

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI**

**“FEDERICO II”**



**FECOLTA' DI MEDICINA VETERINARIA**

**Dipartimento di Scienze Cliniche Veterinarie**

**Sezione di Clinica Chirurgica**

**Dottorato di Ricerca in Scienze Cliniche e**

**Farmaco-Tossicologiche Veterinarie**

**(Coordinatore: Prof. Paolo Ciaramella)**

**DISTURBI DI CRESCITA DELL'AVAMBRACCIO DEL  
CANE. ESPERIENZE DI TERAPIA CON L'APPARATO DI  
ILIZAROV**

**Docente guida:**

**Ch.mo Prof. Francesco Lamagna**

**Tesi di Dottorato della**

**Dott.ssa Laura Nardella**

**XXIII CICLO DI DOTTORATO**

**2007-2010**

# INDICE

INTRODUZIONE	pag. 4
CAP I:	pag 6
• Anatomia e istofisiologia dei dischi epifisari dell'avambraccio	
CAP II:	pag 13
• Eziologia e patogenesi delle deformità assiali di sviluppo dell'avambraccio	
1. <i>Patologie congenite</i>	
2. <i>Patologie acquisite</i>	
CAP III:	pag 20
• Classificazione e prognosi delle lesioni traumatiche del disco epifisario	
CAP IV:	pag 25
• Incidenza e caratteristiche delle chiusure premature delle fisi dell'avambraccio del cane	
1. <i>Chiusura prematura del disco epifisario distale dell'ulna</i>	
2. <i>Chiusura prematura del disco epifisario distale del radio</i>	
3. <i>Chiusura prematura del disco epifisario prossimale del radio</i>	
4. <i>Sinostosi radio ulnari</i>	
CAP V:	pag 34
• Diagnosi delle chiusure premature traumatiche dei dischi epifisari dell'avambraccio	
1. <i>Segnalamento</i>	
2. <i>Anamnesi</i>	
3. <i>Esame clinico</i>	
4. <i>Esame radiografico</i>	

CAP VI: pag 39

- Trattamento chirurgico
  1. *Trattamenti dinamici della chiusura prematura della fisi ulnare distale*
  2. *Trattamenti definitivi della chiusura prematura della fisi ulnare distale*
  3. *Trattamenti dinamici della chiusura prematura delle fisi radiali*
  4. *Trattamenti definitivi della chiusura prematura delle fisi radiali*

CAP VII: pag 50

- Principi di funzionamento e caratteristiche biomeccaniche dell'impianto di Ilizarov
  1. *Cenni storici*
  2. *Osteogenesi distrazionale*
  3. *Struttura e biomeccanica dell'impiant*

CAP VIII: pag 58

- Impiego del fissatore esterno di Ilizarov nel trattamento delle chiusure premature dei dischi epifisari dell'avambraccio
  1. *Analisi delle deformità*
  2. *Applicazione dell'impianto*
  3. *Vantaggi della tecnica*
  4. *Svantaggi e complicanze*

CAP IX: pag 67

- Casistica clinica
  1. *Introduzione*
  2. *Materiali e metodi*
  3. *Risultati e conclusioni*

CONCLUSIONI pag 84

BIBLIOGRAFIA pag 86

# INTRODUZIONE

I cani possono andare incontro a numerosi problemi ortopedici durante l'accrescimento. Questi, in alcuni casi, derivano da una predisposizione genetica ereditaria, in altri, sono la conseguenza di traumi e microtraumi, ai quali il cucciolo, per via del connaturato temperamento curioso e giocoso, è maggiormente esposto. La chiusura prematura delle cartilagini epifisarie è una condizione patologica dell'accrescimento con una incidenza abbastanza elevata nei cani. L'eziologia di questa affezione è generalmente traumatica, per cui non si osservano predisposizioni razziali particolari, sebbene sembra che, le segnalazioni nei soggetti di taglia grande e gigante siano più numerose. Le fisi dell'avambraccio sono le più colpite, poiché questa regione anatomica è composta da due ossa a sviluppo sincrono, il ritardo della crescita di uno dei due segmenti scheletrici condiziona lo sviluppo armonico dell'altro, provocando deformità assiali di entità variabile a seconda della fase dello sviluppo in cui si verifica il disturbo. Oltre ai danni estetici facilmente intuibili, le deformità assiali possono rendersi responsabili di gravi deficit funzionali legati principalmente all'ipometria e all'incongruità delle superfici articolari. I danni articolari, in modo particolare, producono conseguenze che accompagnano l'animale per tutta la vita; ogni lesione articolare, infatti, comporta inevitabilmente lo sviluppo di osteoartrosi che per sua natura è progressiva ed irreversibile. Se da una parte, nei soggetti giovani, esiste una grande potenzialità riparativa dello scheletro, che consente una guarigione e un rimodellamento osseo rapidi, dall'altra, l'irreversibilità e la progressività dei danni articolari, che possono conseguire alla chiusura prematura delle fisi dell'avambraccio, impongono un approccio clinico e chirurgico molto attento. In quest'ottica, il medico veterinario è chiamato ad assumere un ruolo importante per la corretta diagnosi e per la prevenzione e deve sentirsi motivato ad effettuare trattamenti precoci ed efficaci al fine di evitare o di ridurre lo sviluppo dell'artrosi.

Il presente lavoro, si compone di una parte introduttiva in cui sinteticamente si descrive l'anatomia e l'istologia delle cartilagini di accrescimento del radio e dell'ulna. Successivamente, si prendono in esame le cause eziologiche e l'evoluzione patogenetica dei vari tipi di chiusura prematura delle fisi dell'avambraccio, con particolare riferimento alle forme di origine traumatica.

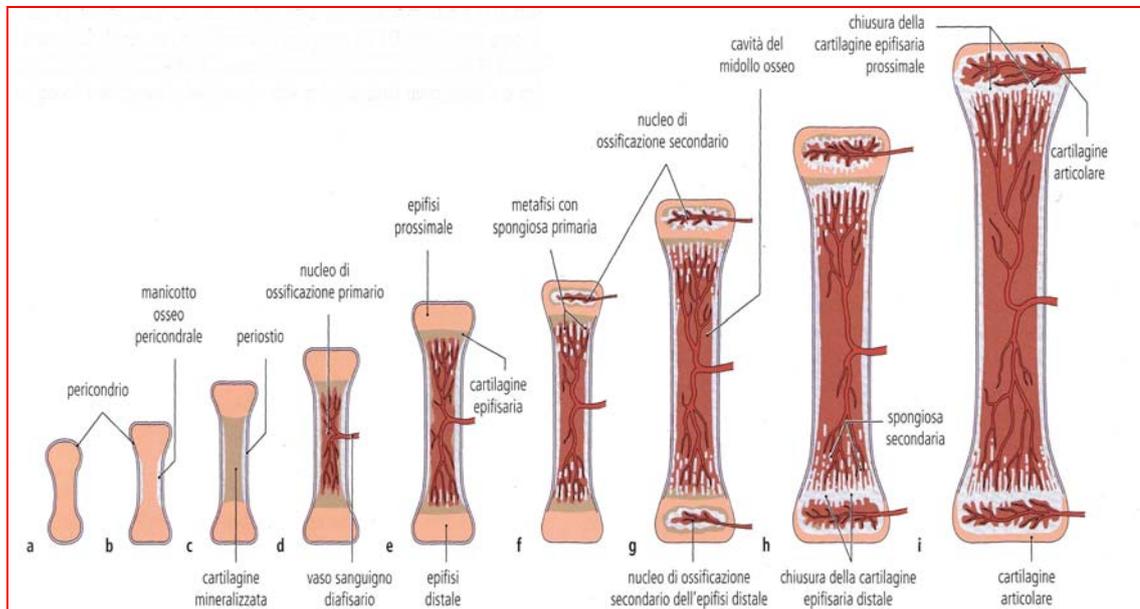
Considerando quanto sia importante la diagnosi precoce di questi disturbi, sono state tracciate le linee guida per effettuare in modo sistematico l'esame clinico ed arrivare nei tempi più brevi possibile ad una corretta diagnosi. Dopodiché, sono stati descritti i numerosi trattamenti chirurgici attualmente in uso per la cura delle deformità provocate dalla chiusura prematura delle fisi dell'avambraccio. In chiusura il lavoro esamina la casistica clinica sviluppata su cani con deformità dell'avambraccio causate da chiusura prematura delle fisi, trattate con l'applicazione di un impianto di fissazione scheletrica esterna circolare tipo Ilizarov. Tale analisi è stata effettuata con lo scopo di individuare i vantaggi offerti da questa tecnica, senza, tuttavia, tralasciare gli aspetti svantaggiosi del suo impiego. Sotto altro profilo, inoltre, si è cercato di fornire un ulteriore contributo alle possibilità di trattamento chirurgico di questa patologia e di identificare, per quanto possibile, dei protocolli standardizzati per il trattamento delle diverse lesioni osservabili in tal ambito, con la finalità di rendere meno legata al caso ed all'intuito del chirurgo la riuscita del trattamento chirurgico di questa insidiosa patologia dell'accrescimento.

# CAPITOLO I

## *Anatomia e istofisiologia dei dischi epifisari dell'avambraccio*

Il disco epifisario è una struttura anatomofunzionale transitoria deputata alla crescita longitudinale dei segmenti scheletrici ad ossificazione encondrale (ossa lunghe). I processi di ossificazione encondrale generano le tre aree principali in cui si è soliti dividere le ossa lunghe in accrescimento: la *diafisi*, l'*epifisi* e la *metafisi*.<sup>1</sup>

Il nucleo di ossificazione diafisario, nel feto, è il primo a svilupparsi al centro del modello osseo cartilagineo di partenza. Qui le cellule cartilaginee di derivazione mesenchimale si trovano circondate da una matrice calcificata. Successivamente, alcune strutture vascolari penetrano all'interno di quest'area, apportandovi non solo nutrienti, ma soprattutto cellule staminali multipotenti in grado di differenziarsi in ciascuno degli specifici elementi cellulari dell'osso. Questo consente, da un lato, il riassorbimento della matrice cartilaginea calcificata, dall'altro, la sua progressiva sostituzione con tessuto osseo spongioso primario, non ancora perfettamente strutturato e funzionale. In seguito, questo tessuto "provvisorio" è sostituito da osso secondario che presenta una struttura funzionale organizzata secondo le linee di forza e che subirà continui e costanti processi di rimaneggiamento per tutto il corso della vita dell'animale. Alla fine dello sviluppo la diafisi risulterà costituita da una cavità centrale, contenete tessuto midollare, delimitata da tessuto osseo compatto circondato esternamente da un sottile strato periostale.<sup>1,5</sup> Il fronte di ossificazione primario, dal centro diafisario si muove verso le estremità epifisarie, all'interno delle quali, intorno ai 28gg dal concepimento, si sviluppano i nuclei di ossificazione secondari. Questi porteranno, nel soggetto adulto, alla formazione delle epifisi, rivestite, lungo il versante articolare, dalla cartilagine di incrostazione e costituite, internamente, da osso spongioso circondato, all'esterno, da un sottile strato di osso compatto in continuità con l'osso diafisario.<sup>1</sup>(Fig. 1-1)



**Figura 1-1:** fasi di sviluppo di un osso lungo; a- abbozzo di osso formatosi nello scheletro primitivo; b- formazione dal mesenchima di un manicotto pericondrale; c- differenziazione di controcellule ipertrofiche e di matrice extracellulare mineralizzata, d- penetrazione di un vaso diafisario e formazione del nucleo di ossificazione primario; e- formazione dei dischi epifisari di crescita; f- comparsa del nucleo di ossificazione epifisario prossimale; g- comparsa del nucleo di ossificazione epifisario distale; h- chiusura del disco epifisario distale; i- chiusura del disco epifisario prossimale.

Fino al completo sviluppo scheletrico, tra epifisi e diafisi, è possibile identificare la metafisi, che funzionalmente rappresenta il fronte di avanzamento del nucleo di ossificazione primario verso le epifisi ed è, insieme al disco epifisario, la struttura più importante per lo sviluppo longitudinale dell'osso.

Il disco epifisario, noto anche come cartilagine di coniugazione, fisi o piastra di accrescimento, in questo quadro anatomico, si localizza tra i due centri di ossificazione, quello primario diafisario e quello secondario epifisario. In virtù di ciò può essere idealmente suddiviso in due versanti: il versante *condroepifisario*, costituito dal complesso delle cellule cartilaginee staminali aggregate in gruppi isogeni asimmetrici; il versante *condrometafisario*, in cui le cellule cartilaginee subiscono processi di organizzazione spaziale (incolonnamento) e di evoluzione metabolica (ipertrofia, maturazione e degenerazione), mentre la matrice intercellulare va incontro a “calcificazione provvisoria”.<sup>2</sup> Procedendo dal versante epifisario verso quello metafisario, nella fisi si

distinguono, dal punto di vista istologico, diversi strati con caratteristiche strutturali e funzionali peculiari:

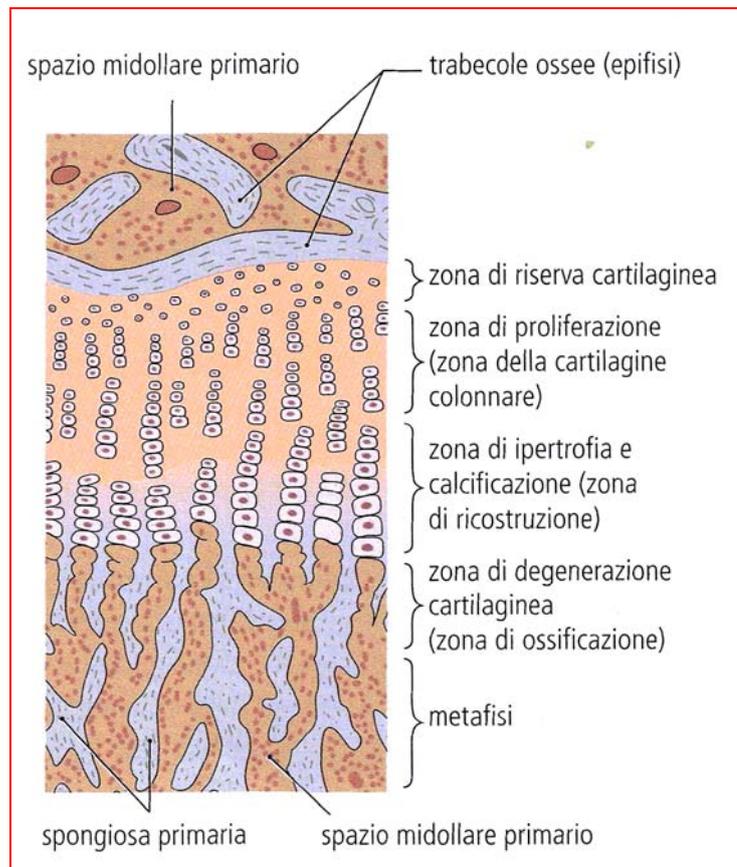
- la *zona di riserva* composta da pochi elementi cellulari immersi in abbondante matrice, che si ritiene abbiano lo scopo di rifornire di condrociti la sottostante zona proliferativa.
- la *zona proliferativa* composta di condrociti numerosi ed allineati in colonne parallele orientate secondo l'asse lungo dell'osso.

