

LE PSEUDOARTROSI NEL CANE

NON-UNIONS IN DOGS

BRUNO PEIRONE¹, FULVIO CAPPELLARI¹, ENRICO PANICHI², LISA ADELE PIRAS¹

¹ Dipartimento di Patologia Animale, Facoltà di Medicina Veterinaria, Grugliasco (To)

² Ospedale per animali da compagnia ANUBI, Moncalieri (To)

Riassunto

La pseudoartrosi è una patologia della consolidazione ossea, generalmente esito del trattamento inadeguato o del mancato trattamento di una frattura.

Scopo di questo lavoro è fornire, attraverso una rassegna della letteratura, le linee guida per la diagnosi e le opzioni terapeutiche dei differenti tipi di pseudoartrosi.

Summary

Non-union is a bone healing disease usually related to inadequate treatment of a fracture.

Purpose of this paper is to outline the guidelines of diagnosis and surgical options in different types of non-union.

INTRODUZIONE

Si definisce pseudoartrosi l'arresto del processo di guarigione del tessuto osseo che necessita, sempre di una revisione chirurgica¹⁻³.

La pseudoartrosi è caratterizzata dalla presenza di tessuto fibroso o cartilagineo a livello del focolaio di frattura o di osteotomia.

La patologia viene definita, dagli Autori anglosassoni, con il termine *non-union*, definendo pseudoartrosi quelle particolari forme della patologia caratterizzate da monconi sclerotici avvolti da una capsula fibrosa colma di siero. In Europa invece il termine pseudoartrosi viene utilizzato per indicare la patologia nel suo complesso⁴.

Spesso risulta difficile differenziare un ritardo di consolidazione da una pseudoartrosi. Si definisce ritardo di consolidazione un processo di guarigione ossea che, pur presentando segni radiografici di attività osteogenica, non si realizza entro i termini fisiologici, considerata età del paziente, tipo e sede della frattura, tecnica di fissazione impiegata⁴. Ritardo di consolidazione e pseudoartrosi, rappresentano fasi differenti della stessa patologia, riconoscendo però i medesimi fattori predisponenti⁵.

L'insorgenza di una pseudoartrosi può essere provocata da svariate cause ma, nell'80% dei casi, è la scelta errata della tecnica chirurgica o la sua non corretta esecuzione a determinare la patologia⁶.

La gestione di un paziente affetto da pseudoartrosi risulta particolarmente impegnativa sia per il Medico Veterinario che per il proprietario. Il Medico Veterinario deve trattare un paziente già sottoposto a una o più procedure chirurgiche, e spesso deve relazionarsi con proprietari scoraggiati dai precedenti insuccessi. I proprietari d'altro canto devono affrontare un ulteriore intervento chirurgico, con conseguenti costi aggiuntivi, sebbene spesso la prognosi rimanga riservata.

EZIOPATOGENESI

L'insorgenza di una pseudoartrosi può essere determinata da differenti fattori sistemici e locali. Tra i fattori di natura sistemica vengono riportati stati patologici acuti o cronici, malattie metaboliche, endocrinopatie, terapie immuno-soppressive prolungate e stati di malnutrizione^{4,7,8}. Tuttavia sono i fattori locali, ovvero strettamente connessi al tipo di frattura o alla procedura chirurgica, quelli determinanti nell'insorgenza della pseudoartrosi.

Frattura

È stato riportato come il trattamento di fratture radio ulnari presenti il maggior rischio di esitare in pseudoartrosi^{9,10}. Uno studio condotto da Attilola¹¹ su 2825 pseudoartrosi, ha evidenziato come nel 40,6% la patologia fosse a carico del radio-ulna, nel 39,5% del femore, nel 12,5% dell'omero e solo nel 4,2% della tibia. Viceversa, nell'uomo so-

"Articolo ricevuto dal Comitato di Redazione il 09/10/2007 ed accettato per pubblicazione dopo revisione il 28/11/2007".

no le fratture del terzo distale della tibia ad esitare più frequentemente in pseudoartrosi o presentare ritardi di consolidazione^{12,13}. È stata inoltre sottolineata la maggior incidenza della patologia a livello del terzo distale di radio e ulna^{9,14-17}; in particolare lo studio condotto da Vaughan⁹ riporta un'incidenza pari al 60%. Pertanto bisogna prestare particolare attenzione nella scelta dell'opzione terapeutica in caso di fratture del terzo distale del radio-ulna, soprattutto nelle razze nane o toy¹⁷. Questi soggetti presentano infatti una maggior predisposizione alla patologia, determinata dalla carente arborizzazione della vascolarizzazione metafisaria^{18,19}.

Tecnica chirurgica

La scelta della tecnica chirurgica e la sua corretta esecuzione sono presupposti basilari per effettuare con successo il trattamento di una frattura. È fondamentale scegliere la tecnica più indicata in relazione alle caratteristiche biomeccaniche della frattura, come è indispensabile rispettare i principi di base della chirurgia ortopedica (Fig. 1).

La presenza di un *gap* troppo ampio tra i monconi, dovuto a inadeguata riduzione o a interposizione di tessuti molli o a perdita di tessuto osseo, può limitare o impedire la formazione del callo^{20,21}.

L'instabilità a livello del focolaio di frattura determina mobilità dei monconi: quando questa supera la resistenza allo stiramento del callo osseo si verifica la periodica distruzione della componente vascolare neoformata con conseguente arresto del processo di guarigione ossea.

Il mancato rispetto dei tessuti molli e l'impropria mani-



FIGURA 1 - Rx VD bacino. Pseudoartrosi su pregressa frattura diafisaria di femore trattata con fissazione esterna. Scelta della tecnica inadeguata al tipo di frattura.

polazione dei monconi ossei determina compromissione dell'apporto vascolare al focolaio di frattura⁴.

