



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Medicina Animale, Produzioni e Salute

Corso di Laurea magistrale a ciclo unico in
MEDICINA VETERINARIA

**CLASSIFICAZIONE PER DIAGNOSTICA PER
IMMAGINI DELLE MALFORMAZIONI
VERTEBRALI NEL BULLDOG FRANCESE**

Relatore

Prof. Marco Bernardini

Laureanda

Tina Loncarica

Matricola n. 1039755

ANNO ACCADEMICO 2015-2016

If you want to live a happy life,
tie it to a goal,
not to people or objects.
(Albert Einstein)

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	5
1.1	Ricordi anatomici	5
1.1.1	La vertebra	6
1.1.1.1	Vertebre cervicali	8
1.1.1.2	Vertebre toraciche	10
1.1.1.3	Vertebre lombari	12
1.1.1.4	Vertebre sacrali.....	13
1.1.1.5	Vertebre caudali	14
1.2	Le malformazioni vertebrali.....	16
1.2.1	Malformazioni vertebrali che si sviluppano durante il periodo embrionale .	16
1.2.2	Malformazioni vertebrali che si sviluppano durante il periodo fetale	17
1.3	Classificazioni delle malformazioni vertebrali in medicina umana.....	18
1.3.1	Classificazione di Nasca	18
1.3.2	Classificazione di Winter	19
1.3.3	Classificazione di Mc Master.....	19
1.3.4	Classificazione umana rivisitata nel 2009	20
1.4	Classificazione delle deviazioni del rachide.....	21
1.4.1	Classificazione di King	21
1.4.2	Classificazione di Lenke	22
1.5	Classificazione delle malformazioni vertebrali in medicina veterinaria ...	24
1.6	Finalità di questo studio	24

2	MATERIALI E METODI.....	29
2.1	Segnalamento	29
2.2	Classificazione	29
2.3	Diametro del canale midollare.....	30
2.4	Deviazioni del rachide	31
2.5	Sagittal Index	32
3	RISULTATI	33
3.1	Segnalamento	33
3.2	Classificazione	34
3.3	Diametro del canale vertebrale	36
3.4	Deviazioni del rachide	41
3.5	Sagittal Index	42
4	DISCUSSIONE	43
4.1	Razza.....	43
4.2	Classificazione	44
4.3	Diametro del canale vertebrale	55
4.4	Deviazioni del rachide	60

4.5	Sagittal Index	63
4.6	Conclusioni	64
5	BIBLIOGRAFIA	65

1 INTRODUZIONE

1.1 Ricordi anatomici

La colonna vertebrale è una struttura scheletrica la cui funzione è sostenere il corpo, proteggere il midollo spinale e le terminazioni nervose, dare supporto alla testa e fornire un attacco ai muscoli che governano i movimenti del corpo. Questa importante struttura è costituita approssimativamente da 50 ossa di forma irregolare, che prendono il nome di vertebre. Le vertebre si dividono in 5 gruppi:

- cervicali
- toraciche
- lombari
- sacrali
- caudali o coccigee

Il numero delle vertebre presenti in ogni segmento della colonna vertebrale varia da specie a specie, ma possono essere presenti variazioni anche nel singolo soggetto. In particolare, nel cane, troviamo di norma 7 vertebre cervicali, 13 vertebre toraciche, 7 vertebre lombari e 3 vertebre sacrali. Per quanto riguarda le vertebre coccigee sono circa 20, ma il loro numero è estremamente variabile.

Le articolazioni che uniscono i corpi vertebrali prendono il nome di anfiartrosi o articolazioni semi-mobili: sono articolazioni cartilaginee che permettono soltanto movimenti di compressione e allungamento. Le articolazioni che uniscono gli archi vertebrali per mezzo delle faccette articolari prendono il nome di diartrosi, articolazioni sinoviali che facilitano la mobilità. Questo vale per tutte le vertebre, eccetto per quelle sacrali, che sono fuse tra loro a formare un unico osso, il sacro. Solitamente la diartrosi permette un elevato grado di mobilità; in realtà, sono presenti dei punti lungo la colonna vertebrale in cui il movimento delle vertebre è notevolmente ridotto. Questo avviene perché a livello delle diartrosi sono presenti siti in cui le faccette articolari craniali e caudali hanno diverse direzioni. Le regioni maggiormente interessate da questa situazione sono:

- la giunzione atlanto-occipitale;
- la giunzione cervico-toracica;
- la regione toracica caudale;
- il sacro.

In conclusione, pur presentando la colonna vertebrale dei movimenti piuttosto limitati, questa possiede una notevole flessibilità.

1.1.1 La vertebra

All'inizio dello sviluppo, l'embrione è formato da tre strati di cellule, o foglietti germinativi:

- l'ectoderma, il più superficiale, andrà a formare l'epidermide, il tessuto nervoso e una parte del connettivo e dello scheletro della testa;
- l'endoderma, il più interno o profondo, andrà a formare l'epitelio dell'apparato digerente, respiratorio e le ghiandole dell'apparato digerente;
- il mesoderma, che si trova tra i due foglietti precedenti è costituito da una popolazione cellulare organizzata più lassamente e darà origine alla maggior parte della muscolatura e dei componenti dello scheletro, il sistema urogenitale, il sangue ed il cuore.

In seguito, l'ectoderma si svilupperà in ectoderma di rivestimento e in neuroectoderma; quest'ultimo a sua volta evolverà nel tubo neurale e nelle creste neurali. Il tubo neurale si trova al di sotto dello strato esterno di rivestimento, o epidermide, in posizione dorsale mediana. Si viene a formare a partire da uno strato piatto di epitelio ectodermico che si ispessisce a costituire la placca neurale, i cui margini laterali si sollevano e si fondono tra loro a formare un tubo chiuso. Inoltre, presenta rostralmente delle dilatazioni o vescicole, che rappresentano gli abbozzi dell'encefalo, che sarà la prima porzione del sistema nervoso a differenziarsi. Accanto al tubo neurale si trova il mesoderma parassiale, che lungo l'asse del corpo si presenta per la maggior parte segmentato. Ciascun segmento prende il nome di somite, che nel loro complesso porteranno alla formazione dello scheletro assiale e della muscolatura volontaria. Ventralmente al tubo neurale è presente un cordone longitudinale, che si estende dal mesencefalo alla coda, denominato notocorda o corda dorsale. Con il proseguire dello sviluppo la notocorda andrà scomparendo, ma la sua presenza è fondamentale per lo sviluppo del tubo neurale e del mesoderma parassiale, in quanto ha una funzione di sostegno che spiega il suo mantenimento nel corso dell'evoluzione.

Ogni somite è costituito dal dermatomo, miotomo e sclerotomo. Dai miotomi derivano la muscolatura assiale, quella appendicolare e quella della parete addominale. Dagli sclerotomi, che si trovano nella parte mediale del somite, derivano le vertebre e le coste. Dai dermatomi deriva il derma. Lo sviluppo degli sclerotomi procede in senso craniocaudale, così come la condificazione delle vertebre. Gli sclerotomi sono disposti a paia intorno alla corda, quindi ventralmente al tubo neurale, e si fondono attorno ad essa sul piano mediale. Ogni vertebra si viene a formare a partire da tre centri di ossificazione, uno ventrale mediano, che dà origine al corpo vertebrale, e due dorsolaterali, che daranno origine alle due emilamine. I due centri di ossificazione che andranno a formare le emilamine compaiono nel primo quarto della vita intrauterina. I primi abbozzi vertebrali a formarsi sono quelli delle vertebre toraciche; in seguito, a partire da questi, si sviluppano sia in

direzione craniale che in direzione caudale le altre vertebre. Nel secondo quarto di gravidanza inizia il processo di calcificazione delle vertebre; quelle più caudali sono quelle che calcificano per ultime. Ogni emilamina si salda con la controlaterale e successivamente con il corpo. In particolare, la saldatura interlaminare avviene poco prima della nascita o subito dopo. Quest'ultima, a livello delle vertebre coccigee, si verifica solo nelle prime vertebre, in quanto procedendo in senso cranio-caudale le lamine non si saldano e nelle ultime addirittura vediamo la presenza del solo corpo vertebrale. Il processo di saldatura continua dopo la nascita e si protrae per molto tempo. Per esempio, nel cane la saldatura delle lamine con il corpo si verifica intorno al quarto-sesto mese dopo la nascita. Ai già visti centri di ossificazione primari si uniscono centri secondari o epifisari, di cui due sono costanti e danno origine alle superfici articolari craniali e caudali. Quindi, dopo la nascita, si formano le epifisi su ogni estremità del corpo vertebrale, con il quale poi si fondono.

Alla fine di questo processo una vertebra risulta costituita da un corpo, da un arco e da numerosi processi muscolari e articolari. Il corpo vertebrale è costituito da una faccia articolare craniale, convessa, e da una caudale, concava. La struttura è formata da tessuto spongioso circondato da una lamina di osso compatto. Tra due corpi vertebrali adiacenti sono presenti i dischi intervertebrali, strutture fibrocartilaginee atte ad ammortizzare i movimenti delle vertebre. Ogni disco intervertebrale è costituito da un anello esterno fibroso (*annulus fibrosus*) e da un centro gelatinoso (*nucleus pulposus*). L'arco vertebrale è costituito da due peduncoli e da due lamine che, insieme al corpo vertebrale, vanno a formare il forame vertebrale. I forami vertebrali nel loro insieme compongono il canale vertebrale, il quale accoglie il midollo spinale, le meningi ed il liquido cefalorachidiano. Da ogni lato, i peduncoli della vertebra si estendono dorsalmente a partire dalla porzione dorsolaterale del corpo vertebrale, andando a formare l'incisura vertebrale craniale e l'incisura vertebrale caudale. Queste incisure, presenti su entrambi i lati delle vertebre, si continuano con quelle delle vertebre adiacenti, grazie anche all'intervento della fibrocartilagine, formando il forame intervertebrale destro e sinistro, attraverso i quali si ha il passaggio di nervi, vene ed arterie. La parte dorsale dell'arco vertebrale è costituita dalle due emilamine fuse sulla linea mediana, con la formazione di una struttura che prende il nome di processo spinoso. Sono inoltre presenti anche i processi trasversi, uno per ogni lato, che si estendono lateralmente dal corpo vertebrale.

La vertebra, infine, è costituita anche da processi articolari, che sono presenti sia cranialmente che caudalmente, sulle emilamine. Il processo craniale si estende medialmente, mentre quello caudale si estende lateralmente.

1.1.1.1 Vertebre cervicali

Le vertebre cervicali sono sette nel cane. Le prime due sono molte diverse dalle altre e sono facilmente riconoscibili.

L'atlante (fig. 1), o prima vertebra cervicale, si articola cranialmente con i condili occipitali e caudalmente con la seconda vertebra. Non presenta il processo spinoso e il suo corpo vertebrale, notevolmente ridotto, contribuisce a formare l'arco ventrale, il quale presenta una fovea dentis ed un tubercolo ventrale molto pronunciato. La fovea dentis è una



Figura 1. Atlante di cane. Veduta caudo-dorsale.

superficie concava e liscia, rivestita da cartilagine, in cui alloggia il dente dell'epistrofeo della seconda vertebra cervicale. La sottile porzione laterale, o massa laterale, serve da unione dell'arco dorsale con l'arco ventrale. I processi trasversi prendono il nome di ali e si estendono lateralmente a partire dalla massa laterale. Cranialmente troviamo la fovea articolare craniale, che consiste di due cavità cotiloidee con le quali si relazionano i due condili occipitali, permettendo così i movimenti di flessione-estensione del capo. La fovea articolare caudale è formata da due piccole cavità glenoidee che si articolano con la seconda vertebra cervicale mediante un'articolazione molto libera. Oltre al forame vertebrale, che accoglie il midollo spinale, sono presenti sull'atlante altre due coppie di forami, ossia quello alare e quello laterale. Il forame alare è un piccolo canale che si trova nell'ala dell'atlante e permette il passaggio dell'arteria vertebrale. Il forame vertebrale laterale si trova in posizione cranio-dorsale nell'arco vertebrale e permette il passaggio del primo nervo cervicale spinale e dell'arteria spinale. È presente inoltre un'incisura alare, sul bordo craniale alla base del processo trasverso, che funge da passaggio all'arteria vertebrale.

L'epistrofeo (figg. 2-3), o seconda vertebra cervicale, si compone di un corpo e di un arco. Presenta, a differenza dell'atlante, un imponente processo spinoso che si estende caudalmente andando a formare una specie di lamina lungo tutta la vertebra. Il corpo vertebrale è allargato

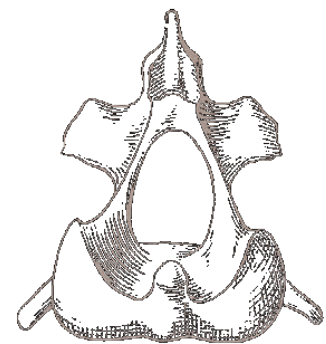


Figura 2. Epistrofeo di cane. Veduta craniale.



Figura 3. Epistrofeo di cane. Veduta laterale.

alle estremità e ventralmente è provvisto di una robusta cresta mediana che termina caudalmente mediante un tubercolo

(tubercolo della cresta ventrale). Ai lati della cresta ventrale sono presenti due profonde fosse che segnano il margine ventrale del corpo. La caratteristica dell'epistrofeo è la presenza di un perno cranio-ventrale (dente, o processo odontoideo, o apofisi odontoidea), che si adagia nella

fovea dentis dell'atlante, dove è tenuto in sede dal legamento trasverso. Nel caso di alterazioni a livello del dente dell'epistrofeo, come l'aplasia o l'ipoplasia, si possono verificare sublussazioni atlanto-epistrofee con eventuale compressione del midollo spinale, situazioni frequenti nei cani toy. La superficie articolare craniale dell'epistrofeo si espande in direzione cranio-laterale a partire dal corpo vertebrale, mentre la superficie articolare caudale è un'espansione ventro-laterale dell'arco vertebrale e del processo spinoso. A livello dei peduncoli si trovano dei piccoli forami trasversi. Dai forami intervertebrali craniali escono il secondo paio di nervi cervicali ed i vasi spinali, mentre da quelli caudali escono il terzo paio di nervi cervicali ed i vasi spinali.

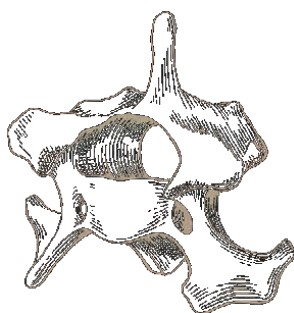


Figura 4. Quinta vertebra cervicale di cane. Veduta cranio-laterale.

Dalla terza alla quinta vertebra cervicale (fig. 4) sono presenti poche differenze anatomiche. Il processo spinoso aumenta di lunghezza man mano che si procede caudalmente, mentre le lamine diventano più corte e strette. I tubercoli sono presenti a livello del processo articolare caudale e diventano progressivamente sempre meno prominenti procedendo caudalmente. I processi trasversi sono divisi alle estremità in due grossi tubercoli, dorso-caudale e cranio-ventrale, uniti da una cresta più o meno spessa. I forami trasversi si trovano nel punto in

cui il processo trasverso si attacca al corpo e al peduncolo e servono per il passaggio dei vasi e dei nervi. L'ultimo di questi forami serve da passaggio per gli assoni postgangliari simpatici.

La sesta vertebra cervicale (fig. 5) presenta un processo spinoso molto più sviluppato delle precedenti vertebre cervicali e la sua peculiarità è la presenza di un processo trasverso sagittale appiattito, o lamina ventrale. Questa lamina si estende lateralmente e ventralmente e rappresenta la porzione caudale del processo trasverso. La porzione craniale forma una proiezione conica ventro-laterale al forame trasversario.

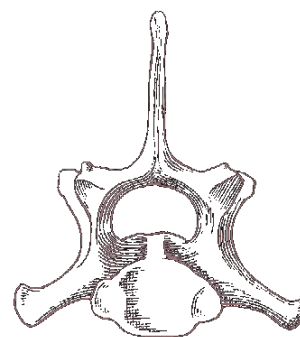


Figura 5. Sesta vertebra cervicale di cane. Veduta

La settima e ultima vertebra cervicale non presenta il forame trasversario. A questo livello sono presenti le coste e il processo trasverso presenta un piccolo prolungamento contenente una fossa articolare o fovea costale, che ne permette l'articolazione con la costa. Il corpo della settima vertebra è più piccolo di tutte le altre vertebre cervicali ed il processo spinoso è molto più sviluppato.



Figura 6. Radiografia della porzione cervicale della colonna vertebrale di cane. Veduta latero-laterale.

1.1.1.2 Vertebre toraciche

Le vertebre toraciche nel cane sono tredici, di cui le prime nove sono molto simili tra loro (figg. 7-8), mentre le ultime quattro presentano alcune differenze. In generale, le vertebre toraciche presentano un corpo vertebrale molto più corto di tutte le altre vertebre e ognuno di questi presenta una fovea costale sul processo trasverso, che permette l'articolazione con le teste delle coste. Infatti ogni costa si articola con i corpi vertebrali di due vertebre adiacenti, ma il corpo dell'undicesima vertebra toracica manca della fovea costale caudale. Le fovee costali diminuiscono di dimensione e convessità man mano che si procede caudalmente. Sulla porzione dorsale

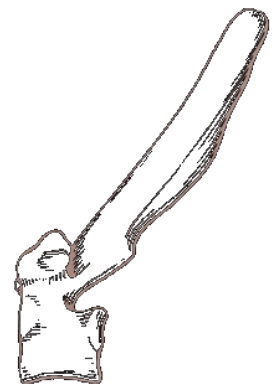


Figura 7. Quinta vertebra toracica di cane. Veduta



Figura 8. Sesta vertebra toracica di cane. Veduta cranio-laterale.

del corpo sono presenti da ogni lato dei forami vascolari, che portano i nutrienti all'interno della vertebra. Nella regione toracica i processi spinosi sono notevolmente sviluppati: il più alto è quello della prima vertebra toracica, poi c'è un progressivo calo di dimensioni man mano che si procede caudalmente. I processi spinosi delle prime dieci vertebre toraciche sono inclinati caudalmente. A livello dell'undicesima vertebra cervicale, il processo spinoso è praticamente perpendicolare all'asse maggiore dell'osso (vertebra "anticlinale"), in quanto è il segmento di transizione della regione toraco-lombare. Caudalmente alla vertebra anticlinale i processi spinosi sono orientati cranialmente. I processi trasversi sono

piccoli e poco sviluppati e presentano, cranialmente, i processi mammillari, ossia delle proiezioni pari che si estendono dorsalmente e che, a partire dall'undicesima vertebra toracica, sono associati al processo articolare craniale. Dal margine caudale dei peduncoli, a partire dalla regione toracica media, si sviluppano in senso caudale i processi accessori, che diventano sempre più robusti permettendo alle ultime vertebre di formare un foro a livello del processo articolare caudale, che permette l'articolazione con la vertebra caudale adiacente. I processi articolari sono presenti a livello della giunzione dei peduncoli con le lamine. Nelle prime vertebre toraciche i processi articolari sono disposti a paia in posizione cranio-dorsale, mentre dalla terza vertebra toracica in poi confluiscono sul piano mediano. Il processo articolare caudale si articola con il processo articolare craniale della vertebra successiva ed è diretto in senso caudo-ventrale nelle prime nove vertebre toraciche. Nelle ultime quattro vertebre, questi processi articolari sono leggermente modificati, in quanto sono disposti sulla superficie laterale del processo diretto dorso-caudalmente.

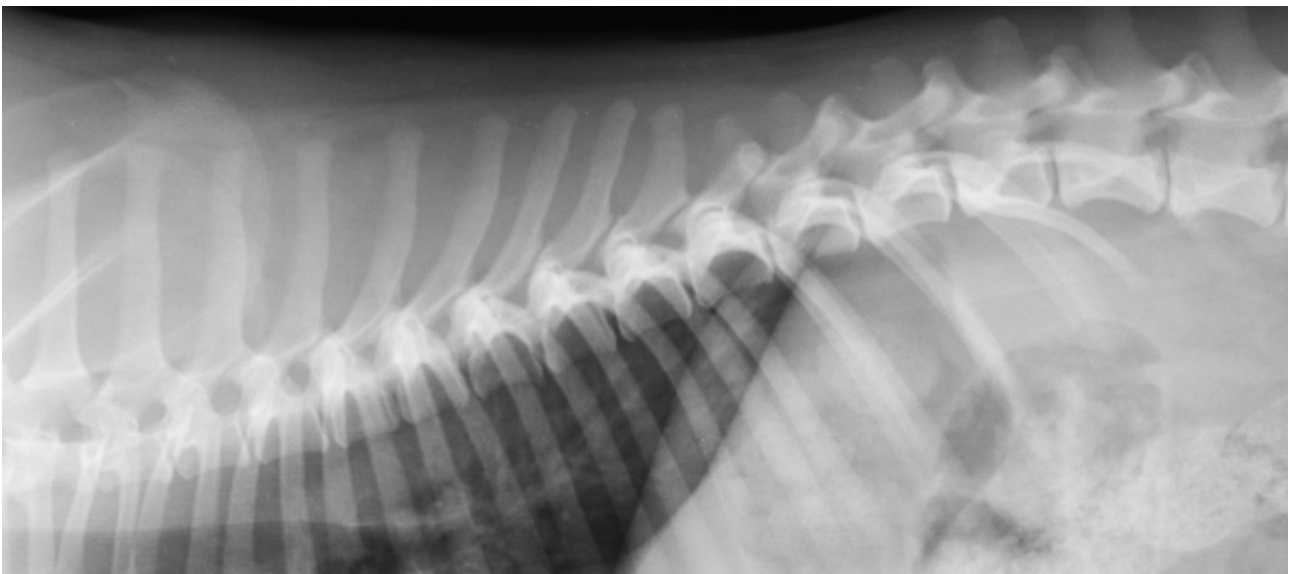


Figura 9. Radiografia della porzione toracica della colonna vertebrale di cane. Veduta latero-laterale.

