

ASPETTI DI NEURORADIOLOGIA SPINALE DEL CANE E DEL GATTO

MARIO DOLERA

*Liberio Professionista, Specialista in Patologia e Clinica degli Animali d'Affezione, Indirizzo in Ortopedia
Dottorando in Scienze Cliniche Veterinarie, Indirizzo in Neurologia
Romanengo, CR*

Riassunto

Il presente lavoro offre una disamina degli aspetti connessi con l'impiego delle differenti metodiche neuroradiografiche spinali nel cane e nel gatto allo scopo di chiarirne potenzialità e limiti.

Summary

This paper describes different spinal neuroimaging modalities, with regard to indications and limits.

INTRODUZIONE

La colonna vertebrale costituisce un *unicum* peculiare e distintivo degli animali vertebrati, soddisfacendo all'un tempo esigenze strutturali (base scheletrica) e di supporto neurale. Dall'interconnessione anatomica tra rachide (contenente) e contenuto rachideo (strutture neurali) deriva l'inevitabile stretta relazione tra la patologia e la clinica dei due compartimenti¹. La frequente presentazione clinica di soggetti che esibiscono una sintomatologia riferibile a coinvolgimento rachido-spinale ha fatto sì che nella Medicina del Cane e del Gatto venisse dedicata ampia attenzione a questo distretto. Parimenti, l'abbondante quantità di dati della Medicina Umana, pur con le debite distinzioni derivanti fondamentalmente dall'ortostatismo dell'uomo e dalla differente velocità di invecchiamento, ha da sempre fornito notevole ausilio allo studio comparativo. Data la notevole complessità della colonna vertebrale anche in Medicina Veterinaria si è sviluppata un'importante ricerca tesa a stabilire le più corrette modalità diagnostiche applicabili a questa struttura anatomica. Negli ultimi anni si sono resi disponibili anche per gli animali strumenti diagnostici complessi di pertinenza tanto della neuroradiologia, come la radiologia convenzionale, la tomografia a raggi X e la risonanza magnetica (studio morfologico) che della neuroe-

lettrofisiologia (studio funzionale). Se da un lato l'accessibilità a nuove metodiche è stata salutata con positività, dall'altro ha posto interrogativi circa l'indicazione delle stesse. Non di meno, il tentativo di risolvere determinati quesiti clinici mediante metodiche scelte più per la novità che per l'esatta pertinenza dell'indicazione ha creato talora notevoli imbarazzi diagnostici².

Da un'approfondita disamina della letteratura attuale si può notare come, a fronte di una cospicua messe di pubblicazioni dedicate ad argomenti piuttosto specifici, questa risulta lacunosa di lavori recenti dedicati alla definizione delle più corrette modalità di impiego delle differenti metodiche neuroradiografiche. Questo lavoro vuole cercare di sopperire a tale mancanza sostanziando le proposte desunte dalla letteratura attingendo alla casistica personale.

La colonna vertebrale del cane e del gatto si compone di 30 vertebre (più un numero variabile di vertebre cocci-gee) e 31 neuromeri³. Ciascuna unità spinale può ammalare dando luogo a patologia focale nel caso di interessamento selettivo ed unico, patologia multifocale qualora si sviluppino diverse lesioni, patologia diffusa in presenza di lesioni riconoscibili lungo l'intero rachide^{1,4,5}. Dalla metamorfosi della struttura anatomica deriva il primo condizionamento alla clinica rachido-spinale, ovvero la necessità di procedere ad una localizzazione¹.

Il processo localizzativo nella patologia spinale viene solitamente condotto sulla scorta della sintomatologia e dei reperti scaturiti dalla visita neuro-ortopedica. La stretta interconnessione tra rachide e strutture neurali fa sì che il quadro clinico possa essere caratterizzato da sintomatolo-

“Articolo ricevuto dal Comitato di Redazione il 13/9/2003 ed accettato per pubblicazione dopo revisione il 20/1/2004”.

gia algica e/o da deficit funzionali neurologici: dolore e deficit possono dunque coesistere od essere presenti indipendentemente^{1,6,7}. La coesistenza di più lesioni, eventualmente a stadi evolutivi differenti, può determinare sedi di algia e sintomi deficitari multipli e differenziati. Il dolore può infatti mancare soprattutto in quelle lesioni ad andamento cronico che determinano un lento e progressivo esaurimento funzionale delle strutture coinvolte o che non riguardano parti anatomiche dotate di nocicettori^{1,5,8,9}. La localizzazione neuroanatomica del deficit spinale si fonda sull'intero esame neurologico per la cui definizione si rimanda ai testi di neurologia veterinaria^{1,4,5}. In questa sede si ricorderà solo che è generalmente semplice procedere ad una localizzazione in caso di lesione completa mentre è molto diverso il caso di una lesione parziale ad andamento cronico. La capacità compensatoria del midollo spinale e, ancor di più, dei nervi della cauda equina fa sì che a fronte di importanti lesioni il soggetto possa manifestare modesti deficit, talvolta di difficile interpretazione. Se è inequivocabile l'evo-cabilità o meno di un riflesso, non altrettanto dicasi per la valutazione di una lieve variazione in aumento o in diminuzione dello stesso. Ancora, la coesistenza di più lesioni può rendere dubbia la valutazione dell'intero quadro riflessologico. Le considerazioni sopra esposte spiegano dunque la necessità di confermare la localizzazione scaturita dall'esame obiettivo con ulteriori indagini strumentali quanto più possibile panoramiche che possano altresì chiarirne la natura.

METODICHE

Radiologia convenzionale

Costituisce la metodica basilare ed insostituibile per iniziare qualsiasi iter diagnostico; in virtù della sua panoramicità consente di visualizzare su pochi radiogrammi l'intera colonna vertebrale¹⁰⁻¹⁴. L'esecuzione di radiogrammi di buona qualità soggiace a criteri ben precisi. Per quanto riguarda la preparazione del paziente si ricordano la sedazione o ancor meglio la narcosi e l'impiego di spessori radiotrasparenti da porsi tra le concavità anatomiche ed il tavolo radiografico, mentre per quanto concerne gli aspetti tecnici vanno menzionati l'impiego ove possibile di apparecchi dotati di fuoco fine, schermi di rinforzo medio-veloci alle terre rare accoppiati a pellicole ad elevato contrasto nonché l'utilizzo della griglia antidiffusione. Si eseguono solitamente proiezioni latero-laterali, ventro-dorsali sagittali ed oblique. Al fine di ottenere un buon allineamento vertebrale è opportuno realizzare radiogrammi centrati su non più di 20 cm di colonna vertebrale¹⁰. È possibile eseguire proiezioni dinamiche (flesse, distratte, etc).

Mediante somministrazione di mezzo di contrasto organoiodato idrosolubile non ionico a livello sub-aracnoideo (mielografia) si può studiare il profilo del midollo spinale nelle differenti proiezioni; le modalità esecutive sono ampiamente descritte in letteratura¹¹⁻¹⁷. Classicamente le lesioni evidenziabili mediante mielografia vengono distinte in compressive extradurali, compressive intradurali-extra-midollari ed espansive intramidollari¹¹⁻¹³. Se la sensibilità diagnostica è elevatissima per le tre classi di lesione la specificità è buona solo nelle prime due¹¹⁻¹³.

Nella pratica clinica qualora dalla visita scaturiscano indicazioni per una localizzazione inequivocabile e precisa è giustificato procedere ad un esame diretto mirato almeno in due proiezioni ortogonali. Nel caso di sospetto diagnostico meno cogente è sempre consigliabile uno studio complessivo dell'intero rachide.

Tomografia computerizzata a raggi X (TC)

Costituisce sempre un esame di seconda istanza^{2,12,18}. Come si evince dalla definizione, fornisce direttamente immagini di sezioni condotte secondo il piano trasversale (sinonimo assiale). A differenza della radiologia convenzionale, l'anodo ruota attorno al paziente e l'attenuazione della radiazione incidente viene rilevata da detector elettronici¹⁸. L'elevato tempo di esposizione necessario ad ottenere ciascuna scansione (da 1 a 4 s mediante i tomografi convenzionali) impone l'anestesia generale per il mantenimento dell'immobilità del paziente^{2,12}. Al fine di limitare gli artefatti da movimento respiratorio si predilige il posizionamento in decubito dorsale. La densità in ogni punto della struttura esaminata viene espressa da un numero (Unità Hounsfield) a sua volta rappresentato da un diverso livello di grigio¹⁸. La codifica computerizzata del segnale consente una maggiore risoluzione di contrasto rispetto alla radiologia convenzionale, ragion per cui la TC espande il proprio campo di applicazione allo studio dei tessuti molli.

Queste premesse generali vanno declinate secondo le peculiarità della colonna vertebrale. La TC, fornendo direttamente scansioni trasversali, risulta poco panoramica in ragione della metamericità della colonna vertebrale organizzata invece secondo l'asse longitudinale^{12,18}. D'altro canto, la ricostruzione secondo il maggior asse comporta un degrado dell'immagine anche dopo acquisizione volumetrica in metodica spirale¹⁸. Un esame tomografico richiede quindi una precisa localizzazione derivante dall'esame clinico e dall'esame radiografico convenzionale^{2,18}.