La vascolarizzazione può anche essere influenzata dalla presenza di un processo di osteomielite, che determina occlusione dei vasi di Havers, causando necrosi e sclerosi ossea e un'inadeguata nutrizione del callo osseo^{22,23}.

CLASSIFICAZIONE

Sono state proposte differenti classificazioni delle pseudoartrosi, che prendono in considerazione il trofismo, l'aspetto meccanico o la loro possibile contaminazione.

La classificazione maggiormente utilizzata è quella proposta da Weber e Cech che differenzia le pseudoartrosi in vitali e non vitali in base alle caratteristiche biologiche²⁴.

Si definisce pseudoartrosi vitale una mancata consolidazione, biologicamente attiva, caratterizzata da una reazione ossea proliferativa, con interposizione di cartilagine e di tessuto fibroso evidenziabile sia radiograficamente che istologicamente. È possibile distinguere tre tipi di pseudoartrosi vitale, relativamente all'entità del callo osseo presente: ipertrofico, normotrofico e oligotrofico.

Si definisce pseudoartrosi non vitale, una frattura in cui la vascolarizzazione è così compromessa da pregiudicare il processo di guarigione ossea; vengono ulteriormente suddivise in: distrofiche, necrotiche, deficitarie e atrofiche²⁴.

Le pseudoartrosi non vitali di tipo atrofico sono poco frequenti negli animali da compagnia⁴ e rappresentano spesso l'esito finale delle pseudoartrosi non vitali, con arrotondamento e riassorbimento degli apici dei monconi ossei.

La classificazione proposta da Weber e Cech risulta scarsamente applicabile nella pratica clinica. Spesso, infatti, è difficile distinguere radiograficamente una pseudoartrosi vitale oligotrofica da una pseudoartrosi non vitale. L'indagine diagnostica che permette di differenziare con certezza una pseudoartrosi vitale da una non vitale è la scintigrafia ossea, metodica a tutt'oggi scarsamente applicata in Medicina Veterinaria.

Risulta pertanto più pratico suddividere le pseudoartrosi in due gruppi in base alla presenza o meno di callo evidenziabile radiograficamente. Il primo gruppo comprende le pseudoartrosi ipertrofiche e normotrofiche; il secondo quelle oligotrofiche e tutte le non vitali⁵ (Figg. 2 e 3).

Ovviamente va ricordato che entrambi i gruppi possono essere complicati da infezione, definite pseudoartrosi settiche.

DIAGNOSI

La diagnosi di pseudoartrosi viene formulata sulla base dell'anamnesi, dei segni clinici e dello studio radiografico.

L'anamnesi generalmente riferisce di un paziente che è stato sottoposto a uno o più interventi di osteosintesi che non hanno determinato la guarigione della frattura. Talvolta è necessario ripetere l'esame clinico e radiografico nell'arco di alcune settimane prima di emettere la diagnosi definitiva e procedere con la revisione chirurgica²⁵. Esiste una criticità oggettiva nel comprendere quando la frattura o l'osteotomia sono esitate in pseudoartrosi o hanno semplicemente un ritardo di consolidazione, che possiede ancora un potenziale residuo di guarigione.



FIGURA 2 - Rx ML femore. Pseudoartrosi ipertrofica su pregressa frattura femorale. Si evidenzia la presenza di un callo abbondante.

Esame clinico

Alla visita clinica gli animali presentano una zoppia di terzo o quarto grado, con sottrazione dell'arto in stazione²⁶. Si rileva una marcata atrofia muscolare da disuso, talvolta deformità angolari e torsionali in corrispondenza del focolaio di frattura e, se presente notevole sovrapposizione dei monconi, l'arto può apparire più corto.

La palpazione del focolaio di pseudoartrosi permette di rilevare la presenza di instabilità, tale da simulare la presenza di una nuova articolazione^{4,25}.

L'instabilità determina algia negli stadi precoci della patologia, mentre nelle forme croniche il dolore tende ad essere poco manifesto.

Il paziente può avere ancora in sede dei mezzi di sintesi che, generalmente, non assicurano più un'adeguata stabilizzazione (Fig. 4); nelle forme settiche spesso sono evidenti uno o più tragitti fistolosi (Figg. 5 A, B).

Esame radiografico

Il quadro radiografico varia in base al tipo di pseudoartrosi presente: vitale, non vitale o settica^{27,28}. Smith¹⁷ ha dimostrato come l'assenza di un segno radiografico di mineralizzazione del callo osseo non è sempre patognomonico di pseudoartrosi perché, talvolta, il focolaio di frattura risulta stabile sebbene sia presente del tessuto ialino o fibrocartilagineo^{29,30}.



FIGURA 3 - Rx Cr-Ca radio-ulna. Pseudoartrosi atrofica su pregressa frattura radio-ulnare trattata con fissazione esterna. Si evidenzia assenza di callo, atrofia dei monconi (vedi quadro clinico Figura 4).

Le forme vitali sono caratterizzate dalla presenza di un *gap* a livello del focolaio di pseudoartrosi. Il callo, presente in quantità abbondante o scarsa a seconda che si tratti di una forma ipertrofica o normotrofica, non riesce comunque a formare un ponte fra i due monconi^{4,25,27,28}.

Le forme non vitali sono caratterizzate da un *gap* talvolta molto ampio⁴. Le estremità dei monconi appaiono sclerotiche, prive di attività osteogenica. La cavità midollare può risultare oblitterata dal callo endostale in corrispondenza degli apici dei monconi. Possono essere presenti segni di riassorbimento osseo oppure di osteoporosi dovuti al lungo periodo di disuso dell'arto^{4,25,27,28}.