1.1.1.3 Vertebre lombari

Le vertebre lombari (figg. 10-11) sono sette, caratterizzate dalla presenza di un corpo vertebrale voluminoso, molto più grande di quello delle vertebre toraciche, e di processi trasversi molto sviluppati. I fori ventrali che servono per portare il nutrimento non sono sempre presenti, mentre quelli dorsali sono pari e nella stessa posizione di quelli delle vertebre toraciche. A livello del corpo vertebrale delle prime tre o quattro vertebre lombari è presente una cresta ventrale, che scompare procedendo in senso caudale. I processi spinosi sono robusti, diretti cranialmente, mentre la loro altezza è maggiore nei più craniali per poi diminuire man mano che si procede caudalmente: il processo spinoso dell'ultima vertebra lombare è basso e triangolare. I processi trasversi sono lunghi ed orientati in senso cranio-ventrale. Sono molto più lunghi nella regione lombare media. Quelli delle prime cinque vertebre lombari sono più allargati all'estremità e formano una punta craniale più o meno pronunciata e una punta caudale molto meno pronunciata rispetto a quella craniale. La sesta e la

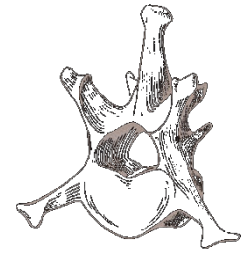


Figura 10. Prima vertebra lombare di cane. Veduta cranio-laterale.

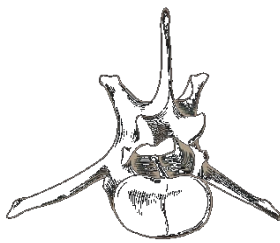


Figura 11. Quinta vertebra lombare di cane. Veduta caudo-laterale.

settima vertebra lombare hanno le estremità del processo trasverso più arrotondate senza la presenza di una punta prominente. I processi accessori sono ben sviluppati nelle prime quattro vertebre lombari, ma sono assenti dalla quinta o sesta. Questi ultimi, nelle prime vertebre lombari, sono incrociati lateralmente ai processi mammillari delle vertebre adiacenti ed i processi accessori sono soltanto delle semplici punte. I processi articolari si trovano sul piano sagittale e sono poco sviluppati, quasi appiattiti. Il processo articolare caudale si articola con il processo articolare craniale

della vertebra adiacente, riducendo così la mobilità laterale. Tutti i processi articolari craniali sostengono i processi mammillari, che sono ben sviluppati nelle prime vertebre lombari, ma progressivamente si riducono. I peduncoli vertebrali ed i fori vertebrali sono assai allungati in senso cranio-caudale. Le incisure craniali sono ben marcate solo nelle prime vertebre lombari e le incisure caudali, molto più strette, si prolungano mediante un solco sul lato della vertebra.

1.1.1.4 Vertebre sacrali

Le vertebre sacrali (figg. 12-13-14-15) sono tre nel cane e si fondono portando alla formazione dell'osso sacro. La fusione interessa sia i corpi vertebrali che i processi. Questo osso è articolato cranialmente con l'ultima vertebra lombare, caudalmente con la prima vertebra coccigea e lateralmente si unisce con i coxali. L'osso sacro è

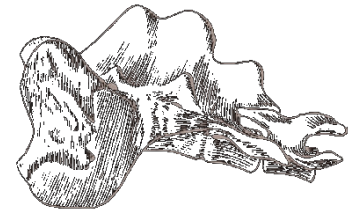


Figura 12. Osso sacro e prima vertebra caudale di cane. Veduta laterale.

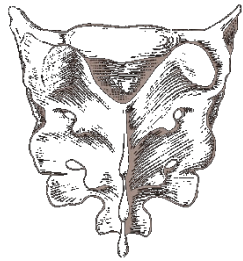


Figura 13. Osso sacro di cane. Veduta dorsale.

generalmente tanto lungo quanto largo, quasi quadrato ed appiattito dorso-ventralmente.

La faccia dorsale (fig. 13) presenta una cresta sacrale mediana, che rappresenta la fusione dei processi spinosi. Sono presenti due indentature a livello della cresta sacrale mediana, proprio in prossimità delle aree di fusione. Da ciascun lato, alla base della cresta, si trovano due grossi tubercoli, che rappresentano le vestigia dei processi articolari. Sono presenti anche dei forami sacrali dorsali, attraverso i quali passano le radici sacrali dorsali e i vasi spinali. Medialmente

ai fori sono presenti delle piccole proiezioni che rappresentano i processi mammillari fusi tra loro. Questi tre processi mammillo-articolari sono uniti in ogni lato da una cresta intermedia, infatti l'unione di questi processi con le creste intermedie vanno a formare la cresta intermedia sacrale. Il processo articolare craniale è ben sviluppato e si estende dorso-medialmente, andando ad articolarsi con la settima vertebra lombare. Il processo articolare caudale è piccolo e si articola con la prima vertebra caudale. La faccia pelvica ha un grado variabile di concavità e i corpi vertebrali non sono rilevati, ad eccezione del terzo corpo vertebrale sacrale. Lateralmente ai corpi vertebrali sono presenti i fori sacrali pelvici, che sono di dimensione maggiore rispetto a quelli dorsali e permettono il passaggio delle branche ventrali dei primi due nervi sacrali. Il corpo vertebrale della prima vertebra sacrale è maggiore delle altre e, in particolare, il primo ed il secondo segmento sacrale hanno una conformazione particolare che

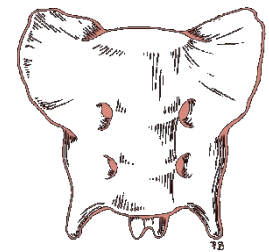


Figura 14. Osso sacro di cane. Veduta ventrale.

permette l'articolazione di questi con le ossa iliache (ala del sacro). È presente anche una cresta sacrale laterale, che si viene a formare a partire dai processi trasversi della seconda e della terza vertebra sacrale, ma progressivamente si esaurisce. A questo livello troviamo il canale sacrale, che è formato dalla coalescenza dei tre forami vertebrali, quindi attraversa tutto l'osso sacro, ed è la porzione terminale del canale vertebrale. Il canale sacrale è sormontato dalla presenza di forti processi articolari craniali. La porzione cranio-ventrale



Figura 15. Osso sacro di cane. Veduta caudo-laterale.

della base del sacro presenta una cresta trasversa, o promontorio. Quest'ultima è una piccola proiezione ventrale che, insieme all'ileo, va a formare il margine dorsale di un piccolo anello osseo, o inlet pelvica, attraverso il quale passerà il feto durante la nascita.



Figura 16. Radiografia della porzione lombo-sacrale della colonna vertebrale di cane. Veduta latero-laterale.

1.1.1.5 Vertebre caudali

Le vertebre caudali, o coccigee, sono le ultime vertebre presenti nel rachide (figg. 17-18). Il loro numero delle è variabile da 6 a 23, ma di norma sono all'incirca 20. Esse presentano una grande variazione di forma. I corpi vertebrali delle prime vertebre sono più sviluppati, poi diminuiscono di dimensioni procedendo caudalmente. Anche l'arco vertebrale è ben sviluppato nelle prime vertebre coccigee, poi diventa progressivamente sempre più piccolo: nella sesta o settima vertebra coccigea

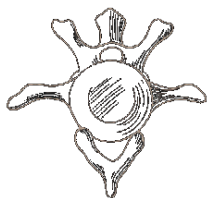


Figura 17. Quarta vertebra caudale di cane. Veduta craniale.

resta soltanto un solco che testimonia la presenza di un canale vertebrale. La porzione caudale del canale vertebrale contiene i nervi la cui funzione è innervare la coda. Il processo articolare craniale è ancora presente, anche se ha completamente perso la sua funzione articolare. Sono presenti anche i processi mammillari, che persistono caudalmente fino alla scomparsa dei processi articolari. Il processo articolare caudale è frequentemente asimmetrico e si forma a

partire dalla porzione caudale del margine dell'arco, ma vanno a scomparire procedendo in senso cranio-caudale. I processi spinosi sono sviluppati nelle prime vertebre coccigee, ma poi tendono a scomparire.



Figura 18. Quinta vertebra caudale di cane. Veduta craniale e dorsale.

Stessa cosa vale per i processi trasversi, che scompaiono a livello della quindicesima vertebra. In questa regione sono presenti gli archi emali, che sono strutture ossee che si articolano con la porzione ventrale della quarta, quinta e sesta vertebra caudale. La funzione degli archi emali è proteggere l'arteria mediana caudale, che passa proprio a questo livello. Questo arco progressivamente si esaurisce, lasciando soltanto dei processi emali pari, che sono gli ultimi processi che vanno a scomparire a livello della diciassettesima e diciottesima vertebra coccigea.



Figura 19. Radiografia del rachide di cane. Veduta ventro-dorsale.

1.2 Le malformazioni vertebrali

Le malformazioni vertebrali sono un problema molto comune nelle razze brachicefale “a coda arricciata” (“screw tailed”), come i Bulldog Francesi, i Bulldog Inglesi e i Carlini. Tali malformazioni, di natura congenita, possono portare ad un’instabilità vertebrale e a stenosi del canale vertebrale. Nella maggior parte dei casi non si manifestano sintomi neurologici: le malformazioni vertebrali costituiscono reperti occasionali durante studi di diagnostica per immagini effettuati per la diagnosi di altre patologie. In alcuni casi le modificazioni anatomiche causano una compressione del midollo spinale, con conseguente comparsa di manifestazioni neurologiche.

Queste malformazioni sono causate da un'anomalia nello sviluppo vertebrale durante la vita embrionale o fetale. In base alla localizzazione dell'anomalia vertebrale, sono presenti diverse ipotesi sul suo sviluppo. Durante la vita embrionale si possono verificare problemi di formazione, come nel caso delle vertebre a farfalla (Westworth et Sturges, 2010). Le alterazioni che si possono avere durante la vita fetale riguardano invece difetti sia di formazione che di segmentazione, come le vertebre a blocco (block vertebrae) e le aplasie/ipoplasie centrali (Westworth et Sturges, 2010).

1.2.1 Malformazioni vertebrali che si sviluppano durante il periodo embrionale

Le malformazioni originate durante il periodo embrionale comprendono le vertebre a farfalla e le emivertebre (Westworth et Sturges, 2010):

- Le vertebre a farfalla (figg. 20-21) sono il risultato di una migrazione intradiscale incompleta del materiale della notocorda che porta alla formazione di un corpo bifido. C'è

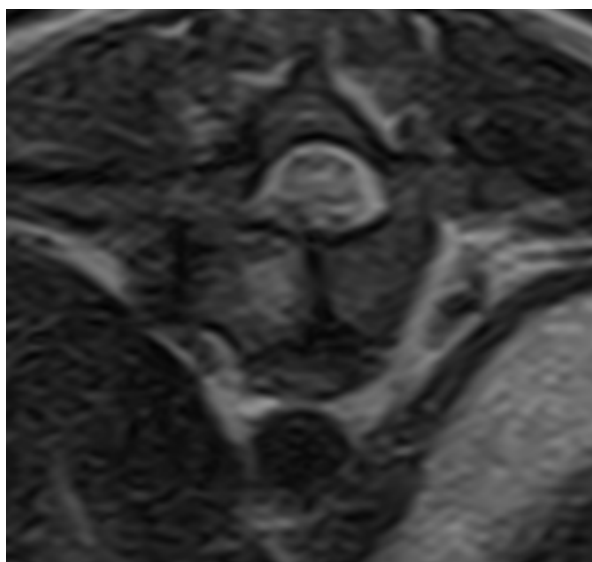


Figura 20. Immagine RM sul piano trasversale, pesata in T2, di una vertebra a farfalla.

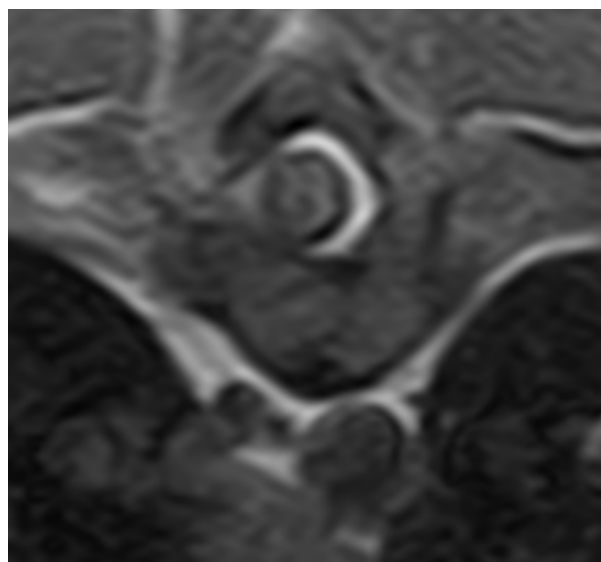


Figura 21. Immagine RM sul piano trasversale, pesata in T1, di una vertebra a farfalla.

un difetto di formazione parziale o completo della parte ventrale e centrale del corpo vertebrale, per cui restano soltanto due frammenti ossei dorsolaterali attaccati all'arco neurale;

- Le emivertebre si formano a causa di un difetto di formazione di una delle due metà della vertebra divisa secondo un piano sagittale. La causa non è ancora ben conosciuta, ma si pensa sia data da un'assenza della vascolarizzazione della vertebra di un solo lato.

1.2.2 Malformazioni vertebrali che si sviluppano durante il periodo fetale

Questo tipo di alterazioni sono difetti sia di formazione che di sviluppo. Alcune deformità sono ben differenziate e si verificano negli stadi più avanzati di condricificazione ed ossificazione (Westworth et Sturges, 2010):

- L'aplasia/ipoplasia del corpo vertebrale (figg. 22-23) comporta l'assenza totale o parziale del corpo, che può essere bilaterale o unilaterale. Anche in questo caso la causa non è nota, ma può essere causata da difetti nella vascolarizzazione o dall'azione di sostanze teratogene che vanno ad alterare la proliferazione cartilaginea della rima ventrale;
- Le vertebre a blocco (block vertebrae) sono l'esempio più frequente di difetto della segmentazione durante l'embriogenesi e si manifestano come una fusione totale o parziale di due o più vertebre. Questo difetto di segmentazione può essere unilaterale o bilaterale e qualsiasi parte della vertebra può essere interessato dall'alterazione. In particolare, se il difetto della segmentazione è unilaterale allora si parla di placca unilaterale (*unsegmented bar*), che può essere ventrale, ventrolaterale, dorsolaterale e dorsale;

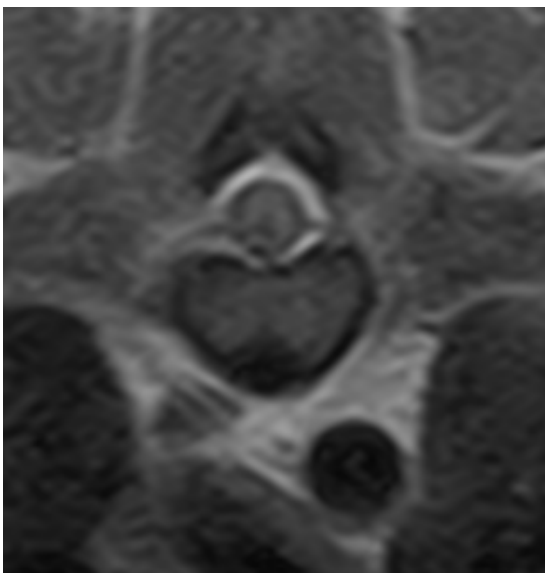


Figura 22. Immagine RM sul piano trasversale, pesata in T1, di un'aplasia ventrale parziale.

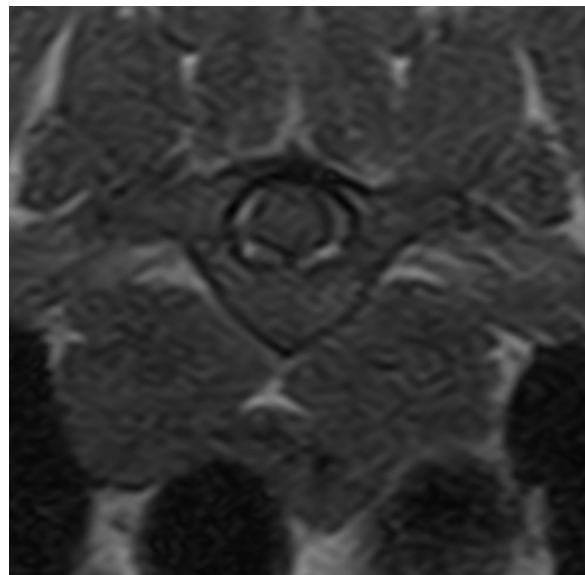


Figura 23. Immagine RM sul piano trasversale, pesata in T1, di una lieve aplasia bilaterale parziale.

- La displasia/aplasia delle faccette articolari si verifica quando esiste una ridotta formazione o un'assenza dei processi o delle faccette articolari. La patogenesi di questo tipo di alterazione non è stata ancora ben chiarita, ma si pensa sia dovuta ad una disgenesi dei due centri di ossificazione dell'arco neurale o da uno sviluppo anomalo dei centri di ossificazione secondari;
- La vertebra di transizione è una malformazione congenita che si trova al passaggio tra due regioni vertebrali (cervico-toracica, toraco-lombare, lombo-sacrale, sacro-coccigea). Può anche portare ad una variazione numerica delle vertebre totali. Nella maggior parte dei casi è accompagnata dalla presenza/assenza o modificazioni di forma di coste o processi trasversi. La causa non è ancora conosciuta, si pensa sia dovuto ad un'alterata migrazione dei somiti e costituisce un difetto di segmentazione.

1.3 Classificazioni delle malformazioni vertebrali in medicina umana

In medicina umana sono presenti diverse classificazioni delle malformazioni vertebrali: in particolare ricordiamo quelle suggerite da Nasca, Winter e Mc Master, le quali sono state prese come base per poter impostare una classificazione anche in medicina veterinaria.

1.3.1 Classificazione di Nasca

La classificazione di Nasca (fig. 24) ha preso in considerazione solo le emivertebre, classificandole in 6 differenti tipi (Birnbbaum et al., 2002):

- Nel tipo 1 l'emivertebra è caratterizzata da una metà del corpo vertebrale in eccesso. È prevalentemente di forma rotondeggiante o ovale ed è localizzata tra due corpi vertebrali adiacenti. Nel corso del tempo, spesso la malformazione si fonde con uno o entrambi i corpi vertebrali adiacenti. Nella regione toracica, il corpo vertebrale in eccesso è associato a coste addizionali e ad un regolare arco vertebrale ovale;
- Di tipo 2 può essere un'emivertebra incuneata oppure una vertebra incuneata. Ha prevalentemente una forma triangolare. Non è

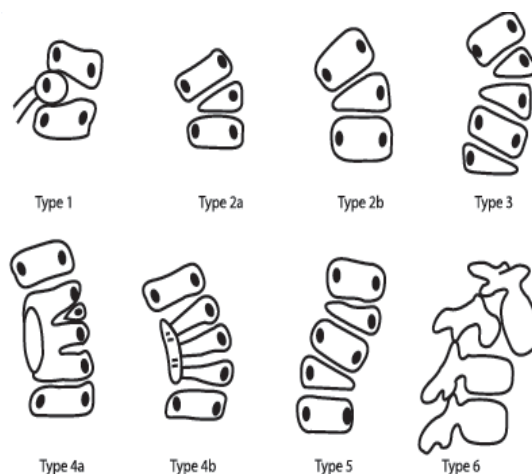


Figura 24. Rappresentazione grafica delle emivertebre secondo la classificazione di Nasca.

associata a coste addizionali se presenti a livello toracico. Il subtipo 2a (emivertebra incuneata) rappresenta un emivertebra la cui ontogenesi di un lato del corpo vertebrale e dell'arco neurale è completamente fallita. Il subtipo 2b (vertebra incuneata) è un'emivertebra in cui l'altro lato del corpo vertebrale e dell'arco neurale è sottosviluppata;

- Nel tipo 3 sono presenti multiple emivertebre che possono essere rotondeggianti, ovali o incuneate;
- Nel tipo 4 si presentano vertebre multiple che sono fuse da un lato (placca unilaterale). Questo tipo a sua volta si divide in due sottogruppi. Il subtipo 4a è caratterizzata da multiple emivertebre con i corpi vertebrali fusi da un lato e con gli elementi posteriori del corpo vertebrale sul lato concavo. Il subtipo 4b è caratterizzato dalla presenza di multiple emivertebre incuneate con lo sviluppo di una fusione unilaterale delle vertebre;
- Il tipo 5 è caratterizzato da emivertebre bilanciate, localizzate in modo che l'effetto deformante di una neutralizza quello dell'altra. In questo modo, una forma estrema di scoliosi può essere evitata;
- Di tipo 6 è definita un'emivertebra posteriore che porta ad un'estrema cifosi piuttosto che una scoliosi. La cifosi nasce quando la parte anteriore del corpo vertebrale non si sviluppa come un'unità indipendente.

1.3.2 Classificazione di Winter

La classificazione di Nasca non suddivide quindi le malformazioni in base al tipo di difetto, ossia se sia di formazione o di segmentazione. Winter invece è stato il primo a dividere le malformazioni vertebrali in base al tipo di difetto. La classificazione si compone quindi di 3 grandi gruppi (Kawakami et al., 2009):

- difetti di formazione;
- difetti di segmentazione;
- difetti di formazione e segmentazione, o mixed type.

1.3.3 Classificazione di Mc Master

Sulla falsariga di Winter, Mc Master ha proposto un'altra classificazione, sempre basata sulla divisione delle malformazioni vertebrali in base all'eziologia, ma con un'ulteriore integrazione, ossia il gruppo delle anomalie inclassificabili. Inoltre, nella categoria dei difetti di formazione, sono state aggiunte le vertebre a farfalla (butterfly vertebrae) e le vertebre incuneate anteriormente o

anterolateralmente (anterior o anterolateral wedged vertebrae) (McMaster et Ohtsuka, 1982; McMaster et Singh, 1999).

