. Textbook of small animal surgery, 3rd Ed, Vol. 1. Saunders, Philadelphia, USA.
- Slatter D, 2005. Trattato di chirurgia dei piccolo animali, 3^o Ed, Vol. 2. Antonio Delfino Editore.
- Slijper EJ, 1946. Comparative biologic-anatomical investigations on the vertebral column and spinal musculature of mammals. *Verhandelingen der*

Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afdeling
Natuurkunde. Tweede Sectie 42:1 – 128.

- Smith RN, 1966. Anatomy and physiology of the intervertebral disc. In Pettit GD (ed): Intervertebral Disc Protrusion in the Dog. Appleton-Century-Crofts, New York, p 1.
- Sorjonen DC, Shires PK, 1981. Atlantoaxial Instability: A ventral surgical technique for decompression, fixation and fusion. *Vet Surg* 10:22.
- Tator CH, Fehlings MG, 1991. Review of the secondary injury theory of acute spinal cord trauma with emphasis on vascular mechanism. *J Neurosurg* 75:15.
- Tsujy S, Tsunoda N, Yata H, Katsukawa F, Onishi S, Yamazaki H, 1995. Relation between grip strength and radial bone mineral density in young athletes. *Arch Physic Med Rehabil* 76:234 – 238.
- Turner AS, Norrdin RW, Gaarde S, Connaly HE, Thrall MA, 1995. Bone mineral density in feline mucopolysaccharidiosis VI measured using dual-energy X-ray absorptiometry. *Calcif Tissue Int* 57:191 – 195.
- Turner WD, 1987. Fractures and fracture-luxations of the lumbar spine: A retrospective study in the dog. *J Am Anim Hosp Assoc* 23: 459 – 464.

- Ullman SL, Boudrieau RJ, 1993. Internal skeletal fixation using a Kirschner apparatus for stabilization of fracture/luxations of the lumbosacral joint in six dogs: A modification of the transileal pin technique. *Vet Surg* 22:11.
- Walker TL, Betts CW, 1985. Intervertebral disc disease. *In* Slatter DH (ed): *Textbook of Sm Anim Surgery*. WB Saunders, Philadelphia, p 1396.
- Walker TL, Tomlinson J, Sorjonen DC, et al., 1983. Diseases of the spinal column. *In* Slatter DH, ed: *Textbook of Small Animal Surgery*. Philadelphia, WB Saunders, p 1367.
- Wheeler SJ, Sharp NJH, 1994. *Small Animal Spinal Disorders: Diagnosis and Surgery*. Mosby-Wolfe, London.
- Woolf AD e Dixon ASJ, 1998. *Osteoporosis: a clinical guide*, 2° Ed. Martin Duntitz, London.
- Yarrow TG, Jeffery ND, 2000. Dura mater laceration associated with acute paraplegia in three dogs. *Vet Rec* 146:138.
- Zotti A, Caldin M, Vettorato E, Cavicchioli L, Bernardini D, 2006. Bone mineral density in two boxer dogs affected by moderate to end-stage chronic renal failure. *Vet Res Com* 30, (Suppl 1):337 – 339.

- Zotti A, Isola M, Sturaro E, Menegazzo L, Piccinini P, Bernardini D, 2004. Vertebral mineral density measured by dual-energy x-ray absorptometry (DEXA) in a group of healthy italian boxer dogs. J of Vet Med A Physiol Pathol Clin Med 51(5):254 – 258.
- Zotti A, Rizzi C, Chiericato GM, Bernardini D, 2003. Accuracy and precision of dual-energy X-ray abrorptiometry for *ex-vivo* determination of mineral content in turkey poult bones. Vet Radiol Ultrasound 44:49 – 52.
- Zotti A, Tacchio G, Morgante M, 2001. Densitometria ossea computerizzata. Stato dell'arte e prospettive future. Obiettivi & Documenti Veterinari XXII(6):57 – 65.

WEBGRAFIA

- <http://www.mcourtneymedical.co.uk/Resources/Dog%20Skeleton.jpg>
- <http://www.vet.cam.ac.uk/news-and-events/scr/res3.jpg>

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare innanzitutto il mio relatore, Dottor Alessandro Zotti, per il suo costante e fondamentale aiuto durante quasi un anno di lavoro, per la stima che ho di lui, e per avermi dato l'opportunità di seguire un argomento così inusuale ed interessante. Ringrazio il Dottor Nicola Gasparinetti e lo staff della sezione neurologia della Clinica Veterinaria Pedrani, senza la loro disponibilità questo progetto non avrebbe potuto prendere forma. Ringrazio il Professor Bruno Cozzi, non solo in quanto autore dell'iconografia di questa tesi di laurea, ma anche per la competenza e la serietà, nonché lo humor, con cui ci ha trasmesso le sue conoscenze in questi anni. Ringrazio il Dottor Matteo Giancesella per aver gentilmente provveduto all'analisi statistica dei dati. Vorrei inoltre esprimere la mia sincera gratitudine ai tecnici della sala necroscopie, Emanuele Zanetti e Giuseppe Palmisani, che con la loro grande disponibilità, esperienza e simpatia hanno permesso che questo lavoro potesse essere realizzato.