L'eliminazione delle sovrapposizioni permette di studiare esattamente il profilo del canale vertebrale, le superfici della compatta e la struttura della spongiosa come pure i tessuti molli iuxta-vertebrali^{12,18}.

La disamina delle indicazioni riconosciute all'esame TC rachideo in Medicina Umana offre interessanti spunti di riflessione^{12,18-20}. La TC infatti costituisce l'indagine di prima scelta in caso di patologia traumatica con esame radiografico convenzionale positivo allo scopo di meglio definire i piani di frattura e la sede dei frammenti ossei nel canale vertebrale, mentre non trova indicazione nei casi traumatici con esame radiografico convenzionale negativo. Viene impiegata nella patologia neoplastica vertebrale allo scopo di meglio definire il bilancio d'estensione loco-regionale¹⁸⁻²⁰.

Per quanto riguarda lo studio della patologia intrarachidea occorre ricordare come l'indurimento del fascio foto-nico che si verifica attraversando le spesse pareti del canale vertebrale pone seri limiti allo studio del contenuto come ampiamente sperimentato in Medicina Umana con frequenti falsi negativi anche in condizioni tecniche ottimali^{12,18}. Un'applicazione consolidata della TC in Medicina Umana è rappresentata dalla patologia degenerativa disco-vertebrale lombare. A questo livello del rachide si riscon-

trano condizioni anatomiche favorevoli dal momento che l'abbondante tessuto adiposo epidurale fornisce un eccellente contrasto naturale. Non trova invece applicazione nello studio delle discopatie dorsali e cervicali poiché gli spazi liquorali ed adiposi circostanti il midollo spinale risultano troppo esigui per fornire contrasto e limitare gli effetti degli artefatti da indurimento^{12,18}.

Gli aspetti tecnici ed anatomici sopra enunciati possono trovare applicazione anche nel Cane e nel Gatto. Il midollo spinale di queste due specie, oltre ad essere sensibilmente più piccolo di quello umano è circondato da spazi liquorali ed adiposi molto più ridotti³. Di riflesso, si possono attendere difficoltà tecniche pari o superiori a quelle descritte in Medicina Umana. L'esame TC risulta dunque utile nello studio della patologia discale lombo-sacrale dal momento che a tale livello il tessuto adiposo epidurale è sempre cospicuo mentre a livello cervico-toraco-lombare la dimostrazione di una paratopia discale avviene in modo consistente e ripetibile solo in caso di mineralizzazione del materiale erniato o dopo somministrazione di mdc sub-aracnoideo (mielo-TC)²¹⁻²⁵. È inoltre insostituibile nello studio della patologia neoplastica vertebrale²¹⁻²⁵.

Il piano di studio fondamentale è costituito dall'acquisizione di scansioni assiali a strato sottile (1 – 2 mm di spessore) rappresentate sia con finestra per tessuti molli (finestra stretta) che per tessuti duri (finestra ampia). La ricostruzione di immagini sagittali o coronali può essere impiegata per meglio evidenziare lo sviluppo della lesione¹⁸. La somministrazione di mdc ev è richiesta ogni qual volta si formi il sospetto diagnostico di lesione neoplastica e/o infiammatoria. L'impregnazione di strutture dotate di barriera vascolare (ad es. emato-midollare, emato-nervosa) a seguito di somministrazione ev di mdc vascolare è indice di alterata permeabilità (compatibile con flogosi) o di sviluppo di vasi neoformati (compatibile con neoplasia)²³⁻²⁵.

Tomografia a risonanza magnetica (RM)

Differisce completamente dalle due precedenti metodiche poiché sfrutta il complesso fenomeno della risonanza magnetica nucleare, per la cui definizione si rimanda ai testi specializzati^{12,26}. In questa sede basti ricordare che il fenomeno è dato dall'assorbimento e successiva cessione di energia da parte dei nuclei atomici posti in un campo magnetico statico ed eccitati con radiazioni di radiofrequenza. Lo scanner a risonanza magnetica si compone fondamentalmente di un magnete operante con un campo magnetico di intensità variabile ma caratteristico di ogni apparecchio (basso campo: 0,2 – 0,3 T; medio campo 0,5 T; alto campo 1 – 2 T) che allinea i momenti magnetici degli atomi costituenti la parte anatomica in esame secondo la direzione del campo stesso. Le radiofrequenze emesse dai gradienti, altra struttura fondamentale dello scanner, disturbano l'allineamento dei momenti magnetici. La cessione di energia risultante dall'azione dei gradienti, definita come eco, è rilevata da un'antenna, definita bobina ricevente o coil, posta in vicinanza della parte da esaminare e tradotta in intensità di segnale e quindi in immagine^{12,26}. Il tempo in cui gli atomi perturbati dall'impulso di radiofrequenza impiegano a riallinearsi con il campo magnetico principale è definito tempo di rilassamento T1 mentre il

tempo in cui gli atomi perdono l'allineamento dovuto all'azione dell'impulso a radiofrequenza è definito tempo di rilassamento T2. Entrambi dipendono dalle caratteristiche chimico-fisiche del sistema analizzato e sono alla base del contrasto d'immagine e quindi della capacità discriminante tissutale della RM^{12,26}. Al fine di ottenere un segnale sufficientemente intenso, gli impulsi di radiofrequenze vengono impartiti in sequenza. A seconda dell'intervallo di tempo tra una sequenza e la successiva (definito tempo di ripetizione, TR) ed il tempo tra inizio della sequenza ed inizio della ricezione dell'eco prodotto (tempo di eco, TE), si ottengono immagini maggiormente influenzate dal tempo di rilassamento T1, dalla densità protonica (DP) o dal tempo di rilassamento T2, esaltando il contrasto naturale ed amplificando enormemente la capacità discriminante tissutale^{12,26}. Come la TC anche la RM fornisce immagini tomografiche, ovvero scansioni di spessore variabile da 1 a svariati mm ma direttamente orientate secondo qualsiasi piano. Il piano di studio si fonda sull'acquisizione di scansioni sagittali mediane, paramediane e coronali. Vengono così valutati l'allineamento longitudinale vertebrale, l'ampiezza ed il segnale del disco, delle limitanti, delle corticali ventrale e dorsale e della spongiosa somatiche. Si rilevano i profili ventrale e dorsale della dura meninge, l'intensità di segnale midollare, la morfologia ed il segnale delle strutture foraminali.

L'intensità di segnale esibita da un determinato tessuto varia a seconda delle sequenze impiegate ma anche dal magnete impiegato. In generale la leggibilità clinica dell'immagine è superiore per magneti ad alto campo²⁶. Risultano di elevato segnale le strutture a ricco contenuto lipidico ed idrico, come ad esempio il sistema nervoso o i connettivi lassi; esibiscono basso segnale le strutture mineralizzate quali la compatta ossea o fibrose come i connettivi densi. Anche in considerazione che non sussistono artefatti da indurimento, la RM è quindi esame d'elezione per lo studio del contenuto rachideo; in ragione dello scarso segnale delle strutture mineralizzate risulta inferiore alla TC per la valutazione dei profili della compatta vertebrale mentre la supera nello studio della spongiosa^{2,18,26,27}.

La somministrazione di mdc ev (composti del gadolinio) viene impiegato con gli stessi scopi enunciati a proposito della TC.

INQUADRAMENTO DELLA PATOLOGIA

Patologia malformativa (Figg. 1, 2)

Si distinguono malformazioni vertebrali e malformazioni del midollo spinale^{1,28-32}. Tra le vertebrali, di più frequente riscontro si ricordano le deformità del corpo, quali le emivertebre e le vertebre a farfalla^{1,13}. L'indagine diagnostica d'elezione è rappresentata dall'esame radiografico convenzionale. La mielografia può rendersi necessaria per valutare il grado di compressione midollare. La RM, oltre ad esser sostitutiva della mielografia, può essere indicata per scoprire la presenza di cisti midollari e/o siringhe che spesso si sviluppano a seguito della compressione midollare cronica³².

Tra le deformità dell'arco si ricorda la spina bifida, facilmente dimostrabile mediante esame TC²⁸.