In questa zona avviene la proliferazione dei condrociti della fisi e la produzione della matrice cartilaginea extracellulare, disposta tra le colonne seriali di condrociti.

- la *zona ipertrofica* ulteriormente divisibile in una zona di maturazione, una zona di degenerazione ed una zona di calcificazione provvisoria.<sup>1,2,3,5</sup> (Fig 1-2)

E' nella zona ipertrofica che il processo di ossificazione è più spiccato e può essere così descritto: i condrociti maturi e già disposti secondo colonne parallele separate da abbondante matrice extracellulare, rilasciano delle idrolasi acide che permeano le lamelle della sostanza fondamentale cartilaginea e le predispongono alla calcificazione. Nella sottostante zona degenerativa i condrociti passano da un metabolismo aerobio ad un metabolismo anaerobio, che induce un accumulo intracellulare di lattato, probabilmente responsabile dell'elevata presenza di cellule morte in questa area. La distruzione cellulare favorisce l'accumulo di calcio nella matrice, per cui, già dalla metà della zona ipertrofica i setti che separano le colonne seriali di condrociti appaiono calcificati.

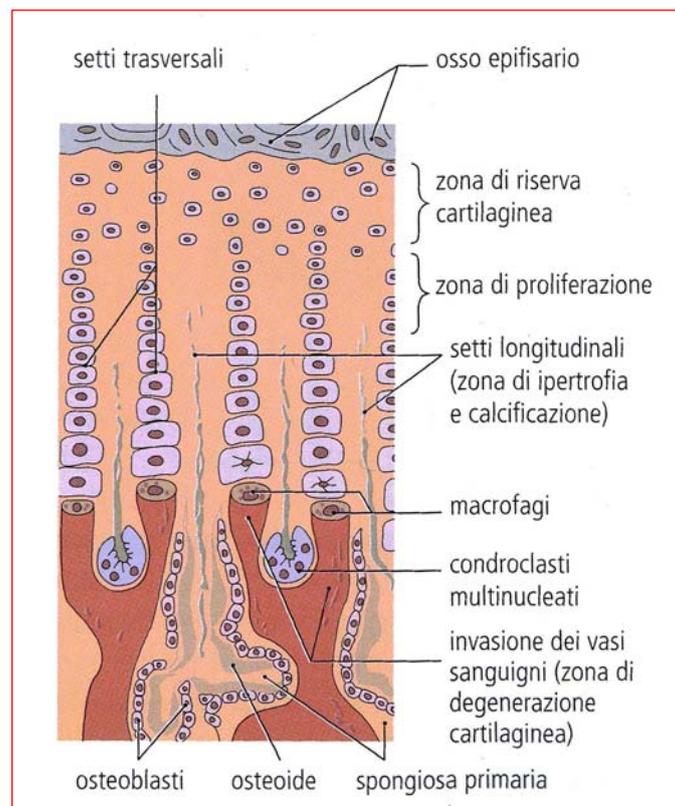
Questa calcificazione è detta provvisoria e svolge un duplice ruolo; da un lato i setti calcificati fungono da guida alle ansate vascolari che provengono dal fronte di ossificazione metafisario, dall'altro consentono al disco epifisario di ancorarsi più saldamente alla spongiosa primaria, che, con il procedere della ossificazione, progressivamente sostituisce la cartilagine calcificata.<sup>2</sup>



**Figura 1-2:** dettaglio della struttura istologica del disco epifisario.

Fondamentale perché si formi la spongiosa primaria è il ruolo dei bottoni vascolari. Questi invadono gradualmente gli spazi tra le lamine di cartilagine calcificata e provvedono alla rimozione dei condrociti degenerati. Successivamente ai lati dei tralci vascolari si differenziano gli osteoblasti che depongono lamelle di osteoide a ridosso delle lamine calcificate della matrice cartilaginea. Queste lamelle unitamente a quelle preesistenti di cartilagine calcificata subiscono una mineralizzazione e formano il tessuto osseo primario (spongiosa primaria) che non possiede ancora le caratteristiche strutturali e funzionali dell'osso definitivo. Per acquisire queste caratteristiche la spongiosa primaria subirà ulteriori processi di rimaneggiamento. Dalle strutture vascolari si differenzieranno cellule condroclastiche e osteoclastiche che provvederanno al riassorbimento, rispettivamente, delle lamelle calcificate della matrice cartilaginea e della osteoide mineralizzata. Contemporaneamente al riassorbimento osseo, nuovi osteoblasti inizieranno la deposizione di altro osso spugnoso, questa volta organizzato in strutture trabecolari orientate secondo le

linee di forza cui sono sottoposte.<sup>2,3,5</sup> Questa spongiosa, detta secondaria, possiede le caratteristiche strutturali e meccaniche dell'osso definitivo, tuttavia, continuerà a subire per tutta la durata della vita dell'animale fenomeni di rimaneggiamento, con lo scopo di riadattare continuamente la struttura scheletrica alle sollecitazioni meccaniche, di prevenirne l'usura e di ripararne le microlesioni.<sup>5</sup> ( Fig. 1-3)



**Figura1- 3:** Schema dei processi di ossificazione all'interno del disco epifisario

Inoltre, negli spazi intratrabecolari dell'osso spongioso definitivo si differenzierà il tessuto midollare reticolare con attività emopoietica, il quale permarrà attivo per tutta la durata della vita dell'animale.<sup>2</sup> Quando si completa l'accrescimento osseo le cellule dello strato germinale del disco epifisario si atrofizzano e la cartilagine discale, non più rinnovata, viene completamente sostituita dall'osso spongioso primario e quindi dal secondario.

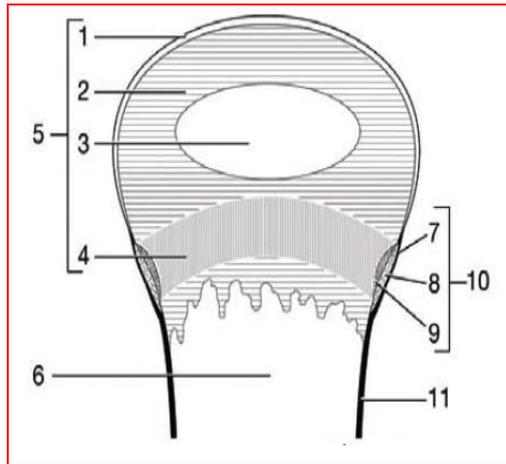
In questo modo si realizza la *saldatura* o *chiusura* del disco epifisario e l'osso raggiunge il suo sviluppo definitivo.<sup>2</sup>

La velocità di crescita dei vari segmenti ossei è regolata da complessi fattori endocrini (ormoni ipofisari, surrenalici, tiroidei e gonadici) ed influenzata, nelle diverse specie e razze animali, da fattori genetici, ambientali ed alimentari.<sup>2</sup>

Tuttavia, esistono anche delle strutture anatomiche, connesse al disco epifisario, che giocano un importante ruolo biomeccanico di controllo sulla crescita ossea.

Queste strutture costituiscono la così detta “componente fibrosa della fisi” e sono rappresentate dal periostio, dall’anello di LaCroix e dal nodo di Ranvier.<sup>1,3</sup> Nello specifico: il periostio della fisi è lo stesso che circonda esternamente la diafisi e l’epifisi, in corrispondenza del disco epifisario esso non si interrompe, ma passa a ponte ai lati di questa struttura; l’anello di La Croix è un manicotto di pericondrio che circonda la circonferenza del disco epifisario subito al di sotto del periostio; il nodo di Ranvier, invece, è costituito da cartilagine ialina con condrociti di riserva che forniscono nuovi elementi cellulari per la crescita del diametro trasversale della fisi. ( Fig.1-4)

La scarsa estensibilità di queste strutture, in particolare del periostio e dell’anello di La Croix, ostacola l’eccessivo allungamento dell’osso. Alcuni studi, a conferma di ciò, hanno dimostrato che, effettuando una periostiotomia in corrispondenza delle fisi si ottiene un incremento del ritmo accrescitivo dell’osso.<sup>4</sup> Queste strutture fibrose, inoltre, forniscono un supporto meccanico al disco epifisario, proteggendolo principalmente dalle forze di taglio.<sup>1,3,6</sup> Ogni osso lungo, durante lo sviluppo scheletrico possiede dischi epifisari di dimensioni e forma molto variabili, inoltre, può essere considerevolmente diverso il contributo che ogni singolo disco fornisce all’allungamento complessivo dell’osso.



**Figura 1-4:** schema degli elementi fibrosi del disco epifisario. 1- cartilagine articolare, 2- cartilagine epifisaria, 3- centro di ossificazione secondario, 4- disco epifisario, 5- epifisi, 6- metafisi, 7- lamina fibrosa periostale, 8- anello fibroso di La Croix, 9- nodo di Ranvier, 10- componenti fibrose del disco epifisario, 11- osso corticale.

Nel cane, il radio e l'ulna possiedono ciascuno due piastre di accrescimento, ognuna con un tasso di crescita differente. In particolare, nel radio la fisi distale contribuisce per il 70% all'allungamento totale dell'osso, mentre quella prossimale concorre alla crescita per il restante 30%. Non sono significative, invece, le differenze anatomiche, poiché, sia il disco prossimale sia quello distale presentano una forma appiattita più o meno regolare e sono orientati perpendicolarmente all'asse lungo dell'osso.

Le differenze anatomiche fra le due fisi ulnari sono, al contrario, notevoli. Il disco epifisario distale, non solo possiede un ritmo di crescita superiore al corrispondente disco radiale (85% della lunghezza totale), ma ha anche una forma conica, con concavità prossimale e convessità distale. Il disco epifisario prossimale, invece, si localizza in corrispondenza dell'apice dell'olecrano e non presenta una attività osteogenetica molto attiva, né contribuisce molto all'allungamento dell'osso (15%).<sup>5</sup>

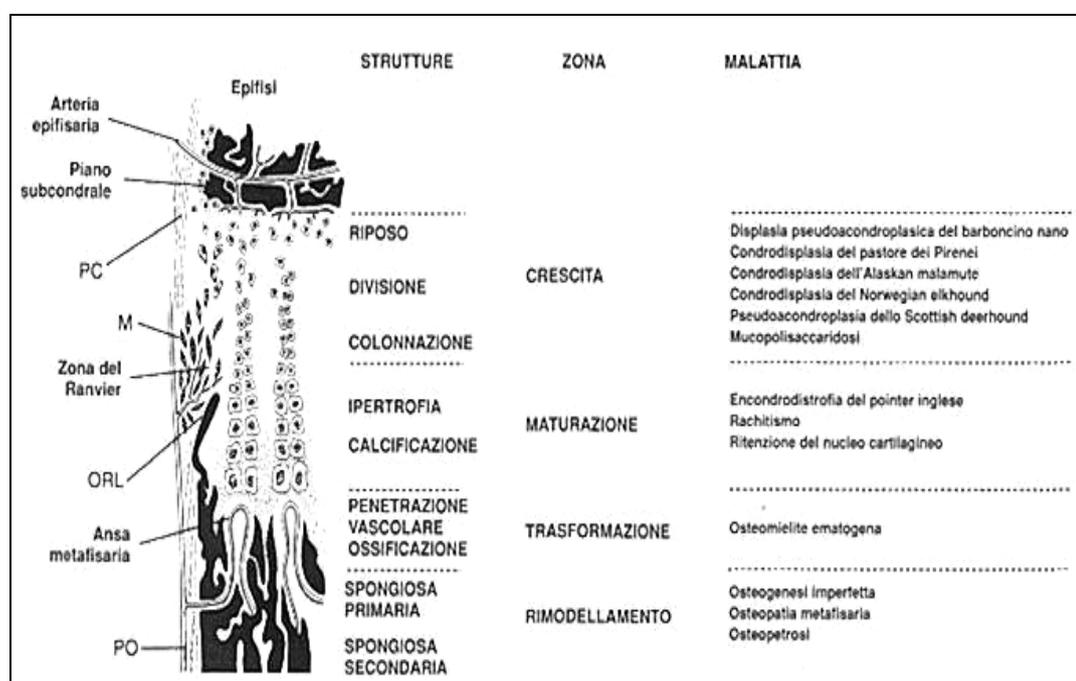
Sebbene radio ed ulna siano due elementi scheletrici distinti, insieme costituiscono un'unica regione anatomica rappresentata dall'avambraccio; è fondamentale, quindi, che la loro crescita in lunghezza avvenga in modo sincrono, poiché un ridotto sviluppo di uno dei due segmenti rispetto all'altro provocherebbe evidenti deformità a carico dell'avambraccio.

## CAPITOLO II

### *Eziologia e patogenesi delle deformità assiali di sviluppo dell'avambraccio*

Le patologie che possono dare luogo a disturbi dell'accrescimento dei dischi epifisari sono schematicamente distinte in patologie *congenite* e patologie *acquisite*.

A seconda dei casi, possono manifestarsi in forma sistemica o localizzata e possono coinvolgere diverse strutture anatomico-funzionali della fisi e dell'osso, producendo deformità di varia entità a carico dei segmenti scheletrici di volta in volta coinvolti (Fig.2-1). Di seguito saranno trattate le patologie del disco epifisario potenzialmente responsabili di deformità scheletriche assiali.