Le forme settiche sono caratterizzate da ispessimento e aspetto sfumato dei tessuti molli, nel cui contesto possono



FIGURA 4 - Meticcio F 6 anni, aspetto clinico di pseudoartrosi radio-ulnare. È ancora presente il fissatore esterno utilizzato per il trattamento della frattura.



FIGURA 5 A, B - Aspetto clinico dell'avambraccio di uno Yorkshire terrier M 4 anni, affetto da pseudoartrosi settica radio-ulnare. A: visione dorsale, B: visione palmare. Si evidenzia tumefazione dei tessuti molli e presenza di una fistola.

evidenziarsi aree a contenuto gassoso. A carico del tessuto osseo si rilevano aree di rarefazione e reazione proliferativa periostale afinalistica che può svilupparsi anche in zone distanti dal focolaio di pseudoartrosi (Fig. 6). Spesso si evidenzia la presenza di uno o più frammenti ossei radiolucen- ti, delimitati da un alone radiotrasparente, segni radiografici che definiscono il cosiddetto sequestro osseo³¹ (Fig. 7).



FIGURA 6 - Rx ML e Cr-Ca radio-ulna. Pseudoartrosi settica su pregres- sa frattura radio-ulnare trattata con placca. Si evidenziano aree litiche e reazione periostale afinalistica.

Lo studio radiografico, inoltre, consente di apprezzare eventuali cedimenti e allentamenti degli impianti, caratte- rizzati da presenza di aree litiche in corrispondenza dell'in- terfaccia tra impianto ed osso³¹.

TRATTAMENTO

Nel trattamento delle pseudoartrosi è di fondamentale importanza identificare e rimuovere le cause determinanti, creare condizioni di stabilità del focolaio e favorire il pro- cesso di osteogenesi riparativa.

Il trattamento chirurgico è in relazione all'attività biolo- gica e alla localizzazione della pseudoartrosi, alla presenza di callo osseo e di infezione, all'esperienza del chirurgo e allo strumentario a disposizione³².

Pseudoartrosi vitali

Generalmente sono quelle con prognosi più favorevole e il loro trattamento dipende dal grado di riduzione e alli- neamento ottenuto con il precedente trattamento della frattura. L'eventuale presenza di impianti deve essere ac- curatamente valutata: se stabili possono essere mantenuti in sede.

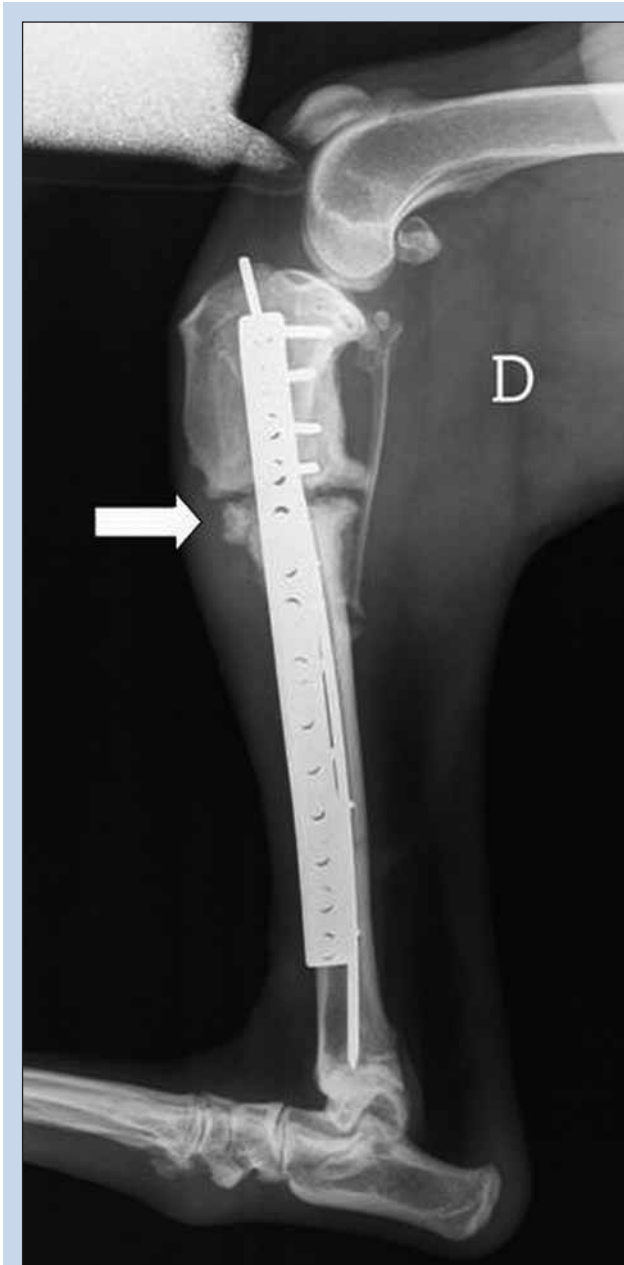


FIGURA 7 - Rx ML tibia. Pseudoartrosi settica su pregressa frattura trattata con tecnica "plate and rod". Si evidenzia la presenza di un sequestro osseo (freccia).

Buona riduzione e allineamento

In molti casi a livello del focolaio di frattura è presente un callo osseo di buona qualità ed è quindi sufficiente garantire ulteriore stabilità e compressione per ottenere la guarigione^{32,33}.

Possono essere impiegate efficacemente sia tecniche di fissazione interna che esterna.