1.3.4 Classificazione umana rivisitata nel 2009

Successivamente, con uno studio del 2009 in medicina umana, sono state rivisitate queste classificazioni con un approccio tridimensionale di diagnostica per immagini. In questo modo è stato proposto un nuovo algoritmo per classificare le varie deformità spinali congenite. Questo algoritmo si divide in vari step (figg. 25-26) (Kawakami et al., 2009):

- contare le varie anomalie vertebrali e classificarle in singole o multiple;
- analizzare il difetto di formazione delle vertebre e classificarlo;
- analizzare il difetto di segmentazione delle vertebre, in conformità con i difetti di formazione;
- nel caso in cui compaia solo un difetto di formazione, l'ultimo step si compone di questa analisi.

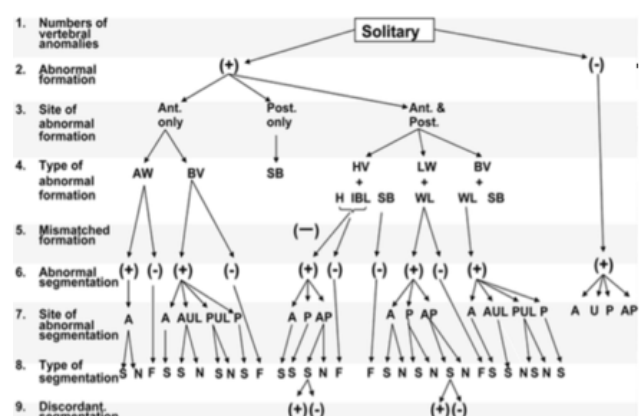
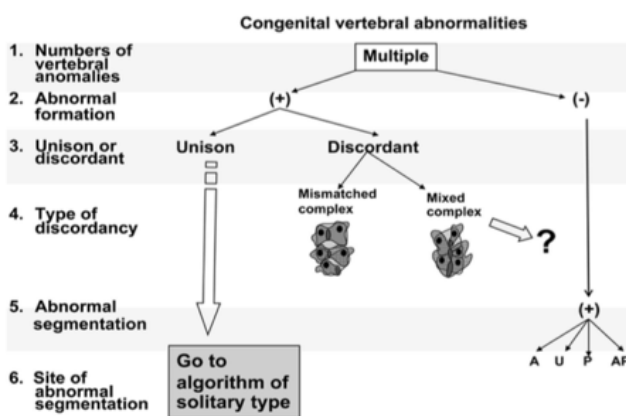


Figura 25. Algoritmo per la valutazione delle alterazioni vertebrali multiple congenite.

Figura 26. Algoritmo per la valutazione delle anomalie vertebrali congenite singole.

1.4 Classificazione delle deviazioni del rachide

In seguito si vanno a valutare le eventuali conseguenze anatomiche causate dalla malformazione in medicina umana, ossia il grado di deviazione complessivo del rachide ed il grado di stenosi del canale vertebrale.

Tra le deviazioni della colonna vertebrale abbiamo la scoliosi, la cifosi e la lordosi. La scoliosi è una deviazione laterolaterale del rachide che può essere conseguente a malformazioni vertebrali come emivertebre unilaterali o placche unilaterali non segmentate (unilateral unsegmented bar). La cifosi è una deviazione anteroposteriore con convessità anteriore. Quest'ultima è causata, ad esempio, da vertebre a farfalla o aplasie/ipoplasie ventrali. La lordosi, come la cifosi, è una deviazione anteroposteriore, ma in questo caso abbiamo una convessità posteriore.

1.4.1 Classificazione di King

Il grado di scoliosi è stato classificato da King e da Lenke. King ha proposto una classificazione molto generica, nella quale la gravità della scoliosi viene divisa in 5 gradi, in base alla posizione ed all'ampiezza della curva (fig. 27). Il tipo 1 è una curva ad S, nella quale la curva lombare è maggiore e meno flessibile della curva toracica. Il tipo 2 è una curva ad S in cui la curva toracica è maggiore e meno flessibile della curva lombare. Il tipo 3 è una singola curva toracica in cui non c'è la presenza di una curva lombare compensatoria che attraversa la linea mediana. Il tipo 4 è una grande curva toracica nella quale la quarta vertebra lombare è compresa nella curva toracica. Il tipo 5 è una doppia curva toracica (Richards et al., 2003).

Tuttavia, questa classificazione non ha valutato né le curve toraco-lombari né le doppie curvature.

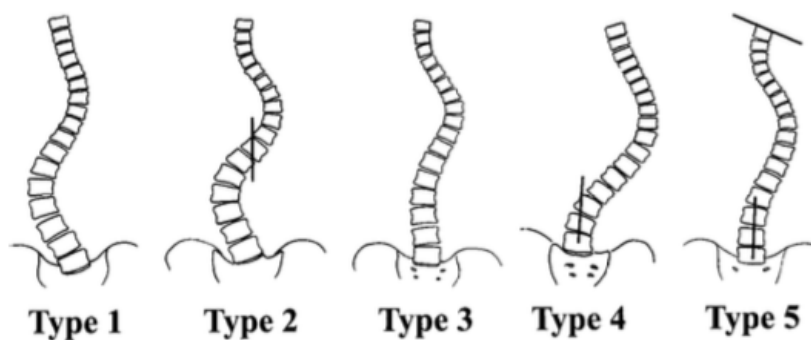


Figura 27. Rappresentazione grafica dei tipi di scoliosi secondo la classificazione proposta da King.

1.4.2 Classificazione di Lenke

Lenke ha quindi proposto una nuova classificazione, molto più specifica. In particolare, la scoliosi viene classificata in base al “tipo di curva (curve type)”, al “modificatore lombare (lumbar modifier)” ed al “modificatore toracico sagittale (sagittal thoracic modifier)” (Lenke et al., 2001; Lenke et al., 2003; Richards et al., 2003).

Il tipo di curva viene classificato in base ai caratteri strutturali regionali della curva prossimale toracica, di quella principale toracica e di quella toracolombare/toracica (fig. 28) (Lenke et al., 2001; Lenke et al., 2003; Richards et al., 2003).

<u>Curve Type</u>	<u>PT</u>	<u>MT</u>	<u>TL/L</u>	<u>Description</u>
1	NS	S*	NS	Main Thoracic (MT)
2	S	S*	NS	Double Thoracic (DT)
3	NS	S*	S	Double Major (DM)
4	S	S*	S*	Triple Major (TM)
5	NS	NS	S*	Thoracolumbar/lumbar (TL/L)
6	NS	S	S*	Thoracolumbar/Lumbar- MT (TL/L – MT)

Figura 28. Tipo di curva secondo la classificazione proposta da Lenke.

Il modificatore lombare (fig. 29) viene classificato in base alla deviazione del rachide in relazione alla linea verticale centrale sacrale (CSVL). Viene diviso in 3 categorie:

- A → la linea passa tra i peduncoli della spina lombare ed arriva fino alla vertebra stabile;
- B → la linea tocca l’apice della curva lombare;
- C → l’apice della curva lombare si trova completamente fuori dalla linea mediana, raffigurando una curva con la completa traslazione dell’apice, che si trova fuori dalla CSVL (Lenke et al., 2001; Lenke et al., 2003; Richards et al., 2003).

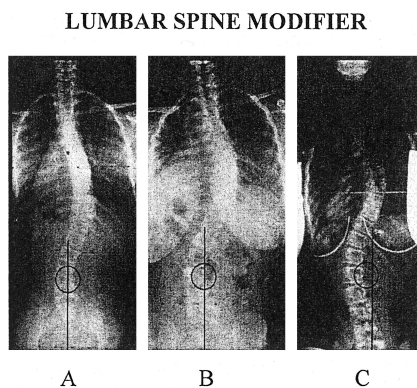


Figura 29. Modificatore lombare secondo la classificazione proposta da Lenke.

Il modificatore toracico sagittale (fig. 30) viene valutato in base alla misurazione dell'angolo di Cobb del segmento T5-T12 su una radiografia latero-laterale fatta con il paziente in piedi. Se ho un angolo minore di 10° allora ho un modificatore sagittale ipocifotico (-); se è tra 10° e 40° allora la curva del rachide è nella norma (N); se è maggiore di 40° allora l'indicatore sagittale sarà ipercifotico (+) (Lenke et al., 2001; Lenke et al., 2003; Richards et al., 2003).

Thoracic Sagittal Profile T5 - T12		
-	(Hypo)	< 10°
N	(Normal)	10°- 40°
+	(Hyper)	> 40°

Figura 30. Modificatore toracico sagittale secondo la classificazione proposta da Lenke.

Per la misurazione del grado di scoliosi e di cifosi si utilizzano rispettivamente l'ANGOLO DI COBB e/o l'ANGOLO DI COBB MODIFICATO. L'angolo di Cobb (fig. 31) viene misurato su una radiografia VD, mentre quello modificato su una radiografia LL o su una RM sagittale. In generale, l'angolo di Cobb è definito come l'angolo che si forma tracciando una linea passante per il margine craniale della prima vertebra inclusa nella curva e la linea passante per il margine caudale dell'ultima vertebra inclusa nella curva (Westworth et Sturges, 2010). All'inizio, per la sua misurazione, venivano utilizzate 4 linee, ossia le due linee passanti rispettivamente per il margine craniale della prima vertebra inclusa nella curva ed il margine caudale dell'ultima vertebra compresa nella curva e altre due linee perpendicolari alle precedenti. L'angolo che si viene a formare dall'intersezione delle due linee perpendicolari è l'angolo di Cobb. Successivamente si è introdotto il metodo di misurazione dell'angolo di Cobb attraverso l'utilizzo di solo due linee, ossia quelle passanti per i margini vertebrali. Questo perché, secondo la bibliografia, la misurazione

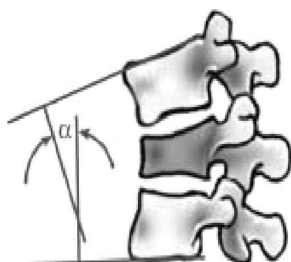


Figura 31. Rappresentazione grafica della misurazione dell'angolo di Cobb (α).

dell'angolo di Cobb attraverso l'utilizzo di due linee anziché quattro è molto più preciso e meno soggetto ad errori fatti sia dallo stesso osservatore che da osservatori diversi (Harrison et al., 2001). Con l'avvento della tecnologia, si è passati dallo studio delle radiografie tradizionali allo studio di radiografie digitali, per cui i metodi di misurazione dell'angolo di Cobb da manuali sono diventati computerizzati. Diversi studi hanno valutato le diverse tecniche utili per poter calcolare l'angolo di Cobb e, in particolare, hanno comparato il

metodo manuale con quello digitale arrivando alla conclusione che, nonostante ogni metodo abbia i propri vantaggi e svantaggi, la precisione e la specificità viene mantenuta in qualunque caso senza portare a visibili differenze in ambito clinico (Morrissy et al., 1990; Loder et al., 1995; Harrison et al., 2001; Wills et al., 2007).

Un'ulteriore parametro che è stato preso in considerazione per la valutazione della deviazione del rachide è il sagittal index. Quest'ultimo permette la valutazione della cifosi segmentale, ossia presa a livello di una singola vertebra. Esso può essere considerato come un angolo di Cobb che si viene a formare da una linea passante per il margine craniale di una vertebra e da una linea passante per il margine caudale della stessa vertebra, quindi a livello di una singola vertebra e non di un gruppo di 3 o più vertebre.

1.5 Classificazione delle malformazioni vertebrali in medicina veterinaria

In medicina veterinaria l'unica classificazione proposta è basata su quella di Mc Master (fig. 32). Questa classificazione risale al 2014 e prende in considerazione un gruppo di cani brachicefali “a coda arricciata” (“screw tailed”), che sono le razze maggiormente interessate da questo tipo di problema. Anche in questo caso la classificazione si compone di un gruppo di malformazioni che sono riconducibili a difetti di formazione ed un gruppo riconducibile a difetti di segmentazione (Gutierrez-Quintana et al., 2014). Nell'ambito dei difetti di formazione, sono inoltre state aggiunte le aplasie laterali e le ipoplasie laterali, le quali sono malformazioni molto frequenti nelle razze soggette.

1.6 Finalità di questo studio

La difficoltà nel proporre una classificazione in medicina veterinaria sulla falsariga di ciò che è stato fatto in medicina umana è data dal fatto che le varie malformazioni vertebrali hanno una diversa distribuzione e una diversa frequenza. È anche importante ricordare che gli animali sono esseri quadrupedi, quindi le manifestazioni e le conseguenze della patologia possono essere notevolmente diverse. Ognuna delle classificazioni presenti in medicina umana presenta lacune, che nel corso del tempo si è cercato di integrare. A maggior ragione queste lacune sono state evidenziate nel momento in cui si è traslato il tutto in medicina veterinaria. Inoltre, le classificazioni proposte in umana sono molto precise, ma piuttosto indaginose, e necessitano di immagini specifiche che in medicina veterinaria raramente abbiamo a disposizione. Per di più, nelle razze

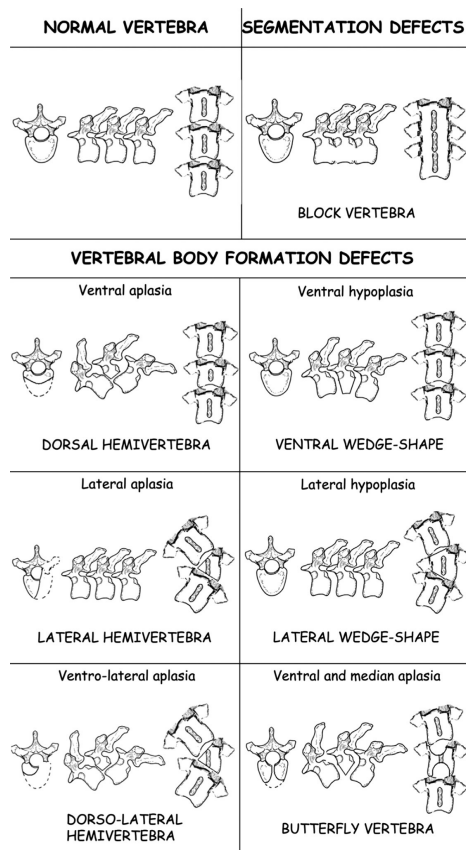


Figura 32. Rappresentazione grafica delle malformazioni vertebrali secondo la classificazione veterinaria del 2014.

“screw tailed” la semplice scoliosi, che in umana assume notevole importanza, non è un problema così ricorrente: infatti, secondo la bibliografia, sono presenti numerosi casi di cifosi e cifoscoliosi piuttosto che di scoliosi vera e propria (Gutierrez-Quintana et al., 2014). Di conseguenza, questo studio si è focalizzato sul semplice riscontro della deviazione della colonna vertebrale e sullo studio del grado di deviazione attraverso la misurazione dell'angolo che si viene a formare.

La classificazione proposta nel 2014 non è completa, soprattutto per quanto riguarda i difetti di segmentazione e per alcuni difetti di formazione. Per di più mancano alcune malformazioni vertebrali che invece vengono spesso incontrate nei pazienti, come le vertebre di transizione, l'ipoplasia bilaterale e l'aplasia ventrale parziale. In conclusione, una classificazione esaustiva delle malformazioni del rachide in medicina veterinaria è ancora mancante.

Questo studio ha come scopo cercare di creare, partendo dalle informazioni presenti in medicina umana, una classificazione per l'ambito veterinario, che sia completa di tutte quelle malformazioni vertebrali che sono state ignorate.

Analizzando le diverse classificazioni, si è visto che i difetti di formazione sono:

- vertebra a farfalla (butterfly vertebra)
- vertebra incuneata ventralmente → ipoplasia ventrale (ventral wedged vertebra → ventral

hypoplasia)

- vertebra incuneata lateralmente → ipoplasia laterale (lateral wedged vertebra → lateral hypoplasia)
- aplasia ventrale ed unilaterale → vertebra con quadrante dorso-laterale (ventral and unilateral aplasia → dorso-lateral quadrant vertebra)
- emivertebra laterale → aplasia laterale (lateral hemivertebra → lateral aplasia)
- emivertebra dorsale → aplasia ventrale (dorsal hemivertebra → ventral aplasia)
- surplus emivertebra → surplus di metà del corpo vertebrale (surplus hemivertebra → surplus half vertebral body)
- surplus vertebra
- vertebra di transizione (transitional vertebra)

Per quanto riguarda i difetti di segmentazione abbiamo:

- **PARZIALI**
 - a. placca asegmentata anteriore (*anterior unsegmented bar*)
 - b. placca asegmentata antero-laterale (*anterolateral unsegmented bar*)
 - c. placca asegmentata posteriore (*posterolateral unsegmented bar*)
 - d. placca asegmentata posteriore (*posterior unsegmented bar*)
- **TOTALI**
 - a. vertebre a blocco/vertebre asegmentata circonferenzialmente (*block vertebrae/circumferentially unsegmented vertebrae*)

Il tipo misto (mixed type), invece, sono difetti sia di formazione che di segmentazione. In particolare, si dividono in:

- barra asegmentata unilateralmente (*unilateral unsegmented bar*) con
 - a. emivertebre controlaterali (*controlateral hemivertebrae*)
 - b. -emivertebre a cuneo controlaterali (*controlateral wedge-shaped hemivertebrae*)
- complesso non corrispondente (*mismatched complex type*) → quando l'arco vertebrale di una emivertebra è unito all'arco vertebrale opposto dell'adiacente vertebra craniale o caudale
- complesso misto (*mixed complex type*) → quando la struttura anteriore del corpo vertebrale malformato ha un difetto di formazione e la struttura posteriore è formata da un complesso di archi vertebrali fusi tra loro.

Alla luce di quanto detto, attraverso lo studio accurato di immagini RX e RM, sono state studiate le malformazioni vertebrali presenti e ognuna di queste è stata inserita in uno dei gruppi sovracitati, in modo da confermare ed eventualmente integrare la classificazione che è stata proposta in veterinaria. Quindi, l'obiettivo di questa tesi è creare una classificazione delle malformazioni vertebrali completa, mediante l'analisi delle classificazioni presenti in veterinaria e la rivalutazione di quella proposta in veterinaria.

2 MATERIALI E METODI

2.1 Segnalamento

I casi considerati nella presente tesi sono stati estratti dal database dell'Unità Operativa di Neurologia dell'Ospedale Veterinario "I Portoni Rossi" di Zola Predosa (Bologna), prendendo in considerazione il periodo tra maggio 2008 e dicembre 2014. I criteri di inclusione sono stati i seguenti:

1. cani di razza Bulldog Francese;
2. disponibilità per la revisione delle immagini di uno studio radiografico nelle proiezioni latero-laterale (LL) e ventro-dorsale (VD) con evidenza di malformazioni dei tratti toracico e lombare del rachide.
3. disponibilità per la revisione delle immagini di un esame di Risonanza Magnetica (RM) della medesima regione.

2.2 Classificazione

Sono state prese dapprima in esame le classificazioni delle malformazioni vertebrali presenti in medicina umana, evidenziando tutte le diverse alterazioni presenti, divise nelle varie categorie. Delle tre classificazioni principali (quelle di Nasca, di Winter e di Mc Master), abbiamo usato come base la più completa, quella di Mc Master, e l'abbiamo integrata con alcune parti delle altre due. In questa maniera abbiamo creato una prima classificazione estesa. I passi successivi sono stati:

- 1) eliminare le malformazioni presenti in medicina umana, ma non riscontrate nella nostra popolazione;
- 2) integrare la classificazione con malformazioni riscontrate nella nostra popolazione che, non presentano un corrispettivo in medicina umana, non erano presenti nella classificazione di partenza.

2.3 Diametro del canale midollare

Lo studio delle immagini RX e RM è stato effettuato mediante l'utilizzo del programma "open source" *Osirix*® (versione 7.5.1 – Pixmeo- Svizzera). Nelle immagini RX è stata analizzata come prima cosa l'aspetto anatomico delle vertebre anomale, conseguendo una prima classificazione della malformazione, che è stata poi confermata o confutata dallo studio RM.

Relativamente alle immagini RM, queste sono state valutate sui piani trasverso e sagittale, in modo da poter analizzare in maniera più accurata la malformazione vertebrale e quindi classificarla definitivamente. Le sequenze prese in esame sono varie, in particolar modo sono state utilizzate le sequenze di base Spin Echo (SE) T1 e Fast Spin Echo (FSE) T2 pesate, prima e dopo l'introduzione di un mezzo di contrasto paramagnetico. In alcuni casi sono presenti anche sequenze Gradient Fast Echo (GFE), Fluid Attenuated Inversion Recovery (FLAIR) e 3D GBASS.

Per l'acquisizione delle immagini RM i parametri utilizzati sono stati:

- SE T1 → repetition time (TR) = 240-1073 ms, echo time (TE) = 24-26 ms;
- FSE T2 → TR = 2688-6100 ms, TE = 120 ms;
- GFE → TR = 450-1124 ms, TE = 15-22 ms;
- FLAIR → TR = 2812-5421 ms, TE = 40-90 ms;
- 3D GBASS → TR = 12 ms, TE = 6 ms.

Lo studio delle immagini RM è stato effettuato per valutare la presenza o meno di una stenosi del canale vertebrale. La valutazione è stata effettuata prendendo in esame il diametro, sia dorsoventrale che laterolaterale, del canale vertebrale delle vertebre malformate, della vertebra anteriore alla malformazione vertebrale e della vertebra posteriore alla malformazione vertebrale. Questi parametri prendono rispettivamente il nome di diametro sagittale e trasversale del canale vertebrale (sagittal e transverse canal diameter).

In particolare, il diametro sagittale del canale è la distanza tra il margine dorsale del canale ed il margine ventrale del canale (fig. 33). Il margine dorsale è definito come la convergenza dei bordi superiori delle lamine a livello mediale del processo spinoso ed il margine ventrale è definito come il bordo ventrale a metà del corpo vertebrale.

Il diametro trasversale del canale è la distanza tra i margini mediali dei peduncoli, misurata a metà dei peduncoli (fig. 34).



Figura 33. Diametro sagittale del canale vertebrale.

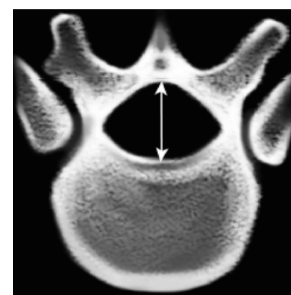


Figura 34. Diametro trasversale del canale vertebrale.