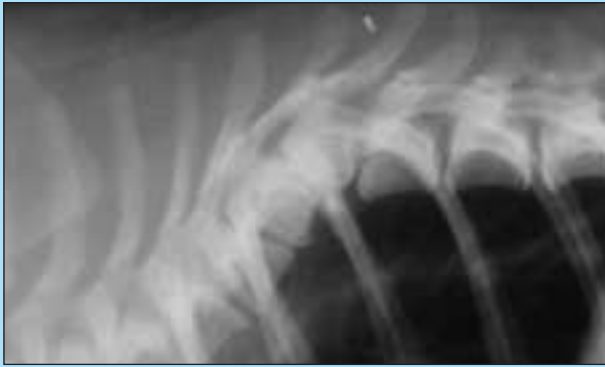


Figura 1A

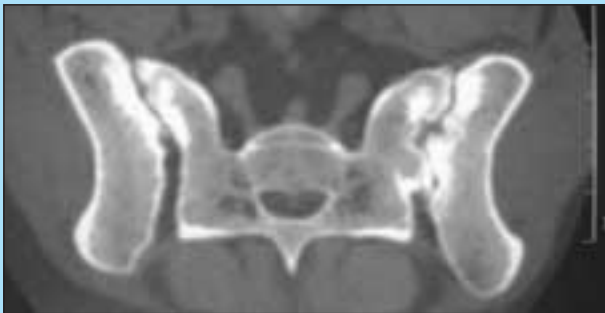


Figura 1B



Figura 1C



Figura 1D

FIGURA 1 - Patologia malformativa. (A) Carlino m 8 m (paraparesi progressiva), rx latero-laterale (ll) rachide toracico: emivertebre determinanti un'accentuata cifosi dorsale. **(B)** Pastore Tedesco m 7 a (dolore lombo-sacrale), TC assiale: sacralizzazione di L7. Si noti come l'anomala articolazione sia preda di fatti degenerativi. **(C)** Pastore Tedesco m 3 a (dolore lombo-sacrale) TC assiale L7-S1: stenosi congenita dei recessi sacrali e spondilartrosi iniziale. **(D)** Alano f 6 a (atassia pelvica), mielografia cervicale, proiezione ll: stenosi rachidea C2-C3 da malformazione delle faccette articolari dorsali.

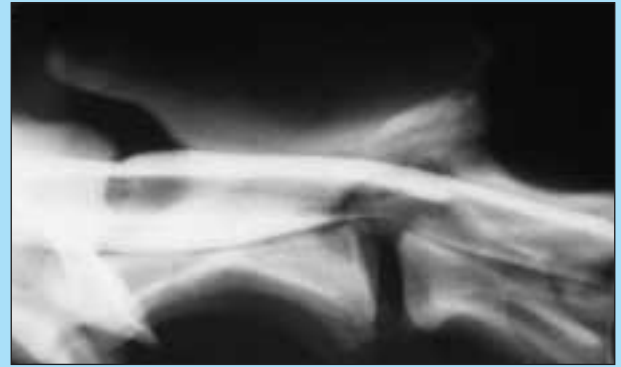


Figura 2A

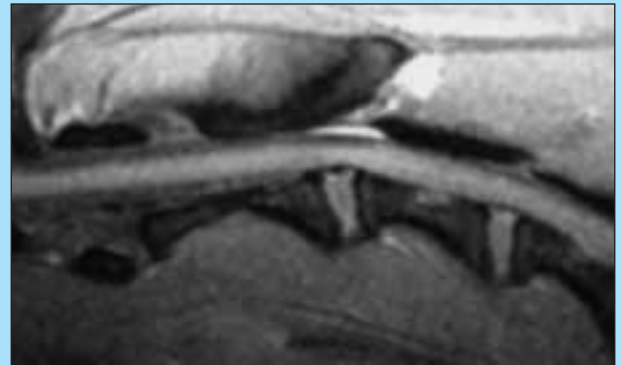


Figura 2B



Figura 2C

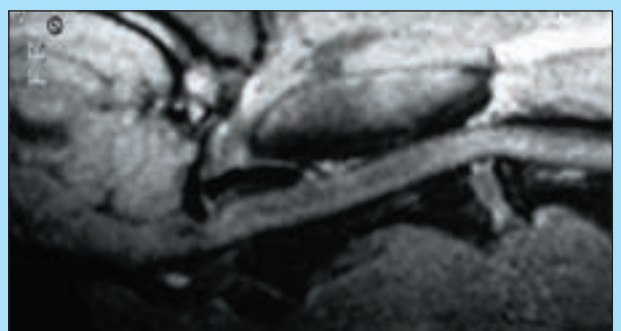


Figura 2D

FIGURA 2 - Patologia malformativa midollare. (A, B) Rottweiler m 12 m (atassia toraco-pelvica) mielografia cervicale proiezione ll e RM sagittale FE T1-dip: cisti aracnoidea dorsale C2-C3. Si noti la riduzione del diametro dorso-ventrale del midollo in tale sede. **(C, D)** Segugio m 3 a (deambulazione a coniglio), mielografia cervicale proiezione ll e RM sagittale FE T1-dip: idrosiringomielia dei neuomeri C1-C3 in stenosi del forame magno. Si osservi come il margine della squama occipitale si porti più ventralmente rispetto alla lamina dell'atlante esitando in una cospicua compressione neurale.

Stenosi del canale vertebrale da malformazione dell'arco e del corpo possono riguardare il tratto cervicale (spondilomielopatia cervicale dell'Alano)^{1,2,33}. Vengono efficacemente dimostrate mediante esame mielografico avendo cura di eseguire anche proiezioni oblique^{1,2,61}. L'esame mielo-TC permette di valutare perfettamente la sede circonferenziale e l'entità della compressione². Le stenosi rachidee a livello lombo-sacrale si rendono solitamente manifeste dopo che eventuali processi degenerativi disco-vertebrali accentuano il grado di stenosi malformativa. Anche a questo livello l'esame tomografico si rende necessario per valutare la compressione neurale intrarachidea ed extrarachidea (stenosi dei recessi sacrali)^{2,34}.

Tra le malformazioni riguardanti sia il corpo che l'arco conviene citare le vertebre di transizione¹³. Di più frequente riscontro si cita la sacralizzazione di L7 o la lombarizzazione di S1^{1,13}. Tali lesioni sono generalmente asintomatiche, ancorché possano associarsi a malarticolazione ed essere quindi predisponenti allo sviluppo di lesioni degenerative¹.

Un cenno a parte meritano le malformazioni della cerniera atlo-assiale: l'ipoplasia del dente dell'epistrofeo piuttosto che una lassità dei legamenti odontoidei può determinare un'instabilità dell'articolazione dimostrabile all'esame radiografico dinamico del collo¹.

Tra le malformazioni midollari si ricordano le cisti aracnoidee, le cisti idromieliche (dilatazioni del canale centrale ependimale) e la siringomielia primitiva (cavità cistica eccentrica delimitata da tessuto gliotico di estensione superiore a due neuromeri)^{35,42}. Le cisti malformative si sviluppano di solito nel tratto cervicale. Le cisti aracnoidee sono rappresentate da dilatazioni "bulbose" dello spazio subaracnoideo dorsale associate a riduzione di diametro ventro-dorsale del midollo spinale; coinvolgono frequen-

temente il tratto C2-C3. Vengono diagnosticate efficacemente mediante mielografia convenzionale, preferibilmente per via sub-occipitale, dal momento che la parete rostrale di tali cisti funge da meccanismo a valvola monodirezionale sì che il mdc iniettato per via sub-aracnoidea si raccoglie invariabilmente al loro interno⁴⁰. L'idrosiringomielia si associa all'iposviluppo della fossa cerebellare implementando il quadro delle sindromi di Chiari⁴². L'esame mielografico può evidenziare un aumento di diametro del midollo spinale. Qualora esista comunicazione con lo spazio sub-aracnoideo è possibile evidenziare la cisti dalla presenza di mezzo di contrasto all'interno del midollo spinale. Tuttavia, l'indagine diagnostica d'elezione è costituita dalla RM che permette di evidenziare in questo caso nel contesto del midollo spinale un'area allungata di intensità simil-liquorale. Occorre ricordare che cisti e siringhe midollari possono essere anche di natura acquisita (traumatica, infiammatoria, neoplastica)^{26,35}. Ogni volta che si evidenzia all'esame RM una cavitazione midollare è obbligatorio procedere allo studio completo della fossa cerebellare volto a valutare la presenza di lesione ascrivibile a sindrome di Chiari piuttosto che una stenosi del forame magno acquisita (espanso sub-tentoriale) come pure all'esame del midollo con mdc ev per escludere un processo neoplastico spinale²⁶.

Patologia traumatica (Figg. 3, 4)

Lo studio radiografico convenzionale diretto del rachide è solitamente indispensabile nel paziente neurologico con localizzazione spinale o nel soggetto che manifesti dolore epassiale in assenza di deficit. Tale indagine è volta a

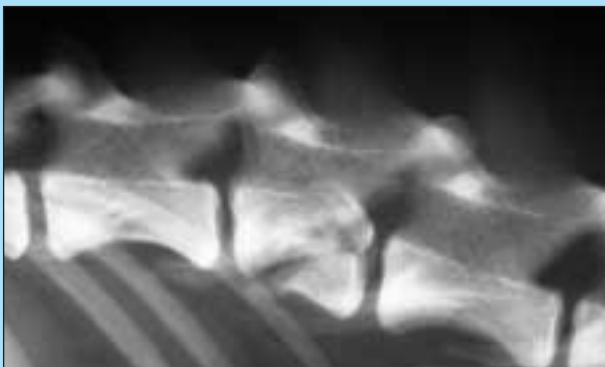


Figura 3A



Figura 3D



Figura 3B



Figura 3C

FIGURA 3 - Patologia traumatica vertebrale da investimento automobilistico. (A) Cane incrocio m 7 a (paraplegia) rx Il rachide toraco-lombare: frattura somatica di L2. **(B)** Cane incrocio f 9 a (paraplegia) mielografia lombare, proiezione sagittale ventro-dorsale (vd): frattura del processo articolare sx di L2, rottura discale (si noti la riduzione dello spazio intersomatico) ed edema del midollo (incremento dei diametri trasversi in tutte le proiezioni). **(C)** Dalmata f 6 a (paraplegia), mielografia toraco-lombare, proiezione vd obliqua: rottura discale e sub-lussazione vertebrale T13-L1 (si noti l'ampiezza dello spazio intersomatico). **(D)** Rottweiler f 2 a (paraplegia) rx Il rachide lombare: lussazione a "lucchetto" L2-L3 (si noti la dislocazione delle faccette articolari dorsali).