L'impiego di placche a compressione dinamica (DCP, dynamic compression plate) garantisce un'adeguata stabilità e consente di applicare compressione sul focolaio di frattura. Gli svantaggi sono rappresentati dalla possibile compromissione della vascolarizzazione, che può essere evitata con l'impiego di placche a contatto limitato (LC-DCP, low contact dynamic compression plate), e dal maggior rischio di infezioni^{32,33}. Può risultare utile rimuovere porzioni di callo osseo esuberante per facilitare l'applicazione della placca⁵.

L'impiego della fissazione esterna minimizza il danno a carico dei tessuti molli^{33,34} e può essere utilizzata come fissazione ausiliaria a impianti di fissazione interna già presenti a livello del focolaio. Gli svantaggi sono rappresentati dalla difficoltà di applicare configurazioni rigide sui raggi ossei prossimali³⁵ e di ottenere la compressione a livello del focolaio di pseudoartrosi. Inoltre risulta maggiormente impegnativa la gestione del periodo post-operatorio³²⁻³⁵.

L'applicazione dell'innesto di tessuto osseo spongioso autologo è opzionale nelle pseudoartrosi ipertrofiche e normotrofiche, mentre è consigliato in caso di pseudoartrosi oligotrofiche. Questo tessuto favorisce il processo di guarigione grazie alle sue proprietà osteogeniche, osteoinduttive e osteoconduttive.

La sede più frequentemente utilizzata per il prelievo di osso spongioso autologo è il tubercolo maggiore dell'omero: si tratta di una zona facilmente accessibile e molto ricca di osso trabecolare^{32,36-38}. In alternativa vengono utilizzate l'ala dell'ileo, la metafisi prossimale della tibia e la metafisi distale del femore.

Scarsa riduzione e/o allineamento

Il trattamento prevede la rimozione del callo osseo in quantità tale da permettere la riduzione e l'allineamento del focolaio di pseudoartrosi. È sempre indicato colmare le zone di difetto con innesto di tessuto osseo spongioso³². Il focolaio deve essere stabilizzato impiegando le tecniche di fissazione precedentemente descritte (Figg. 8 A, B, C).

Pseudoartrosi non vitali

Nel trattamento delle pseudoartrosi non vitali è necessario rimuovere gli impianti eventualmente presenti, effettuare il *curettage* chirurgico del focolaio e ottenere una fissazione stabile^{1,6,30,33}.

Prima di procedere con il *curettage* si consiglia comunque di effettuare dei tamponi per l'allestimento di culture aerobiche e anaerobiche.

Il *curettage* del focolaio prevede la rimozione del tessuto osseo sclerotico e non vitale e del tessuto fibroso interposto tra i monconi. Può essere effettuato secondo due metodiche:

– Management tradizionale

Tradizionalmente la rimozione del tessuto osseo sclerotico e del tessuto connettivo fibroso viene eseguita impiegando frese ad alta velocità o pinze ossivore, seguendo il profilo degli apici dei monconi⁶.

La cavità midollare deve essere resa pervia e la vascolarizzazione midollare ripristinata eseguendo dei fori di attivazione - osteostissi - a livello delle estremità sclerotiche dei monconi. Durante la fresatura degli apici e l'osteostissi è di fondamentale importanza eseguire un abbondante lavaggio al fine di evitare necrosi termiche.

Con questa metodica si creano delle zone di difetto tra i monconi, pertanto è necessario l'impiego di un sistema di fissazione a sostegno - *buttress* - realizzabile sia con tecniche di fissazione interna che esterna.

Le zone di difetto devono essere colmate con l'applicazione di innesti di tessuto osseo spongioso e/o cortico-spongioso autologo.



Figura 8 A



Figura 8 B



Figura 8 C

FIGURA 8 A
Rx ML e Cr-Ca femore. Pseudoartrosi vitale su pregressa frattura femorale.

FIGURA 8 B
Rx ML e Cr-Ca femore, controllo post-operatorio.
"Management tradizionale" e fissazione con placca DCP 3,5 broad a 9 fori.

FIGURA 8 C
Rx ML e Cr-Ca femore, controllo radiografico a 40 giorni.
Consolidazione pseudoartrosi.

– Osteotomia en bloc

Questa tecnica prevede l'esecuzione di un'osteotomia dell'intero focolo di pseudoartrosi in modo da ottenere un'ampia superficie di contatto tra i due monconi ed esporre il canale midollare⁶ (Fig. 9). Le due osteotomie vengono eseguite, con sega oscillante, parallelamente alla linea di frattura, in modo da minimizzare la perdita di lunghezza del raggio osseo (Fig. 10). La quantità di osso da rimuovere viene stabilita durante l'intervento chirurgico sulla base dell'aspetto macroscopico del focolo, considerato che complessivamente la rimozione non deve eccedere il 20% della lunghezza del raggio osseo. Questa misurazione viene eseguita pre-operatoriamente sulla scorta dell'esame radiografico dell'arto controlaterale⁶. Durante la fase di riduzione dei monconi è necessario effettuare un'attenta valutazione dell'allineamento dell'arto per evitare l'insorgenza di deviazioni assiali.



FIGURA 9 - Immagine intra-operatoria. "Osteotomia en bloc" di un focolo di pseudoartrosi di femore. Moncone distale dopo osteotomia (freccia dritta); moncone prossimale, esecuzione osteotomia con sega oscillante (freccia curva).