**Figura 2-1:** Schema del coinvolgimento delle diverse strutture del disco epifisario nel corso di alcune patologie di sviluppo.

## *Patologie congenite*

La osteopetrosi congenita è una patologia di difficile interpretazione eziopatogenetica; è stata ipotizzata una trasmissione autosomica recessiva.<sup>2</sup>

L'aspetto più importante di questa patologia di sviluppo è legato al deficit di riassorbimento osteoclastico a livello metafisario. Gli osteoclasti possono essere assenti, presenti in numero ridotto o ipofunzionanti. Questo determina un accumulo patologico di tessuto spongioso primario che tende a superare i limiti metafisari invadendo e riempiendo la diafisi. Le ossa colpite da questa anomalia presentano una eccezionale densità radiografica "ossa di marmo", ma, nonostante questo aspetto, sono notevolmente fragili a causa del ridotto spessore della corticale diafisaria, della minore elasticità e della inappropriata struttura architettonica delle trabecole ossee.<sup>1,10</sup> Nel cane questa patologia è rara e le lesioni sono localizzate prevalentemente alla tibia.

Le esostosi osteocartilaginee multiple sono lesioni benigne che sviluppano in prossimità delle fisi, come elementi singoli o multipli.

Nell'uomo, nel cane e nel cavallo è stata identificata una ereditarietà da gene autosomico dominante.<sup>10</sup>

Meno chiarezza è stata fatta sulla patogenesi; sono considerate valide due ipotesi.

La prima sostiene la formazione di ripiegature periferiche di lembi del disco epifisario, che subirebbero una inversione della polarità degli elementi colonnari con conseguente formazione delle esostosi. La seconda ipotesi considera la possibilità dello sviluppo di isole eterotopiche di cartilagine osteogena nell'ambito del periostio metafisario, da cui originerebbero le esostosi.

Queste ultime sono istologicamente costituite da tessuto osseo spongioso primario in rimaneggiamento ed in comunicazione con la spongiosa, epifisaria o metafisaria, dell'osso su cui si sono sviluppate. In superficie sono rivestite da un sottile strato di compatta.<sup>1</sup> La loro crescita è lenta e si arresta quando si chiudono i dischi epifisari. Allora l'osso spongioso dell'esostosi viene rimaneggiato e può subire una sensibile involuzione. Con l'allungamento osseo le esostosi possono, alla fine dello sviluppo scheletrico, localizzarsi a livello diafisario.<sup>1,10</sup>

I segni clinici che più spesso si accompagnano a questa patologia sono di tipo algico e sono legati alle compressioni che queste lesioni producono sui tessuti limitrofi (muscoli,

tendini, fasci nervosi). Le esostosi di grosse dimensione se sviluppano su ossa adiacenti, come il radio e l'ulna, possono provocarne evidenti deformazioni (Fig.2-2)



*Figura2-2: Immagine radiografica di una lesione cartilaginea multipla tipo esostosi sul radio prossimale di un cane.*

### *Patologie acquisite*

Queste patologie del disco epifisario vengono ulteriormente distinte, sulla base della loro eziologia, in patologie genetiche, nutrizionali, idiopatiche e traumatiche.

Le osteochondrodisplasie appartengono al primo sottogruppo, poiché ne è stata accertata la trasmissibilità ereditaria, e sono patologie caratterizzate da anomalie della crescita dell'osso, della cartilagine o di entrambi.<sup>10</sup>

In realtà non è del tutto corretto considerarle semplici patologie acquisite, in quanto alla nascita è già presente una predisposizione genetica allo sviluppo di tali affezioni, le quali si manifestano ed evolvono nel corso della crescita scheletrica. Per tale motivo è più esatto identificarle come patologie di sviluppo accrescitivo.

Per alcune note razze canine (Bassotto, Basset Hound, Bulldog etc.) i difetti scheletrici derivanti da disturbi acrodroplasici sono stati volontariamente selezionati e sono rientrati a far parte degli standard fenotipici di razza. In altre razze, invece,

condrodisplasie ereditarie possono sporadicamente manifestarsi nel corso dello sviluppo e provocare deformità scheletriche anche molto gravi.

Le condrodisplasie dell'Alaskan Malamute, dell'Elkhound Norvegese e del Pointer Inglese ne sono uno specifico esempio.

Gli Alaskan Malamute affetti da condrodisplasia mostrano un nanismo sproporzionato che colpisce prevalentemente lo scheletro appendicolare. La trasmissibilità genetica di questa malattia è di tipo autosomico recessivo a penetranza completa. Dal punto di vista biologico i soggetti affetti sembrano deficitare dell'enzima lisosomiale "lisilidrosilasi" attivo all'interno dei condrociti delle piastre di accrescimento. Ne consegue uno sviluppo anormale della cartilagine fisaria, la cui zona ipertrofica appare istologicamente alterata, con colonne condrocitiche riunite in gruppi disorganizzati e separati da abbondante matrice. Clinicamente i cani presentano arti corti e deformati, ma tronco e testa normali. Radiograficamente e clinicamente le modificazioni maggiori si riscontrano a carico del radio e dell'ulna. I dischi epifisari di queste due ossa risultano più ampi ed irregolari ed è notevole la deformità assiale diafisaria (Fig.2-3).



*Figura 2-3: Soggetto di razza Alaskan Malamute affetto da condrodisplasia. Evidenza della deformità assiale bilaterale dell'avambraccio.*

Nell'Elkound Norvegese la patologia si esprime in modo ancora più rilevante poiché sono coinvolti dal disturbo accrescitivo anche i corpi vertebrali, per cui anche il tronco risulta accorciato. Istologicamente i dischi epifisari sono assottigliati, soprattutto nello strato proliferativo, ed i condrociti presentano delle inclusioni citoplasmatiche multiple. Clinicamente è evidente l'incurvamento dell'avambraccio. La patologia è dovuta ad un gene autosomico recessivo.<sup>10</sup>

La condrodistrofia del Pointer inglese, è somigliante a quella dell'Alaskan Malamute dal punto di vista clinico, radiologico ed istologico. In aggiunta sono presenti delle lesioni a carico delle cartilagini articolari, che provocano zoppia algica e precoce artropatia degenerativa. Anche in questo caso è in gioco un gene autosomico recessivo.<sup>10</sup>

La ritenzione della cartilagine enondrale dell'ulna è una patologia acquisita del disco epifisario che fa capo alle osteocondrosi.

A loro volta le osteocondrosi rientrano nel più ampio capitolo delle condrodistrofie, ossia dei difetti di maturazione della cartilagine.

Questa malattia colpisce i cuccioli di alcune razze grandi o giganti in cui il modello cartilagineo, soprattutto al centro della fisi ulnare distale, tende a persistere. I condrociti ipertrofici, in tal sede, non maturano ma vengono inglobati dalla matrice calcificata formando dei nuclei all'interno della spongiosa primaria metafisaria.

La presenza di queste isole cartilaginee ostacola, in proporzione all'estensione del fenomeno, la normale crescita longitudinale dell'osso.

L'eziologia di questo disturbo non è del tutto chiara. Il fatto che esso compaia esclusivamente nei soggetti di taglia grande o gigante, per i quali si sia ricorso a diete con ipersupplementazione di calcio, ha fatto propendere per una origine nutrizionale del problema. Inoltre, è stato dimostrato che l'ipernutrizione, spesso praticata nei cuccioli di taglia grande, favorisce l'insorgenza anche di altre forme di osteocondrosi.<sup>11</sup>

L'ipercalcemia derivante dal regime dietetico indurrebbe un aumento della calcitonina che eserciterebbe un effetto inibitorio sullo sviluppo dei condrociti e sul rimodellamento osseo.<sup>12</sup> L'ipernutrizione, inoltre, agirebbe anche indirettamente attraverso l'aumento del peso corporeo dei cuccioli.<sup>11</sup>

In genere, le lesioni da ritenzione di cartilagine encondrale sono bilaterali. Possono decorrere in modo asintomatico oppure possono associarsi a vari gradi di ritardo della crescita dell'ulna e conseguenti deformità assiali dell'avambraccio (Fig. 2-4).<sup>10</sup>



**Figura 2-4:** Alano di 7 mesi affetto da deformità assiale bilaterale dell'avambraccio dovuta a ritenzione della cartilagine encondrale della fisi ulnare distale. A sinistra dettaglio radiografico.

La osteodistrofia ipertrofica, anche nota come malattia di Moller-Barlow, è una particolare forma di osteodistrofia che colpisce i cani di taglia grande, a rapido accrescimento. Essa consiste in un rallentamento della maturazione e del rimaneggiamento della spongiosa primaria, che comporta un accumulo di cartilagine calcificata in settori alquanto profondi della metafisi.<sup>2</sup>

Il disturbo si associa alla comparsa di fenomeni emorragici a carico delle gettate vascolari che invadono la cartilagine calcificata del disco.

L'eziologia di questa malattia non è ancora nota e, per tale motivo, viene classificata come patologia acquisita di tipo idiopatico.

Per alcune analogie con lo scorbuto infantile è stata ipotizzata come causa eziologica una ipovitaminosi C.

Gli animali domestici, tuttavia, a differenza dell'uomo, sono in grado di sintetizzare autonomamente l'acido ascorbico per cui la carenza vitaminica non può essere ricondotta a insufficiente apporto dietetico.

Essa, in effetti, potrebbe derivare da una temporanea interruzione della sintesi organica (malattie intestinali, insufficienze epatiche), da una insufficiente mobilizzazione della

vitamina dai luoghi di sintesi, da un aumento improvviso della richiesta da parte dell'organismo oppure da una sua eccessiva eliminazione per via urinaria.<sup>2</sup>

Anche le ipervitaminosi A e D sono state chiamate in causa come possibili fattori determinanti, ma attualmente nessuno studio è riuscito a dimostrare l'effettiva origine di questa patologia. Recentemente, nelle cellule ossee dei cani affetti, sono stati identificati frammenti di DNA del virus del cimurro, ma i tentativi fatti per dimostrare una relazione tra questa infezione e l'osteodistrofia ipertrofica non hanno ancora prodotto risultati certi.<sup>10</sup>

Clinicamente i cuccioli malati manifestano ottundimento del sensorio, febbre, improvviso gonfiore e dolore delle epifisi distali di radio ed ulna, femore ed omero. Radiograficamente le metafisi appaiono deformate ed aumentate di volume con una vivace reazione periostale osteoproduttiva; da qui il termine osteodistrofia ipertrofica.

Inoltre, sulle radiografie è visibile, lungo il versante metafisario, una linea radiotrasparente parallela al disco epifisario (linea di Frankel), corrispondente alle emorragie ed alle microfratture della spongiosa primaria, che si verificano in tal sede.<sup>2,10</sup>

Poiché, nella pratica clinica, le lesioni dei dischi epifisari sono, nella maggior parte dei casi, dovute a traumi, le lesioni di questo tipo verranno trattate in modo più approfondito nei capitoli che seguono.

## CAPITOLO III

### *Classificazione e prognosi delle lesioni traumatiche dei dischi epifisari*

Nel 1963 gli autori Salter ed Harris misero a punto una classificazione delle lesioni traumatiche dei dischi epifisari basata sulla biomeccanica del trauma, sull'andamento radiografico della linea di frattura e sullo sviluppo e l'esito della guarigione.

La finalità del loro lavoro fu quella di facilitare l'identificazione delle lesioni a carico dei dischi di accrescimento, determinarne in modo più agevole la prognosi e stabilirne il trattamento più opportuno.<sup>6</sup>

Questa classificazione, creata per le fratture fisarie dei bambini è stata introdotta ed adattata, in un successivo momento, alla medicina veterinaria, confermando anche in quest'ambito la sua validità.

Salter ed Harris identificarono cinque differenti tipi di fratture/lesioni traumatiche del disco epifisario e li ordinarono in relazione alla prognosi, secondo un andamento crescente di gravità:

- *S-H tipo I*: diastasi epifisaria totale che si realizza a seguito dell'azione sull'osso di forze torsionali o di taglio. La linea di frattura si sviluppa parallelamente alla superficie della fisi e coinvolge lo strato della cartilagine ipertrofica che per le sue caratteristiche biomeccaniche risulta dotato di minore resistenza. In tal sede, infatti, la calcificazione delle lamelle extracellulari della matrice cartilaginea fa perdere al tessuto l'elasticità propria della cartilagine e, d'altra parte, non gli conferisce ancora la resistenza propria dell'osso.

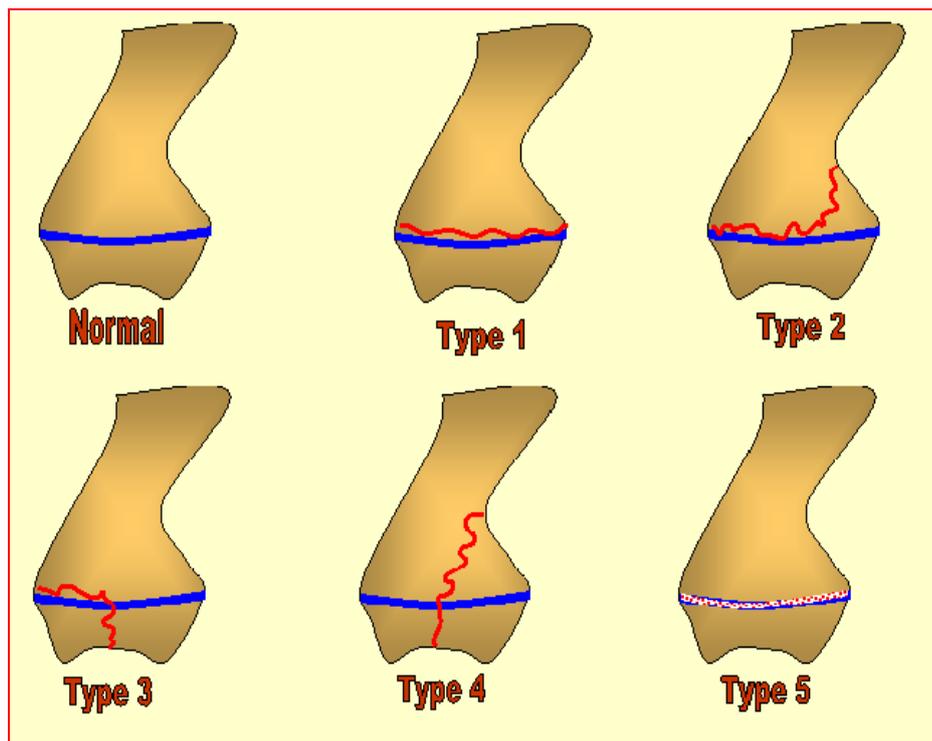
- *S-H tipo II*: distasi epifisaria in cui la linea di frattura segue il margine condrometafisario della fisi per poi attraversare parte della metafisi e della corticale diafisaria. In genere, nel cane, questo tipo di frattura si realizza a seguito dell'azione di forze torsionali, in soggetti con più di sei mesi di età, momento in cui si assottiglia il disco epifisario diventando più vulnerabile. La prognosi di questo tipo di fratture è meno favorevole, rispetto alle precedenti, poiché il disco epifisario è interessato solo

parzialmente e, quindi, è più facile lo sviluppo di deformità assiali dovute alla crescita ineguale della porzione di fisi coinvolta rispetto a quella non coinvolta dal trauma.