Figura 4A

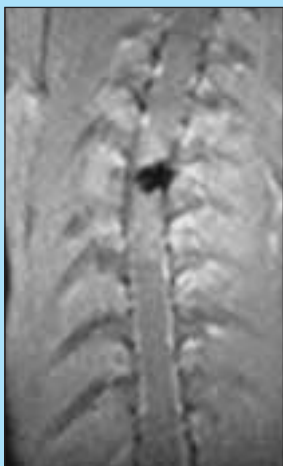


Figura 4B



Figura 4C

FIGURA 4 - Patologia traumatica midollare. (A) Cane incrocio m 6 a (tetraparesi dopo calcio alla testa) mielo-TC C4-C5: lesione da iperestensione. Si nota l'assottigliamento dell'anello di mdc subaracnoideo da edema ed una piccola compressione midollare extradurale da prolasso discale traumatico. **(B)** Gatto CE m 5 a (paraplegia dopo ferita da arma ad aria compressa) RM coronale FE T1-dip rachide toracico: ematomielia (area iperintensa in prossimità del proiettile). **(C)** Cane incrocio m 9 a (paraplegia da prolasso discale T13-L1 con assenza della percezione conscia del dolore profondo) mielografia toraco-lombare, proiezione vd obliqua: si evidenzia un'immagine riferibile a canalogramma con margini sfumati e diffusione del mdc al parenchima circostante suggestiva di mielomalacia.

valutare innanzi tutto l'allineamento vertebrale che può essere perso per frattura somatica o rottura discale accompagnata a lussazione artrodiale o frattura arcuale¹².

Lo spazio intersomatico può essere ridotto per prolasso discale traumatico, rottura dell'anulus o pre-esistente degenerazione discale^{12,13,43-46}. Il prolasso può essere evidenziato mediante esame mielografico come compressione midollare extradurale (deviazione della colonna contigua di mdc) generalmente associata ad incremento dei diametri trasversi midollari per rigonfiamento-edema-emorragia (assottigliamento delle colonne di mdc in tutte le proiezioni)^{2,12,13,41}. Talvolta tale espanso midollare è così cospicuo ed esteso da rendere troppo esiguo il quantitativo di mdc evidenziabile dall'esame radiografico convenzionale per poter dimostrare la sede longitudinale e circonferenziale della compressione. Al proposito, l'esame mielo-TC permette di individuare molto bene il contrasto sub-aracnoideo e definire quindi la sede della compressione¹⁸. L'esame TC diretto, invece, non trova analogia indicazione per varie ragioni. Il nucleo polposo prolassato per trauma esterno può avere caratteristi-

che strutturali normali e quindi esibire valori densitometrici non molto dissimili da quelli del midollo⁴³. Non di meno, l'esame TC oltre a non essere panoramico, può non evidenziare con sufficiente affidabilità altre lesioni traumatiche come le emorragie epidurali. L'esame RM evidenzia tutte le lesioni del contenuto e può essere sostitutivo della mielografia^{12,18,26,27}. Tuttavia, vista l'esigenza di immediata disponibilità date le condizioni di urgenza, viene quasi sempre riservato ai casi bisognosi di ulteriore approfondimento.

Nei casi di lacerazione semplice dell'anulus l'autore ha frequentemente riscontrato un ampliamento dello spazio intersomatico coinvolto, in particolare nelle proiezioni ventro-laterali oblique (Fig. 3C).

L'emorragia epidurale si caratterizza solitamente con una raccolta ematica situata dorsalmente al midollo spinale. L'ematoma epidurale può essere evidenziato mediante esame mielografico come diffusa compressione midollare extradurale dorsale. La RM fornisce immagini riferibili a compressione midollare dorsale caratterizzate da intensità di segnale differente a seconda del tempo trascorso dall'accidente (vedi oltre). Dato che lo spazio epidurale presenta naturale iperintensità di segnale dovuta al tessuto adiposo, possono essere utili al proposito sequenze con soppressione del grasso²⁶.

Ogni qual volta si rilevi una lesione riconducibile ad ematoma epidurale traumatico è obbligatorio escludere una concomitante paratopia discale. Poiché il nucleo polposo prolassato determina solo raramente e comunque parzialmente una compressione midollare dorsale, viene generalmente individuato dall'esame mielografico anche sulla scorta dell'evidenziazione dell'avvicinamento intersomatico¹³. Nei casi dubbi che richiedano una precisa pianificazione operatoria, la RM può rendersi utile in virtù delle ben note peculiarità discriminative tissutali¹².

Le lesioni midollari traumatiche acute si caratterizzano solitamente per l'incremento dei diametri trasversi midollari⁴⁶. Questo reperto viene rilevato molto bene dall'esame mielografico convenzionale come assottigliamento delle colonne di mdc in tutte le proiezioni. Mediante RM si differenziano, in senso di crescente gravità prognostica, il rigonfiamento midollare (incremento dei diametri trasversi midollari non associato a variazione d'intensità di segnale), l'edema (incremento dei diametri trasversi midollari associato ad ipointensità nelle sequenze T1-dip ed iperintensità in quelle T2-dip) l'ematomielia e la mielomalacia. Il focolaio emorragico presenta una complessa caratterizzazione dell'intensità del segnale variabile nel tempo e dipendente dallo stato ossidativo dell'emoglobina. In fase iperacuta (entro 24h) si riscontra isointensità al midollo in sequenze T1-dip ed iperintensità in sequenze T2-dip. In fase acuta (6-8 gg), per il prevalere della deossiemoglobina si riconosce iperintensità nelle sequenze T1-dip ed ipointensità circondata da edema iperintenso nelle sequenze T2-dip. In fase sub-acuta, per il prevalere della metaemoglobina si riconosce iperintensità di segnale in entrambe le sequenze²⁶. La mielomalacia presenta all'esame RM caratteristiche sovrapponibili all'ematomielia; talvolta può essere individuata anche all'esame mielografico dalla diffusa captazione di mdc sub-aracnoideo da parte dei mielomeri lesi⁴⁶.

In fase cronica il focolaio emorragico evolve solitamente verso la gliosi (isointensità in sequenze T1-dip ed iperintensità in sequenze T2-dip), la cavitazione e l'atrofia midollari.

Patologia vascolare (Figg. 5, 6)

La patologia vascolare spinale si estrinseca pressoché esclusivamente attraverso l'emorragia epidurale (per i cui riferimenti si rimanda a quanto riportato a proposito della patologia traumatica) e l'infarto midollare da embolo fibro-cartilagineo^{1,47,48}. Tale lesione dà luogo generalmente ad un esame mielografico e mielo-TC negativo o tutt'al più associato a lieve incremento dei diametri trasversi midollari¹³. Mediante RM si possono agevolmente rilevare le alterazioni di segnale caratteristiche del fatto ischemico (associato ad eventuale componente emorragica) e fondamentalmente riconducibili a quanto descritto per l'edema midollare traumatico e l'ematomielia²⁶.

Patologia infettivo-infiammatoria (Fig. 7)

Tale patologia può coinvolgere i tessuti paravertebrali, le vertebre e le strutture neurali^{1,49-51}.

Tra le patologie riguardanti i tessuti paravertebrali si ricordano i flemmoni e gli ascessi. Solitamente conseguenti a ferite da punta od iniezioni di sostanze potenzialmente istolesive, possono essere dimostrate mediante esame tomografico^{1,49,50}.

Le patologie infettivo-infiammatorie del contenente possono coinvolgere primitivamente le vertebre dando luogo all'osteomielite vertebrale oppure le strutture discali come nella discospondilite. Mediante radiologia convenzionale si può evidenziare in fase iniziale osteolisi e successiva osteosclerosi iuxta-discale cosiddetta "a specchio"^{1,13}. Le modificazioni rilevabili con questa metodica sono piuttosto tardive (almeno 2 settimane dall'esordio dei

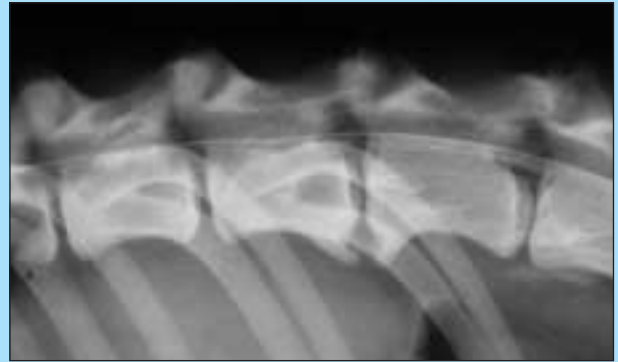


Figura 5A

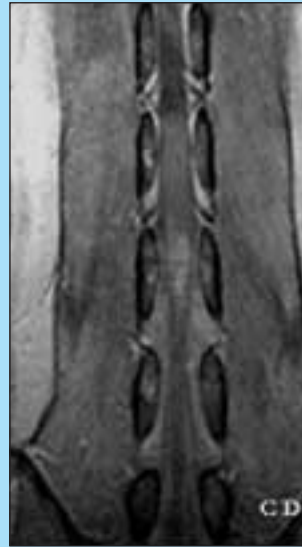


Figura 5B

FIGURA 5 - Patologia vascolare. (A) Cane incrocio m 5 a (paraplegia improvvisa) mielografia toraco-lombare, proiezione II: ematoma epidurale. Si noti l'estesa compressione midollare extradurale dorsale. **(B)** Pastore Tedesco m 6 a (paraplegia improvvisa 6 giorni addietro) RM coronale lombare FE T1-dip: infarto rosso dell'intumesenza.