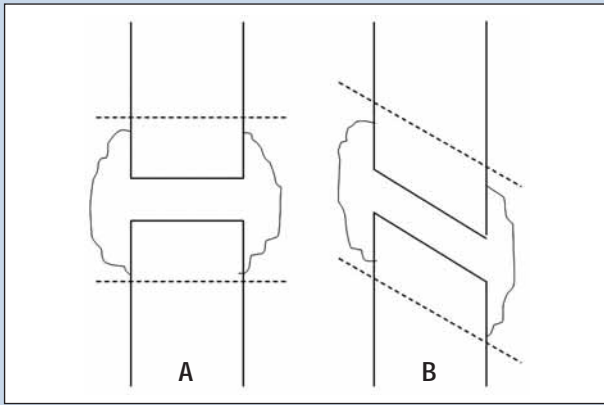


FIGURA 10 - Schema per l'esecuzione dell'Ostectomia en bloc. A: focolaio di pseudoartrosi trasverso. B: focolaio di pseudoartrosi obliquo.

Il vantaggio di questa tecnica è la creazione di un nuovo focolaio di frattura, con ampia superficie di contatto tra i monconi, che generalmente viene fissato in compressione mediante applicazione di placca DCP⁶ (Figg. 11 A, B, C). Il maggiore svantaggio di questa metodica è rappresentato dall'accorciamento del raggio osseo: tuttavia perdite di lunghezza inferiori al 20% sono ben tollerate negli animali grazie a fenomeni compensatori di iperestensione delle articolazioni nell'arto affetto e riduzione degli angoli articolari nel controlaterale³⁹.

Pseudoartrosi settiche

La presenza di infezione compromette la rete vascolare e deve essere trattata in maniera aggressiva^{32,33}. Impianti, se-



Figura 11 A

FIGURA 11 A
Rx ML e Cr-Ca femore. Pseudoartrosi settica su pregressa frattura di femore trattata con tecnica "Tie-in".



Figura 11 B

FIGURA 11 B
Rx ML e Cr-Ca femore, controllo post-operatorio.
"Ostectomia en bloc" e fissazione con placca DCP 3,5 broad 9 fori.



Figura 11 C

FIGURA 11 C
Rx ML e Cr-Ca femore, controllo radiografico a 90 giorni.
Consolidazione pseudoartrosi.



Figura 12 A



Figura 12 C

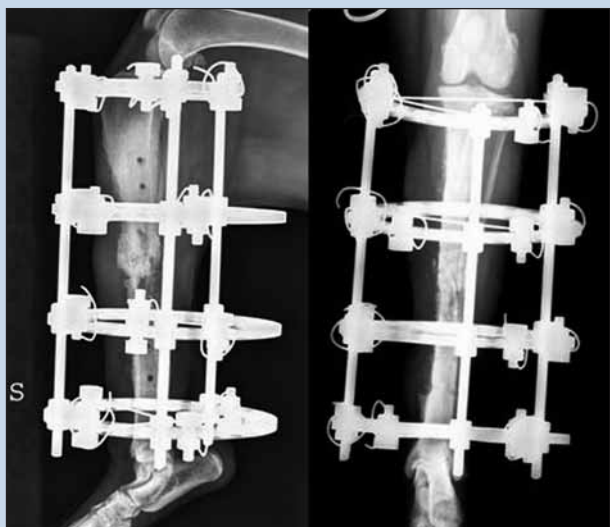


Figura 12 B

FIGURA 12 A
Rx ML e Cr-Ca tibia. Pseudoartrosi settica su pregressa frattura tibiale trattata con placca e cerchiaggio.

FIGURA 12 B
Rx ML e Cr-Ca tibia, controllo post-operatorio.
Applicazione dell'apparato di Ilizarov in compressione.

FIGURA 12 C
Rx ML e Cr-Ca tibia, controllo radiografico a 70 giorni.
Consolidazione pseudoartrosi.

questri ossei e tessuti molli infetti devono essere rimossi; il *curettage* dei monconi viene effettuato secondo le metodiche precedentemente descritte. Vengono inviati in laboratorio per l'allestimento di esami culturali e citologici i tamponi eseguiti da zone infette, gli impianti metallici rimossi e i sequestri ossei. In attesa dell'esito dell'antibiogramma viene instaurata una terapia antibiotica ad ampio spettro.

Successivamente si effettua un abbondante lavaggio del focolaio impiegando soluzione salina sterile o soluzioni antibiotate³². In alternativa è possibile impiegare getti di soluzione fisiologica a pressione, compresa tra i 50 e i 70 psi, che garantisce un'efficace rimozione del tessuto necrotico, senza però danneggiare i tessuti sani^{32,40}.

La stabilizzazione del focolaio può essere eseguita sia con tecniche di fissazione esterna che interna.

La prima è preferibile, in quanto gli elementi da presa possono essere inseriti con minimo danno alla rete vascolare e a una distanza di sicurezza dal focolaio settico; inoltre viene effettuata in unica seduta, contestualmente al *curettage* del focolaio^{32,33}. Risulta particolarmente efficace l'impiego dell'apparato di Ilizarov, che consente di esercitare compressione sul focolaio^{34,41,42} (Figg. 12 A, B, C). Viceversa, se si opta per una fissazione interna, si suggerisce di effettuare una terapia antibiotica ad ampio spettro per due/tre settimane: durante questo periodo il focolaio di pseudoartrosi può essere stabilizzato con un bendaggio rigido o con una fissazione esterna di minima³².