Con la misurazione di questi due valori si possono calcolare altri valori importanti, come il rapporto sagittale/trasversale (sagittal to trasverse ratio), che non è altro che il rapporto tra il diametro sagittale del canale ed il diametro trasversale del canale, e l'area totale presa in sezione del canale vertebrale (total canal cross sectioned area), che non è altro che la misurazione dell'area del canale vertebrale a livello della vertebra malformata (fig. 35). In particolare viene calcolato prendendo in considerazione anteriormente il margine posteriore del corpo vertebrale, posteriormente la convergenza mediale delle lamine a livello del processo spinoso, e lateralmente dal margine mediale dei peduncoli. Questi parametri valutano la presenza di un'eventuale stenosi del canale vertebrale in prossimità della malformazione vertebrale. Inoltre si è valutata la percentuale di occlusione del canale vertebrale, la quale va a valutare il grado di stenosi del canale vertebrale, che è definita come il rapporto tra il diametro effettivo del canale vertebrale della vertebra malformata e quello aspettato, in base al diametro del canale della vertebra normale precedente e/o successiva alla malformazione.

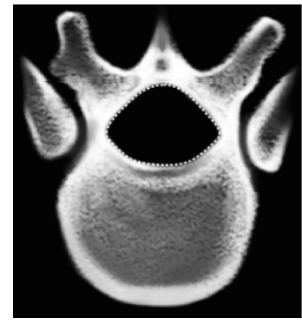


Figura 35. Area totale presa in sezione del canale vertebrale.

2.4 Deviazioni del rachide

Attraverso la valutazione delle immagini radiografiche, in proiezione LL e VD, è stato possibile analizzare la vertebra sui due piani ortogonali dello spazio. Il primo passo consiste nel conteggio delle vertebre, per verificare l'eventuale presenza di vertebre mancanti o di vertebre sovranumerarie. In seguito sono stati studiati i profili ossei e quindi l'anatomia vertebrale, in modo da mettere in evidenza la presenza di alterazioni. Una volta riconosciute le malformazioni vertebrali, queste, a sua volta, sono state valutate per la loro forma e quindi per la loro alterazione anatomica. Successivamente, si è andati a valutare il grado di deviazione del rachide (scoliosi, cifosi, lordosi), che è provocato dalla presenza della malformazione vertebrale. Le deviazioni del rachide sono state analizzate attraverso lo studio dell'angolo di Cobb e dell'angolo di Cobb modificato e quindi sono state classificate in base a questi due parametri. L'angolo di Cobb è stato misurato su una radiografia VD e quindi calcola il grado di scoliosi, mentre l'angolo di Cobb modificato viene misurato su una radiografia LL e quindi valuta il grado di cifosi. Questo parametro è stato misurato attraverso l'uso di una funzione presente nel programma "Osirix", che permette di tracciare linee passanti per il margine craniale e caudale della malformazione vertebrale, misurando automaticamente l'angolo di Cobb, nel caso in cui si stia analizzando un'immagine radiografica in proiezione VD, o l'angolo di Cobb modificato, nel caso in cui si sta valutando un'immagine radiografica in proiezione LL (fig. 36).

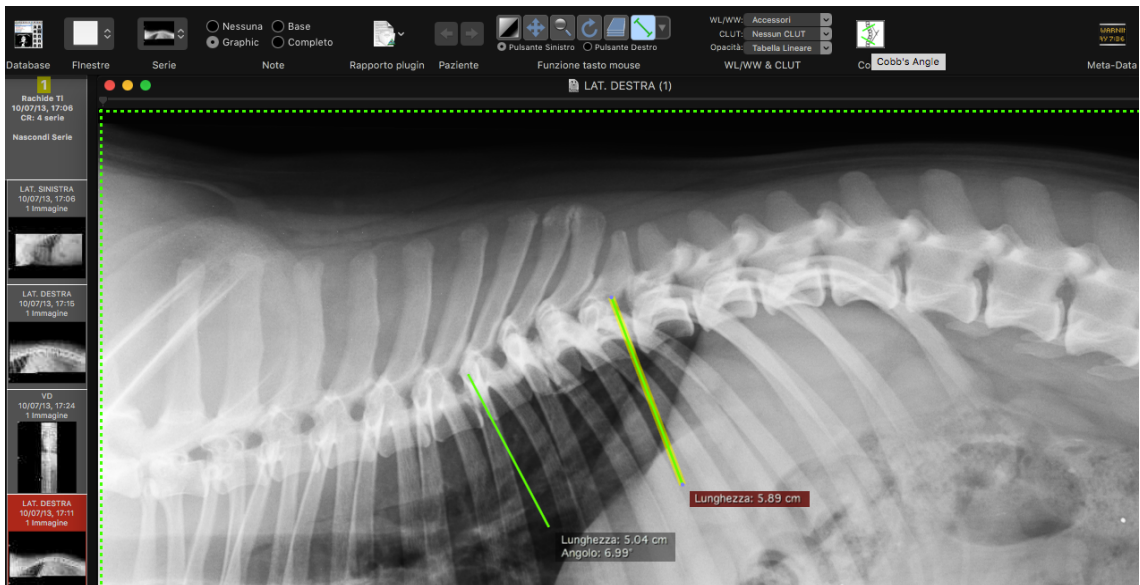


Figura 36. Misurazione dell'angolo di Cobb modificato mediante Osirix.

2.5 Sagittal Index

Il “Sagittal Index”, che valuta la cifosi segmentale a livello di ogni singola vertebra, come già visto viene misurato in una radiografia latero-laterale attraverso la misurazione dell'angolo formato dalla linea passante per il margine craniale della vertebra presa in esame e dalla linea passante per il margine caudale della stessa vertebra. Questo parametro viene misurato attraverso il programma “Osirix” per mezzo della stessa funzione che permette la misurazione dell’angolo di Cobb, in quanto il Sagittal Index può essere definito come un angolo di Cobb a livello di una singola vertebra.

3 RISULTATI

3.1 Segnalamento

La ricerca nel database ha permesso di selezionare 55 studi radiografici riguardanti il rachide toracolombare di Bulldog francesi con malformazioni vertebrali. Purtroppo, solo 31 di questi casi presentavano anche uno studio RM della medesima regione, che permettesse un'analisi più approfondita delle malformazioni presenti. Di questi soggetti, 19 sono di sesso maschile (61,3%) e 12 di sesso femminile (38,7%). L'età media è 7,9 anni, con un range che spazia dai 4 ai 15 (tab. 1).

PAZIENTE	ETA' (anni)	SESSO
01.	7	M
02.	12	M
03.	4	M
04.	6	M
05.	6	F
06.	8	M
07.	10	M
08.	4	M
09.	6	F
10.	8	F
11.	6	F
12.	4	M
13.	6	F
14.	5	M
15.	5	M
16.	12	F
17.	9	M
18.	8	M
19.	6	M
20.	15	F
21.	9	F
22.	7	F
23.	7	M
24.	5	M
25.	9	F
26.	7	M
27.	13	F
28.	10	M
29.	15	M
30.	8	F
31.	8	M

Tabella 1. Segnalamento.

3.2 Classificazione

In seguito ad un'attenta analisi di tutte le classificazioni delle malformazioni vertebrali presenti in medicina umana, è stato creato un elenco di tutte le alterazioni vertebrali che riguardano i difetti di formazione:

- vertebra a farfalla (butterfly vertebra)
- vertebra incuneata ventralmente → ipoplasia ventrale (ventral wedged vertebra → ventral hypoplasia)
- vertebra incuneata lateralmente → ipoplasia laterale (lateral wedged vertebra → lateral hypoplasia)
- aplasia ventrale ed unilaterale → vertebra con quadrante dorso-laterale (ventral and unilateral aplasia → dorso-lateral quadrant vertebra)
- emivertebra laterale → aplasia laterale (lateral hemivertebra → lateral aplasia)
- emivertebra dorsale → aplasia ventrale (dorsal hemivertebra → ventral aplasia)
- surplus emivertebra → surplus di metà del corpo vertebrale (surplus hemivertebra → surplus half vertebral body)
- surplus vertebra
- vertebra di transizione (transitional vertebra)

Per mezzo di un'attenta valutazione delle immagini radiografiche e successivamente delle immagini RM, si è andati ad individuare le varie malformazioni vertebrali, alle quali è stato dato un nome specifico. Infatti, al termine dell'analisi di ogni singolo caso, sono state individuate le seguenti alterazioni vertebrali, grazie al confronto con le classificazioni presenti in medicina umana (graf. 1):

- Vertebra a farfalla
- Vertebra a farfalla con aplasia monolaterale
- Aplasia ventrale totale
- Aplasia ventrale parziale
- Aplasia ventro-laterale parziale
- Aplasia monolaterale parziale
- Aplasia bilaterale parziale
- Aplasia centrale
- Ipoplasia ventrale
- Ipoplasia monolaterale
- Ipoplasia bilaterale
- Vertebra a cuore (aplasia dorsale mediale del corpo vertebrale)
- Vertebra a cuore + aplasia ventrale parziale

- Vertebra a cuore + aplasia bilaterale parziale
- Vertebra a fiocco (aplasia ventrale quasi totale con aplasia dorsale parziale del corpo vertebrale)
- Vertebra di transizione

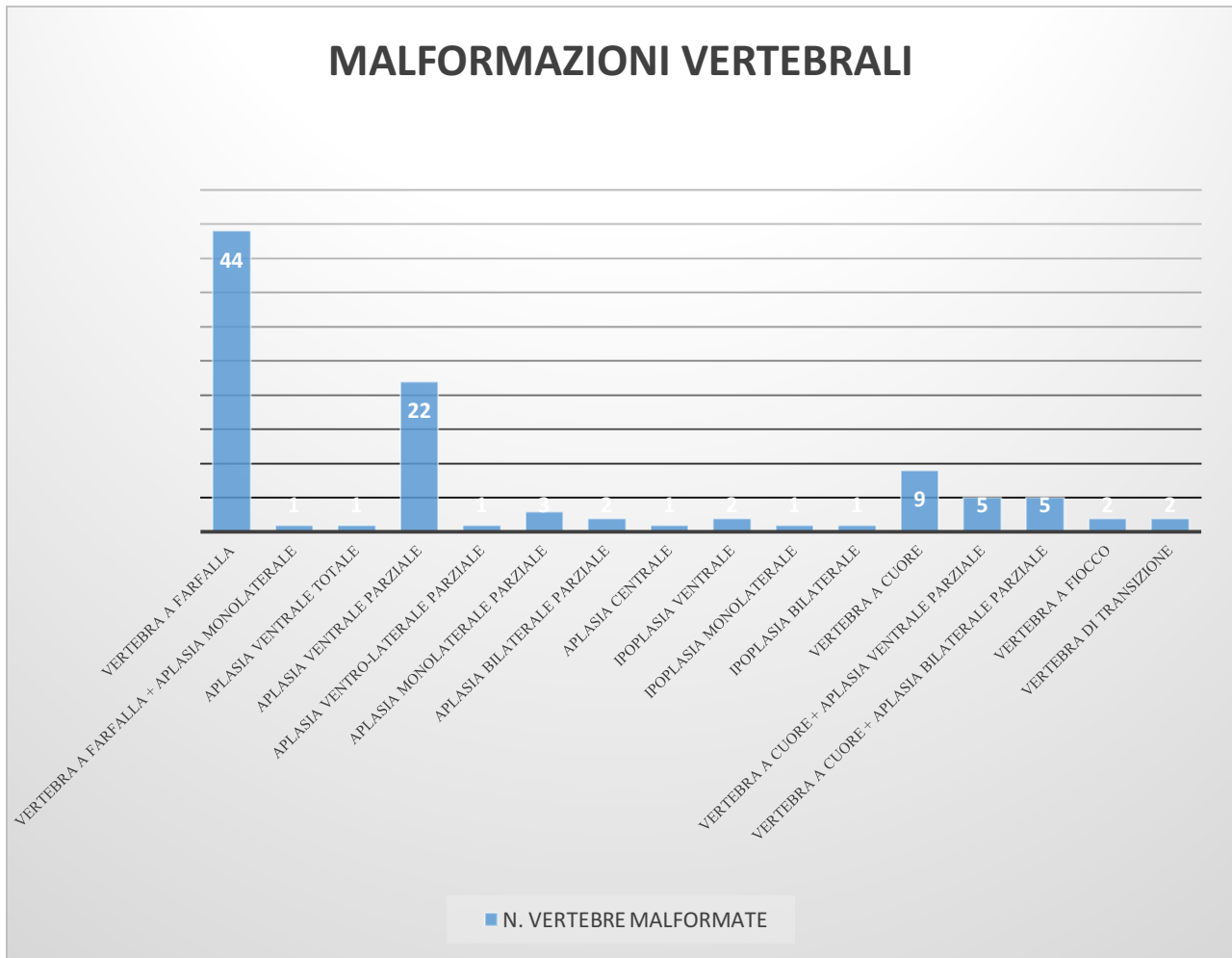


Grafico 1. Prevalenza delle malformazioni vertebrali nei Bulldog francesi.

3.3 Diametro del canale vertebrale

A livello di queste malformazioni vertebrali si è andati a valutare la stenosi del canale vertebrale. Essendo il diametro del canale vertebrale variabile lungo il rachide, la valutazione della dimensione del canale vertebrale è stata fatta attraverso il “*sagittal canal diameter*” ed il “*transverse canal diameter*”. Questi parametri sono stati misurati nella vertebra malformata, nella vertebra craniale alla malformazione e nella vertebra caudale alla malformazione. La misurazione della dimensione del canale vertebrale sia nella vertebra craniale che in quella caudale alla malformazione è stata fatta per poter fare un confronto, in modo da evidenziare un’eventuale stenosi vertebrale (tab. 2).

MALFORMAZIONE VERTEBRALE	SAGITTAL CANAL DIAMETER (intervallo)	SAGITTAL CANAL DIAMETER (media)	TRANSVERSE CANAL DIAMETER (intervallo)	TRANSVERSE CANAL DIAMETER (media)
FISIOLOGICO	(7.39mm – 12.40mm)	10.67mm	(8.97mm – 14.6mm)	11.81mm
VERTEBRA A FARFALLA	(7.94mm - 13.90mm)	10.11mm	(9.52mm - 14.20mm)	11.52mm
VERTEBRA A FARFALLA + APLASIA MONOLATERALE	13.90mm	13.90mm	12.20mm	12.20mm
APLASIA VENTRALE TOTALE	9.07mm	9.07mm	10.40mm	10.40mm
APLASIA VENTRALE PARZIALE	(7.04mm - 13.00mm)	9.74mm	(9.32mm - 12.50mm)	10.57mm
APLASIA VENTRO-LATERALE PARZIALE	11.00mm	11.00mm	10.20mm	10.20mm
APLASIA MONOLATERALE PARZIALE	(9.69mm - 10.80mm)	10.30mm	(9.61mm - 11.20mm)	11.00mm
APLASIA BILATERALE PARZIALE	(10.30mm – 11.30mm)	10.80mm	(9.28mm - 12.30mm)	10.79mm
APLASIA CENTRALE	10.9mm	10.9mm	11.9mm	11.9mm
IPOPLASIA VENTRALE	(9.15mm – 10.00mm)	9.58mm	(1.10cm - 11.10mm)	11.05mm
IPOPLASIA MONOLATERALE	/	/	/	/
IPOPLASIA BILATERALE	/	/	/	/
VERTEBRA A CUORE (APLASIA DORSALE MEDIALE)	(10.20mm - 14.80mm)	11.60mm	(8.67mm - 12.80mm)	9.98mm
VERTEBRA A CUORE + APLASIA VENTRALE PARZIALE	(9.68mm - 10.60mm)	10.13mm	(9.41mm x 12.00mm)	10.56mm
VERTEBRA A CUORE + APLASIA BILATERALE PARZIALE	(10.40mm - 13.90mm)	11.78mm	(8.83mm - 11.80mm)	10.67mm
VERTEBRA A FIOCCO	(10.00mm - 11.50mm)	10.75mm	(9.29mm - 10.00mm)	9.65mm

Tabella 2. Lunghezza del diametro sagittale del canale e del diametro trasversale del canale vertebrale in ogni tipo di malformazione vertebrale.

Nella maggior parte dei pazienti sono presenti molteplici malformazioni vertebrali, per cui il diametro della vertebra craniale e della vertebra caudale all'alterazione vertebrale non corrisponde sempre al diametro di una vertebra sana con cui poter fare un confronto. Quindi, ogni malformazione vertebrale è stata classificata in base alla sua posizione nel rachide, in modo da poterne confrontare il diametro con una vertebra sana presente nello stesso punto, ma in un altro paziente (tabb. 3-4).

VERTEBRA	T2 mm	T3 mm	T4 mm	T5 mm	T6 mm	T7 mm	T8 mm	T9 mm	T10 mm	T11 mm	T12 mm	T13 mm
FISIOLOGICO	8.64	9.81	9.45	11.50	11.00	9.14	10.80	11.00	9.97	9.58	10.50	10.30
VERTEBRA A FARFALLA	/	/	/	9.89	9.81	9.50	9.99	10.27	10.33	9.85	10.18	10.08
FARFALLA CON APLASIA MONOLATERALE	/	/	/	/	/	/	/	13.90	/	/	/	/
APLASIA VENTRALE TOTALE	/	/	/	/	9.07	/	/	/	/	/	/	/
APLASIA VENTRALE PARZIALE	/	/	10.50	9.84	9.68	10.17	8.90	9.65	9.94	/	9.49	/
APLASIA VENTRO-LATERALE PARZIALE	/	/	/	/	/	/	/	/	11.00	/	/	/
APLASIA MONOLATERALE PARZIALE	/	/	/	10.4	/	/	10.25	/	/	/	/	/
APLASIA BILATERALE PARZIALE	/	/	10.30	/	/	/	/	/	11.30	/	/	/
APLASIA CENTRALE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10.90	/	/
IPOPLASIA VENTRALE	/	/	/	/	9.15	/	/	10.00	/	/	/	/
VERTEBRA A CUORE	/	/	/	/	12.85	/	11.40	10.85	/	11.00	/	/
CUORE + APLASIA VENTRALE PARZIALE	/	/	/	9.68	/	/	10.30	10.60	9.87	10.20	/	/
CUORE + APLASIA BILATERALE PARZIALE	/	/	/	/	/	12.75	11.13	/	/	/	/	/
VERTEBRA A FIOCCO	/	/	/	/	/	10.00	/	/	11.50	/	/	/

Tabella 3. Diametro sagittale nelle vertebre sane e nelle malformazioni vertebrali.

VERTEBRA	T2 mm	T3 mm	T4 mm	T5 mm	T6 mm	T7 mm	T8 mm	T9 mm	T10 mm	T11 mm	T12 mm	T13 mm
FISIOLOGICO	13.00	12.03	12.17	11.90	11.11	9.64	10.95	10.16	10.80	11.38	12.00	11.08
VERTEBRA A FARFALLA	/	/	/	12.28	11.10	10.89	10.25	10.98	11.43	12.20	12.25	11.91
FARFALLA CON APLASIA MONOLATERALE	/	/	/	/	/	/	/	12.20	/	/	/	/
APLASIA VENTRALE TOTALE	/	/	/	/	10.40	/	/	/	/	/	/	/
APLASIA VENTRALE PARZIALE	/	/	12.50	10.17	10.90	10.98	9.48	10.17	11.03	/	11.50	/
APLASIA VENTRO-LATERALE PARZIALE	/	/	/	/	/	/	/	/	10.20	/	/	/
APLASIA MONOLATERALE PARZIALE	/	/	/	12.20	/	/	10.41	/	/	/	/	/
APLASIA BILATERALE PARZIALE	/	/	12.30	/	/	/	/	/	9.28	/	/	/
APLASIA CENTRALE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11.90	/	/
IPOPLASIA VENTRALE	/	/	/	/	11.00	/	/	11.10	/	/	/	/
VERTEBRA A CUORE	/	/	/	/	11.60	/	9.49	9.10	/	9.50	/	/
CUORE + APLASIA VENTRALE PARZIALE	/	/	/	9.60	/	/	10.70	9.41	11.10	12.00	/	/
CUORE + APLASIA BILATERALE PARZIALE	/	/	/	/	/	11.30	10.24	/	/	/	/	/
VERTEBRA A FIOCCO	/	/	/	/	/	9.29	/	/	10.00	/	/	/

Tabella 4. Diametro trasversale nelle vertebre sane e nelle malformazioni vertebrali.

Per rendere più semplice l'evidenziazione di un'eventuale stenosi, si è deciso di raccogliere in una tabella quella che è la differenza tra il valore del diametro fisiologico ad un dato livello ed il valore del diametro della vertebra malformata allo stesso livello, sia per quanto riguarda il diametro sagittale (tab. 5) sia per quanto riguarda il diametro trasversale (tab. 6).

VERTEBRA	T2 mm	T3 mm	T4 mm	T5 mm	T6 mm	T7 mm	T8 mm	T9 mm	T10 mm	T11 mm	T12 mm	T13 mm
VERTEBRA A FARFALLA	/	/	/	-1.61	-1.19	+0.36	-0.81	-0.73	+0.36	+0.27	-0.32	-0.22
FARFALLA CON APLASIA MONOLATERALE	/	/	/	/	/	/	/	+2.90	/	/	/	/
APLASIA VENTRALE TOTALE	/	/	/	/	-1.93	/	/	/	/	/	/	/
APLASIA VENTRALE PARZIALE	/	/	+1.05	-1.66	-1.32	+1.03	-1.90	-1.35	-0.03	/	-1.01	/
APLASIA VENTRO-LATERALE PARZIALE	/	/	/	/	/	/	/	/	+1.03	/	/	/
APLASIA MONOLATERALE PARZIALE	/	/	/	-1.10	/	/	-0.55	/	/	/	/	/
APLASIA BILATERALE PARZIALE	/	/	+0.85	/	/	/	/	/	+1.33	/	/	/
APLASIA CENTRALE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	+1.32	/	/
IPOPLASIA VENTRALE	/	/	/	/	-1.85	/	/	-1.00	/	/	/	/
VERTEBRA A CUORE	/	/	/	/	+1.85	/	+0.60	-0.15	/	+1.42	/	/
CUORE + APLASIA VENTRALE PARZIALE	/	/	/	+1.82	/	/	-0.50	-0.40	-0.10	+0.62	/	/
CUORE + APLASIA BILATERALE PARZIALE	/	/	/	/	/	+3.61	+0.33	/	/	/	/	/
VERTEBRA A FIOCCO	/	/	/	/	/	+0.86	/	/	+1.53	/	/	/

Tabella 5. Differenza tra il diametro sagittale della malformazione vertebrale e il diametro fisiologico.