- *S-H tipo III*: diastasi parziale del disco epifisario in cui la linea di frattura origina sull'epifisi, portandosi verso il disco dove si distribuisce lungo il margine condrometafisario. Anche per questo tipo di frattura le forze agenti sono di tipo torsionale, ma agiscono dal lato dell'epifisi. Il coinvolgimento della superficie articolare rende la guarigione di queste fratture più difficile, poiché la presenza del liquido sinoviale rallenta i processi riparativi dell'osso; l'artropatia degenerativa è un esito frequentissimo. Inoltre, il completo distacco di una porzione dell'epifisi rende molto precaria la rete vascolare residua, compromettendo ulteriormente la riparazione della lesione.

- *S-H tipo IV*: diastasi parziale del disco epifisario con coinvolgimento della epifisi e della metafisi. Questa frattura si realizza, generalmente, nei soggetti prossimi alla chiusura del disco epifisario (9 mesi). In questa fase della crescita, infatti, il disco ha una resistenza meccanica simile sia a quella dell'epifisi che a quella della metafisi. Per tale motivo la linea di frattura inizia dalla epifisi e si porta verso la fisi, attraversandola e proseguendo verso la metafisi fino a coinvolgere la sua corticale. Come per il tipo III la prognosi è resa peggiore dal coinvolgimento della superficie articolare e dal distacco di un frammento in cui permangono connessioni vascolari molto precarie.

- *S-H tipo V*: schiacciamento parziale o totale della fisi che può realizzarsi per azione di forze compressive (salto) in qualsiasi momento dello sviluppo scheletrico. È molto difficile diagnosticare questa lesione nella fase acuta, poiché inizialmente non si verificano, sulle fisi, cambiamenti radiografici apprezzabili. Ai fini prognostici, una lesione di questo tipo compromette del tutto le funzioni accrescitive del disco, poiché provoca ischemia e morte degli elementi attivi della cartilagine.<sup>1,6</sup>(Fig. 3-1)



*Figura3-1: Schema delle lesioni traumatiche dei dischi epifisari secondo la classificazione di Salter ed Harris.*

Ai cinque tipi di frattura del disco epifisario considerati, alcuni autori ne aggiungono un altro che viene indicato come *tipo VI*. Si tratta di una variante del tipo V che si realizza molto raramente, sia in medicina umana che in veterinaria. Il trauma può essere determinato sia da forze che agiscono sulla fisi secondo un meccanismo simile a quello di una “prato-falciatrice”, ossia secondo un movimento di andirivieni, sia da forze di avulsione. Il risultato è la formazione di un ponte osseo periferico da un lato del disco cartilagineo, cui fa seguito la completa cessazione della crescita ossea in tal punto e la formazione di deformità angolari e rotazionali a carico dell’osso colpito.<sup>6,9</sup>

Le fratture tipo I e II di Salter - Harris sono quelle che si verificano più di frequente nei piccoli animali ( 65.5%).<sup>15</sup>

Talvolta, gli animali affetti da questo tipo di lesioni possono presentare danni non rilevabili all’esame radiografico. In questi casi può essere utile effettuare radiografie all’arto sano per confronto e ripetere nuovamente gli studi a distanza di 14 giorni. Sebbene le diastasi tipo I e II possono accompagnarsi a danni vascolari della epifisi o della componente fibrosa del disco epifisario, in genere la loro prognosi è buona, e la

guarigione avviene senza complicazioni in 3-4 settimane, a patto che si intervenga prontamente con una opportuna riduzione e fissazione della frattura.<sup>43</sup>

Le fratture tipo III, di solito, coinvolgono l'omero prossimale ed il femore distale; possono guarire con una prognosi buona se il danno vascolare epifisario è minimo e se l'intervento di riduzione e fissazione avviene in tempi brevi e consente una buona ricostruzione della superficie articolare; in mancanza di queste condizioni la prognosi può essere molto sfavorevole e l'arto coinvolto può mostrare segni gravi di deformazione ed artropatia.<sup>43</sup>

Le fratture di tipo IV sono generalmente condilari e si osservano, per lo più, sull'omero distale. Esse rappresentano insieme a quelle di tipo III il 25.5% di tutte le fratture a carico del disco epifisario del cane.<sup>15</sup>

Molto facilmente, in questo tipo di lesioni, si verifica compromissione della cartilagine articolare, dello strato germinativo del disco e delle connessioni vascolari del moncone, per cui la prognosi è sempre molto riservata.

Gli schiacciamenti epifisari, che rientrano nel tipo V di S-H, si verificano generalmente a carico del disco epifisario distale dell'ulna. La forma conica di questa struttura, infatti, fa sì che anche le forze di taglio agiscano su di essa come forze compressive. Per questo tipo di lesioni la prognosi cambia a seconda dell'età in cui l'animale subisce il trauma. In generale più è giovane il soggetto (< di 6 mesi) più gravi sono i danni causati dalla distruzione dello strato germinativo del disco epifisario, in termini di accorciamento e deviazione assiale dell'arto. Si può affermare che il danno sulla crescita ossea è proporzionale al potenziale di crescita residuo della fisi.<sup>42</sup>

Anche se la classificazione di Salter ed Harris fornisce un ottimo orientamento prognostico sulle fratture dei dischi epifisari, nella pratica clinica non sempre il tipo di frattura evolve secondo la prognosi indicata dai due autori. D'altra parte, essi stessi ipotizzarono una notevole variabilità prognostica in rapporto alla compromissione delle strutture vascolari epifisarie, che non può essere apprezzata mediante le sole immagini radiografiche.

Per tale motivo l'affidabilità prognostica della classificazione "storica" delle lesioni traumatiche dei dischi epifisari è stata recentemente messa in discussione da alcuni studi.

Uno studio istologico effettuato sulle fisi di 13 cani con fratture tipo II di S-H ha mostrato che in 10 casi la linea di frattura non coinvolgeva la zona ipertrofica della cartilagine bensì quella proliferativa.<sup>38</sup>

Anche uno studio sperimentale sul ratto e un altro clinico sui bambini hanno evidenziato che i cedimenti del disco epifisario non sempre si verificano nella area di ipertrofia dei condrociti, ma anzi possono seguire svariati modelli.<sup>39, 41</sup>

In rapporto alla zona cartilaginea coinvolta dalla frattura può sensibilmente variare la prognosi della lesione.

I diversi tipi di frattura, secondo la classificazione S-H, guariscono senza complicazioni in assenza di dislocazione dei monconi. Viceversa, soprattutto quando la frattura coinvolge l'epifisi e la metafisi, a causa di detriti cellulari e frammenti, possono formarsi tra queste due strutture dei ponti ossei, responsabili della asimmetria del disco epifisario e della modificazione delle sue potenzialità accrescitive.<sup>41, 42, 44</sup>

In medicina umana, per ottenere una prognosi più vicina a quella reale, alla classificazione di Salter-Harris se ne affianca, quando possibile, un'altra che tiene conto della integrità delle strutture vascolari dell'epifisi e della metafisi e si basa sull'impiego della scintigrafia. A seconda del danno al letto vascolare residuo le fratture si classificano in tipo A, tipo B e tipo C secondo gravità crescente. Le fratture tipo A sono quelle in cui i danni vascolari al disco sono irrilevanti, quelle tipo C, invece, indicano una totale compromissione dell'irrorazione con prognosi sfavorevole.<sup>8, 37, 55</sup>

In campo veterinario non si è ancora in grado di utilizzare, in ambito clinico, tecniche di diagnostica per immagini così sofisticate e costose, per cui la classificazione di Salter ed Harris rimane un caposaldo per la valutazione delle lesioni traumatiche delle fisi. Sarà cura del medico veterinario tenere conto dei limiti di questa classificazione e, sulla base di questi, esprimere una prognosi prudente che tenga conto, comunque, di tutte le altre molteplici variabili che possono condizionarla (età dell'animale, rapidità di intervento, tecnica operatoria).

## CAPITOLO IV

### *Incidenza e caratteristiche delle chiusure premature traumatiche delle fisi dell'avambraccio nel cane*

Nel cane circa la metà delle fratture dello scheletro appendicolare si verifica in soggetti giovani al di sotto dell'anno di età, ed il 30 % di queste fratture coinvolge i dischi epifisari.<sup>8</sup>

In genere, le fisi più colpite sono quelle che presentano maggiore attività accrescitiva al momento del trauma.<sup>8</sup>

Uno studio condotto su 92 cani affetti da deformità di accrescimento ha stimato che il 75% di queste coinvolgevano l'avambraccio.<sup>40</sup>

L'elevata incidenza delle deformità a carico del radio e dell'ulna è dovuta al fatto che queste ossa formano, insieme, un sistema scheletrico appaiato, ossia, per avere un corretto sviluppo dell'avambraccio, questi due segmenti scheletrici devono crescere in modo sincrono.<sup>6</sup>

I dischi epifisari responsabili dello sviluppo in lunghezza dell'avambraccio sono essenzialmente tre (prossimale e distale di radio e distale di ulna), infatti, la fisi prossimale dell'ulna apporta alla crescita un esiguo contributo. Dunque, la cessazione o la riduzione della crescita di una qualsiasi delle tre fisi in questione determina accorciamento e deformazione angolare dell'avambraccio, poiché la minor crescita dell'osso colpito limita, a sua volta, lo sviluppo dell'osso appaiato.

Ogni singola lesione fisaria produce una serie di alterazioni anatomo-funzionali specifiche, tuttavia, è possibile asserire che i soggetti mesoformi e doligomorfi sviluppano generalmente deformità assiali ed angolari, mentre i soggetti brachimorfi mostrano principalmente segni di mal allineamento articolare a carico del gomito e del carpo.<sup>13</sup>

Un altro fattore, che influenza enormemente l'entità delle modificazioni scheletriche secondarie alla chiusura prematura delle fisi dell'avambraccio, è l'età di insorgenza del disturbo.

È stato stimato che nel cane il 90 % della crescita in lunghezza delle ossa si realizza nei primi 6-7 mesi di vita<sup>15</sup> con piccole variazioni legate principalmente alla taglia dell'animale. Più il trauma anticipa la chiusura della fisi rispetto ai tempi fisiologici (Tabella 4-1) e più gravi saranno le deformazioni assiali associate, in quanto, la crescita residua delle fisi indenni agirà con più intensità e per più tempo sui segmenti ossei non coinvolti nel trauma.

<b>Osso</b>	<b>Tempo medio di chiusura nel cane (mesi)</b>
Radio prossimale	8.5
Radio distale	10.5
Ulna prossimale	10
Ulna distale	8.5

*Tabella 4-1: Tempi medi di chiusura delle fisi dell'avambraccio nel cane, basati sulle immagini radiografiche*

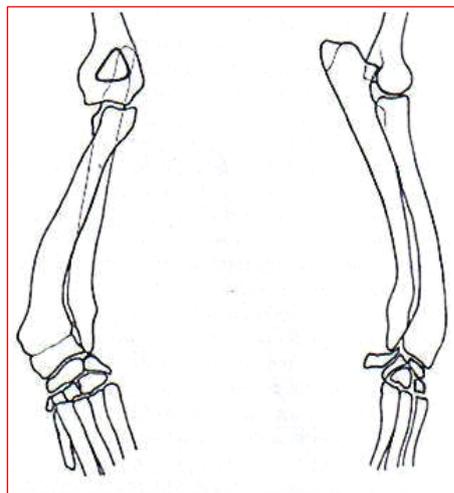
Nei bambini sono stati sperimentalmente identificati dei meccanismi compensatori, basati su un incremento della crescita delle fisi adiacenti quelle affette da chiusura prematura. Questi da soli riuscirebbero, nei casi di chiusura prematura “tardiva”, a limitare le deformità ossee.<sup>16</sup> Tuttavia, per i casi di chiusura molto anticipata delle fisi le deformità sono tali da rendere necessaria la correzione chirurgica.

Di seguito saranno trattate l'incidenza e le caratteristiche delle chiusure premature delle tre fisi principali dell'avambraccio; inoltre, verranno prese in considerazione, come possibili cause traumatiche di deformità dell'avambraccio, anche le sinostosi radio ulnari.