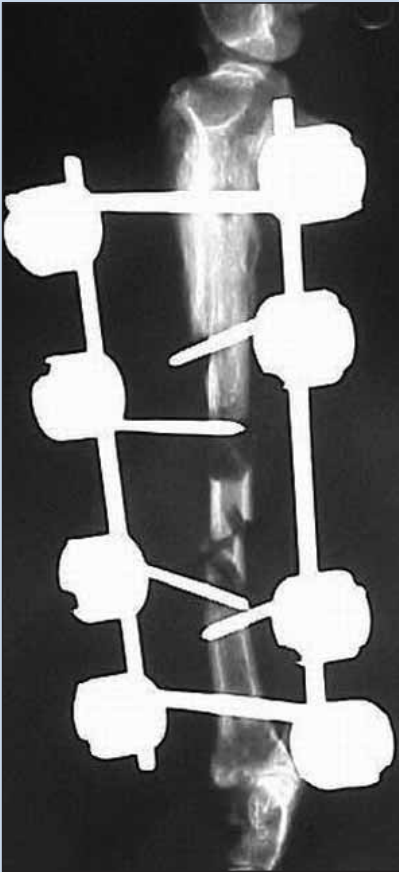


Figura 13 A



Figura 13 B

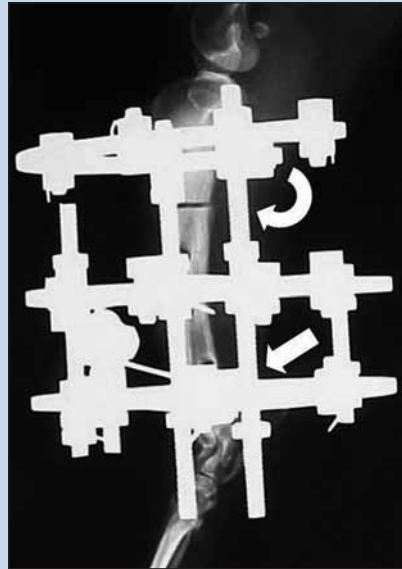


Figura 13 C

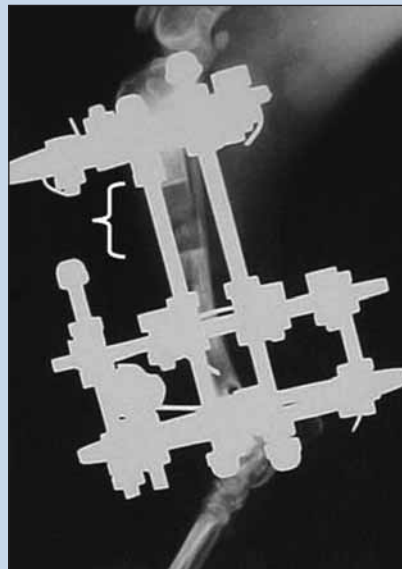


Figura 13 D

FIGURA 13 A - Rx ML tibia. Pseudoartrosi necrotica su pregressa frattura trattata con fissazione esterna.

FIGURA 13 B - Aspetto clinico pre-operatorio della gamba.

FIGURA 13 C - Rx ML tibia, controllo post-operatorio. Sono stati rimossi i frammenti ossei necrotici. Tecnica bifocale: compressione focolo di pseudoartrosi (freccia dritta). Osteotomia metafisaria (freccia curva).

FIGURA 13 D - Rx ML tibia, controllo radiografico a 25 giorni, al termine della distrazione. Si osserva il rigenerato osseo (graffa).

FIGURA 13 E - Rx ML tibia, controllo radiografico a 50 giorni, dopo rimozione apparato. Consolidazione focolo pseudoartrosi (freccia dritta), rigenerato osseo (graffa).

FIGURA 13 F - Rx ML tibia, controllo radiografico a 8 mesi. Rimodellamento del rigenerato osseo (graffa).



Figura 13 E



Figura 13 F

Successivamente si effettua il trattamento della pseudoartrosi e la sua stabilizzazione con tecniche di fissazione interna. Terminata la fissazione è possibile effettuare un innesto di tessuto osseo spongioso autologo, anche se la sua sopravvivenza può essere condizionata dall'infezione³².

La ferita chirurgica può venire suturata, dopo applicazione di un drenaggio mantenuto in sede per un periodo di cinque/sette giorni oppure fatta guarire per seconda intenzione.

Nel periodo post-operatorio si instaura una terapia antibiotica sistemica mirata, ad alto dosaggio, protratta per almeno quattro settimane^{32,43}.

In associazione, per limitare le recidive e migliorare la prognosi dei casi refrattari al trattamento per via sistemica, si possono utilizzare i cosiddetti "sistemi a rilascio locale controllato" (SRLC), che permettono di raggiungere e mantenere elevate concentrazioni locali di antibiotico per periodi prolungati, minimizzando i rischi di tossicità sistemica³².

Sono costituiti da un supporto non riassorbibile, come il polimetil-metacrilato (PMMA), o riassorbibile, solfato di calcio emidrato o idrossiapatite, impregnato di antibiotico. Tali presidi vanno inseriti localmente a livello del focolaio di pseudoartrosi, al termine della chirurgia.

Gravi difetti ossei

Talvolta la pseudoartrosi può essere caratterizzata da una grave perdita di tessuto osseo, conseguente al trauma originale, a un'eccessiva rimozione di tessuto osseo durante il *curettage* o a un processo di riassorbimento osseo.

In questi casi, il problema principale è rappresentato dalla presenza di un *gap* di notevoli dimensioni tra i due monconi, che può essere colmato secondo due differenti metodiche.

Innesti corticali

La funzione principale dell'innesto di osso corticale è fornire supporto strutturale.

Si possono utilizzare innesti autologhi o omologhi.

La tecnica dell'innesto autologo prevede il prelievo di un tassello di tessuto osseo corticale dallo stesso paziente, che può essere effettuato da sedi differenti - costa, ulna, ala dell'ileo- e la sua immediata fissazione a livello della zona di difetto.

Viceversa, la tecnica dell'innesto omologo prevede l'applicazione di tessuto corticale disponibile in commercio - il cosiddetto osso di banca - prelevato da un soggetto della stessa specie.