VERTEBRA	T2 mm	T3 mm	T4 mm	T5 mm	T6 mm	T7 mm	T8 mm	T9 mm	T10 mm	T11 mm	T12 mm	T13 mm
VERTEBRA A FARFALLA	/	/	/	+0.38	-0.01	+1.25	-0.70	+0.82	+0.63	+0.82	+0.25	+0.83
FARFALLA CON APLASIA MONOLATERALE	/	/	/	/	/	/	/	+2.04	/	/	/	/
APLASIA VENTRALE TOTALE	/	/	/	/	-0.71	/	/	/	/	/	/	/
APLASIA VENTRALE PARZIALE	/	/	+0.33	-1.73	-0.21	+1.34	-1.47	+0.01	+0.23	/	-0.50	/
APLASIA VENTRO-LATERALE PARZIALE	/	/	/	/	/	/	/	/	-0.60	/	/	/
APLASIA MONOLATERALE PARZIALE	/	/	/	+0.30	/	/	-0.54	/	/	/	/	/
APLASIA BILATERALE PARZIALE	/	/	+0.13	/	/	/	/	/	-1.52	/	/	/
APLASIA CENTRALE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.52	/	/
IPOPLASIA VENTRALE	/	/	/	/	-0.11	/	/	0.94	/	/	/	/
VERTEBRA A CUORE	/	/	/	/	+0.49	/	-1.46	-1.06	/	-1.88	/	/
CUORE + APLASIA VENTRALE PARZIALE	/	/	/	-2.30	/	/	-0.25	-0.75	+0.30	+0.62	/	/
CUORE + APLASIA BILATERALE PARZIALE	/	/	/	/	/	+1.66	-0.71	/	/	/	/	/
VERTEBRA A FIOCCO	/	/	/	/	/	-0.35	/	/	-0.80	/	/	/

Tabella 6. Differenza tra il diametro sagittale della malformazione vertebrale e il diametro fisiologico.

3.4 Deviazioni del rachide

Le deviazioni del rachide individuate nei nostri casi sono la cifosi, la scoliosi e la cifo-scoliosi. L'analisi di quest'ultime è stata effettuata attraverso la misurazione dell'angolo di Cobb e dell'angolo di Cobb modificato. Essendo presenti in molti casi più malformazioni vertebrali che si susseguono l'una con l'altra, non sempre è stato possibile assegnare alla malformazione vertebrale la causa della deviazione del rachide. Quindi, si è potuto attribuire ad una malformazione vertebrale una specifica curva con certezza quando la malformazione vertebrale nel singolo caso è solo una oppure quando è evidente che una determinata malformazione vertebrale tra quelle presenti è la causa dell'alterazione della normale curva del rachide. Nei casi in cui non si è trovata una corrispondenza certa tra la vertebra malformata e la suddetta deviazione del rachide, non è stato possibile effettuare un confronto. Nella seguente tabella sono stati riportati i valori degli angoli di Cobb e degli angoli di Cobb modificati di ogni singola curva, quando questa è stata attribuita ad una data malformazione vertebrale (tab. 7).

MALFORMAZIONE VERTEBRALE	TIPO DI CURVA	N° DI CURVE	ANGOLO DI COBB (MEDIA)	ANGOLO DI COBB (INTERVALLO)	ANGOLO DI COBB MODIFICATO (MEDIA)	ANGOLO DI COBB MODIFICATO (INTERVALLO)
VERTEBRA A FARFALLA	K	9	/	/	18.85°	4.93°-30.32°
	S	2	7.50°	6.02°-8.97°	/	/
	KS	5	14.63°	6.72°-23.71°	22.73°	12.69°-29.21°
APLASIA VENTRALE PARZIALE	K	2	/	/	14.87°	13,91°-15.83°
	KS	2	9.48°	8.39°-10.57°	41.11°	19.84°-62.37°
APLASIA MONOLATERALE PARZIALE	S	2	13.92°	8.70°-19.14°	/	/
APLASIA BILATERALE PARZIALE	K	1	/	/	58.27°	58.27°
VERTEBRA A CUORE + APLASIA VENTRALE PARZIALE	K	2	/	/	22.24°	19.37°-25.10°

Tabella 7. Angolo di Cobb e angolo di Cobb modificato determinato nelle specifiche deviazioni del rachide.

3.5 Sagittal Index

Nella seguente tabella son riportati i valori di “Sagittal Index” calcolati a livello delle vertebre sane e a livello delle malformazioni vertebrali. I valori in negativo indicano che l’angolo non è acuto ventralmente, ma dorsalmente.

MALFORMAZIONE VERTEBRALE	SAGITTAL INDEX (MEDIA)	SAGITTAL INDEX (INTERVALLO)
FISIOLOGICO	(-4.20°)	(-19.13°) – (10.65°)
VERTEBRA A FARFALLA	9.46°	(-31.16°) - (61.82°)
FARFALLA CON APLASIA MONOLATERALE	8.74°	8.74°
APLASIA VENTRALE TOTALE	59.96°	59.96°
APLASIA VENTRALE PARZIALE	9.03°	(-35.99°) - (51.25°)
APLASIA VENTRO-LATERALE PARZIALE	(-0.28°)	(-0.28°)
APLASIA MONOLATERALE PARZIALE	(-27.23°)	(-39.35°) - (-15.10°)
APLASIA BILATERALE PARZIALE	7.14°	(-9.78°) - 24.05°
APLASIA CENTRALE	8.11°	8.11°
IPOPLASIA VENTRALE	28.41°	28.41°
IPOPLASIA MONOLATERALE	22.74°	22.74°
IPOPLASIA BILATERALE	0.98°	0.98°
VERTEBRA A CUORE	(-3.85°)	(-34.67°) - (27.85°)
CUORE + APLASIA VENTRALE PARZIALE	(-1.72°)	(-41.00°) - (37.19°)
CUORE + APLASIA BILATERALE PARZIALE	(-8.18°)	(-32.37°) - (29.93°)
VERTEBRA A FIOCCO	7.46°	(2.15°) – (12.77°)

Tabella 8. "Sagittal Index" di ogni malformazione vertebrale.

4 DISCUSSIONE

In questa tesi sono state studiate le malformazioni vertebrali e le conseguenti alterazioni conformazionali del rachide in cani di razza Bulldog Francese, attraverso l'analisi delle immagini RX e RM di 55 soggetti. Attraverso questa analisi è stato possibile effettuare la stesura di una classificazione delle malformazioni vertebrali di tale razza, applicabile per estensione anche ad altre razze canine.

4.1 Razza

Secondo la bibliografia consultata, la prevalenza delle malformazioni vertebrali è elevata in tutte quelle razze che presentano la “coda arricciata” (“screw tailed”), come i Carlini, i Bulldog Francesi ed i Bulldog Inglesi (Jeffery et al., 2007; Aikawa et al., 2014; Gutierrez-Quintana et al., 2014;). Secondo i nostri risultati, la probabilità di riscontrare alterazioni a livello del rachide è estremamente elevata: dei 55 soggetti esaminati neanche un caso è stato trovato esente dalla presenza di malformazioni vertebrali. Questa evidenza conferma i risultati di studi precedenti sulla frequenza delle malformazioni vertebrali nei soggetti di questa razza (Moissonnier et al., 2011; Aikawa et al., 2014). È importante ricordare che i casi reclutati per questo studio non sono stati scelti a caso, ma fra una popolazione di pazienti con mielopatie compressive secondarie per lo più alla presenza di ernie discali, causanti deficit della deambulazione. Esiste quindi la possibilità che le malformazioni spinali possano costituire un fattore predisponente allo sviluppo delle paratopie discali. Tuttavia, i siti di compressione vertebrale non sono localizzati in prossimità delle malformazioni vertebrali; inoltre, l'insorgenza delle paratopie discali avviene in periodi di vita molto variabili, in contrasto con la natura congenita delle malformazioni vertebrali; per ultimo le malformazioni vertebrali causano più frequentemente un'ectasia che una stenosi del canale vertebrale. Per tutti questi motivi è verosimile che l'elevatissima frequenza (100% dei casi) di riscontro delle malformazioni vertebrali nella popolazione in esame sia legata ad un'elevata diffusione del problema nella razza piuttosto che ai criteri di selezione dei casi.

La scelta di analizzare solamente soggetti di razza Bulldog francese è stata basata sul desiderio di esaminare una popolazione estremamente omogenea dal punto di vista anatomico; infatti, l'estrema numerosità delle razze canine e l'elevata variabilità di conformazione anatomica limitano la trasferibilità di alcuni concetti fra le razze. Nello specifico, la scelta di questa razza è invece legata

all'enorme popolarità che i Bulldog francesi hanno acquisito negli ultimi anni, competendo con i Bassotti tedeschi il primato di razza condrodistrofica più diffusa.

4.2 Classificazione

Partendo dall'analisi delle classificazioni delle malformazioni vertebrali presenti in medicina umana, è stato possibile creare una classificazione in ambito veterinario, attraverso la valutazione della presenza delle malformazioni vertebrali nei casi sottoposti ad analisi.

In medicina umana sono state proposte diverse classificazioni, ma le più valide e complete sono quelle di Nasca, Winter e Mc Master (Nasca et al., 1975; McMaster et Singh, 1999; Kawakami et al., 2009; Marks et al., 2009). Winter e Mc Master, rispetto a Nasca, hanno creato una classificazione che, se traslata tal quale in medicina veterinaria, risulta troppo indaginosa. Il motivo della difficile applicabilità di tali classificazioni è che in campo veterinario non sempre è possibile effettuare tutte le indagini diagnostiche necessarie. Al contrario, molto spesso limitazioni culturali ed economiche impediscono anche le indagini di base che permetterebbero al Medico Veterinario la semplice evidenziazione del problema.

L'esame diagnostico d'elezione per la classificazione delle alterazioni vertebrali in umana è la TC, per la sua elevata definizione dei tessuti duri (Winter et al., 1997; Newton et al., 2002). In questo studio l'indagine TC non è stata eseguita in nessun caso. Questo è dovuto al fatto che tutti i casi presi in esame erano stati riferiti per problemi neurologici interessanti il midollo spinale (netta prevalenza di mielopatie compressive da ernie discali), che vengono indagati nei centri di referenza tramite l'esecuzione di un esame RM. La RM, infatti, presenta una maggiore capacità diagnostica generale, poiché permette la migliore visualizzazione possibile dei tessuti molli coinvolti (midollo spinale, radici nervose, strutture vascolari, ecc.). La natura retrospettiva di questo studio non ha quindi permesso la scelta dell'esame ideale. Tuttavia, la possibilità offerta dalla RM di acquisire direttamente le immagini sui tre piani dello spazio senza la necessità di ricostruzioni postprocessing per i piani non assiali (come invece avviene per gli studi TC) ha costituito un vantaggio per la classificazione delle malformazioni vertebrali.

Un altro limite della natura retrospettiva del presente studio è che la finalità degli studi RM in ogni singolo caso era la diagnosi della patologia neurologica in corso. In un buon numero di casi, la localizzazione della patologia spinale acquisita, causa della richiesta dell'esame RM, non era né prossima, né relazionata, con le malformazioni vertebrali, solitamente silenti dal punto di vista clinico. La regione di interesse per la presente tesi non era quindi, in un buon numero di casi, la stessa dei fini diagnostici. Ciò ha provocato una drastica riduzione (da 55 a 31) dei casi in cui la RM

ha fornito informazioni utili alla classificazione vertebrale.

Per effettuare lo studio dell'anatomia vertebrale, in questa tesi ci si è quindi avvalsi delle immagini radiografiche, che hanno permesso una prima analisi della malformazione vertebrale e una valutazione delle deviazioni del rachide secondarie alla malformazione. Successivamente, le immagini RM, quando disponibili, hanno dato la possibilità di studiare specificatamente ogni singola vertebra in modo da mettere in evidenza in dettaglio le variazioni anatomiche.

Alcune malformazioni vertebrali sono state classificate in un già definito gruppo di malformazioni vertebrali grazie all'analisi della sola immagine RX, in quanto il reperto radiografico non lascia adito a dubbi sulla sua forma. In questi casi, quando disponibile, lo studio RM ha confermato ciò che era già evidente nello studio radiografico. Altre malformazioni, a causa di immagini RX non correttamente effettuate o a causa della sovrapposizione di strutture, sono state classificate con certezza soltanto attraverso lo studio delle immagini RM, quando disponibili.

In base alle alterazioni che sono state ritrovate, è stata effettuata la stesura di una proposta di classificazione in medicina veterinaria.

La seguente classificazione presenta soltanto vertebre con difetti di formazione, in quanto i difetti di segmentazione non sono mai stati rilevati a livello di corpo vertebrale. I difetti di segmentazione (fusione) sono stati riscontrati a livello di processi spinosi delle ultime vertebre toraciche, ma non interessando il corpo vertebrale non sono stati inseriti nella classificazione. Tutte quelle malformazioni vertebrali presenti in umana, di cui non è stata trovata nessuna evidenza nei nostri casi, non sono state inserite nella classificazione. I difetti di segmentazione si verificano durante la vita embrionale, come nel caso delle aplasie/ipoplasie e delle vertebre di transizione, quest'ultime sono state riscontrate diverse volte nel corso di questo studio (Westworth et Sturges, 2010). Però, in corso di vertebre a blocco ad esempio, si avrà sempre una proliferazione di cartilagine od osso, per cui si andranno a creare dei difetti di segmentazione. Mentre, in tutti i casi messi in evidenza da questo studio è stato visto che ogni malformazione vertebrale presenta una porzione mancante, oppure una riduzione della dimensione rispetto a quello che è il fisiologico. Quindi abbiamo visto come nella pratica, i difetti di segmentazione ed i difetti di formazione hanno un'origine diversa, in quanto i primi derivano da alterazioni durante la vita embrionale ed i secondi da alterazioni durante la vita fetale, che ci spiega il perché nei nostri 55 Bulldog francesi non sono mai stati visti (Westworth et Sturges, 2010).

Un'alterazione vertebrale da considerarsi come un difetto di formazione che invece non è presente nella classificazione presente in medicina umana è la vertebra di transizione. In questo studio, ne sono state trovate 2 su 55 casi totali (3,6%). Secondo la bibliografia, la razza in cui si ritrova più

frequentemente questo tipo di variazione anatomica è il Pastore Tedesco (Morgan, 1999; Damur-Djuric et al., 2006; Flückiger et al., 2006; Lappalainen et al., 2012). Essendo un reperto riscontrato con una certa frequenza, soprattutto in questa razza, ed essendo causa predisponente di patologia, tra le quali la più importante è la sindrome della cauda equina, si ritiene essere necessario inserire questa alterazione vertebrale nella classificazione.

In medicina umana le vertebre di transizione non sono presenti nella classificazione delle malformazioni vertebrali anche se sono un reperto comune: la loro prevalenza nella popolazione generale è del 5-30% (Konin e Walz, 2010). Tuttavia, in molti studi di medicina umana è stato dimostrato che la presenza di questo tipo di alterazione vertebrale non comporta una frequenza maggiore di ripercussioni cliniche rispetto a pazienti sani (Tini et al., 1977; Elster, 1989; Taskaynatan et al., 2005). In altri studi è dimostrato invece che alcuni tipi di vertebre di transizione causano dolorabilità a livello della schiena e del gluteo (Tang et al., 2014). Come per la classificazione di Nasca, riguardante soltanto le emivertebre e non tutte le malformazioni vertebrali (Nasca et al., 1975), anche in questo caso è stata creata una classificazione a sé stante probabilmente proprio a causa della bassa frequenza di ritrovamento e della modesta importanza clinica. Nonostante tutto, le vertebre di transizione sono state classificate dai diversi autori in modi diversi: è presente una semplice classificazione anatomica per mezzo di immagini radiografiche (Castellvi et al., 1984), una classificazione basata sul profilo radiografico in un'immagine LL (Wigh et Anthony, 1981) e una classificazione basata sullo studio del disco intervertebrale presente tra la vertebra di transizione e la vertebra adiacente (Nicholson et al., 1988). In medicina veterinaria le vertebre di transizione sono state a lungo studiate da diversi autori (Morgan, 1999; Breit et Künzel, 2002; Breit et al., 2003; Komsta et al., 2015), ma soltanto uno di questi ha proposto una vera e propria classificazione, che si basa su uno studio anatomico attraverso immagini radiografiche dei processi trasversi presenti sulla suddetta malformazione vertebrale (Damur-Djuric et al., 2006). In seguito, questa classificazione è stata ampliata e migliorata, andando a sottolineare l'importanza di entrambe le proiezioni radiografiche per poter effettuare un corretto protocollo di screening per la presenza di una vertebra di transizione lombo-sacrale (Lappalainen et al., 2012).

In questo studio non sono state considerate le vertebre di transizione relativamente a forma e posizione, in quanto la loro prevalenza nei nostri casi è stata talmente limitata (1,96%) da non permettere una valutazione significativa. Inoltre, quando era presente la malformazione vertebrale non erano presenti le immagini diagnostiche necessarie per poterla classificare, in quanto in uno dei due casi era presente soltanto l'immagine RX, mentre nell'altro caso era presente soltanto l'immagine RM. Infatti l'unica caratteristica che è stata messa in evidenza, nonostante le immagini

diagnostiche a nostra disposizione, è la presenza in entrambi i casi delle coste sulla prima vertebra lombare. A causa di ciò, non è stato possibile studiare accuratamente la forma anatomica della malformazione vertebrale e di conseguenza non abbiamo potuto creare una nostra classificazione in questo ambito o confermare quelle che sono le classificazioni della vertebra di transizione già presenti. Nonostante tutto, diversi studi dimostrano l'importanza della vertebra di transizione in medicina veterinaria per cui si ritiene fondamentale il suo inserimento nella classificazione delle malformazioni vertebrali proposta da questo studio (Morgan, 1999; Morgan et al., 1993; Breit et Künzel, 2002; Flückiger et al., 2006), anche perché è un difetto di formazione e come tale è necessario l'inserimento nella classificazione insieme agli altri difetti di formazione.

Oltre alla vertebra di transizione, sono state inserite altre vertebre in più rispetto alla classificazione presente in medicina umana. Tali malformazioni vertebrali comprendono l'aplasia ventrale subtotale con aplasia dorsale parziale del corpo vertebrale, che abbiamo definito "vertebra a fiocco", l'aplasia dorsale mediana del corpo vertebrale, che abbiamo definito "vertebra a cuore", e l'aplasia centrale del corpo vertebrale.

La vertebra a fiocco (figg. 37-38) è un'alterazione anatomica vertebrale di notevole entità, che nei nostri casi è stata ritrovata soltanto due volte. Questo tipo di vertebra non è stata ricondotta a nessuna delle malformazioni vertebrali già viste. La vertebra anatomicamente più simile alla vertebra a fiocco è la vertebra a farfalla, ma son state notate diverse differenze come la mancanza dell'aplasia mediana nella vertebra a fiocco e la mancanza dell'aplasia dorsale mediale nella vertebra a farfalla. Per questi motivi non è verosimile inserire questa nuova malformazione vertebrale in una delle categorie già presenti, ma son necessari maggiori ricerche in modo da confermare la sua presenza come classe a sé stante.

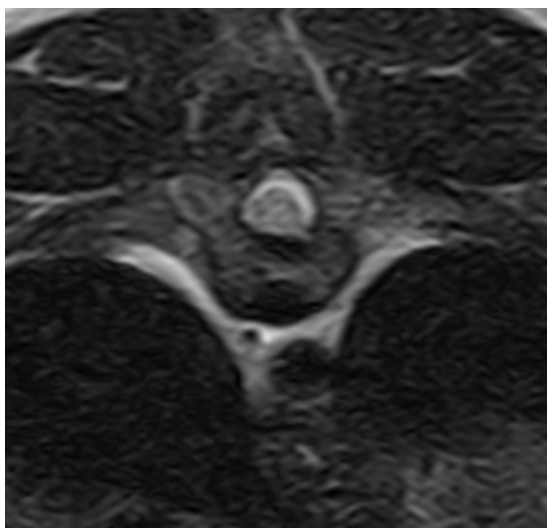


Figura 37. Immagine RM sul piano trasverso, pesata in T2, della vertebra a fiocco.

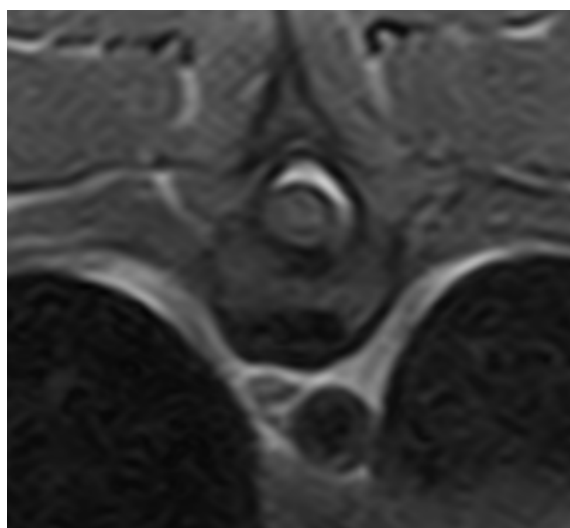


Figura 38. Immagine RM sul piano trasverso, pesata in T1, della vertebra a fiocco.