### *Chiusura prematura del disco epifisario distale ulnare*

Nel cane questa è la lesione fisaria più comune.<sup>8,7,14</sup> Nella maggior parte dei casi la sua eziologia è traumatica. Nei soggetti di grossa taglia, tuttavia, può essere legata anche all'oseodistrofia ipertrofica ed alla ritenzione della cartilagine encondrale.<sup>2</sup>

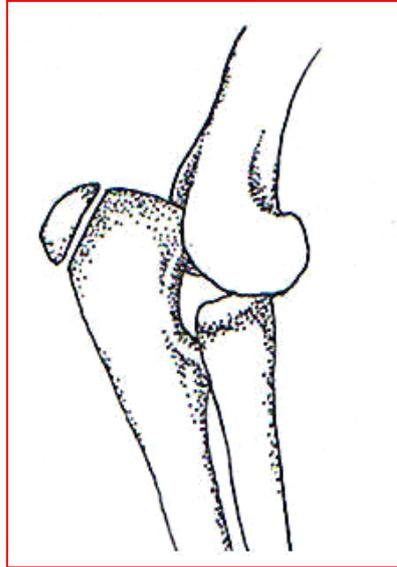
La particolare forma conica del disco cartilagineo distale ulnare lo rende particolarmente esposto sia a traumi di tipo diretto sia di tipo indiretto. Una forza trasversale applicata ad un disco epifisario piatto ne induce, generalmente, il distacco (Salter Harris tipo I);<sup>13</sup> nel caso del disco dell'ulna, anche una forza trasversale agisce comprimendo i lati del cono e, quindi, danneggiando gli elementi proliferativi della cartilagine. Questa fisi è responsabile per l'85% della crescita longitudinale dell'ulna. Quindi, un ritardo o la cessazione della sua attività produce un accorciamento ulnare notevole cui fanno seguito deformità assiali del radio molto gravi. L'ulna più corta agisce come la corda di un arco sul radio costringendolo, nella porzione più distale, ad un incurvamento in senso cranio-mediale (radio curvo), ad una rotazione verso l'esterno (supinazione) e ad una deviazione laterale del carpo (valgismo) (Fig. 4-1).<sup>2,6,13,14</sup>



**Figura 4-1:** Modificazioni anatomiche indotte dalla chiusura prematura della fisi distale dell'ulna. Veduta cranio-caudale (sinistra) e laterale (destra).

Queste deformità creano non pochi problemi a livello articolare. La crescita longitudinale del radio tende a spingere prossimalmente i condili omerali contro il becco dell'olecrano, che a sua volta, spinto nella fossa olecranica tende a dislocare

cranialmente i condili omerali producendo, nei casi più gravi, una lussazione distale totale dell'ulna (Fig. 4-2).<sup>2,14,16</sup>



**Figura 4-2:** *Incongruenza del gomito come risultato della chiusura prematura della fisi distale dell'ulna*

A causa delle discrepanze di accrescimento di radio ed ulna anche a livello radio-carpico si osserva una sublussazione caudo-laterale.

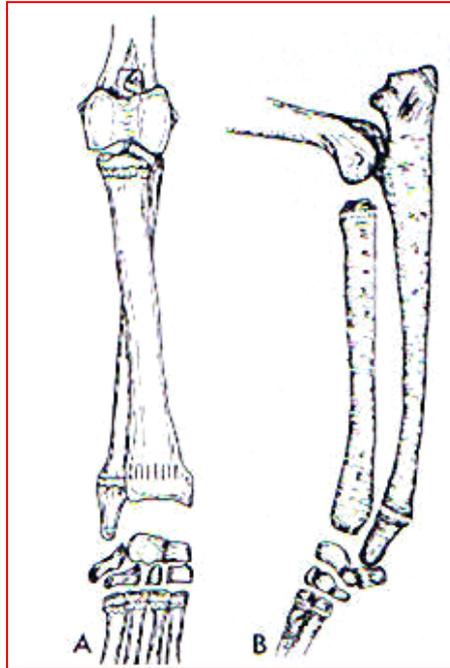
I fenomeni degenerativi a carico di queste articolazioni sono precoci ed inevitabili.

### *Chiusura prematura del disco epifisario distale del radio*

Questo disturbo può essere simmetrico, ossia riguardare l'intera superficie del disco epifisario, oppure, può coinvolgere in modo asimmetrico solo la parte mediale, o quella laterale. Quest'ultimo tipo è quello più frequente.<sup>6</sup>

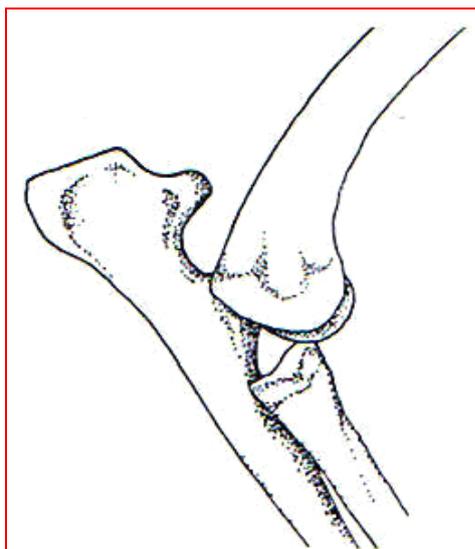
Nel caso di chiusura simmetrica, l'accorciamento del radio e la continua crescita dell'ulna inducono una deviazione mediale (varismo) ed una intrarotazione della mano.<sup>14,46</sup>

L'ulna nella porzione distale può presentare un diametro maggiore ed una lieve deviazione mediale, e, poiché sostiene la massima parte del carico, può subire un incurvamento caudale (Fig. 4-3).<sup>13,14</sup>



**Figura4-3:** Modificazioni anatomiche indotte dalla chiusura prematura simmetrica del disco epifisario distale del radioA: veduta cranio-caudale; B: veduta laterale.

L'accorciamento del radio si ripercuote anche prossimalmente. Il capitello radiale, infatti, si allontana dalla troclea e dal condilo omerali, tuttavia i legamenti omero-radiali vincolano l'omero a seguire il radio verso il basso, favorendo l'allontanamento dell'olecrano dalla fossa olecranica e la sublussazione prossimale dell'ulna.<sup>2</sup> Venendo a mancare un'adeguata contiguità tra omero e radio, il principale contatto articolare si realizza tra la troclea omerale ed il processo coronoideo mediale dell'ulna. (Fig. 4-5)

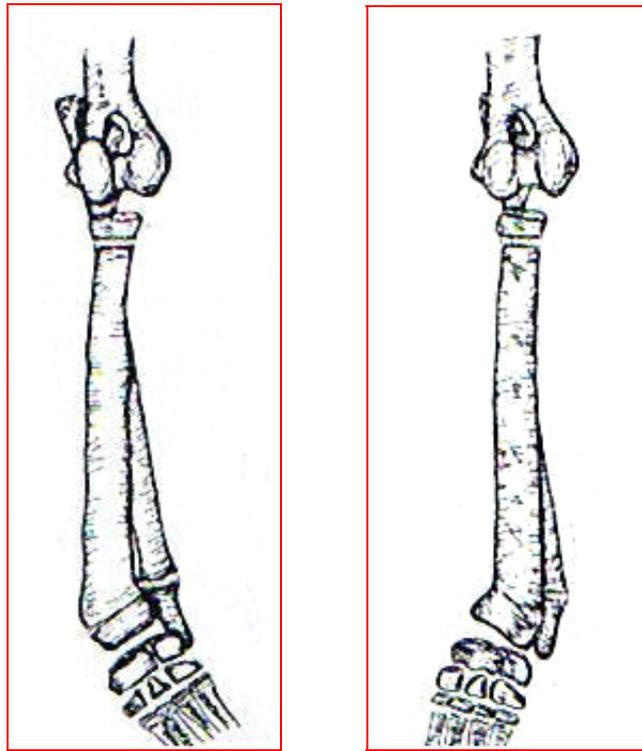


*Figura 4-5: Lussazione prossimale dell'ulna indotta dalla chiusura prematura simmetrica della fisi distale del radio.*

Quando la chiusura è asimmetrica, generalmente, si arresta la crescita della superficie laterale del disco, mentre la parte più interna continua l'accrescimento. Questo crea gravi deviazioni angolari a carico dell'articolazione radio-carpica, ma minime deformità della diafisi radiale e di quella ulnare.

La presenza del legamento interosseo radio-ulnare tende a rallentare anche l'allungamento dell'ulna. Per tale motivo si accentua la deviazione in valgo e la extrarotazione della mano, così come accade per la chiusura della fisi distale dell'ulna.<sup>13</sup>

La chiusura asimmetrica della parte mediale del disco distale radiale è più rara, ma possibile. Essa determina una deformità angolare varizzante della mano, talvolta associata ad intrarotazione (Fig.4-6).<sup>13</sup>



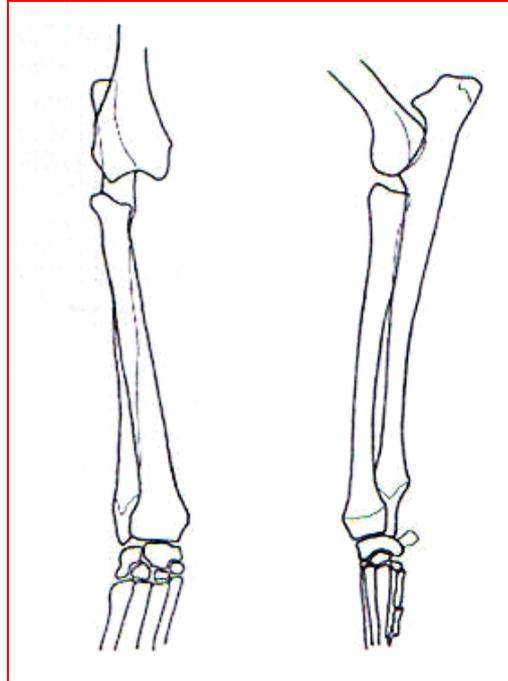
*Figura 4-6: Deformità angolare valgizzante da chiusura prematura asimmetrica laterale della fisi distale del radio (sinistra); deformità angolare varizzante da chiusura prematura asimmetrica mediale della fisi distale del radio (destra)*

Indipendentemente dal lato coinvolto, nelle chiusure asimmetriche il carico anomalo esercitato a livello articolare e il ridotto sviluppo in lunghezza del radio producono anche lesioni all'articolazione del gomito simili a quelle osservate nella chiusura prematura completa.

### *Chiusura prematura del disco epifisario prossimale del radio*

Questo tipo di lesione non è frequente e determina minime deformità angolari. Le lesioni principali si localizzano al gomito. La ridotta crescita del radio e la continua crescita dell'ulna creano un ampliamento dello spazio articolare omero-radiale ed omero-ulnare. Così come descritto per la chiusura prematura simmetrica della fisi distale del radio, l'ulna si spinge prossimalmente sublussando. La grande incisura sigmoidea ulnare si allunga ed il processo coronoideo mediale prende contatto in modo

anomalo con la troclea omerale, sviluppando precocemente lesioni di tipo artrosico (Fig. 4-7).<sup>14</sup>



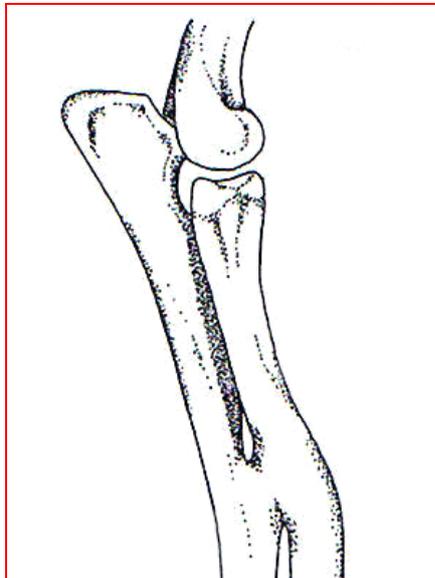
**Figura 4-7:** Modificazione anatomiche indotte dalla Chiusura prematura della fisi prossimale del radio

### *Sinostosi radio-ulnare*

Si intende una fusione ossea a livello diafisario tra il radio e l'ulna, che è, generalmente, conseguenza della guarigione di fratture medio-diafisarie verificatesi contemporaneamente su entrambe le ossa. Non è una malattia del disco epifisario, ma va analogamente considerata, poiché causa anomalie simili a quelle che si osservano dopo la chiusura prematura della fisi distale dell'ulna. La fusione ossea, infatti, impedisce il fisiologico scivolamento dell'ulna rispetto al radio, che si verifica durante l'allungamento a causa dei differenti ritmi di crescita delle fisi.

La fisi prossimale del radio continua a crescere ma non è seguita dallo spostamento dell'olecrano, che si viene a trovare progressivamente più in basso rispetto alla testa del radio ed ai condili omerali. Si determina, così, una sublussazione-lussazione distale dell'ulna prossimale con gravi processi artrodegenerativi al gomito.

Possono verificarsi anche delle alterazioni distalmente alla sinostosi, ma sono, in genere, meno pronunciate di quelle a carico del gomito. Sembrerebbe che la crescita distale ulnare provochi una forte trazione sul radio, tramite il legamento interosseo, stimolando un ulteriore allungamento della fisi radiale distale e riducendo così le deviazioni angolari a carico dell'articolazione radio-carpica (Fig. 4-9).<sup>6,13</sup>



**Figura 4-9:** Modificazioni anatomiche indotte da sinostosi radio-ulnare durante la crescita.

## CAPITOLO V

### *Diagnosi delle chiusure premature traumatiche dei dischi epifisari dell'avambraccio*

Durante la crescita il cucciolo è soggetto a diversi problemi ortopedici, sia come conseguenza di una predisposizione ereditaria, sia a causa di traumi e microtraumi, ai quali l'indole più giocosa lo espone maggiormente.

Le malattie scheletriche dell'accrescimento possono provocare danni che accompagneranno il cane per tutta la vita. È pertanto importante che, l'approccio clinico ai cuccioli con segni ortopedici, sia meticoloso ed attento, al fine di diagnosticare e trattare precocemente le patologie alla base dei vari disturbi.

#### *Segnalamento*

Trattandosi di patologie dello sviluppo ne sono colpiti gli animali giovani che non hanno ancora completato l'accrescimento scheletrico. Inoltre, le chiusure premature delle fisi di origine traumatica, possono colpire soggetti di qualsiasi sesso e di qualsiasi razza, senza particolari predisposizioni. In realtà, gli animali di taglia media e grande, forse a causa di una maggiore attività di crescita dei dischi epifisari e di una maggiore durata dei tempi medi di chiusura, mostrano una incidenza lievemente superiore di questi disturbi rispetto ai soggetti di taglia piccola.

(Tabella 5-1)

A tal proposito, va ricordato che per i soggetti di taglia grande le chiusure premature delle fisi possono avere anche una eziologia non traumatica; si pensi alla ritenzione della cartilagine encondrale ulnare. Probabilmente, è anche questo il motivo per cui essi sono più spesso interessati delle deformità assiali dell'avambraccio.