Figura 6A



Figura 6B



Figura 6C

FIGURA 6 - Patologia infiammatoria. (A, B) Gatto Comune Europeo m 8 a (paraparesi motoneurone inferiore progressiva, pleiocitosi liquorale linfoplasmatica) RM coronale SE T1-dip (in **A** esame diretto, in **B** esame dopo mdc ev): neurite della cauda equina. Si noti l'intensa, diffusa ed omogenea impregnazione delle strutture endorachidee in L6 e L7. **(C)** Gatto Comune Europeo m 3 a (tragitto fistoloso da corpo estraneo vegetale in corrispondenza della base della coda) TC assiale dopo mdc ev lombo-sacro-pelvica: si noti la disomogenea impregnazione di mdc nel contesto del muscolo ileo-psoas sx corrispondente alla reazione piogranulomatosa al corpo estraneo migrato unitamente all'impregnazione lineare nell'ambito dei muscoli glutei omolaterale corrispondente al tragitto fistoloso.



Figura 7A

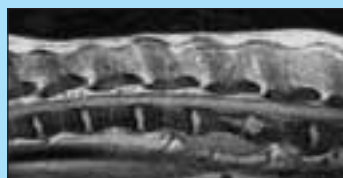


Figura 7B



Figura 7C

FIGURA 7 - Patologia infiammatoria. (A) Carlino m 9 a (paraparesi cronica lieve) TC assiale dopo mdc ev a livello T13-L1: discospondilite cronica. Si notino le tipiche aree di osteolisi a carico della limitante vertebrale nonché l'imponente fibrosi perisomatica parzialmente ossificata determinante compressione neurale. **(B, C)** Setter m 4 a (dolore epassiale diffuso) RM sagittale FE T1-dip esame diretto **(B)** e dopo mdc ev **(C)**: discospondilite attiva con formazione di ascesso intersomatico L2-L3. L'impregnazione di mdc dei margini della lesione è indice di un processo attivo.

sintomi)¹³. In fase tardiva si riconosce collasso dello spazio discale, osteosclerosi e tendenza alla fusione intersomatica. L'esame RM con mdc può evidenziare la flogosi discale e delle strutture viciniori già a qualche giorno dall'insorgenza della sintomatologia²⁶. La TC dimostra precocemente la lisi "a tarlatura" delle limitanti somatiche¹⁸.

Le flogosi del tessuto nervoso spinale comprendono le meningomieliti, le radicoliti e le neuriti della cauda equina¹.

Il punto cardine nella dimostrazione diagnostica di una meningo-mielite risiede nella pleiocitosi liquorale¹. Alla mielografia si può rilevare un espanso midollare qualora l'edema sia cospicuo¹²; alla RM si può rilevare una variazione d'intensità di segnale (ipo-intenso in sequenza T1-dip, iperintenso in T2-dip) associata a captazione di mdc qualora la lesione sia sufficientemente estesa²⁶. La diagnosi delle radicoliti si avvantaggia limitatamente della diagnostica per immagini date le piccolissime dimensioni delle strutture coinvolte. Le neuriti della cauda equina possono essere efficacemente evidenziate mediante RM: dopo mdc ev si riconosce l'impregnazione del tratto intrarachideo dei nervi come pure dei tessuti epidurali viciniori²⁶.

Patologia degenerativa (Figg. 8, 9, 10)

La patologia degenerativa rachidea può coinvolgere l'unità disco-vertebrale, le artrodie ed il legamento interarcuale^{1,2,13,51-55}. Relativamente alla patologia degenerativa disco-vertebrale, la disidratazione del nucleo polposo rappresenta la prima delle lesioni riconoscibili in ordine cronologico^{2,18,26}. Generalmente asintomatica, può evidenziarsi in radiologia convenzionale come moderata riduzione dello spazio intersomatico. In RM si appalesa con la riduzione dell'intensità di segnale del nucleo stesso nelle sequenze T2-dip²⁶. La mineralizzazione nucleare si evidenzia in radiologia convenzionale come opacizzazione limitata allo spazio intersomatico¹³. In TC ed in RM si manifesta, rispettivamente con iperdensità di natura minerale ed ipointensità assoluta di segnale^{2,13,26}. Ancora, nel disco degenerato possono evidenziarsi all'esame TC raccolte di densità gassosa⁵². Il disco degenerato può protrudere circonfenzialmente e/o dorsalmente determinando compressione neurale²⁶. La compressione può essere ben evidenziata dall'esame mielografico qualora si



Figura 8A



Figura 8B



Figura 8C

FIGURA 8 - Patologia degenerativa. (A, B) Dobermann f 6 a (atassia pelvica) mielografia cervicale proiezione Il neutra **(A)** e distratta **(B)**: instabilità vertebrale, ipertrofia disco-legamentosa e conseguente compressione midollare C6-C7 dinamica annullata dalla distrazione longitudinale. **(C)** Dobermann m 5 a (atassia pelvica) RM sagittale FE DP-dip: instabilità vertebrale C6-C7. Si noti l'iperintensità di segnale midollare in corrispondenza della compressione, indicativa di edema e demielinizzazione.

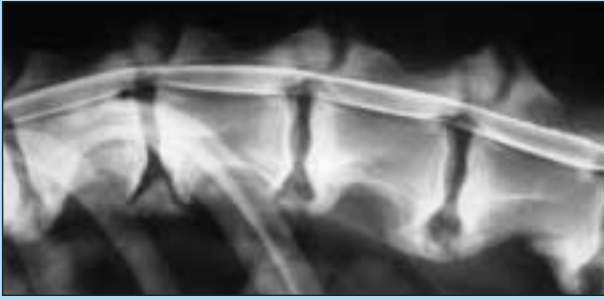


Figura 9A

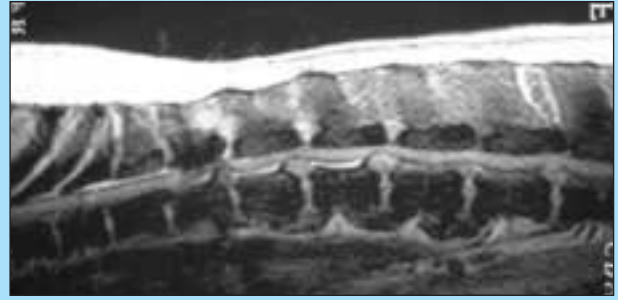


Figura 9B

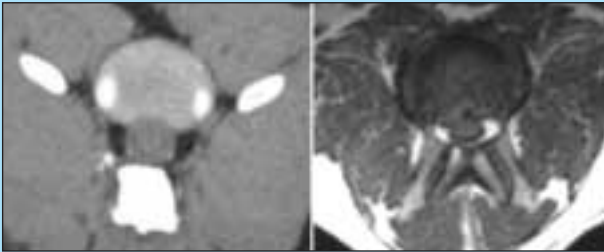


Figura 9C

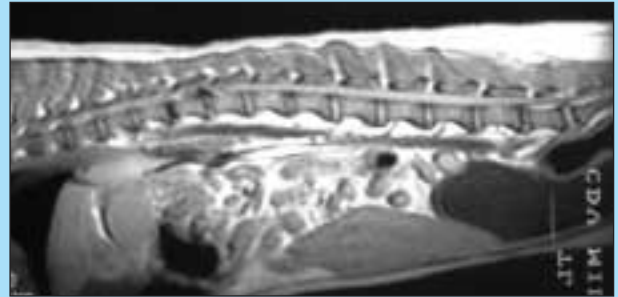


Figura 9D

FIGURA 9 - Patologia degenerativa. (A) Pastore Tedesco m 9 a (paraparesi lieve) mielografia toraco-lombare, proiezione II: spondilartriosi ed ernie discali croniche. **(B)** Pastore Tedesco f 11 a (paraparesi moderata) RM sagittale FE T1-dip rachide toraco-lombare: spondilartriosi ed ernie discali croniche. **(C)** A sx Cane Pastore Tedesco m 5 a, TC assiale disco L5-L6: quadro normale. A dx Pastore Tedesco m 13 a (paraparesi) RM assiale FE T1-dip disco L1-L2: protrusione discale circonferenziale determinante compressione midollare. **(D)** Bassotto f 4 a (dolore toraco-lombare) RM sagittale FE T1-dip toraco-lombare: disidratazione nucleare L6-L7 e L1-L2, mineralizzazione nucleare completa T11-T12, prolasso discale mineralizzato T12-T13.