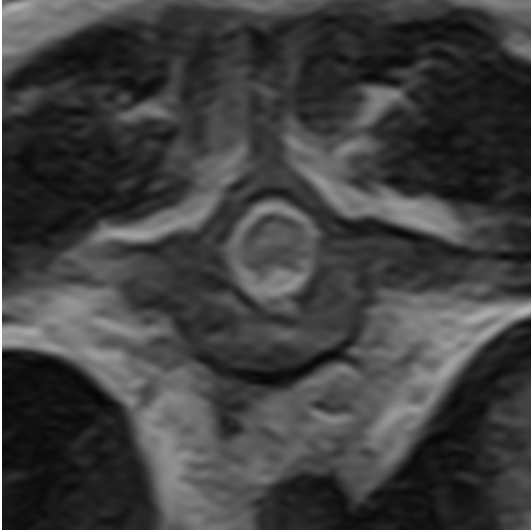


Figura 39. Immagine RM sul piano trasverso, pesata in T2, della vertebra a cuore.

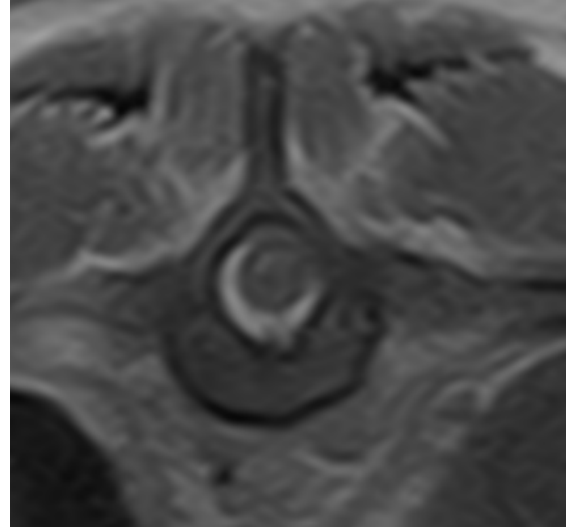


Figura 40. Immagine RM sul piano trasverso, pesata in T1, della vertebra a cuore.

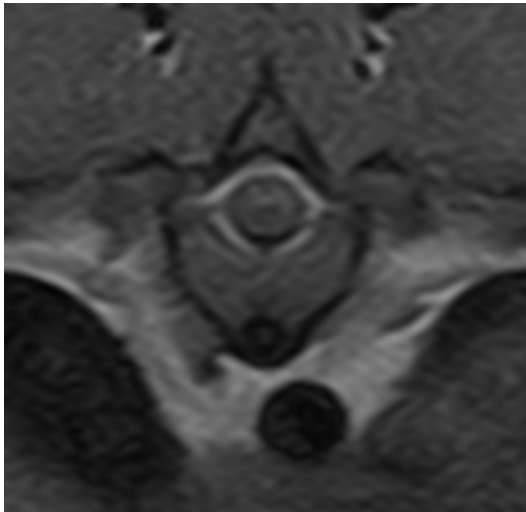


Figura 41. Immagine RM sul piano trasverso, pesata in T1, della vertebra a cuore con aplasia ventrale parziale.

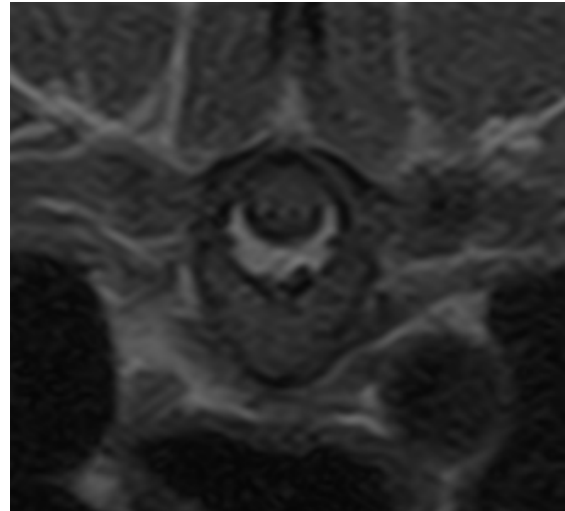


Figura 42. Immagine RM sul piano trasverso, pesata in T1, della vertebra a cuore con aplasia ventrale bilaterale.

La vertebra a cuore (figg. 39-40) è l'altra malformazione vertebrale ad oggi non descritta e che è stata rilevata nella nostra case series ed è costituita da un'aplasia dorsale mediale. È di frequente riscontro nei nostri casi, a livello di vertebre toraciche, la presenza di una lievissima depressione del canale vertebrale, rilevabile sul margine dorsale del corpo vertebrale. L'elevata frequenza con cui si rileva questa depressione è tale, da farla considerare una caratteristica delle vertebre più che una vera e propria malformazione. Ma, in seguito ad un'attenta analisi, è stato visto che questa depressione in alcune vertebre è di notevole entità, causando così una vera e propria aplasia dorsale mediana. La vertebra a cuore non presenta delle alterazioni per quanto riguardano la semplice forma esterna del corpo vertebrale per cui, come dimostreremo in dettaglio successivamente, non danno

origine a deviazioni del rachide. In associazione all'aplasia dorsale mediana, questa vertebra in alcuni casi presentava anche un'aplasia ventrale parziale o un'aplasia bilaterale parziale (figg. 41-42). È importante non confondere la vertebra a cuore con aplasia ventrale parziale e la vertebra a fiocco, infatti nel primo caso il corpo vertebrale nella porzione ventrale è lievemente mancante e nel secondo caso vediamo una vera e propria mancanza della porzione ventrale del corpo vertebrale.

Un'ulteriore malformazione vertebrale mai considerata nel corso degli studi è l'aplasia centrale (figg. 43-44). Questo tipo di alterazione vertebrale presenta un'aplasia proprio al centro del corpo vertebrale. Per la sua posizione, questa alterazione non presenta significati clinici e di morfologia complessiva del rachide e probabilmente questo è il motivo per cui non è mai stata menzionata negli studi precedenti.

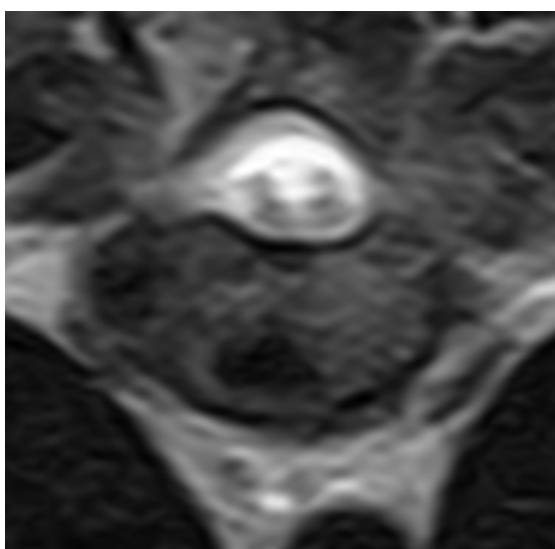


Figura 43. Immagine RM sul piano trasverso, pesata in T2, dell'aplasia centrale.

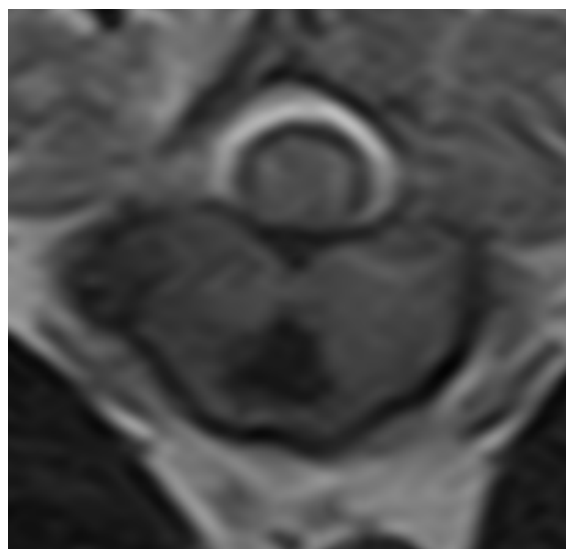


Figura 44. Immagine RM sul piano trasverso, pesata in T1, dell'aplasia centrale.

Tra le classificazioni delle malformazioni vertebrali proposte in medicina umana, quella che è stata presa come riferimento per la stesura della classificazione in ambito veterinario è stata quella più completa, ossia quella di McMaster. In particolare, McMaster aveva diviso le malformazioni vertebrali in base alla deviazione del rachide che provocavano, andando a valutare molto attentamente le conseguenze cliniche, le possibili soluzioni chirurgiche e la prognosi.

Prima di tutto, le malformazioni vertebrali vengono divise in 3 grandi gruppi, ossia difetti di formazione, difetti di segmentazione e i mixed type. Successivamente, prendendo in esame l'intero sistema chiamato rachide, McMaster parla di "incarceramento" nel momento in cui c'è l'allineamento tra i peduncoli delle vertebre senza che questi sporgano dal contorno vertebrale e di "non incarceration" quando si perde l'allineamento di tali peduncoli per cui questi protrudono dal contorno vertebrale.

Essendosi concentrato maggiormente su quella che è la possibile cura e la prognosi del paziente, McMaster ha voluto creare due differenti classificazioni in modo da dividere le malformazioni vertebrali in base a ciò che ne deriva. È nata così la classificazione della scoliosi congenita e della cifosi/cifoscoliosi congenita (McMaster et Ohtsuka, 1982; McMaster et Singh, 1999). In entrambe le classificazioni è stato mantenuto quello che è lo schema delle malformazioni vertebrali, ossia difetti di formazione, difetti di segmentazione ed i mixed type (figg. 45-46).

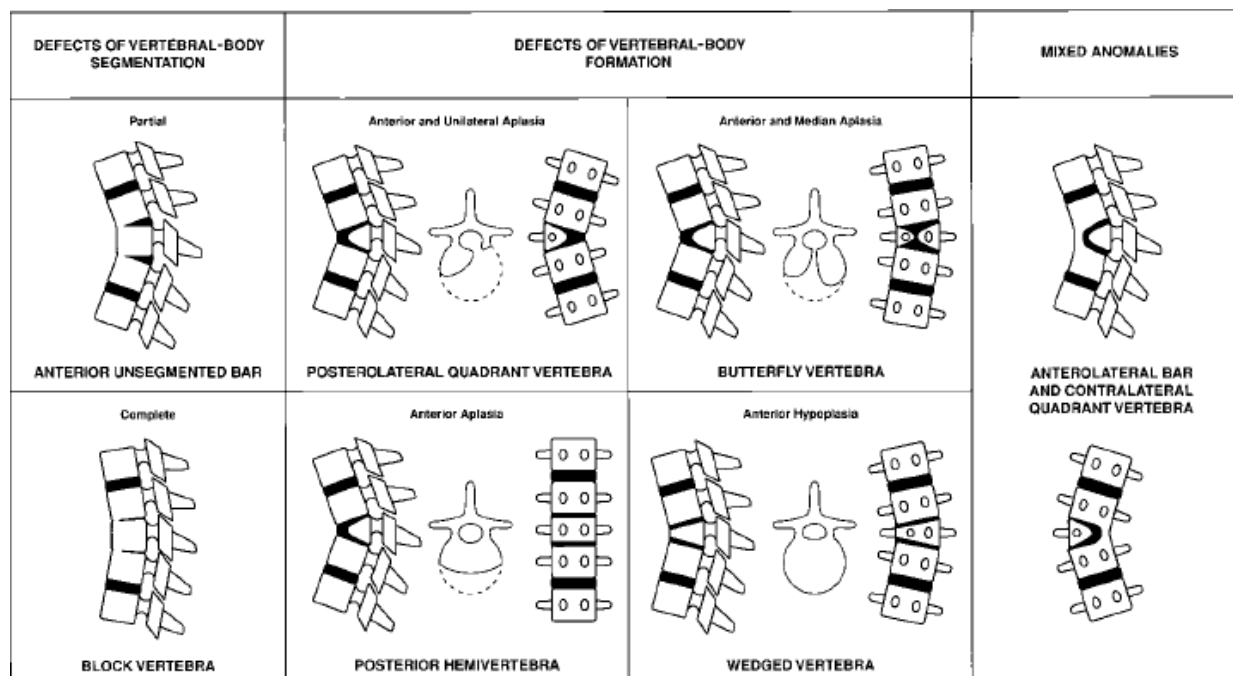


Figura 45. Classificazione delle malformazioni vertebrali che causano una cifosi o una cifoscoliosi secondo McMaster.

La classificazione che è stato possibile creare sulla falsariga della classificazione di McMaster differisce alquanto dall'originale per diversi motivi.

Innanzitutto, nel corso di questo studio sono state valutate soltanto le singole malformazioni vertebrali, senza andare a considerare l'eventuale risoluzione chirurgica e la prognosi del paziente. Per questo motivo, le malformazioni vertebrali sono state catalogate in un'unica classificazione, andando a esaminare solo in un secondo tempo le conseguenze causate dalla presenza di ognuna di esse. Lo studio della singola anatomia vertebrale è quindi stato fine a stesso, visto che in medicina veterinaria sono presenti pochi studi riguardanti le alterazioni vertebrali.

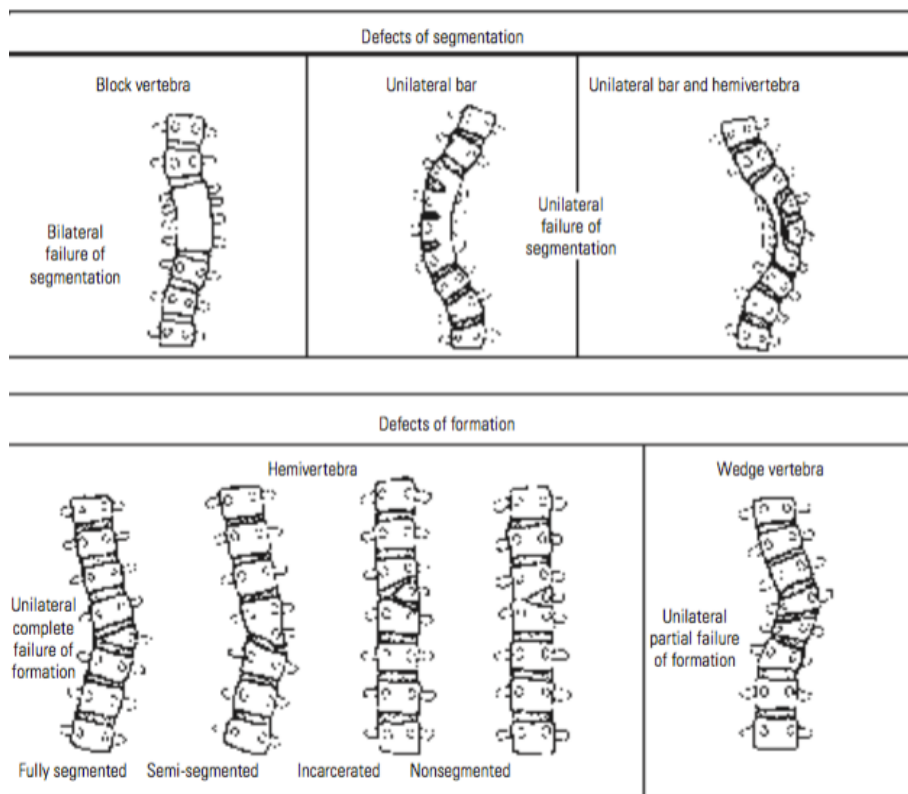


Figura 46. Classificazione delle malformazioni vertebrali che causano una scoliosi secondo McMaster.

In secondo luogo, la classificazione proposta da questo studio non considera i difetti di segmentazione ed i mixed type, in quanto tutte le malformazioni vertebrali raccolte in queste due categorie non sono mai state riscontrate nei nostri casi.

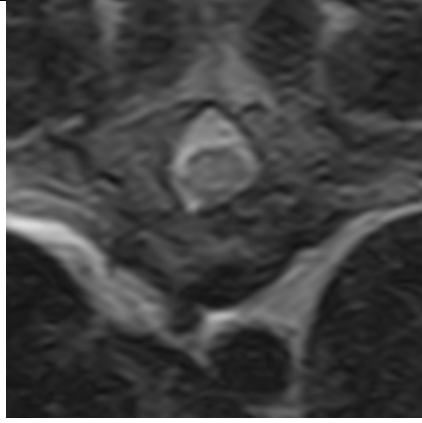
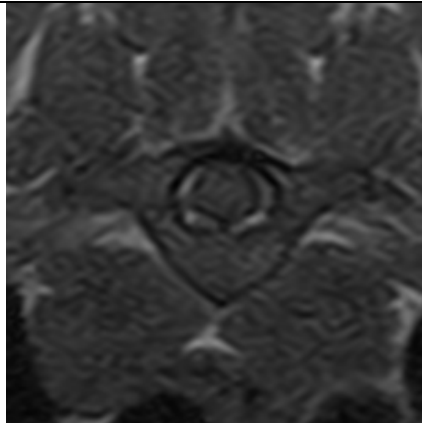
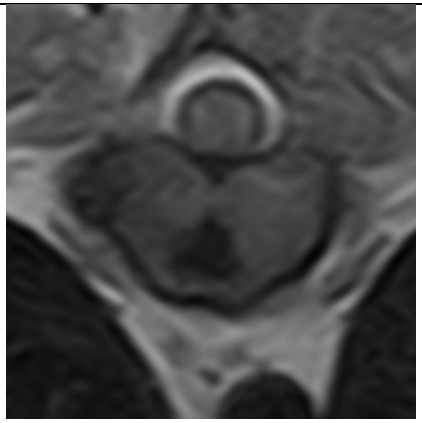
L'unica categoria proposta da McMaster ad essere rimasta inalterata anche nella presente classificazione, cioè i difetti di formazione, presentano un importante cambiamento. Alle malformazioni vertebrali presenti in questa categoria nella classificazione di McMaster, ossia la vertebra a farfalla, l'ipoplasia ventrale, l'aplasia ventrale e l'aplasia ventro-laterale, sono stati aggiunti altri tipi di malformazione vertebrale, incontrati nel corso dello studio dei nostri casi, quali l'aplasia laterale, l'aplasia centrale, l'ipoplasia laterale, la vertebra a cuore, la vertebra a fiocco e la vertebra di transizione. L'aplasia laterale e l'ipoplasia laterale sono due alterazioni presenti anche nella prima classificazione delle malformazioni vertebrali proposta in ambito veterinario (Gutierrez-Quintana et al., 2012). L'aplasia centrale, la vertebra a cuore e la vertebra a fiocco sono invece tipi di alterazioni vertebrali riscontrate, o per lo meno classificate come tali, per la prima volta nel nostro studio: infatti, a nostro avviso presentano caratteristiche anatomiche così peculiari da renderle non inseribili in nessuna delle malformazioni vertebrali già codificate.

Un discorso a parte lo meritano le vertebre di transizione: come si era già detto precedentemente, sia in medicina umana che in medicina veterinaria è presente una classificazione di questa alterazione anatomica, disgiunta dalle altre. Noi invece abbiamo preferito includerle nella

classificazione che stiamo proponendo, per avere un quadro più completo di tutte quelle che sono le diverse malformazioni vertebrali presenti in medicina veterinaria. Infatti, non essendo stato possibile studiarle in prima persona sia per problemi di frequenza di tale alterazione vertebrale nei nostri casi sia per la mancanza di immagini diagnostiche a nostra disposizione, nel caso in cui venga riscontrata una vertebra di transizione durante lo svolgimento di esami diagnostici che si vuole classificare, si rimanda a quelle che sono le classificazioni per tale vertebra già presenti. In altre parole, si propone l'inserimento delle precedenti classificazioni delle vertebre di transizione nella classificazione delle malformazioni vertebrali proposta da questo studio solo come una sottoclassificazione, in modo da poter catalogare in maniera corretta questa vertebra nel momento in cui venga messa in evidenza.

La classificazione da noi proposta è la seguente:

MALFORMAZIONE VERTEBRALE	DESCRIZIONE	IMMAGINE
VERTEBRA A FARFALLA	Aplasia ventrale e aplasia mediana del corpo vertebrale. Può essere una vertebra a farfalla parziale, con un'aplasia ventrale parziale. Inserire nei commenti se presenti ulteriori caratteristiche non proprie della classe, come ad esempio un'aplasia monolaterale parziale.	
APLASIA VENTRALE	Mancanza della porzione ventrale del corpo vertebrale, totale o parziale.	

<p>APLASIA VENTRO-LATERALE</p>	<p>Mancanza della porzione ventro-laterale del corpo vertebrale. L'aplasia ventrale può essere totale o parziale e l'aplasia laterale può essere mono o bilaterale.</p>	
<p>APLASIA LATERALE</p>	<p>Mancanza della porzione laterale del corpo vertebrale, che può interessare un margine laterale (monolaterale) oppure entrambi (bilaterale).</p>	
<p>APLASIA CENTRALE</p>	<p>Mancanza della porzione centrale del corpo vertebrale.</p>	
<p>IPOPLASIA VENTRALE</p>	<p>Diminuito sviluppo della porzione ventrale del corpo vertebrale.</p>	<p>/</p>

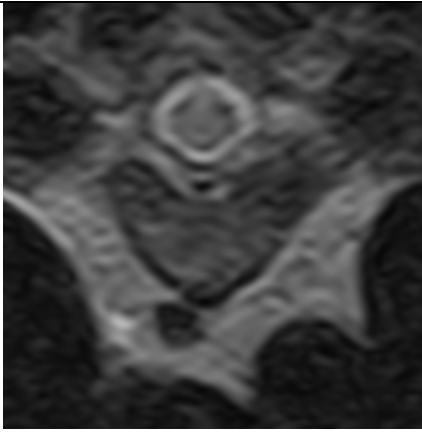
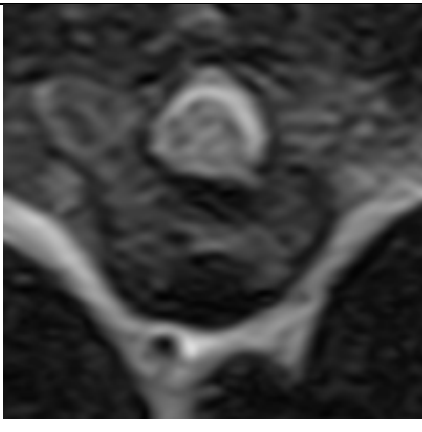
IPOPPLASIA LATERALE	Diminuito sviluppo della porzione laterale del corpo vertebrale. Può essere monolaterale o bilaterale.	/
VERTEBRA A CUORE	Aplasia dorsale mediale del corpo vertebrale. Inserire nei commenti se è presente una caratteristica non propria della classe, come ad esempio l'ulteriore presenza di aplasia bilaterale o ventrale.	
VERTEBRA A FIOCCO	Aplasia ventrale quasi totale con aplasia dorsale mediale parziale del corpo vertebrale.	
VERTEBRA DI TRANSIZIONE	Vertebra ritrovata a livello delle giunzioni delle diverse porzioni del rachide che assume le caratteristiche della porzione di non appartenenza.	/

Tabella 9. Classificazione delle malformazioni vertebrali in medicina veterinaria.