Razze piccole		Razze medie- grandi	
CANI GIOVANI	CANI ADULTI/ANZIANI	CANI GIOVANI	CANI ADULTI/ANZIANI
Fratture distali dell'avambraccio	Patologie spinali	Frammentazioni del processo coronoideo	Frammentazione del processo coronoideo
Frattura della fisi distale dell'omero	Lesioni traumatiche	Iperestensione del carpo	Osteoartrite carpica
Discopatie		<b>Deformazioni di crescita dell'avambraccio</b>	Osteoartrosi del gomito
Altre lesioni traumatiche		Displasia del gomito	Neoplasia ossea
		Osteocondrosi della spalla	Complesso patologico del bicipite brachiale
		Complesso patologico del bicipite brachiale	Mineralizzazione del muscolo sovraspinato
		Panosteite	Patologia spinale
		Avulsione del plesso brachiale	Poliartrite idiopatica
		Altre lesioni traumatiche	Altre lesioni traumatiche

**Tabella 5-1:** Segnalamento delle più comuni affezioni ortopediche dell'arto toracico del cane in base alla taglia e all'età.

### *Anamnesi*

A meno che non si tratti di chiusure premature secondarie a fratture radio ulnari, generalmente, i proprietari non riferiscono di un trauma specifico, ma, conducono a visita il loro animale o a causa di una zoppia progressiva, oppure perché si rendono evidenti le deviazioni angolari e le deformità assiali dell'arto, in genere dopo 3-4 settimane dal trauma.

In effetti, la zoppia non è un sintomo precoce di questi disturbi. Essa, infatti, compare solo a seguito del dolore articolare o quando le deformità angolari sono tali da costringere l'animale a trascinare l'arto, provocando dolorose ulcere da sfregamento.<sup>13</sup>

### *Esame clinico*

I segni clinici dovuti alla chiusura prematura dei dischi epifisari dell'avambraccio possono variare considerevolmente in rapporto al disco coinvolto ed alla fase evolutiva della patologia.

I soggetti con chiusura prematura della fisi distale ulnare, solitamente, caricano il peso sull'arto interessato. Possono presentare, tuttavia, un certo grado di ipotrofia muscolare dovuto all'instabilità articolare del gomito. Nelle fasi iniziali della malattia il dolore può essere minimo e, se presente, è localizzato al carpo e/o al gomito. Nei casi di lunga data, il dolore può essere più marcato e legato a tre condizioni in particolare: lesioni legamentose ed artrosi a livello carpico; sublussazione ed artropatia del gomito; rotazione esterna della mano che costringe l'animale ad un appoggio sulla superficie dorso-mediale della zampa, spesso sede di dolorose ulcere da sfregamento.<sup>3,16</sup>

Le lesioni artropatiche, che sono le più precoci a manifestarsi, possono indurre riduzione del range di movimento dell'articolazione, gonfiore e rumori di sfregamento alla palpazione.

I segni clinici prodotti da una chiusura precoce del disco epifisario distale del radio sono molto vari.

In caso di chiusura simmetrica l'arto interessato può restare dritto ma risultare notevolmente più corto del controlaterale. In genere, in questi casi, l'artropatia del gomito è il segno clinico più evidente, poiché l'ulna tende a sublussare prossimalmente ed i fenomeni degenerativi che conseguono alla instabilità del gomito sono molto intensi.

In base alla fase evolutiva in cui sviluppa la malattia il carpo può mostrare diversi gradi di varismo con intrarotazione della mano.

La chiusura asimmetrica della fisi distale del radio si associa principalmente a deformità angolari del carpo, la cui direzione dipende dalla localizzazione parziale del disturbo. In caso di chiusura laterale è presente un carpo valgo e una estrarotazione della mano; se la chiusura asimmetrica è mediale si osserva carpo varo e intrarotazione della mano. In ogni caso, le deformità assiali che coinvolgono la fisi distale del radio sono minime,

molto più evidenti, invece, sono le deviazioni angolari e i segni di incongruenza ed artropatia al gomito ed al carpo.<sup>3,5,14,16</sup>

In ultimo, la chiusura della fisi prossimale del radio non comporta gravi deformità assiali, né deviazioni angolari, ma una notevole incongruità al gomito responsabile del dolore alle manovre passive ed alla deambulazione.<sup>3</sup>

### *Esame radiografico*

Per poter diagnosticare in modo definitivo quale sia la causa di una deformità a carico dell'avambraccio è necessario effettuare delle radiografie dirette all'arto interessato ed a quello contro laterale. I radiogrammi devono comprendere interamente il radio e l'ulna, l'articolazione del gomito e del carpo. Inoltre, devono essere eseguiti in proiezione cranio-caudale e laterale.

Una fisi normale appare radiotrasparente, allo stesso modo, una fisi con una crescita rallentata o che non cresce più, può apparire radiotrasparente fino a che non si completa la sua ossificazione encondrale.<sup>5</sup>

Per tale motivo, negli stadi iniziali di chiusura precoce di una fisi, le uniche modificazioni evidenti possono essere rappresentate dal minore sviluppo in lunghezza dell'arto patologico rispetto all'arto sano. Il confronto tra i due, quindi, assume un ruolo fondamentale. Le misurazioni della lunghezza dei segmenti scheletrici si effettuano sulle proiezioni laterali.

Talvolta, invece, gli unici segni radiografici, che possano indurre a sospettare un problema di chiusura precoce di una fisi, sono quelli di artropatia del gomito e del carpo.

Se un cucciolo presenta una zoppia che non trova riscontri radiografici nella fase acuta, è sempre utile effettuare periodici radiogrammi di controllo a distanza di due settimane. Solo in questo modo sarà possibile cogliere in anticipo le modificazioni che si rendono evidenti solo con il progredire della crescita ossea.

Le radiografie sono importanti anche quando i segni di deviazione angolare e di deformazione assiale sono apprezzabili clinicamente. In questo caso esse, non solo offrono conferma delle anomalie scheletriche ed articolari proprie dei vari tipi di chiusura, ma assumono, anche, un ruolo fondamentale per la pianificazione del tipo di intervento correttivo da effettuare. Sulle immagini radiografiche nelle due proiezioni, infatti, vengono misurati gli angoli di deviazione assiale (procurvato, valgismo e varismo), su cui si basano le osteotomie e le ostectomie correttive.

Nei casi di chiusura prematura di eziologia non traumatiche, inoltre, le radiografie consentono di fare una diagnosi differenziale (osteodistrofia ipertrofica, ritenzione della cartilagine encondrale etc.)

Attualmente, anche in medicina veterinaria, con più facilità che in passato, si ricorre a tecniche di diagnostica per immagini più sofisticate, come la TC. Poiché, questo esame consente di ottenere ricostruzioni tridimensionali dei segmenti ossei, fornisce dati di maggiore precisione soprattutto riguardo l'entità della rotazione ossea in corso di deformità assiali. Recentemente, alcuni autori hanno indicato su modelli cadaverici di radio, in che modo è possibile misurare i gradi di rotazione dell'osso intorno al proprio asse, in presenza di procurvato e di valgismo.<sup>17</sup>

## CAPITOLO VI

### *Trattamento delle chiusure premature traumatiche dei dischi epifisari dell'avambraccio*

Se si diagnostica una chiusura prematura di una fisi subito dopo il trauma che l'ha determinata, si può effettuare un trattamento chirurgico "dinamico" che ha la finalità di prevenire le deformazioni scheletriche e la perdita di lunghezza dei segmenti ossei coinvolti. Il trattamento delle diagnosi tardive, invece, deve tenere conto del potenziale residuo di crescita delle fisi non danneggiate.

Un soggetto con deformità assiali e deviazioni angolari, oramai vicino alla maturità scheletrica, può essere trattato in modo "definitivo" con interventi in grado di correggere tutte le alterazioni causate dal disturbo di crescita.<sup>23</sup>

Tuttavia, nella maggior parte dei casi, animali ancora immaturi, con potenzialità di crescita residua notevole, già presentano deformità gravi. In questi soggetti la scelta migliore è quella di intervenire subito con tecniche dinamiche per limitare l'ulteriore evoluzione delle deformazioni, riservandosi la possibilità di un successivo approccio correttivo definitivo, terminata la crescita scheletrica.

Attendere la chiusura delle fisi per correggere definitivamente le deformazioni esistenti evitando, in tal modo, di sottoporre l'animale a più interventi, non è la scelta più adatta. Con il passare del tempo, infatti, si aggravano i danni dovuti all'artropatia, che nessun tipo di chirurgia correttiva può recuperare.

Gli interventi dinamici vanno sempre preferiti se è presente una crescita residua ragguardevole, poiché consentono principalmente di limitare i danni alle articolazioni.

Le deformazioni assiali, ancora eventualmente presenti dopo gli interventi dinamici, possono, in qualsiasi momento, essere trattate con buoni margini di successo.

Di seguito sono descritti diversi interventi, distinti in "dinamici" e "definitivi", adattati al tipo di chiusura prematura presente.

## *Trattamenti dinamici della chiusura prematura della fisi ulnare distale*

Le tecniche chirurgiche di questo tipo si applicano a soggetti con potenzialità di crescita del radio molto alta. Esse mirano a ridurre l'effetto frenante dell'ulna consentendo al radio di continuare a crescere liberamente.

In questo modo si ottiene non solo l'allungamento dell'avambraccio, ma anche la parziale correzione spontanea delle deformità esistenti. Questo fenomeno di "autocorrezione" è stato attribuito ad un incremento della crescita epifisaria sul lato concavo del radio una volta rimossa la causa frenante.<sup>13</sup>

La più semplice delle tecniche dinamiche per la chiusura prematura della fisi ulnare è la ostectomia ulnare segmentaria. Si aggredisce la diafisi ulnare distale caudalmente o lateralmente e si esegue una ostectomia di circa 2 cm che deve coinvolgere anche il rivestimento periostale. Questo accorgimento consente di rallentare i processi osteoproduttivi che possono portare ad un precoce ricongiungimento dei monconi ossei e, quindi, alla perdita di efficacia dell'intervento.

Un altro metodo utile ad evitare saldature precoci oppure a prolungare gli intervalli tra le ostectomie, si basa sull'applicazione di un fissatore esterno modificato (Charnley, Stader o Kirschner), con cui si effettua un allontanamento periodico dei capi ulnari.<sup>13</sup>

Con l'ostectomia ulnare segmentaria si ottiene, da un lato, la liberazione del radio dall'effetto frenante dell'ulna, da un altro, la riduzione progressiva della sublussazione distale del gomito.

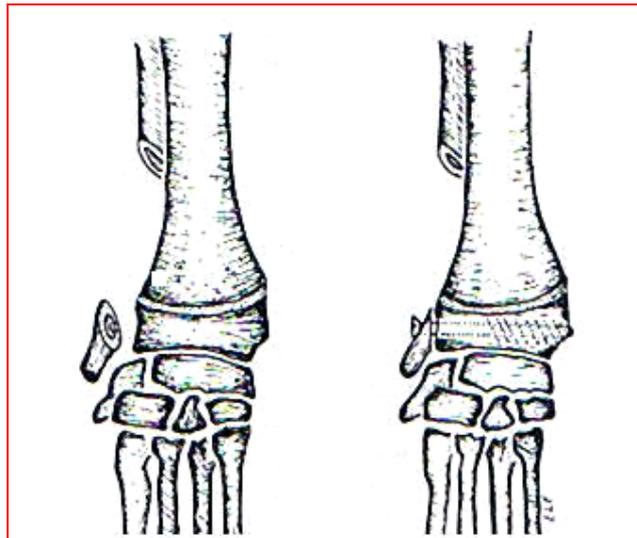
Per ottenere una riduzione immediata della sublussazione del gomito può essere praticata, in associazione alla ostectomia distale, una osteotomia prossimale dinamica dell'ulna.

Il sito dell'osteotomia deve essere al di sopra del legamento interosseo in modo da svincolare la porzione prossimale dell'ulna. Quest'ultima sarà tirata verso l'alto dai muscoli anconei, consentendo di ristabilire la normale corrispondenza articolare del gomito. Per prevenire la possibile rotazione dell'ulna prossimale, alcuni autori suggeriscono di inserire un singolo chiodo centromidollare tra il moncone prossimale e quello distale.<sup>44</sup>

La trasposizione del processo stiloideo si esegue fissando questa strutta all'epifisi distale del radio, dopo aver effettuato una ostectomia distale dell'ulna con rimozione della fisi saldata.

Questa tecnica presenta alcuni vantaggi rispetto alla precedente; consente anch'essa di svincolare il radio dall'effetto frenante dell'ulna, in più determina una maggiore stabilità carpica e, contemporaneamente, evita che si risaldino le estremità osteotomizzate dell'ulna.

L'intervento si effettua con un accesso laterale all'ulna distale, tra l'estensore laterale delle dita e i tendini estensori ulnari del carpo. Con una sega oscillante si rimuove un tassello osseo avendo cura di effettuare il taglio prossimale con una inclinazione che consenta alla diafisi ulnare di restare il più possibile radente al radio. Per fissare il processo stiloideo all'epifisi distale del radio, può essere utilizzata una vite interframmentaria (Fig.6-1) oppure dei chiodi di Kirschner multipli o divergenti.<sup>13</sup>



*Figura 6-1: Tecnica di trasposizione del processo stiloideo ulnare*

Con questo tipo di intervento si riesce ad ottenere un buon allungamento del radio ed anche una discreta correzione delle deformità assiali e del varismo carpico, tuttavia, è scarso l'effetto distensivo sull'ulna prossimale. Non è, dunque, una tecnica utile a correggere la sublussazione distale del gomito. Perciò anche in questo caso può essere associata ad una osteotomia ulnare prossimale, come descritto precedentemente. La osteotomia ulnare prossimale, di cui si è già detto, è una tecnica molto semplice che può essere utilizzata anche da sola per risolvere i problemi di incongruità delle superfici

articolari del gomito. Per evitare una precoce saldatura dei monconi ossei, il taglio osteotomico deve essere obliquo ed orientato in senso distalo-proximale sulla diafisi ulnare prossimale, al di sopra del legamento interosseo.

Sia quando si ricorre alle ostectomie che quando si effettuano le osteotomie il rischio principale è legato alla precoce saldatura dei monconi ossei. È stato clinicamente osservato che l'interposizione di tessuto adiposo nello spazio tra i frammenti ossei riduce questo rischio.