manifesti in tratti percorsi dal tubo durale^{2,13}. Caudalmente a L6 è generalmente richiesto un esame tomografico per poter evidenziare la lesione. A seconda dei tratti coinvolti la protrusione discale richiede passi diagnostici peculiari. A livello cervicale (tipica nel Doberman) la mielografia evidenzia bene la compressione midollare ventrale solitamente riguardante lo spazio C6-C7 eventualmente associato a quello C5-C6^{1,2,27}. La possibilità di eseguire proiezioni dinamiche, in particolar modo in distrazione, è di fondamentale importanza: la dimostrazione dell'annullamento della compressione in distrazione orienta infatti il tipo di intervento chirurgico. La RM trova in questo caso indicazione sia come metodica di prima istanza ma soprattutto per valutare l'entità del danno midollare, escludere la presenza di lesioni conseguenti alla compressione cronica (cisti midollari, demielinizzazione, mielomalacia) e meglio definire la prognosi^{12,26}. A livello toraco-lombare, protrusioni discali si rilevano frequentissimamente in soggetti di grossa taglia, particolarmente Pastore Tedesco. Di regola si tratta di protrusioni circonferenziali di tessuto fibroso denso (paratopia discale tipo Hanssen II da degenerazione fibroide) non alleviate dalla distrazione (cosiddetta ernia dura)^{1,4,5,51}. Vengono dimostrate bene da qualsiasi delle tre metodiche discusse. A livello lombo-sacrale la protrusione discale è generalmente circonferenziale e può determinare compressione delle strutture nervose canalari ed extrarachidee (radici L7)^{1,4,5,21}. Poiché si tratta di una lesione potenzialmente dinamica, è opportuno posizionare il soggetto in decubito dorsale durante l'esame tomografico al fine di dimostrare la massima compressione.

Altri segni radiografici associati alla degenerazione discale ad andamento cronico sono la sclerosi delle limitanti vertebrali e l'osteofitosi-entesiofitosi para-discoale che implementano il quadro spondiloso.

Un possibile sviluppo della degenerazione discale è rappresentato dal prolasso, per la cui definizione delle caratteristiche si rimanda a quanto descritto a proposito della patologia traumatica^{1,2,4,5}.

La malattia degenerativa delle articolazioni dorsali si evidenzia con l'osteosclerosi e la proliferazione osteofitaria delle stesse¹³. L'esame TC può evidenziare lo sviluppo di microcisti sub-condrali¹⁸. Talora possono svilupparsi cisti sinoviali comprimenti il contenuto rachideo dimostrabili con mielografia ma differenziabili da lesioni neoplastiche all'esame tomografico dall'assente impregnazione centrale dopo mdc ev^{54,55}.

L'ipertrofia del legamento interarcuale può essere desunta dallo studio delle scansioni sagittali RM².

In relazione alle lesioni degenerative discali si associano alterazioni del midollo osseo e quindi della spongiosa vertebrale²⁶. Inizialmente la flogosi del midollo conseguente alla discopatia determina un'intensità di segnale di tipo idrico, successivamente con lo spegnersi del processo si rileva un'intensità dapprima adiposa e finalmente fibrosa²⁶.

Patologia neoplastica (Figg. 11, 12)

Si distinguono tumori primitivi, tumori secondari e lesioni simil-neoplastiche^{1,3,5,18,26}. Relativamente ai tumori vertebrali, all'esame radiografico convenzionale si possono rile-



Figura 10A



Figura 10B



Figura 10C



Figura 10D



Figura 10E

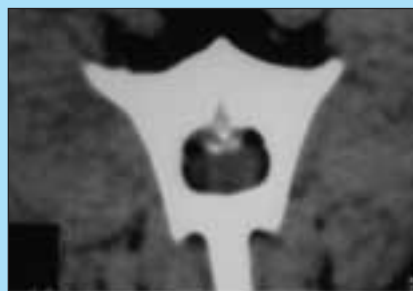


Figura 10F

FIGURA 10 - Patologia degenerativa. (A, B) Rottweiler m 9 a (dolore epassiale) rx lombo-sacrale II (A) e TC assiale L7-S1 (B): spondilartrosi e stenosi degenerativa rachidea e dei recessi sacrali. (C) Levriere Russo m 6 a (dolore epassiale) TC assiale rachide lombare: cisti ossee subcondrali artrodiali dorsali. (D) Bull Mastiff m 6 a (incontinenza urinaria) RM sagittale FE T1-dip lombo-sacro-coccigea: ipertrofia legamentosa interarcuale L7-S1 determinante compressione neurale dorsale. (E) Pastore Tedesco m 8 a (paraparesi progressiva) mielografia e mielo-TC assiale lombare dopo mdc ev: cisti sinoviale. Si noti l'impregnazione cercinata. (F) Levriere Russo m 10 a (lieve paraparesi) TC assiale lombare: ossificazione del legamento longitudinale dorsale determinante moderata compressione neurale.

vare segni suggestivi di processo neoplastico quali l'alterazione focale della densità vertebrale (evidente ad occhio nudo solo per variazioni della calcificazione superiori al 40%), l'alterazione del disegno cortico-spongioso, la lisi corticale e la reazione periostale^{10,13}. Queste alterazioni sono relativamente tardive. L'esame che più precocemente consente di riconoscere una lesione neoplastica vertebrale è costituito dalla RM²⁶, tuttavia l'esame TC è insostituibile per valutare i cosiddetti criteri di aggressività radiologica^{56,57}. Tali criteri forniscono indicazioni sulla velocità di crescita e sono fondamentalmente basati sul tipo di lesione (osteolitica, addensante, osteoproduttiva o mista) e sulla sua estensione (compartimentale in caso di confinamento alla vertebra, extracompartimentale in caso di superamento dello spazio extradurale)^{56,57}. I tumori di basso grado presentano osteolisi cosiddetta geografica con margini netti sclerotici ed estensione compartimentale, i tumori di grado elevato manifestano

osteolisi a tarlatura con aspetto infiltrativo e diffusione extracompartimentale^{56,57}. Il riconoscimento di una lesione neoplastica di grado elevato ad estensione extracompartimentale a matrice variamente mineralizzata è suggestiva di osteosarcoma mentre l'evidenza di una lesione ad impronta squisitamente litica è fortemente indicativa di neoplasia metastatica⁵⁸⁻⁶³. La valutazione dell'estensione della lesione impone l'esecuzione di un esame con mdc ev⁵⁸⁻⁶³.

Le lesioni neoplastiche dello spazio epidurale si appaiono all'esame mielografico come compressioni midollari o radicolari extradurali^{2,64}. La differenziazione tra paratopia discale, cisti e neoplasia può essere condotta mediante esame tomografico con mdc al fine di dimostrare l'impregnazione della lesione nonché l'eventuale estensione extracompartimentale^{18,26}.

I tumori delle radici nervose si manifestano all'esame mielografico come lesioni intradurali-extramidollari in re-

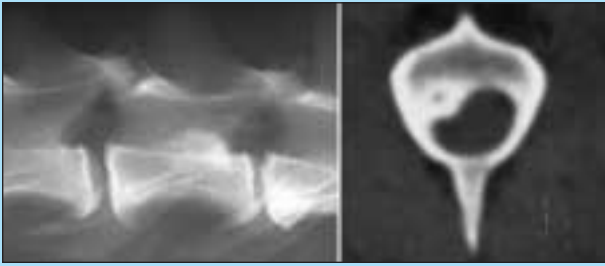


Figura 11A

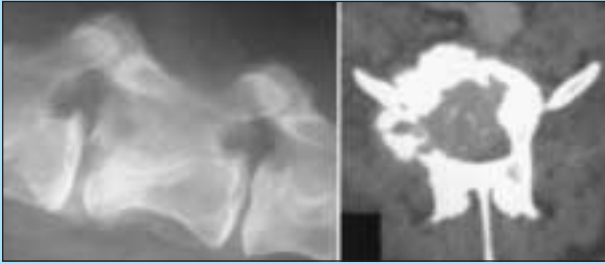


Figura 11B



Figura 11C

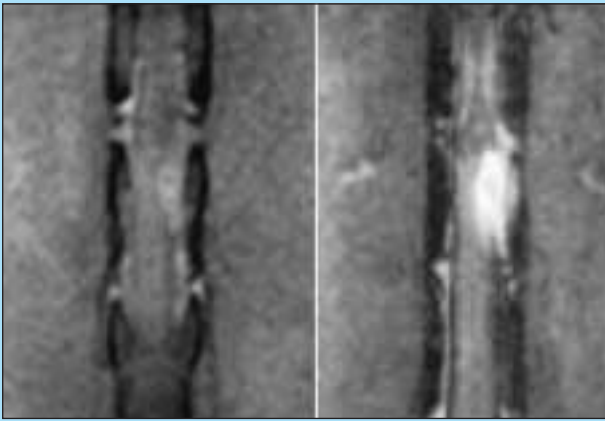


Figura 11D

FIGURA 11 - Patologia neoplastica. (A) Cane incrocio f 9 a (dolore epassiale) rx Il lombare e TC assiale L5: lesione osteoproliferativa a margini netti e regolari aggettante nel canale rachideo ed avente un centro ipodenso (nidus). Suggestivo di osteoma osteoide. **(B)** Cane West Highland m 11 a (paraparesi del motoneurone inferiore progressiva) rx Il lombare evidenziante lisi della limitante anteriore e sclerosi somatica di L5, TC assiale evidenziante un processo misto osteolitico ed osteoproliferativo ad estensione extracompartmentale e mineralizzazione della matrice, indicativo di osteosarcoma. **(C)** Cane incrocio f 12 a (paraparesi progressiva) rx Il lombare e mielo-TC assiale: processo osteolitico a carico di L3 ad estensione extracompartmentale, a matrice non mineralizzata e determinante compressione neurale. Compatibile con lesione neoplastica metastatica. **(D)** Cane incrocio m 10 a (paraparesi improvvisa) RM coronale SE T1-dip: l'esame diretto (a sx) evidenzia una lesione lateralizzata comprimente e dislocante il midollo spinale a livello di L2, dopo mdc ev si riconosce precoce ed intensa impregnazione. Suggestivo di processo neoplastico esteso allo spazio epidurale.