Le malformazioni vertebrali riscontrate non presentavano sempre un'alterazione di forma così delineata e costante da permetterne una facile assegnazione in una determinata classe. Ad esempio, alcune delle vertebre a cuore erano composte da un'aplasia ventrale parziale o da un'aplasia bilaterale parziale, oltre all'aplasia dorsale mediale. All'interno del gruppo delle vertebre a cuore sono quindi presenti vertebre che presentano una leggera differenza morfologica rispetto a quelle più standardizzate, ma non tali da meritare di essere classificate in un ulteriore gruppo. Abbiamo ritenuto infatti che non fosse il caso di proporre una classificazione troppo frammentata e, quindi, poco utile. Altri esempi di questo "accorpamento" sono i seguenti:

- la vertebra a farfalla con aplasia monolaterale, rilevata in solo uno dei nostri casi, che è stata inserita nel gruppo delle vertebre a farfalla;
- l'aplasia ventrale parziale non è stata distinta da quella totale, per cui tutte le vertebre di questo tipo sono state raggruppate tra le aplasie ventrali;
- allo stesso modo, nell'ambito delle aplasie laterali e delle ipoplasie laterali, non è stato considerato se sono monolaterali o bilaterali e parziali o totali.

4.3 Diametro del canale vertebrale

Un importante componente nello studio della morfologia vertebrale e delle malformazioni vertebrali è la possibile influenza che queste ultime possono avere sul diametro del canale vertebrale. Infatti, le stenosi del canale possono causare focali compressioni del midollo spinale toracolombare ed essere quindi responsabili di sindromi neurologiche a carico degli arti posteriori.

Purtroppo, l'enorme variabilità morfologica e dimensionale delle varie razze di cani causano una disomogeneità di popolazione tale da impedire la definizione di valori standard di riferimento. Inoltre, esistono fisiologiche variazioni del diametro del canale vertebrale nei differenti tratti del rachide: per esempio, a livello lombare, in particolare a livello di L4 e L5, si ha un aumento fisiologico del diametro del canale vertebrale rispetto alle altre porzioni (Breit et Künzel, 2002). Per tutti questi motivi la pura misurazione del diametro del canale vertebrale nel sito di malformazione non fornisce un dato in sé significativo. Per ovviare a questo problema e poter calcolare il grado di stenosi del canale a livello della malformazione, sono stati calcolati i diametri del canale vertebrale a livello della vertebra normoconformata più adiacente, cranialmente e caudalmente alla vertebra malformata. In questo modo, avendo considerato una singola razza, la variabilità di razza viene azzerata per cui resta soltanto quella individuale.

Le vertebre a farfalla sono caratterizzate da un'aplasia ventrale e mediana del corpo vertebrale e

sono le alterazioni vertebrali incontrate con maggiore frequenza durante la valutazione del rachide dei nostri casi (43,14%). Nel nostro studio, esse sono state trovate a partire da T5 fino a T13. In questo tratto del rachide, il diametro sagittale del canale vertebrale è tendenzialmente diminuito nella maggior parte dei casi: in particolare, la riduzione del diametro sagittale è presente a livello di T5, T6, T8, T9, T12 e T13. Invece, quando presente una vertebra a farfalla su T7, T10 e T11 il diametro sagittale appare aumentato. Sia la riduzione che l'aumento del diametro sagittale sono di entità generalmente lieve: infatti, l'aumento massimo evidenziato è stato di mm. 0,36, mentre la massima riduzione è stata pari a mm. 1,61, tali da non assumere un'importanza clinica per il soggetto. Al contrario, per quanto riguarda le variazioni di diametro trasversale causate dalla medesima malformazione vertebrale, la situazione appare ben diversa. Infatti solo le vertebre a farfalla a livello di T6 e T8 hanno un diametro trasversale inferiore a quello di una vertebra sana, mentre su T5, T7, T9, T10, T11, T12 e T13 questo appare aumentato. Il massimo aumento messo in evidenza è di mm. 1,25 e la riduzione massima è di mm. 0,7. Anche in questo caso sono valori molto bassi per cui non vengono considerati come valori significativi di stenosi. Quindi si può concludere che in corrispondenza delle vertebre a farfalla non è stata evidenziata la presenza di una riduzione significativa del canale vertebrale.

La vertebra a farfalla con aplasia monolaterale è una vertebra a farfalla con un'alterazione in più e quindi fa parte di questo stesso gruppo di malformazioni vertebrali. Essa presenta sia il diametro sagittale che quello trasversale del canale vertebrale aumentati rispetto alla norma, rispettivamente di mm 2,90 e di 2,04, quindi una condizione opposta alla stenosi. La vertebra a farfalla con aplasia monolaterale è stata riscontrata soltanto una volta nella popolazione oggetto di questo studio, il che preclude ogni considerazione definitiva. Possiamo solo affermare che, anche in presenza di un'ulteriore malformazione, le vertebre a farfalla non sono caratterizzate da stenosi del canale vertebrale.

Anche l'aplasia ventrale totale, come la vertebra a farfalla con aplasia monolaterale, è stata riscontrata soltanto una volta nel corso dello studio, il che preclude ogni considerazione generale. Si è riscontrata una diminuzione sia del diametro sagittale che di quello trasversale, rispettivamente di mm. 1,93 e 0,71, indicativo di una lieve stenosi del canale vertebrale. per cui l'unico valore che è stato calcolato non risulta essere rappresentativo del gruppo di malformazioni vertebrali. Questo è spiegato dal fatto che non essendo presente il corpo vertebrale della vertebra in questione, si verifica un avvicinamento della vertebra craniale con quella caudale all'alterazione vertebrale, per cui quel che resta della vertebra malformata viene spinto dorsalmente, e quindi verso il canale vertebrale, andando così a causare una stenosi del midollo.

L'aplasia ventrale parziale è la seconda malformazione vertebrale per frequenza di ritrovamento (21,57%). È stata evidenziata a livello di T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10 e T12. In questo tipo di malformazione il diametro sagittale è diminuito nella maggiore parte dei casi, fino a un valore massimo di mm. 1,66, eccetto in corrispondenza di T4 e T7. Nell'ambito del diametro trasversale del canale vertebrale, la situazione appare in equilibrio, in quanto a livello di T4, T7, T9 e T10 vediamo un aumento della dimensione del canale e a livello di T5, T6, T8 e T12 vediamo una riduzione dello stesso. L'aumento massimo riscontrato è pari a mm. 1,34, mentre la riduzione massima è uguale a mm. 1,73. Non sono riduzioni e aumenti di notevole entità, ma è importante ricordare che nel 50% dei casi in queste malformazioni vertebrali la riduzione del diametro è visibile sia in corrispondenza di quello sagittale che di quello trasversale, motivo per cui si ritiene che l'aplasia ventrale parziale causi una lieve stenosi del canale vertebrale. La spiegazione di ciò sta nel fatto che, come succede per l'aplasia totale, anche in corso di un'aplasia parziale del corpo vertebrale si ha uno schiacciamento della vertebra malformata tra la vertebra che la precede e quella che la segue, con conseguente slittamento della vertebra malformata in direzione dorsale, con potenziali conseguenze di compressione midollare.

L'aplasia ventrale parziale può essere anche estesa lateralmente, portando alla formazione dell'aplasia ventro-laterale parziale. Anche questo tipo di alterazione vertebrale è stata messa in evidenza soltanto una volta nel corso dello studio, con le conseguenti limitazioni di significato sulla stenosi del canale vertebrale già discusse precedentemente. È stato calcolato un aumento del diametro sagittale di mm. 1,03mm e una riduzione di quello trasversale di mm. 0,60. In questa condizione, quindi, non si verifica una stenosi significativa né in senso latero-laterale, essendo 0,60 un valore non troppo elevato, né in senso dorso-ventrale, essendoci un aumento del diametro del canale vertebrale.

L'aplasia monolaterale parziale è stata trovata in 3 casi. Anche in questo caso i risultati sono quindi da interpretare con cautela. L'aplasia monolaterale parziale è stata evidenziata a carico di T5 e T8: il diametro sagittale è sempre diminuito rispetto alla norma, con una diminuzione massima a carico di T5 di mm. 1,10, quindi una notevole riduzione del lume vertebrale, e una diminuzione minima a carico di T8 di mm. 0,55. Il diametro trasversale è aumentato quando la malformazione vertebrale è presente a livello di T5 (massimo mm. 0,30) e diminuito quando la malformazione vertebrale è presente a livello di T8 (mm. 0,55): quindi si può affermare che non è stata rinvenuta nella sede di questa malformazione nessuna dilatazione o riduzione imponente del canale vertebrale di particolare significato.

Come per l'aplasia monolaterale parziale, anche l'aplasia bilaterale parziale, l'aplasia centrale e l'ipoplasia ventrale sono malformazioni vertebrali che nei nostri casi son state evidenziate un numero limitato di volte, rispettivamente sono 2, 1 e 2. Anche in questi ulteriori casi non si può parlare di campioni rappresentativi della categoria di malformazioni vertebrali. L'aplasia bilaterale parziale è stata rilevata a carico di T4 e T10. Il diametro sagittale appare sempre aumentato, soprattutto a livello di T10, dove è pari a mm. 1,33, mentre a livello di T4 la dilatazione è soltanto di mm. 0,85. Per quanto riguarda il diametro trasversale, i dati testimoniano un aumento della dimensione del canale a livello di T4 (mm. 0,23), e una riduzione a livello di T10 (mm. 1,52). Nel complesso non sono stati trovati valori che facciano pensare ad una stenosi rilevante, soprattutto nell'aplasia bilaterale parziale di T10, dove si ha un lieve aumento del diametro sagittale e una notevole riduzione di quello trasversale. Quindi si può affermare che in corso di tale malformazione vertebrale il diametro sagittale non appare essere una minaccia per quanto riguarda eventuali compressioni del midollo spinale, ma non si può affermare la stessa cosa per quanto riguarda il diametro trasversale in quanto una riduzione di mm. 1,52 può essere anche tale da causare una lieve compressione del midollo spinale. Comunque, questa evidenza non è sufficiente per poter associare all'aplasia bilaterale parziale una determinata sintomatologia neurologica. Anche nel caso dell'ipoplasia ventrale si ritrovano valori simili, ossia un diametro sagittale sempre aumentato e un diametro trasversale aumentato nel 50% dei casi. In particolare, l'aumento del diametro sagittale dell'ipoplasia ventrale T6 è pari a mm. 1,85, mentre quello della malformazione T9 è pari a mm. 1,00. Il diametro trasversale è aumentato a livello di T6 di mm. 0,11 e diminuito a livello di T9 di mm. 0,94. Quindi si può affermare che l'ipoplasia ventrale non causa una stenosi del canale vertebrale, ma è necessario indagare ulteriormente per avere un numero di vertebre appartenente a questa classe più consistente in modo da permettere un'analisi più precisa e rappresentativa del gruppo. Nell'unico caso di aplasia centrale, è stato visto un aumento sia del diametro sagittale che di quello trasversale, rispettivamente di mm. 1,32 e di mm. 0,52.

Le vertebre a cuore sono alterazioni vertebrali che consistono in un'aplasia bilaterale e in un'aplasia dorsale del corpo vertebrale. Questo tipo di malformazione vertebrale è stata ritrovata a carico di T6, T8, T9 e T11. Il diametro sagittale del canale vertebrale di questo tipo di vertebra è sempre aumentato, con un massimo di mm. 1,85, eccetto quando rilevato a carico di T9, dove presenta una riduzione del diametro di mm. 0,15. Essendo questo un valore molto basso, assume poca rilevanza. Relativamente al diametro trasversale, soltanto a carico di T8 è presente una dilatazione del canale di mm. 0,42. A livello di T8, T9 e T11 si nota una riduzione del diametro trasversale, con un massimo di mm. 1,85. Esiste un unico caso in cui entrambi i diametri sono diminuiti, ossia a carico

di T9, ma l'entità della riduzione è così modesta da non comportare una stenosi clinicamente significativa del canale vertebrale. Pertanto, si può affermare che la presenza di una vertebra a cuore non è correlata ad una stenosi del canale vertebrale.

Alcune volte le vertebre a cuore presentano aplasie più pronunciate, come nel caso della vertebra a cuore con aplasia ventrale parziale o con aplasia bilaterale parziale. La prima malformazione vertebrale è stata riscontrata a carico di T5, T8, T9, T10 e T11. Come precedentemente illustrato, l'aplasia ventrale parziale porta ad una lieve stenosi del canale vertebrale, mentre la vertebra a cuore no. Infatti, nelle vertebre a cuore con aplasia ventrale parziale è stata evidenziata una riduzione del diametro sagittale a tutti i livelli eccetto T11, dove vediamo una lieve dilatazione di mm. 0,62. Il diametro trasversale, invece, appare più disomogeneo: nel 60% dei casi si rileva una riduzione della dimensione del canale vertebrale, che arriva ad un massimo di mm. 2,30, mentre nel 40% dei casi abbiamo un aumento fino a un massimo di mm. 0,62. Nel 60% dei casi si ha una notevole riduzione della dimensione del canale.

Per quanto riguarda la vertebra a cuore con aplasia bilaterale parziale, la situazione appare rovesciata. Il diametro sagittale appare sempre notevolmente aumentato, mentre quello trasversale è molto aumentato a livello di T7 e lievemente diminuito a livello di T8. Quindi nel caso di vertebra a cuore con aplasia bilaterale parziale si ha sempre un aumento della dimensione del canale vertebrale, mai una stenosi. Questo tipo di alterazione vertebrale è stata ritrovata 4 volte nel corso dello studio. In seguito all'analisi della dimensione del canale vertebrale a livello delle vertebre a cuore e delle vertebre a cuore con aplasia bilaterale parziale, nelle quali non è stata vista né una riduzione né un aumento, si può affermare che la stenosi del canale vertebrale non è di certo un rischio in presenza di questo tipo di malformazione vertebrale.

La vertebra a fiocco presenta un'aplasia ventrale quasi totale con un'aplasia dorsale del corpo vertebrale, per cui le due porzioni laterali del corpo sono unite tra loro da una piccola porzione di vertebra ivi presente. Il diametro sagittale appare sempre aumentato, con un massimo di mm. 1,53, ma quello trasversale risulta sempre diminuito, con un massimo di mm. 0,80, e questo è spiegabile dalla conformazione anatomica di tale vertebra. Quindi, nel complesso, non si può parlare di stenosi del canale vertebrale in quanto il diametro sagittale è aumentato mentre il diametro trasversale è diminuito ma non in modo significativo da poter causare un danno al midollo spinale.

In letteratura umana, in seguito all'analisi dei diametri del canale vertebrale a livello delle malformazioni vertebrali, si inizia a parlare di una stenosi del canale vertebrale significativa nel

momento in cui il diametro antero-posteriore, che in ambito veterinario è il diametro sagittale, risulta essere diminuito più del 10% (Sortland et al., 1977; Ullrich et al., 1980). In ambito veterinario è presente una notevole varietà di specie e di razze molto diverse tra loro, per cui creare un valore standard che permetta di affermare la presenza o meno di una stenosi significativa dal punto di vista clinico e prognostico è impossibile. Nonostante tutto, questo studio ha preso in considerazione soltanto una specie animale e, più in particolare, soltanto una razza canina per cercare di avere dei valori quanto più standardizzabili possibili. Nei nostri casi è stato visto che il diametro sagittale fisiologico medio appare essere di mm. 10,67, quindi il 10% di questo valore è mm. 1,07. Per questo motivo, in questo studio si è considerato che una riduzione del canale vertebrale risulta assumere importanza relazionata al midollo spinale nel momento è superiore a mm. 1.

4.4 Deviazioni del rachide

Le malformazioni vertebrali portano ad alterazioni della fisiologica curvatura del rachide, da cui ne consegue la presenza di lordosi, cifosi, scoliosi o cifo-scoliosi.

Nel corso di questo studio sono stati riscontrati diversi casi di cifosi, scoliosi e cifo-scoliosi, mentre non sono presenti casi di lordosi. In medicina umana è stato dimostrato che le anomalie vertebrali congenite non causano mai lordosi, ma sono spesso causa di scoliosi, cifosi e cifo-scoliosi (McMaster, 2002). Questo è spiegabile dal fatto che la lordosi, incurvamento del rachide a convessità ventrale, se causato da malformazioni vertebrali è secondario ad alterazioni conformazionali della porzione dorsale della vertebra. Essendo tutte le malformazioni vertebrali osservate nei nostri casi esclusivamente a carico del corpo vertebrale, quindi della porzione ventrale della vertebra, non sono stati registrati casi di lordosi.

Nel momento in cui si è passati all'analisi delle deviazioni del rachide, si è valutata l'eventuale presenza di una relazione tra le curvature patologiche e la presenza di specifiche malformazioni vertebrali, in modo da poter stabilire un rapporto di causa-effetto. Spesso ciò non è stato possibile a causa dell'elevata numerosità delle malformazioni vertebrali presenti nei nostri casi: avendo più vertebre malformate che si susseguono è difficile capire quale di queste è la vera causa della deviazione. Quando possibile, questo è stato fatto, in modo da poter associare ogni curvatura a una delle malformazioni vertebrali presenti.

La cifosi è una deviazione a concavità dorsale del rachide. Nel corso di questo studio tale deviazione del rachide è stata riscontrata più frequentemente delle altre due, infatti secondo la bibliografia in corso di malformazioni vertebrali a livello toracico è facile andare incontro ad una

cifosi (Dewey et al., 2015). È stata riscontrata in presenza di malformazioni vertebrali quali la vertebra a farfalla, l'aplasia ventrale parziale, l'aplasia bilaterale parziale e la vertebra a cuore con aplasia ventrale parziale. Questo tipo di malformazioni vertebrali riguardano la porzione più ventrale del corpo vertebrale, per cui le vertebre adiacenti cercano di occupare lo spazio vuoto che si è venuto a creare per la presenza dell'aplasia, per cercare di ristabilire un equilibrio funzionale all'interno del rachide. La maggiore parte delle cifosi sono causate dalle vertebre a farfalla (9 su 14 - 62,3%). Con questo tipo di malformazione vertebrale, l'entità della cifosi non è così accentuata, con un intervallo che varia da 4,93° a 30,32° (valore medio pari a 18,85°). Sia in caso di aplasia ventrale parziale, che di vertebra a cuore con aplasia ventrale parziale, i casi accertati di cifosi sono soltanto 2 per ognuno dei due tipi di malformazione vertebrale (14,3% ognuno). Nel primo caso è stato evidenziato un grado di cifosi non molto significativo (media pari a 14,87°), spiegabile con la parzialità dell'aplasia ventrale del corpo vertebrale che si riscontra in questa malformazione, quindi non tale da portare ad una notevole deviazione del rachide. Nel secondo caso, invece, sono stati calcolati valori maggiori (media pari a 22,24°), spiegabili dalle molteplici alterazioni del corpo vertebrale in questo tipo di malformazione (aplasia ventrale e dorsale), che creano quindi una maggiore instabilità della colonna vertebrale, che si ripercuote patologicamente sulla fisiologica curvatura del rachide. L'ultimo caso di malformazione vertebrale in cui è stata rilevata una cifosi, è l'aplasia bilaterale parziale, riscontrata in un solo caso (7,1%), che presenta una deviazione notevole. Il motivo di questa ampia deviazione è spiegato dal fatto che nell'aplasia bilaterale parziale si riscontra una notevole riduzione bilaterale del corpo vertebrale, asimmetrica, con conseguente marcata curvatura.

La scoliosi è una deviazione laterale del rachide. Nel corso di questo studio, solo in 4 su 7 (57,1%) casi è stato possibile ricondurre questa curva ad una specifica malformazione vertebrale, in quanto negli altri casi sono presenti molteplici alterazioni vertebrali, per cui non è stato possibile capire quale di queste è realmente la causa della deviazione. Due delle curve evidenziate in questa tesi sono la conseguenza di una vertebra a farfalla, mentre le altre due di un'aplasia monolaterale parziale. Nel caso delle vertebre a farfalla, la scoliosi è modesta (media pari a 7,50°): infatti questa vertebra ha un'aplasia ventrale e mediana che non è mai perfettamente simmetrica, da cui ne consegue una leggera scoliosi. In prossimità delle aplasie monolaterali parziali, il grado di scoliosi è maggiore (perché l'aplasia è monolaterale), ma comunque modesto (perché l'aplasia è parziale), raggiungendo i 13,92°.

La cifo-scoliosi è una combinazione di cifosi e scoliosi presente nello stesso segmento del rachide. Su 19 anomalie di questo tipo messe in evidenza nei nostri casi, soltanto 7 (36,8%) sono state

ricondotte ad una data malformazione vertebrale. Di queste, 5 (71,4%) sono causate da vertebre a farfalla. In questo caso il grado medio di scoliosi è pari a 14,63°, quello di cifosi a 22,73°, valori moderatamente elevati nel loro insieme. Gli altri due casi sono collegati all'aplasia ventrale parziale, dove la cifosi raggiunge i 41,11° di media e la scoliosi i 9,48°. Il grado medio di cifosi è notevolmente elevato, ma deve essere interpretato con cautela perché i due valori su cui è calcolato sono decisamente differenti. Il grado di scoliosi è lieve ed è dovuto alla mancanza di simmetria dell'aplasia vertebrale.