In entrambe le tecniche si consiglia la fissazione dell'innesto con placca e viti e l'applicazione di osso spongioso autologo a livello dell'interfaccia osso/innesto, al fine di promuovere il processo di osteointegrazione³⁶⁻³⁸.

Osteogenesi per distrazione

Questa metodica, ideata da Ilizarov, consente di colmare la zona di difetto con rigenerato osseo⁴⁴, e può essere effettuata secondo due tecniche.

La prima prevede l'esecuzione di un'osteotomia metafisaria di uno dei due monconi, con creazione di un nuovo segmento osseo che viene quindi trasportato attraverso la zona di difetto fino a prendere contatto con il moncone opposto^{34,42,44,45}.

Nella seconda, dopo aver messo in compressione il focolaio di pseudoartrosi, si effettua un'osteotomia metafisaria e successiva l'osteogenesi distrattiva⁴⁶ (Figg. 13 A, B, C, D, E, F).

Terapie ausiliarie

Per favorire il processo di guarigione delle pseudoartrosi, sono stati proposti differenti metodi biologici e biofisici, quali l'utilizzo di fattori di crescita, la magnetoterapia pulsatile, ultrasuoni a bassa intensità pulsatili e le onde d'urto.

Uno studio condotto da Heckman⁴⁷ ha infatti dimostrato che l'impianto di proteine morfogenetiche nel focolaio di pseudoartrosi stimola il processo di consolidazione.

L'utilizzo della magnetoterapia pulsatile favorisce l'attività osteoblastica e uno studio di Meskens del 1990 riporta l'avvenuta consolidazione del 67,7% delle pseudoartrosi successivamente all'applicazione della magnetoterapia⁴⁸.

Relativamente all'utilizzo degli ultrasuoni a bassa intensità, è stata dimostrata la capacità di ridurre il tempo di guarigione in caso di pseudoartrosi. Uno studio condotto da Mayr in Medicina Umana riporta una percentuale di successo pari all'86% su 366 pseudoartrosi trattate⁴⁹.

Le onde d'urto sono state sperimentate su un modello canino per il trattamento delle pseudoartrosi e tutti i soggetti sottoposti a tale terapia hanno evidenziato la guarigione radiografica della pseudoartrosi nell'arco di 12 settimane⁵⁰.

Parole chiave

Pseudoartrosi, cane, osteosintesi, innesto osseo.

Key words

Nonunions, dog, osteosynthesis, bone graft.

Bibliografia

1. Aron DN: Management of delayed union and nonunion fracture in small animals- Compend Contin Edic Pract Vet 1: 677-702, 1979.
2. Betts CW: Malunion, delayed union, and non-union, in Olmstead ML: Small Animal Orthopedics. St.Louis, MO, Mosby, 1955, pp 277-291.
3. Hohn RB, Prieur WD: Manual of Internal Fixation in Small animals. Berlin, Springer-Verlag, 1984, pp 241-254.
4. Summer-Smith G: Delayed unions and nonunions. Fracture Complications Vet Clin North Am: Small Anim Pract 21: 745-760, 1991.
5. Rovesti GL: Nonunions. In: Principles of Fracture Management in the Dog and Cat. Ed Johnshon AL, Houlton JEF, Vannini R. Davos, AO-Publishing, 2005, pp 403-408.
6. Blaesser LL, Gallagher JG, Boudrieau RJ: Treatment of biologically inactive nonunions by a limited en bloc osteotomy and compression plate fixation: a review of 17 cases. Vet Surg 32(1):91-100, 2003.
7. Loder R: The influence of diabetes mellitus on the healing of closed fractures. Clin Orthop 232, 210-216, 1988.
8. Woodard JC, Riser WH: Morphology of fracture non-union and osteomyelitis. Vet Clin North Am 21: 813-830, 1991.
9. Vaughan LC: A clinical study of non-union fracture in the dog. J Small Anim Pract 5: 173-177, 1964.