Figura 12A

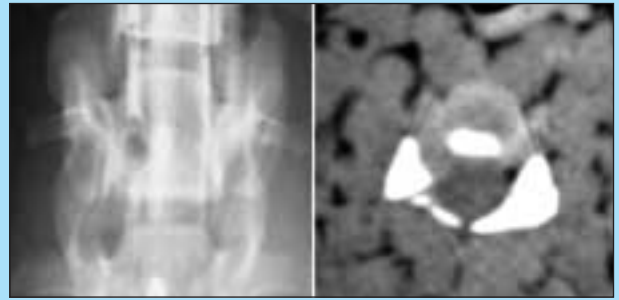


Figura 12B



Figura 12C



Figura 12D

FIGURA 12 - Patologia neoplastica. (A) Gatto Comune Europeo f 16 a (tetraparesi improvvisa) mielografia e mielo-TC assiale cervicale: compressione midollare da meningioma intradurale. **(B)** Cane incrocio m 10 a (monoparesi anteriore progressiva) mielografia e TC cervicale dopo mdc ev: massa intradurale extramidollare che occupa il forame intervertebrale C6-C7, lievemente captante, suggestivo di neurinoma della radice C7. **(C)** Cane incrocio m 13 a (tetraparesi progressiva) mielo-TC e TC assiali dopo mdc ev condotte a livello di C2: massa intradurale ad estensione paravertebrale delimitata da cercine ipercaptante, suggestivo di neurinoma. **(D)** Pastore Tedesco m 8 a (dolore sacro-coccigeo severo, evidenza di massa pelvica alla palpazione transrettale) rx Il sacrale (particolare) evidenzia una fine reazione periostale in corrispondenza del margine ventrale del sacro, TC assiale pelvica dopo mdc ev evidenzia una massa disomogeneamente captante occupante l'angolo sacro-iliaco dx e dislocante retto e prostata.

lazione ai forami vertebrali. L'esame tomografico è indicato per ottenere il bilancio d'estensione loco-regionale⁶⁵.

I meningiomi possono apparire all'esame mielografico in modo differente a seconda della base d'impianto e dal grado di invasività. Ancorché i meningiomi spinali derivano in modo pressoché esclusivo dalle cellule aracnoidee, quelli a base d'impianto durale e sviluppo endofitico determinano immagini riconducibili a lesione intradurale-extramidollare mentre quelli a sviluppo infiltrativo nella compagine della dura danno luogo ad una immagine riferibile lesione apparentemente extradurale. In caso poi di impianto sul versante piaie e sviluppo infiltrativo midollare (meningiomi maligni) l'immagine derivante è ascrivibile a lesione intramidollare^{18,26,66-68}. Di conseguenza, per un miglior inquadramento della lesione è indicato un esame tomografico con mdc ev^{18,26,66-68}.

I tumori gliali spinali determinano un incremento dei diametri trasversi del midollo spinale. La RM evidenzia una lesione espansiva intramidollare associata ad impregnazione di mdc. Talvolta si associano componenti cistiche^{26,69-71}. In rarissimi casi il midollo può essere sede di metastatizzazione⁷². Tra le lesioni espansive intramidollari si annoverano anche le cisti epidermoidi che vanno differenziate dalle lesioni neoplastiche⁷³.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il punto fondamentale della diagnostica rachido-spinale risiede nel processo localizzativo. La conferma della localizzazione, l'identificazione della lesione e quindi della patologia sottostante richiede sempre un esame neuroradiografico. L'esame convenzionale diretto rappresenta un momento irrinunciabile. A seconda degli elementi anamnestici, epidemiologici e clinici nonché della disponibilità delle diverse metodiche d'indagine ciascun Clinico potrà procedere in un percorso di approfondimento diagnostico adeguato. È quindi necessario conoscere limiti e vantaggi delle diverse metodiche utilizzandole, se necessario, in modo combinato. Non è superfluo ribadire come sia auspicabile un'indagine panoramica ed approfondita dal momento che nella clinica rachido-spinale gli errori d'omissione sono i più frequenti a commettersi. È altresì indispensabile analizzare criticamente la rilevanza di ogni lesione individuata alla luce della sintomatologia presentata dal soggetto.

Ringraziamenti

Si ringraziano i Colleghi referenti i casi illustrati. Si ringrazia il Centro Diagnostico Veterinario di Milano per aver reso possibili gli esami TC e RM.

Parole chiave

Mielografia, TC, RM.

Key words

Myelography, CT, MRI.

Bibliografia

1. Oliver JE, Lorenz MD, Kornegay JN. Handbook of Veterinary Neurology. Saunders, Philadelphia, 1997.
2. Sande RD. Radiography, myelography, computed tomography, and magnetic resonance imaging of the spine. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice 1992; 22:811-831.
3. Barone R. Anatomia dei Mammiferi Domestici. Ed agricole, 1986, Bologna.
4. Hoerlein BF. Canine Neurology. Saunders, Philadelphia, 1978.
5. Kornegay JN. Neurologic disorders. Livingstone, New York, 1986.
6. Bagley RS, Pluhar GE, Alexander JE. Lateral intervertebral disk extrusion causing lameness in a dog. J Am Vet Med Assoc 1994; 205(2):181-183.
7. Sukhiani HR, Parent JM, Atilola MA, Holmberg DL. Intervertebral disk disease in dogs with signs of back pain alone: 25 cases (1986-1993). J Am Vet Med Assoc 1996; 209(7):1275-1279.
8. Hansen HJ. A pathologic-anatomical study on disk degeneration in the dog. Acta Orthop Scand 1952.
9. Tarlov I, Klingner H, Vitale S. Spinal cord compression studies: experimental techniques to produce acute and gradual compression. Arch Neurology Psychiatry 1953; 70:813-819.
10. Dennis R. Radiographic examination of the canine spine. Veterinary Record 1987; 121(1):31-35.
11. Butterworth SJ, Gibbs C. A review of the usefulness of myelography in 50 dogs. Veterinary Record 1992; 130(4):461-465.
12. Biagini C. Diagnostica per immagini. Piccin, 1999, Padova.
13. Burk R, Ackerman N. Testo Atlante di Radiologia dei Piccoli Animali. Torino, 1991 UTET.
14. Middleton DL. Radiographic positioning for the spine and skull. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice 1993; 23(2):253-268.
15. Widmer WR. Iohexol and iopamidol: new contrast media for veterinary Myelography. J Am Vet Med Assoc 1989; 194(12):1714-1716.
16. Van Bree H, Van Rijssen B, Van Ham L. Comparison of non-ionic contrast agents iohexol and iotrolan for cisternal myelography in dogs. Am J Vet Res 1991; 52(7):926-933.
17. Roberts RE, Selcer BA. Myelography and epidurography. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice 1993; 23(3):307-329.
18. Dal Pozzo G. Compendio di Tomografia Computerizzata e TC spirale. UTET, Torino, 2000.
19. Donovan Post MS. Computer tomography of spinal trauma. In: Donovan Post MJ, Computed tomography of the spine, Mosby, Toronto, 1984, 765-808.
20. Benati A., Beltramello A, Piovan E, Caudana R. L'imaging diagnostico del rachide. Politica radiodiagnostica del rachide traumatizzato. In: Pistolesi GF, Bergamo Andreis IA, L'imaging diagnostico del rachide, Edizioni libreria Cortina, Verona, 1987, 656-667.
21. Ramirez O 3rd, Thrall DE. A review of imaging techniques for canine cauda equina sindrome. Veterinary Radiology & Ultrasound 1998; 39(4):283-296.
22. Olby NJ, Munana KR, Sharp NJ, Thrall DE. The computed tomographic appearance of acute thoracolumbar intervertebral disc herniations in dogs. Veterinary Radiology & Ultrasound 2000; 41(5):396-402.
23. Brant-Zawadzki M, Burke VD, Jeffrey RB. CT in the evaluation of spine infection. Spine 1983; 8:358-364.
24. Eckard DA, Batnitzky S, Price H. Infection in MRI and CT of the spine. In: Rao KVG, Williams JP, William and Wilkins, Toronto, 1994, Cap 7:251-276.
25. Jones JC, Shires PK, Inzana KD, Sponenberg DP, Massicotte C, Renberg W, Giroux A. Evaluation of canine lumbosacral stenosis using intravenous contrast-enhanced computed tomography. Veterinary Radiology & Ultrasound 1999; 40(2):108-114.
26. Dal Pozzo G. Compendio di Risonanza Magnetica. UTET, Torino, 2001.
27. Levitski RE, Lipsitz D, Chauvet AE. Magnetic resonance imaging of the cervical spine in 27 dogs. Veterinary Radiology & Ultrasound 1999; 40(4):332-341.
28. Fingerth JM, Johnson GC, Burt JK, Fenner WR, Cain LS. Neuro-radiographic diagnosis and surgical repair of tethered cord syndrome in an English bulldog with spina bifida and myeloschisis. J Am Vet Med Assoc 1989; 194(9):1300-1302.
29. Fatone G, Brunetti A, Lamagna F, Potena A. Dermoid sinus and spinal malformations in a Yorkshire terrier: Diagnosis and follow-up. Journal of Small Animal Practice 1995; 36:178-180.
30. Caporn TM, Read RA. Osteochondromatosis of the cervical spine causing compressive myelopathy in a dog. Journal of Small Animal Practice 1996; 37:133-137.
31. Siver GM, Bagley RS, Gavin PR, Kippenes H. Radiographic diagnosis: cartilaginous exostoses in a dog. Veterinary Radiology & Ultrasound 2001; 42(3):231-234.