Le deviazioni del rachide sono state studiate e classificate solo in base ai due angoli di Cobb (Morrissy et al., 1990; Loder et al., 1995; Schwab et al., 2002; Wills et al.; 2007). Una classificazione sulla falsariga di quelle proposte in medicina umana è piuttosto indaginosa e non sarebbe possibile nei nostri casi per l'assenza di immagini diagnostiche appropriate. Comunque, una classificazione simile a quella umana non è probabilmente necessaria in medicina veterinaria: essendo un quadrupede, il cane presenta una maggiore capacità di compensazione delle deviazioni rispetto all'uomo, che invece soffre di gravi problemi di deambulazione e di equilibrio, oltre che a notevole dolorabilità e difficoltà cardio-respiratorie (Owange-Iraka et al., 1984).

A differenza degli altri parametri che sono stati valutati, la deviazione del rachide non necessita di valori fisiologici con cui dover fare un confronto. Questo perché la deviazione del rachide, quando ricondotta ad una singola malformazione vertebrale, viene calcolata sul segmento contenente la malformazione, la vertebra antecedente e la vertebra precedente. Per questo motivo la curva che si va a misurare non è una curva di un'intera porzione del rachide, ma solo di un piccolissimo segmento per cui non si potrà avere altro che un angolo vicino allo 0. Infatti, fisiologicamente, gli angoli di Cobb calcolati su un segmento contenente 3 vertebre non avranno mai una notevole dimensione, in particolare abbiamo visto che la media degli angoli di Cobb fisiologici sono pari a (-0,34°), a meno che non ci sia un'alterazione anatomica che mi vada a modificare completamente la normale curva del rachide. Per calcolare il valore medio fisiologico abbiamo valutato la dimensione della curva del rachide contenente vertebre sane su porzioni casuali del rachide e quindi l'angolo di Cobb è stato calcolato prendendo in esame 3 vertebre sane consecutive, tracciando una linea sul margine craniale della prima vertebra considerata sana e una linea sul margine caudale della terza vertebra sana consecutiva presa in esame. In seguito si è stata fatta la media di tutti i valori, in modo da poter eliminare l'errore dovuto alle curve del rachide normalmente presenti, come ad esempio la curva che si forma al passaggio toraco-lombare. Diverso sarebbe stato se si fosse considerato come porzione di studio l'intero segmento toracico o lombare, ad esempio, in quanto in questi casi saremmo andati a valutare una curva che fisiologicamente è presente, ossia la curva toracica o la curva lombare. Quindi sarebbe stato sicuramente necessario andare a calcolare le curve in diversi

soggetti sani, in modo da poter poi avere un confronto per l'analisi del rachide dei soggetti con le malformazioni vertebrali.

4.5 Sagittal Index

Il sagittal index è un parametro che va a misurare la cifosi segmentale, quindi a livello della singola vertebra. In umana viene valutato in caso di fratture delle vertebre toracolombari, per cercare di predire il grado di deformità futura causata dal trauma (Keynan et al., 2006). In questo studio questo parametro non è stato utilizzato come in medicina umana, ma è stato utile misurarlo per poter studiare la deviazione causata da ogni singola malformazione vertebrale, in modo da avere un'ulteriore prova della vera causa della curvatura anomala del rachide.

Per rendere più realisti e significativi i valori che sono stati calcolati a livello delle vertebre malformate, sono state valutate anche le vertebre con un'anatomia normale, così da poter effettuare un confronto. Questo parametro assume notevole importanza nel corso dello studio delle malformazioni vertebrali: poiché spesso è difficile associare una data curvatura ad una ben definita vertebra malformata, in quanto il 93,75% dei casi presentano due o più vertebre malformate che possono essere contenute nella stessa deviazione del rachide, mentre in questo modo abbiamo un'ulteriore conferma della causa della curva e ci può dare un'idea sulla conseguenza di alcune malformazioni vertebrali in ambito di deviazioni del rachide, nel caso in cui a queste non sia stata messa in relazione nessuna curva.

Fisiologicamente il sagittal index non è pari a 0° , ma è stato calcolato un valore medio di $(-4,20^\circ)$, con un intervallo che va da $(-19,13^\circ)$ a $10,65^\circ$. Mettendo a confronto questo valore con quelli delle vertebre malformate, è stato messo in evidenza che le malformazioni vertebrali che si avvicinano maggiormente alla normalità, in ambito di sagittal index, sono l'aplasia ventro-laterale parziale, l'ipoplasia bilaterale, la vertebra a cuore, la vertebra a cuore con aplasia ventrale parziale e la vertebra a cuore con aplasia bilaterale parziale. Questo viene spiegato dal fatto che non si ha un'alterazione notevole del corpo vertebrale in veduta laterale, per cui questo tipo di alterazioni vertebrali daranno con minore probabilità origine a delle curve cifotiche.

Sono stati trovati anche dei valori che divergono notevolmente da quello che è il valore fisiologico. Queste situazioni si riscontrano in presenza di malformazioni vertebrali come l'aplasia ventrale totale, l'aplasia monolaterale parziale, l'ipoplasia ventrale e l'ipoplasia monolaterale. I valori calcolati a questi livelli sono moderatamente elevati, infatti in prossimità di un'aplasia ventrale totale il sagittal index è uguale a $59,96^\circ$. Ciò consegue nella formazione di deviazioni del rachide di modesta importanza, che possono portare a dei rilievi clinici e quindi influire sulla prognosi del

paziente.

In alcuni casi la deviazione dal valore fisiologico non è così rilevante, ma è comunque presente. Infatti sono proprio questi i casi border line, nei quali non possiamo avere la certezza che vadano a causare una curva anomala del rachide, ma non abbiamo nemmeno la certezza opposta. Questo accade in presenza di malformazioni vertebrali come la vertebra a farfalla, la vertebra a farfalla con aplasia monolaterale, l'aplasia ventrale parziale, l'aplasia bilaterale parziale e l'aplasia centrale. Nel caso in cui queste vertebre malformate sono seguite o precedute da altre vertebre malformate, allora il sagittal index di queste alterazioni vertebrali andrà ad assumere notevole importanza, in quanto andrà sicuramente a peggiorare la deviazione del rachide, magari causata da un'altra vertebra o da un susseguirsi di vertebre malformate.

4.6 Conclusioni

Grazie a questo studio è stato possibile creare una classificazione delle malformazioni vertebrali basata sullo studio di immagini RX e RM, tramite la valutazione di diversi parametri, tra cui la dimensione del canale vertebrale, l'angolo di Cobb ed il Sagittal Index.

Le malformazioni vertebrali prese in considerazione per la stesura della classificazione sono quelle derivate da un difetto di formazione, in quanto nei casi presi in esame da questo studio sono stati riscontrati con notevole frequenza ed i rari difetti di segmentazione che erano presenti non interessavano il corpo vertebrale.

A nostro parere, l'assenza di una classificazione completa delle malformazioni vertebrali in medicina veterinaria, e più particolarmente nella specie canina, costituisce un fattore estremamente limitante. Le conseguenze diagnostiche e prognostiche sono molteplici e caratterizzate soprattutto dal rischio di attribuire a tali malformazioni un'importanza clinica che in realtà non possiedono, frenando la ricerca delle vere cause dei problemi di deambulazione dei pazienti sottoposti alle attenzioni dei medici veterinari.

Inoltre, la scelta del bulldog francese come razza da prendere in esame non è solo legata all'elevato numero di soggetti con malformazioni vertebrali, ma soprattutto all'enorme diffusione che ha avuto negli ultimi anni. Il bulldog francese sta diventando, fra le razze condrodistrofiche, più diffuso del bassotto. Conseguentemente, un inquadramento sbagliato dell'importanza clinica delle frequenti malformazioni vertebrali di questa razza potrebbe rappresentare una significativa percentuale degli errori diagnostici compiuti quotidianamente nella clinica degli animali da affezione. Con la presente tesi speriamo di aver contribuito ad effettuare un piccolo passo avanti nella ricerca del maggior benessere possibile dei nostri pazienti.

5 BIBLIOGRAFIA

1. Testi consultati:

Barone R. Anatomia comparata dei mammiferi domestici: osteologia. Edagricole, Bologna, 2006.

De Lahunta A., Glass. Veterinary neuroanatomy and clinical neurology. Saunders Elsevier, Missouri, 2009.

Done S.H., Goody P.C., Evans S.A., Stickland N.C. Color atlas of veterinary anatomy: the dog and the cat. Mosby Elsevier, Londra, 2015.

Dyce K.M., Sack W.O., Wensing C.J.G. Testo di anatomia veterinaria. Antonio Delfino Editore, Roma, 2009.

Elliott I., Skerritt G. Handbook of small animal MRI. Wiley-Blackwell, Ames, 2010.

Evans H.E. Miller's Anatomy of the dog. Saunders, Philadelphia, 1993.

Evans H.E., De Lahunta A. Guide to the dissection of the dog. Saunders Elsevier, Missouri, 2010.

Gavin P.R., Bagley R.S. Practical small animal MRI. Wiley-Blackwell, Ames, 2009.

Merighi A. Anatomia applicata e topografia regionale veterinaria. Piccin, Padova, 2008.

Noden D.M., De Lahunta A. Embriologia degli animali domestici: sviluppo normale e malformazioni congenite. Edi-ermes, Milano, 1991.

Schwarz T., Johnson V. Manual of canine and feline thoracic imaging. BSAVA, Gloucester, 2008.

Waibl H., Mayrhofer E., Matis U., Brunenberg L., Köstlin R. Atlas of radiographic anatomy of the dog. Parey Verlag, Hannover, 2005.

Wisner E., Zwingenberger A. Atlas of small animal CT and MRI. Wiley-Blackwell, Oxford, 2005.

2. Bibliografia specifica:

Aikawa T., Shibata M., Asano M., Hara Y., Tagawa M., Orima H. (2014). A comparison of thoracolumbar intervertebral disc extrusion in French Bulldogs and Dachshunds and association with congenital vertebral anomalies. *Veterinary Surgery*, 43(3), 301-307.

Birnbaum K., Weber M., Lorani A., Leiser-Neef U., Niethard F.U. (2002). Prognostic significance of the Nasca classification for the long-term course of congenital scoliosis. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 122(7), 383-389.

Breit S., Künzel W. (2002). The diameter of vertebral canal in dogs in cases of lumbosacral transitional vertebrae or numerical vertebral variations. *Anatomy and Embryology*, 205(2), 125-133.

Breit S., Knaus I., Künzel W. (2003). Differentiation between lumbosacral transitional vertebrae, pseudolumbarisation, and lumbosacral osteophyte formation in ventrodorsal radiographs of the canine pelvis. *The Veterinary Journal*, 165(1), 36-42.

Castellvi A.E., Goldstein L.A., Chan D.P. (1984). Lumbosacral transitional vertebrae and their relationship with lumbar extradural defects. *Spine*, 9(5),493-495.

Damur-Djuric N., Steffen F., Hässig M., Morgan J.P., Flückiger M.A. (2006). Lumbosacral transitional vertebrae in dogs: classification, prevalence and association with sacroiliac morphology. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 47(1), 32-38.

Dewey C.W., Davies E., Bouma J.L. (2015). Kyphosis and kyphoscoliosis associated with congenital malformations of the thoracic vertebral bodies in dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 46(2)295-306.

Elster A.D. (1989). Bertolotti's syndrome revisited. Transitional vertebrae of the lumbar spine. *Spine*, 14(12), 1373-1377.

Flückiger M.A., Damur-Djuric N., Hässig M., Morgan J.P., Steffen F. (2006). A lumbosacral transitional vertebra in the dog predisposes to cauda equina syndrome. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 47(1), 39-44.

Gutierrez-Quintana R., Guevar J., Stalin C., Faller K., Yeaman C., Penderis J. (2014). A proposed radiographic classification scheme for congenital thoracic vertebral malformations in brachycephalic “screw-tailed” dog breeds. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 55(6), 585-591.

Harrison D.E., Cailliet R., Harrison D.D., Janik T.J., Holland D. (2001). Reliability of Centroid, Cobb, and Harrison Posterior Tangent Methods. *Spine*, 26(11), E227-E234.

Lappalainen A.K., Salomaa R., Junnila J., Snellman M., Laitinen-Vapavuori O. (2012). Alternative classification and screening protocol for transitional lumbosacral vertebra in German shepherd dogs. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 54(27).

Lenke L.G., Betz R.R., Harms J., Bridwell K.H., Clements D.H., Lowe T.G., Blanke K. (2001). Adolescent idiopathic scoliosis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 83A(8), 1169-1181.

Lenke L.G., Edwards C.C., Bridwell K.H. (2003). The Lenke classification of adolescent Idiopathic scoliosis: how it organizes curve patterns as a template to perform selective fusions of the spine. *Spine*, 28(20S), S199-S207.

Loder R.T., Urquhart A., Steen H., Graziano G., Hensinger R.N., Schlesinger A., Schork M.A., Shyr Y. (1995). Variability in Cobb angle measurement in children with congenital scoliosis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 77B(5), 768-770.

Jeffery N.D., Smith P.M., Talbot C.E. (2007). Imaging findings and surgical treatment of hemivertebrae in three dogs. *Journal of American Veterinary Medical Association*, 230(4), 532-536.

Kawakami N., Tsuji T., Imagama S., Lenke L.G., Puno R.M., Kuklo T.R., Spinal Deformity Study Group. (2009). Classification of congenital scoliosis and kyphosis: a new approach to the three-dimensional classification for progressive vertebral anomalies requiring operative treatment. *Spine*, 34(17), 1756-1765.

Keynan O., Fisher G., Vaccaro A., Fehlings M.G., Oner F.C., Dietz J., Kwon B., Rampersaud R., Bono C., France J., Dvorak M. (2006). Radiographic measurement parameters in Thoracolumbar fractures: a systematic review and consensus statement of the spine trauma study group. *Spine*, 31(5), E156-E165.

Komsta R., Lojszczyz-Szczepaniak A., Debiak P. (2015). Lumbosacral transitional vertebrae, canine hip dysplasia, and sacroiliac joint degenerative changes on ventrodorsal radiographs of the pelvis in police working German shepherd dogs. *Topics in companion animal medicine*, 30(1), 10-15.

Konin G.P., Walz D.M. (2010). Lumbosacral transitional vertebrae: classification, imaging findings, and clinical relevance. *American Journal of Neuroradiology*, 31(10), 1778-1786.

- Marks D.S., Qaimkhani S.A. (2009). The natural history of congenital scoliosis and kyphosis. *Spine*, 34(17), 1751-1755.
- McMaster M.J., Ohtsuka K. (1982). The natural history of congenital scoliosis. A study of two hundred and fifty-one patients. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 64(8), 1128-1147.
- McMaster M.J., Singh H. (1999). Natural history of congenital kyphosis and kyphoscoliosis. A study of one hundred and twelve patients. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 81A(10), 1367–1383.
- McMaster M.J. (2002). James IV lecture: congenital deformities of the spine. *Journal of Royal College of Surgeons of Edinburgh*, 47(2), 475-480.
- Moissonnier P., Gossot P., Scotti S. (2011). Thoracic kyphosis associated with hemivertebrae. *Veterinary Surgery*, 40(8), 1029-1032.
- Morgan J.P., Bahr A., Franti C.E., Baikey C.S. (1993). Lumbosacral transitional vertebrae as a predisposing cause of cauda equine syndrome in German shepherd dogs: 161 cases (1987-1990). *Journal of American Veterinary Medical Association*, 202(11), 1877-1882.
- Morgan J.P. (1999). Transitional lumbosacral vertebral anomaly in the dog: a radiographic study. *Journal of Small Animal Practice*, 40(4), 167-172.
- Morrissy R.T., Goldsmith G.S., Hall E.C., Kehl D., Cowie G.H. (1990). Measurement of the Cobb angle on radiographs of patients who have scoliosis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 72A(3), 320-327.
- Nasca R.J., Stelling F.H., Steel H.H. (1975). Progression of congenital scoliosis due to hemivertebrae and hemivertebrae with bars. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 57A(4), 456-466.
- Newton P.O., Hahn G.W., Fricka K.B., Wenger D.R. (2002). Utility of three-dimensional and multiplanar reformatted computed tomography for evaluation of pediatric congenital spine abnormalities. *Spine*, 27(8), 844-850.
- Nicholson A.A., Roberts G.M., Williams L.A. (1988). The measured height of the lumbosacral disc in patients with and without transitional vertebrae. *The British Journal of Radiology*, 61(726), 454-455.

- Owange-Iraka J.W., Harrison A., Warner J.O. (1984). Lung function in congenital and idiopathic scoliosis. *European Journal of Pediatric*, 142(3), 198-200.
- Richards B.S., Sucato D.J., Konigsberg D.E., Ouellet J.A. (2003). Comparison of reliability between the Lenke and King: classification systems for adolescent idiopathic scoliosis using radiographs that were not premeasured. *Spine*, 28(11), 1148-1157.
- Schwab F.J., Smith V.A., Biserni M., Gamez L., Farcy J.C., Pagala M. (2002). Adult scoliosis: a quantitative radiographic and clinical analysis. *Spine*, 27(4), 387-392.
- Sortland O., Magnaes B., Hauge T. (1977). Functional myelography with metrizamide in the diagnosis of lumbar spinal stenosis. *Acta Radiologica – Supplement*, 355, 42-54.
- Tang M., Yang X.F., Yang S.W., Han P., Ma Y.M., Yu H., Zhu B. (2014). Lumbosacral transitional vertebra in a population-based study of 5860 individuals: prevalence and relationship to low back pain. *European Journal of Radiology*, 83(9), 1679-1682.
- Taskaynatan M.A., Izci Y., Ozgul A., Hazneci B., Durson H., Kalyon T.A. (2005). Clinical significance of congenital lumbosacral malformations in young male population with prolonged low back pain. *Spine*, 30(8), E210-213.
- Tini P.G., Wieser C., Zinn W.M. (1977). The transitional vertebra of the lumbosacral spine: its radiological classification, incidence, prevalence, and clinical significance. *Rheumatology*, 16(3), 180-185.
- Ullrich C.G., Binet E.F., Sanecki M.G., Kieffer S.A. (1980). Quantitative assessment of the lumbar spinal canal by computed tomography. *Radiology*, 134(1), 484-493.
- Westworth D.R., Sturges B.K. (2010). Congenital spinal malformations in small animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 40(5), 951-981.
- Wigh R.E., Anthony H.F.Jr (1981). Transitional lumbosacral discs: probability of herniation. *Spine*, 6(2), 168-171.
- Wills B.P.D., Auerbach J.D., Zhu X., Caird M.S., Horn B.D., Flynn J.M., Drummond D.S., Dormans J.P., Ecker M.L. (2007). Comparison of Cobb angle measurement of scoliosis radiographs with preselected end vertebrae. *Spine*, 32(1), 98-105.

Winter R.B., Lonstein J.E., Heithoff K.B., Kirkham J.A. (1997). Magnetic resonance imaging evaluation of the adolescent patient with idiopathic scoliosis before spinal instrumentation and fusion. *Spine*, 22(8), 855-858.

RINGRAZIAMENTI

Dopo tutti questi anni passati a desiderare soltanto di diventare una veterinaria, eccomi qua a scrivere l'ultima pagina della mia tanto sudata tesi!

Come prima cosa voglio ringraziare la mia famiglia, che mi ha tanto supportato e soprattutto mi ha permesso di intraprendere questo percorso, portandomi alla coronazione del mio sogno. Un ringraziamento speciale va a mia mamma e a mia sorella, che sono persone meravigliose e che mi hanno aiutato sempre, soprattutto dopo l'incidente stradale, sacrificando tutto e tutti per starmi vicino in un momento molto difficile per me. Grazie a Gaia, la mia piccola sorellina, che mi ha fatto piangere di gioia e sorridere anche quando non riuscivo a farlo. Grazie di cuore anche ai miei nonni, Josip e Sonja, che son sempre stati per me come secondi genitori. Un ulteriore ringraziamento va alla mia famiglia acquisita, Grazia, Marcello, Giovanna e soprattutto Michele, il miglior patrigno che si possa mai desiderare.

Ovviamente, da brava veterinaria, ringrazio anche i miei animali, presenti e passati, per l'amore e la tranquillità che mi hanno sempre trasmesso. In particolare, ringrazio di cuore Rufus, fedele compagno di vita, che più che un cane era una persona.

Ringrazio tutti i miei amici, quelli conosciuti a Padova, quelli storici di Senigallia e la mia amica croata Petra. Tra le amiche vorrei ringraziare in particolar modo Sonia, che mi ha aiutato in un momento in cui non ero capace di fare le cose da sola a causa dell'incidente, Rosa, per le serate e i consigli, Serena, amica di una vita, e Giulia, la mia matta compagna di corso che ha reso le giornate universitarie sempre piene di allegria cantandomi le canzoni della Disney. Ringrazio anche Piergiorgio, mio carissimo amico che è sempre stato la mia spalla, Andrea, per la grande amicizia che si è creata, e Pu, il mio pugliese preferito. Grazie anche a Michele, il mio primo grande amore, che tutt'ora è una persona molto importante per me.

Devo un caloroso ringraziamento a tutte le persone che fin ora mi hanno insegnato la mia professione. Ringrazio tutti i veterinari della Clinica Universitaria di Agripolis, in particolare Elisa, mio punto di riferimento all'interno della clinica che mi ha insegnato la maggior parte delle cose che so fare (ad esempio come calcolare la velocità di infusione della metoclopramide), Matteo, che con molta pazienza mi ha sempre assistito e mi ha dato fiducia in me stessa, e Alessia, che nonostante tutti i suoi impegni è riuscita sempre a dare una risposta ai miei dubbi. Ringrazio inoltre tutti i veterinari della "Clinica Veterinaria Carotti, Giardinieri e Francella" che, anche se per poco tempo, mi hanno subito accolto a braccia aperte e mi hanno insegnato molto, permettendomi di assistere a moltissimi interventi chirurgici e moltissime visite.

Un ultimo ringraziamento, ma non per questo meno importante, va al mio relatore, il professore Marco Bernardini, che si è dimostrato sempre molto disponibile e molto gentile nei miei confronti. Grazie per aver fatto crescere in me la passione per la Neurologia e per avermi dato la possibilità di entrare a far parte di questo campo specialistico per mezzo della stesura di tale tesi.