L'innesto adiposo autologo deve essere prelevato sterilmente dalla regione glutea e posizionato al centro dell'ostotomia/osteotomia. Per mantenere in sede il trapianto, esso deve essere suturato alla fascia aponeurotica profonda dell'avambraccio, che viene ricostruita sopra il sito di osteotomia.<sup>45</sup>

Si consiglia di limitare il movimento dell'arto osteotomizzato con un bendaggio rigido alcuni giorni dopo l'intervento, per consentire una adeguata rivascolarizzazione del trapianto adiposo.<sup>13</sup>

Quando si decide di intervenire in modo dinamico su un soggetto che già presenta deformità serie è possibile associare agli interventi descritti altre tecniche.

Nei casi in cui si debbano correggere difetti di lunghezza del radio, l'ostectomia/osteotomia ulnare può essere associata ad una osteotomia radiale seguita dall'applicazione di un fissatore esterno dinamico che consenta di recuperare progressivamente l'ipometria del radio.<sup>19</sup>

Un procurvato oppure un valgismo lievi possono essere corretti attraverso una epifisiodesi temporanea della fisi distale del radio, sempre in associazione alla ostectomia/osteotomia ulnare.<sup>20,21</sup>

Con questa procedura si riesce a rallentare la crescita di un lato della fisi, inducendo uno sviluppo maggiore del lato libero di accrescersi. L'unico limite è rappresentato dalla brevità dell'intervallo temporale utile al suo impiego. Infatti, può essere effettuata su animali con non più di 5 mesi, poiché, superata questa età, la velocità di crescita della fisi rallenta troppo e non è più possibile sfruttarla. In compenso, l'esecuzione è molto semplice: piegando ad U un filo di kirschner si ottiene una cambra metallica che viene applicata a ponte del disco epifisario. La direzione di inserimento sarà mediale se si vuole correggere solo un valgismo, anteromediale se si vuole correggere anche un procurvato ( Fig. 6-2).<sup>21</sup>



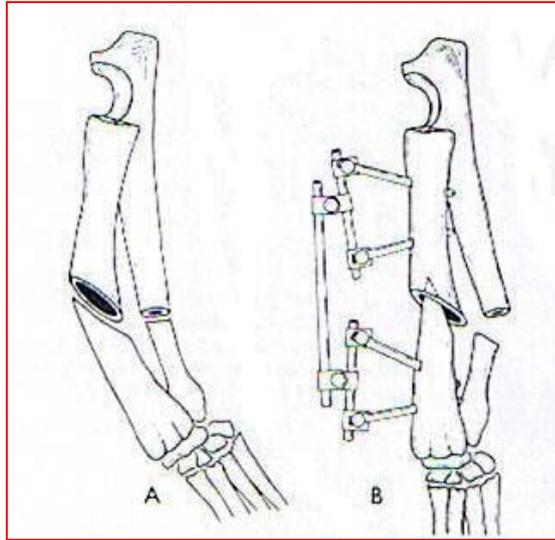
*Figura 6-2: Immagine di applicazione di una clamba metallica a ponte del disco epifisario per la epifisiodesi temporanea*

### *Trattamenti definitivi della chiusura prematura della fisi ulnare distale*

Queste tecniche chirurgiche si applicano agli animali con chiusura prematura della fisi ulnare distale che hanno già terminato lo sviluppo scheletrico, e mirano a correggere in modo definitivo tutte le deformazioni e le deviazioni conseguenti al disturbo di crescita. Per far ciò si ricorre a vari tipi di osteotomie/ostectomie correttive del radio.

Le osteotomie oblique con fissatore esterno consentono un certo ripristino della lunghezza dell'arto ed un buon allineamento dei piani articolari.

L'arto da operare deve essere preparato in modo da poter palpare sia il gomito che il carpo. Prima di procedere al taglio osteotomico si inseriscono nel radio, in senso latero-mediale, due chiodi non trapassati prossimali e due distali. A metà tra i quattro chiodi si esegue l'osteotomia obliqua a 45° rispetto l'asse lungo dell'osso. Con un accesso laterale anche sull'ulna distale viene praticata una osteotomia trasversale. Successivamente il moncone prossimale del radio viene avvicinato al moncone distale in modo che la parte prossimale di quest'ultimo entri nella cavità midollare dell'alto. La deviazione in valgo e l'intrarotazione si correggono manualmente prima di raccordare i chiodi alle barre di connessione del fissatore, e si controllano flettendo carpo e gomito ( Fig. 6-3).



*Figura 6-3: Tecnica di osteotomia obliqua radio-ulnare nella correzione definitiva delle deformità radiali da chiusura prematura della fisi distale dell'ulna.*

Questa tecnica può essere modificata inserendo chiodi trapassanti in senso latero-mediale.<sup>13</sup>

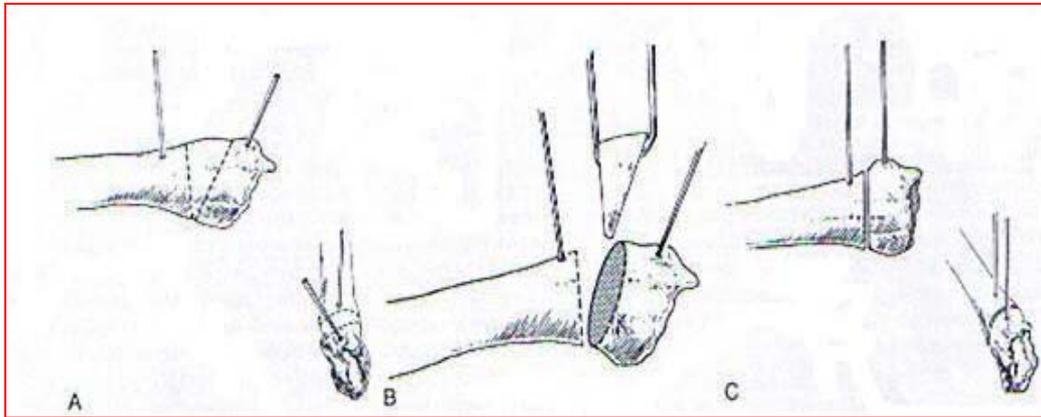
Le ostectomie cuneiformi del radio non favoriscono molto l'allungamento dell'osso ma consentono una correzione più precisa del valgismo a livello carpico.

In questi casi si pratica contemporaneamente una ostectomia ulnare distale di circa 2 cm che consente di manipolare meglio la parte distale del radio. Per praticare sul radio una ostectomia cuneiforme in grado di riallineare al meglio l'arto si possono utilizzare dei fili Kirshner come guida. Un primo filo si inserisce nella metafisi distale del radio con una direzione parallela alla articolazione del gomito ed al suo centro di rotazione (definendo così la posizione **normale** dell'arto prossimale); il secondo filo si inserisce nella epifisi distale del radio con orientamento parallelo alla articolazione radio-carpica ed al suo centro di rotazione (definendo così la posizione **anormale** di questa articolazione).

Il taglio osteotomico prossimale si orienta parallelamente al filo prossimale e perpendicolarmente alla diafisi del radio, analogamente, il taglio distale sarà parallelo al filo distale ed alla superficie articolare distale del radio. In questo modo i due tagli si

incontreranno sulla diafisi laterale distale del radio delineando un cuneo osseo che sarà rimosso.

Riducendo le estremità del radio, portando paralleli e sullo stesso piano i due fili guida, si correggono le deformità (procurvato, valgismo ed intrarotazione) ( Fig. 6-4).<sup>6</sup>



**Figura 6-4:** Fasi di esecuzione della tecnica di osteotomia cuneiforme con chiodi guida, per correggere l'extrarotazione e il procurvato del radio distale

La fissazione dell'osteotomia radiale può essere praticata con diverse tecniche: placca a T, fissazione scheletrica esterna, graffe ossee.

Queste ultime sono utili soprattutto se residua un moncone distale molto piccolo. Possono essere ricavate piegando ad U dei fili di Steinmann e devono essere in numero di due ed inserite cranio-cudalmente e medio-lateralmente. Poiché non offrono una buona stabilizzazione è opportuno associarle a bendaggi gessati o rigidi fino alla guarigione (4-6 settimane).<sup>13</sup>

In presenza di arti molto accorciati è possibile favorire lo sviluppo di nuovo osso praticando delle osteotomie di radio e di ulna ed applicando un fissatore esterno circolare tipo Ilizarov, che consente un allungamento progressivo delle ossa. In questo caso, le deviazioni angolari e rotazionali possono essere corrette in modo acuto prima di applicare l'impianto, oppure si può strutturare un impianto più complesso (snodato) che contemporaneamente all'allungamento consenta un riallineamento dei piani articolari.<sup>6,25</sup>

### *Trattamenti dinamici della chiusura prematura delle fisi radiali*

La chiusura prematura della fisi del radio nei soggetti immaturi (< 5 mesi), si accompagna ad una perdita notevole di lunghezza dell'osso. Sia nei casi di chiusura simmetrica o asimmetrica della fisi distale, sia in quelli di chiusura della fisi prossimale, l'intervento dinamico deve riuscire a: mantenere allineate le superfici articolari del gomito; sviluppare al massimo la lunghezza dell'osso; prevenire le deviazioni angolari.

L'intervento di osteotomia/ostectomia radiale con applicazione di un fissatore esterno circolare (fissatore esterno circolare tipo Ilizarov, fissatore esterno tipo Charnley, Stader o Kirschner) risponde bene a questi scopi.<sup>22,54</sup>

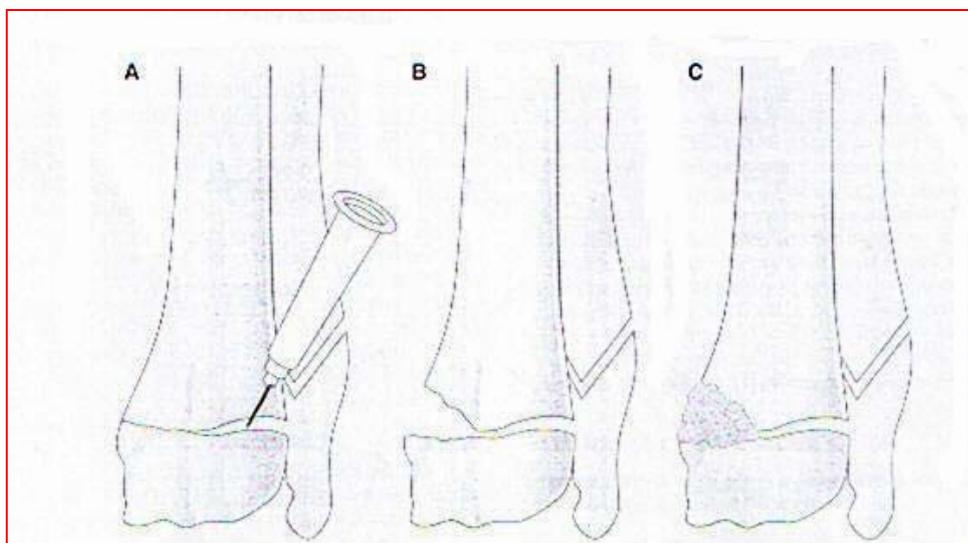
L'ulna, in genere conserva una buona capacità di crescita autonoma, soprattutto se è svincolata dall'effetto frenante del radio.<sup>24</sup>

Poiché con queste tecniche si vuole ottenere un allungamento del radio mediante osteogenesi distrazionale, è importante preservare il più possibile il periostio eseguendo delle osteotomie sub periostali o delle coricotomie.<sup>25,26</sup>

Il sito osteotomico, in genere, si localizza a metà della diafisi radiale per le chiusure della fisi distale, più in alto (sopra il legamento interosseo) per le chiusure della fisi prossimale; invece, nei casi in cui il radio presenta delle deformità assiali si sceglie il punto di maggiore convessità della diafisi. L'allungamento del radio contemporaneo alla crescita ulnare riesce, generalmente, a conservare integri i rapporti articolari a livello omero-radio-ulnare. Tuttavia, nei casi in cui la chiusura della fisi distale è asimmetrica, il solo allungamento può non essere sufficiente a prevenire le deviazioni in varo o valgo del carpo.

Per la chiusura asimmetrica laterale si può ricorrere alla ostectomia del ponte osseo fisario ed all'applicazione di un innesto adiposo autologo.<sup>2,5,6,13</sup>

Una volta raggiunta la fisi dal lato ossificato è necessario identificare i margini dal ponte osseo mediante un ago ipodermico di calibro 25 G, che riesce a penetrare nella cartilagine della porzione ancora aperta della fisi. Con una courette o una fresa ad alta velocità si rimuove interamente la porzione ossificata del disco e si inserisce, nello spazio rimasto vuoto, del tessuto adiposo, in modo che impedisca al ponte osseo di riformarsi (Fig. 6-5).



**Figura 6-5:** *Tecnica di osteotomia del ponte osseo fisario con applicazione di innesto adiposo.*

Questo tipo di intervento migliora il valgismo distale dell'arto ma non ha effetto sulla sublussazione del gomito, per cui può essere eventualmente associato all'intervento precedente o può essere utilizzato da solo nei casi in cui il deficit in lunghezza del radio sia molto lieve.<sup>6</sup>

Qualora l'animale, seppur giovane, presenti notevoli deformità assiali o deviazioni angolari dovute alla chiusura prematura delle fisi radiali, si può scegliere di correggere tali situazioni in due modi:

- contestualmente all'intervento dinamico, attraverso una correzione acuta, dopo osteotomia/osteotomia, dei normali rapporti articolari seguita dall'applicazione dell'impianto di fissazione esterno circolare.