32. Bagley RS, Silver GM, Seguin B, Lincoln JD, Britt LG. Scoliosis and associated cystic spinal cord lesion in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1997; 211(5):573-575.
33. Lipsitz D, Levitski RE, Chauvet AE, Berry WL. Magnetic resonance imaging features of cervical stenotic myelopathy in 21 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 2001; 42(1):20-27.
34. Jones JC, Wright JC, Bartels JE. Computed tomographic morphometry of the lumbosacral spine of dogs. *Am J Vet Res* 1995; 56:1125-1132.
35. Cauzinille L, Kornegay JN. Acquired syringomyelia in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1992; 201(9):1225-1228.
36. Hardie RJ, Linn KA, Rendano VT. Spinal Meningeal Cyst in a Dog: A Case Report and Literature Review. *Journal of the American Animal Hospital Association* 1996; 32:477-480.
37. Itoh T, Nishimura R, Matsunaga S, Kadosawa T, Mochizuki M, Sasaki N. Syringomyelia and hydrocephalus in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1996; 209(6):934-936.
38. Cambridge AJ, Bagley RS, Britt LG, Silver GM. Radiographic diagnosis: arachnoid cyst in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 1997; 38(4):434-436.
39. F'son Frykman O. Spinal arachnoid cyst in four dogs: diagnosis, surgical treatment and follow-up results. *Journal of Small Animal Practice* 1999; 40:544-549.
40. Galloway AM, Curtis NC, Sommerlad SF, Watt PR. Correlative imaging findings in seven dogs and one cat with spinal arachnoid cysts. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 1999; 40(5):445-452.
41. Bynevelt M, Rusbridge C, Britton J. Dorsal dens angulation and a Chiari Type malformation in a Cavalier King Charles Spaniel. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 2000; 41(6):521-524.
42. Churcher RK, Child G. Chiari 1/syringomyelia complex in a King Charles Spaniel. *Australian Veterinary Journal* 2000; 78:92-95.
43. Bagley RS. Spinal fracture or luxation. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 2000; 30(1):133-153.
44. Hara Y, Tagawa M, Ejima H, Orima H, Fujita M. Usefulness of Computed Tomography after Myelography for Surgery on Dogs with Cervical Intervertebral Disc Protrusion. *J Vet Med Sci* 1994; 56(4):791-794.
45. Chambers JN, Selcer BA, Sullivan SA, Coates JR. Diagnosis of Lateralized Lumbosacral Disk Herniation with Magnetic Resonance Imaging. *Journal of the American Animal Hospital Association* 1997; 33:296-299.
46. Duval J, Curtis D, Roberts R, Aron D. Spinal Cord Swelling as a Myelographic Indicator of Prognosis: A Retrospective Study in Dogs With Intervertebral Disc Disease and Loss of Deep Pain Perception. *Veterinary Surgery* 1996; 25(1):6-12.
47. Gilmore DR, de Lahunta A. Necrotizing myelopathy secondary to presumed or confirmed fibrocartilaginous embolism in 24 dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association* 1987; 23:373-376.
48. Cauzinille L, Kornegay JN. Fibrocartilaginous Embolism of the Spinal Cord in Dogs: Review of 36 Histologically Confirmed Cases and Retrospective Study of 26 Suspected Cases. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 1996; 10:241-245.
49. Gonzalo-Orden JM, Altònaga JR, Orden MA, Gonzalo JM. Magnetic resonance, computed tomographic and radiologic findings in a dog with discospondylitis. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 2000; 41(1):142-144.
50. Thomas WB. Diskospondylitis and other vertebral infections. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 2000; 30(1):169-182.
51. Coates JR. Intervertebral disk disease. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 2000; 30:77-110.
52. Schwarz T, Owen MR, Long S, Sullivan M. Vacuum disk and facet phenomenon in a dog with cauda equina syndrome. *J Am Vet Med Assoc* 2000; 217(5):862-864.
53. Somerville ME, Anderson SM, Gill PJ, Kantrowitz BJ, Stowater JL. Accuracy of Localization of Cervical Intervertebral Disk Extrusion or Protrusion Using Survey Radiography in Dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association* 2001; 37:563-572.
54. Perez B, Rollan E, Ramiro F, Pumarola M. Intraspinal Synovial Cyst in a Dog. *Journal of the American Animal Hospital Association* 2000; 36:235-238.
55. Dickinson PJ, Sturges BK, Berry WL, Vernau KM, Koblik PD, LeCouteur RA. Extradural spinal synovial cysts in nine dogs. *Journal of Small Animal Practice* 2001; 42:502-509.
56. Lodwick GS, Wilson AJ, Farrel CF. Estimating rate of growth in bone lesion: observer performance and error. *Radiology* 1980; 134:583-590.
57. Kricun ME. *Imaging dei tumori delle ossa*. Verduci Editore, Roma 1996.
58. Kippenes H, Gavin PR, Bagley RS, Silver GM, Tucker RL, Sande RD. Magnetic resonance imaging features of tumors of the spine and spinal cord in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 1999; 40(6):627-633.
59. Reidarson TH, Metz AL, Hardy RM. Thoracic vertebral osteochondroma in a cat. *J Am Vet Med Assoc* 1988; 192(11):1102-1104.
60. Moore GE, Mathey WS, Eggers JS, Estep JS. Osteosarcoma in adjacent lumbar vertebrae in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 2000; 217(8):1038-1040.
61. Stoll MR, Roush JK, Moisan PG. Multilobular tumour of bone with no abnormalities on plain radiography in a dog. *Journal of Small Animal Practice* 2001; 42:453-455.
62. Parchman MB, Cramer FM. Primary vertebral hemangiosarcoma in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1989; 194(1):79-81.
63. Bentley JF, Simpson ST, Hathcock JT, Brawner WR Jr, Powers RD. Metastatic thyroid solid-follicular carcinoma in the cervical portion of the spine of a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1990; 197(11):1498-1500.
64. Lewis DD, Kim DY, Paulsen DB, Kerwin SC. Extradural spinal liposarcoma in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1991; 199(11):1606-1607.
65. Brehm DM, Vite CH, Steinberg HS, Haviland J, Van Winkle T. A Retrospective Evaluation of 51 Cases of Peripheral Nerve Sheath Tumors in the Dog. *Journal of the American Animal Hospital Association* 1995; 31:349-359.
66. Jones BR. Spinal meningioma in a cat. *Australian Veterinary Journal* 1974; 50:229-231.
67. Fingerroth JM, Prata RG, Patnaik AK. Spinal meningiomas in dogs: 13 cases (1972-1987). *J Am Vet Med Assoc* 1987; 191(4):720-726.
68. Hay WH, Ogilvie GK, Parker AJ, Daniel GB, Dorner JL, Simon J. Disseminated meningeal tumor in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1987; 191(6):692-694.
69. Kennedy FA, Indrieri RJ, Koestner A. Spinal cord medulloepithelioma in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1984; 185:902-904.
70. Neer TM, Kreeger JM. Cervical spinal cord astrocytoma in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1987; 191(1):84-86.
71. Schueler RO, Roush JK, Oyster RA. Spinal ganglioneuroma in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1993; 203(4):539-541.
72. Waters DJ, Hayden DW. Intramedullary Spinal Cord Metastasis in the Dog. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 1990; 4:207-215.
73. Tomlinson J, Higgins RJ, LeCouteur RA, Knapp D. Intraspinal epidermoid cyst in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1988; 193(11):1435-1436.