10. Hunt JM, Aitken ML, Denny HR, Gibbs C: The complications of diaphyseal fractures in dogs: a review of 100 cases. *J Small Anim Pract* 21(2): 103-119.
11. Atilola MAO, Summer-Smith G: Nonunion fractures in dogs. *J Vet Orthop* 3: 21-24, 1984.
12. Boyd HB: Observations on non-union of the shaft of the long bones, with a statistical analysis of 482 patients. *J Bone Joint Surg* 43A: 159-168, 1961.
13. McCartney WT, MacDonald BJ: Incidence of non-union in long bone fractures in 233 cats. *Intern J Appl Res Vet Med* 4: 209-212, 2006.
14. Summer-Smith G, Cawley: Nonunion of fractures in the dog. *J Small Anim Pract* 11: 311-325, 1970.
15. Brinker WO: Fractures. *Canine Surgery*, 1st Archibald edn. American Vet. Pub. Santa Barbara, California, 1965.
16. Leonard EP: *Orthopedic Surgery of the Dog and Cat*. W.B. Saunders, Philadelphia, 1960.
17. Summer-Smith G, Cawley: Nonunion fractures in the dog. *L Small Anim Pract* 11, 311-325, 1970.
18. Welch JA, Boudieau RJ, DeJardin LM, Spodnick GJ: The Intraosseous Blood Supply of the Canine Radius: Implications for Healing of distal Fractures in Small Dogs. *Vet Surg* 26: 57-61, 1997.
19. Brianza S, Botti P: Caratterizzazione geometrica del terzo distale radio-ulnare nel cane. XI Congresso Nazionale SICV, Torino, 2004.
20. Key JA: The effect of a local calcium depot on osteogenesis and healing of fractures. *J Bone Joint Surg* 16(A): 176-184, 1934.
21. Toombs JP, Wallace LJ, Rowland GN: Evaluation of Key's hypothesis in the feline tibia: An experimental model for augmented bone healing studies. *Am J Vet Res* 46: 513-518, 1985.
22. Kucukcaya M, Kabukcuoglu Y, Tezer M, Kuzgun U: Management of Childhood Chronic Tibial Osteomyelitis with the Ilizarov Method. *J Ped Orth* 22: 632-637, 2002.
23. Lenehan TM, Smith GK: Management of infected tibial nonunions with sequestration in the dog. *Vet Surg* 13, 115-121, 1984.
24. Weber BG, Cech O: *Pseudoarthrosis*. Stuttgart, Vienna, Hans Huber Bern, 1976.
25. Toal RL: Fracture healing and complication. In: *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*. Ed DE Thrall. Philadelphia, W.B. Saunders, 1986, pp 96-114.
26. Fayolle P: Importanza dell'anamnesi in caso di zoppia nei carnivori domestici. *Summa* 1: 7-9, 2000.
27. Morgan JP, Leighton RL: Radiology of small animal fracture management: Radiographic appearance of fracture healing. Philadelphia, W.B. Saunders, 1995, pp 34-42.
28. Morgan JP: Radiology in Veterinary Orthopedics: Long Bones. Philadelphia, Lea & Febiger, 1972, pp 21-163.
29. Summer-Smith G: A histological study of fracture nonunion in small dogs. *J Small Anim Pract*, 15: 571-578, 1974.
30. Summer-Smith G: A comparative investigation into the healing of fractures in miniature Poodles and mongrel dogs. *J Small Anim Pract*: 15: 323-328, 1974.
31. Brunetti A, Petrucci V: L'Apparato locomotore tecniche di studio e semeiologia radiologica. In: *Radiologia Veterinaria*. Ed Bretoni, Brunetti, Pozzi. Sorbona, Idelson-Gnocchi, 2005, pp 61-104.
32. Bennett D: Complications of Fracture Healing. In: *Manual of Small Animal Fracture Repair and Management*. Ed A Coughlan, A Miller. Cheltenham, BSAVA, 1998, pp 329-340.
33. Millis DL, Jakson AM: Delayed Unions, Nonunions and Malunions. In: *Textbook of Small Animal Surgery*. Ed D Slatter. Philadelphia, WB Saunders, 2003, pp 1849-1861.
34. Owen MA: Use of the Ilizarov method to manage a septic tibial fracture non-union with a large cortical defect. *J Small Anim Pract* 41: 124-127, 2000.
35. Ness MG: Deciding when to Use External Fixation. In: *External Fixation in Small Animal Practice*. Ed KH Kraus, JP Toombs. Oxford, Blackwell Publishing, 2003, pp 13-15.
36. Millis DL, Martinez SA: Bone Grafts. In: *Textbook of Small Animal Surgery*. Ed D Slatter. Philadelphia, WB Saunders, 2003, pp 1875-1891.
37. Johnson AL: Bone Grafts. In: *Small Animal Surgery*. Ed TW Fossum. St. Louis, Mosby Elsevier, 2007, pp 962-967.
38. Martineau SA, Walker T: Bone grafts. *Vet Clin North Am* 29: 1207-1210, 1999.
39. Francuski D, Chalmers JA, Butler HC: Postoperative effects of experimental femoral shortening in the mature dog. *J Am Anim Hosp Assoc* 23: 429-437, 1987.
40. Summer-Smith G: Osteomyelitis. In: *Canine Orthopaedics*. Ed WG Whittick. Philadelphia, Lea and Febiger, 1990, pp 571-581.
41. Marcellin-Little DJ: External Skeletal Fixation. In: *Textbook of Small Animal Surgery*. Ed D Slatter. Philadelphia, WB Saunders, 2003, pp 1818-1834.
42. Latte Y: Bilan de 75 applications de la méthode d'Ilizarov: deuxième partie. *Prat Med Chir Anim Comp* 30: 141-148, 1995.
43. Beraud R, Huneault L: L'osteomyélite post-traumatique. *Summa* 3: 11-18, 2007.
44. Aronson J: The Biology of Distraction Osteogenesis. In: *Operative Principle of Ilizarov*. Ed A Bianchi Maiocchi, J Aronson. Milano, A.S.A.M.I. Group, 1991, pp 42-52.
45. Ferretti A: The application of the Ilizarov technique to veterinary medicine. In: *Operative Principle of Ilizarov*. Ed A Bianchi Maiocchi, J Aronson. Milano, A.S.A.M.I. Group, 1991, pp 551-570.
46. Catagni MA: Nonunion of the Tibia. In: *Treatment of Fractures, Nonunion and Bone Loss with the Ilizarov Method*. Ed A Bianchi Maiocchi. Milano, Medi Surgical Video, 1998, pp 89-142.
47. Heckman JD, Ehler WE, Aufdemorte TB, Morgan T: Bone morphogenetic protein but not transforming growth factor-beta enhances bone formation in canine diaphyseal non-union implanted with a biodegradable composite polymer. *J Bone Joint Surg Am* 81: 1717-1729, 1999.
48. Meskens MW, Stuyck JA, Mulier JC: Treatment of non-union using pulsed electromagnetic fields: A retrospective follow-up study. *Acta Orthop Belg* 56: 483-488, 1990.
49. Mayr E, Frankel V, Rüter A: Ultraschall-An alternative healing method for non-unions? *Arch Orthop Trauma Surg* 120: 1-8, 2000.
50. Johannes EJ, Kaulesar S, Matura E: High-energy shock waves for the treatment of nonunions: an experiment on dogs. *J Surg Res* 57: 246, 1994.