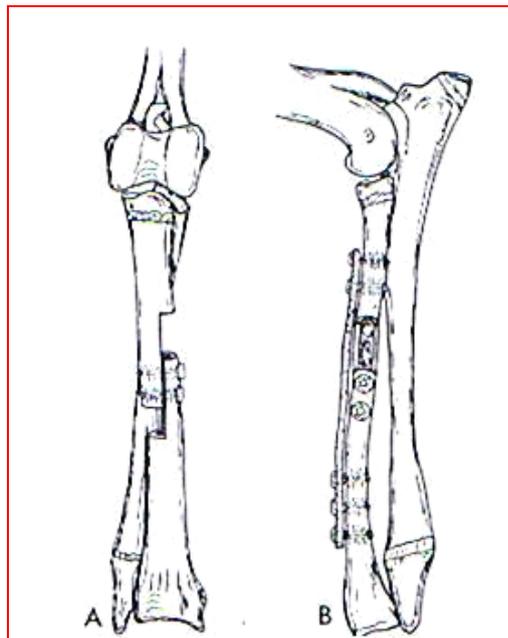
(utilizzato, in tal caso, solo per conservare tali rapporti e provvedere all'allungamento assiale);

- progettando ed orientando con precisione la struttura dell'impianto di fissazione esterna circolare, in modo che con esso si riesca contemporaneamente ad allungare ed a correggere le deviazioni angolari, mentre si completa lo sviluppo scheletrico.<sup>6</sup>

### *Trattamenti definitivi della chiusura prematura delle fisi radiali*

La osteotomia trasversa prossimale del radio consente di ripristinare la congruenza articolare al gomito nel caso di chiusure del disco epifisario prossimale o distale del radio. Tuttavia, effettuando una distrazione acuta dei monconi dopo l'osteotomia, non sempre si riesce a recuperare interamente il deficit in lunghezza dell'osso per cui anche in questi casi si può ricorrere ad osteotomie sub periostali con applicazione di un impianto di Ilizarov.

In alternativa, una osteotomia a gradino consente di ottenere un recupero in lunghezza maggiore, rispetto alla osteotomia trasversale ( Fig. 6-5).



**Figura 6-5:** Osteotomia a gradino per la correzione dell'incongruità del gomito nelle chiusure complete delle fisi radiali.

Se sono presenti deformazioni assiali o deviazioni angolari nell'estremità distale dell'arto queste possono essere corrette ricorrendo alle stesse procedure indicate per il trattamento definitivo della chiusura prematura del disco ulnare distale (osteotomie oblique, osteotomie cuneiformi).<sup>13</sup>

Considerando che, l'evoluzione di una chiusura prematura fisaria può essere alquanto imprevedibile, come pure l'andamento delle tecniche dinamiche durante il completamento dello sviluppo scheletrico, non è infrequente dover ricorrere più volte a tecniche differenti sullo stesso soggetto per ottenere risultati soddisfacenti.

## CAPITOLO VII

### *Principi di funzionamento, struttura e caratteristiche biomeccaniche dell'impianto di Ilizarov*

#### *Cenni storici*

Il Dott. Graviil Abramovich Ilizarov (1921-1992) dopo essersi laureato in medicina nel 1944, iniziò a lavorare nello staff chirurgico dell'Ospedale per Invalidi di Guerra a Kurgan, in Siberia. Pochi anni dopo (1951), spinto dalla necessità di trovare una valida alternativa chirurgica agli innumerevoli e complicati casi ortopedici che quotidianamente era chiamato a gestire, mise a punto un nuovo prototipo di fissatore esterno circolare telescopico ed una nuova tecnica di applicazione.

Inizialmente, il fissatore esterno ideato da Ilizarov venne utilizzato per la cura di complicate, ma ben note, affezioni ortopediche refrattarie ai trattamenti già esistenti (osteomieliti, pseudoartrosi, fratture esposte etc) sfruttando la sua notevole biotollerabilità e versatilità.

Tuttavia, fu nel 1956 che Ilizarov ebbe l'intuizione che avrebbe segnato una svolta in campo chirurgico ortopedico; egli notò, infatti, la formazione di nuovo osso nello spazio tra i monconi di una frattura che erano stati accidentalmente sottoposti dal paziente a distrazione invece che a compressione. Intuendo la potenziale importanza di questa osservazione Ilizarov cominciò una serie di esperimenti su animali per dare una spiegazione al fenomeno.

Divenne in questo modo primo conoscitore ed utilizzatore del meccanismo della osteogenesi distrattiva, ancora oggi ampiamente adoperato in ortopedia umana e sempre più diffuso in medicina veterinaria.<sup>26</sup>

## *Osteogenesi distrattiva*

È un processo di formazione di nuovo tessuto osseo che avviene tra i capi vascolarizzati e ben stabilizzati di due monconi di frattura sottoposti a graduale separazione.<sup>6,24,26,27,48</sup>

Il principio biologico che regola questa neogenesi ossea è stato definito

“ **effetto dello stress da tensione sulla genesi dei tessuti**”.<sup>6,26</sup>

Una lenta distrazione non porta alla rottura del callo osseo, ma stimola, al contrario, l'osteogenesi e la crescita dei tessuti molli circostanti.<sup>26,29,30</sup>

Nell'ambito del trattamento delle deformità assiali, si dà inizio alla osteogenesi distrattiva creando una frattura nella diafisi dell'osso. Ilizarov, basandosi sui suoi esperimenti, suggerì il ricorso ad una corticotomia a bassa energia, in grado di preservare al meglio il tessuto periostale ed endostale e di conservare l'integrità del tessuto midollare della diafisi.

Tale tecnica prevede uno scollamento del periostio intorno alla sede osteotomica ed il taglio della porzione craniale, laterale e mediale della sola corticale. La porzione caudale viene manualmente osteotomizzata con precisione, per preservare il più possibile il tessuto midollare. Più recentemente, alcuni autori (Zembo et al.) hanno dimostrato che, negli animali, non ci sono sostanziali differenze sulla neoformazione ossea, se si pratica una osteotomia classica al posto di una corticotomia, a condizione, però, che il periostio resti intatto.<sup>25</sup>

Una volta effettuata la osteotomia/corticotomia iniziano tutti gli eventi della fase infiammatoria, che si osservano anche nelle fratture non indotte chirurgicamente. Si forma un ematoma all'interno del quale proliferano vasi sanguigni e si infiltrano fibroblasti di origine mesenchimale (tessuto di granulazione) che, con l'inizio della distrazione, cominciano a produrre fibre collagene orientate secondo le linee di forza (longitudinali).

Queste fibre insieme formano dei fasci collegati alle superfici prossimale e distale dei monconi. Sui fasci di collagene gli osteoblasti cominciano a depositare l'osteoido che forma delle microcolonne e poi mineralizza. Il nuovo tessuto osseo “immaturo”, visibile alle radiografie dopo 7-14 gg dall'inizio della distrazione, è detto **rigenerato**. Esso si forma secondo un andamento centripeto, dalle superfici dei monconi verso il centro. Fino a che non cessa la distrazione la porzione centrale del rigenerato, detta **interzona**, non mineralizza, ma resta costituita da un tessuto di granulazione ed una matrice fibrosa poco vascolarizzata. Appena cessa la distrazione, l'interzona è invasa dai vasi sanguigni

ed inizia a mineralizzare portando al consolidamento dei monconi. Il rimodellamento happens, che riporta all' integrità la corticale ossea, incomincia a circa 2-3 mesi negli animali ed a 4-6 nell'uomo; nei primi si completa intorno ai 7 mesi e nei secondi intorno ai 12-24 mesi.<sup>27</sup>

Nell'uomo e negli animali la formazione di nuovo osso attraverso la distrazione avviene prevalentemente secondo un modello di ossificazione intramembranosa, ossia senza la formazione del callo fibrocartilagineo.<sup>6</sup>

Uno studio recente su modelli murini, tuttavia, ha osservato che l'osso, durante la distrazione, si forma secondo diversi modelli di ossificazione. In particolare ne sono stati identificati tre: modello encondrale, modello intramembranoso e modello dell'osso condroide, via di mezzo tra tessuto cartilagineo e tessuto osseo.<sup>29</sup>

Affinchè l'osteogenesi distrazionale si realizzi nel migliore dei modi è necessario considerare alcuni fattori clinici che ne condizionano l'andamento.

La stabilità dei monconi di frattura è un requisito indispensabile perché si formi il rigenerato durante la distrazione. Il fissatore esterno di Ilizarov può essere montato in diverse configurazioni, come sarà descritto in seguito, per fornire la massima stabilità. In assenza di questo fattore è possibile che si formino calli fibrocartilaginei non unitivi.<sup>27</sup>

Un adeguato apporto vascolare è fondamentale perché si avvii il processo infiammatorio interframmentario da cui prende origine il tessuto di granulazione. In umana è stato osservato che l'avascolarità dello spazio interframmentario porta alla fibrogenesi ischemica, ossia si forma un tessuto fibroso su cui non sviluppano le microcolonne di osteoide.<sup>27</sup>

Il rispetto dell'integrità dei tessuti molli che circondano il focolaio di frattura è un altro importante fattore direttamente correlato al precedente. Il principale apporto vascolare è, infatti, fornito dal tessuto periostale ed endostale. Il danneggiamento dei tessuti molli che rivestono la frattura (muscoli, aponeurosi, vasi e nervi) può, inoltre, ostacolare allungamento di questi stessi tessuti.

L'ampiezza dello spazio interframmentario può condizionare la formazione del rigenerato. Uno spazio troppo ridotto può portare alla consolidazione precoce senza più

possibilità di allungamento; un gap eccessivo può determinare, al contrario, il fallimento della osteogenesi.<sup>6</sup>

Il periodo di latenza, la velocità ed il ritmo della distrazione sono gli ultimi, ma non per questo meno importanti, fattori da considerare. La latenza è il tempo che si deve attendere tra l'osteotomia/corticotomia e l'inizio della distrazione. È importante non anticipare troppo la fase di allungamento per consentire la formazione di un tessuto di granulazione attivo tra i monconi di frattura. D'altra parte tempi di attesa troppo lunghi possono portare ad un consolidamento prematuro.

Il periodo di latenza cambia a seconda della locazione, del tipo di frattura e dell'età dell'animale. In mano si attendono 4-7 gg prima di cominciare la distrazione, nei cani maturi si raccomanda una latenza di 5-7gg, invece, nei soggetti giovani è sufficiente attendere 2-3gg.<sup>6,26</sup>

La velocità ed il ritmo di distrazione si riferiscono rispettivamente alla quantità ed alla frequenza dell'allungamento. Si ritiene, sulla base di osservazioni cliniche, che l'osteogenesi avvenga nel migliore dei modi effettuando due volte al giorno una distrazione di circa 0,5 mm.<sup>6</sup>

### *Struttura e biomeccanica dell'impianto*

Il fissatore esterno circolare dinamico di Ilizarov è un sistema modulare che può essere assemblato secondo varie configurazioni adattandosi, di volta in volta, allo specifico problema ortopedico.

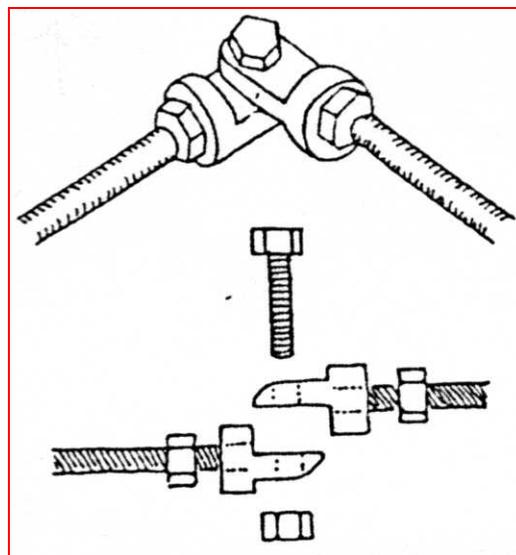
Si tratta di un impianto molto versatile che può essere utilizzato non solo per l'allungamento ma anche per la correzione progressiva delle deformazioni assiali, angolari e rotazionali delle ossa lunghe.<sup>26</sup>

Gli impianti attualmente utilizzati in medicina veterinaria hanno subito dei piccoli adattamenti rispetto al prototipo messo a punto dall'ideatore. L'adattamento si è reso necessario considerando l'incredibile variabilità di dimensione e di peso esistente nella specie canina.

Gli elementi costitutivi di un fissatore, che possono essere tra di loro variamente assemblati sono rappresentati da:

-anelli circolari forati (diametro tra 40 ed 80 mm), reperibili in commercio in diversi materiali (acciaio, alluminio e carbonio) e disponibili come anelli interi, semianelli o quarti di anelli.

- barre telescopiche filettate, dadi e controdadi, che rappresentano gli elementi di connessione tra gli anelli e consentono la progressiva distrazione/compressione.
- bulloni con foro di passaggio per i fili transossei, bulloni e rondelle come elementi di assemblaggio
- fili Kirshner transossei (da 1,5 a 1,8mm di diametro), tendifilo nanometrici, rondelle semisferiche e cremagliere (snodi), queste ultime per consentire la progressiva correzione delle deviazioni angolari contemporaneamente alla distrazione (Fig.7-1).<sup>7,26,28</sup>



*Figura 7-1: Dettaglio sul montaggio delle cremagliere*

Per trattare le deformità e le deviazioni ossee possono essere utilizzati impianti di Ilizarov con diverse strutture (lineari semplici, con rondelle semisferiche, con uno o più snodi).<sup>52</sup> Le caratteristiche biomeccaniche di ciascuna struttura cambiano in rapporto ad alcuni fattori estrinseci ed intrinseci al sistema.

Poiché, tali caratteristiche influenzano sensibilmente l'andamento della guarigione della frattura e l'osteogenesi distrazionale è importante conoscere ciascuna variabile in gioco.

## *Fattori estrinseci*

Il diametro degli anelli condiziona la lunghezza dei fili interossei e quindi la stabilità dell'impianto, secondo un rapporto direttamente proporzionale. Per ottenere la massima stabilità, preservando i tessuti molli con cui gli anelli possono venire in contatto, vanno scelti quelli con diametro più piccolo possibile, lasciando uno spazio di circa 2 cm tra la cute ed il diametro interno.<sup>31</sup>

Il materiale di cui sono fatti gli anelli modifica la resistenza dell'impianto. Degli studi hanno comparato le caratteristiche fisiche degli anelli in acciaio, alluminio e fibra di carbonio, attualmente disponibili sul mercato. Gli anelli di fibra di carbonio sono più resistenti alle forze assiali e flessorie rispetto a quelli in acciaio. Tuttavia, per carichi di bassa intensità, anche l'acciaio ha dimostrato una ottima resistenza. Se sottoposti a carichi elevati gli anelli in carbonio ed alluminio mostrano una resistenza maggiore ed una deformazione più elastica rispetto a quelli in acciaio. Sarebbero, dunque, da preferire agli anelli in acciaio se non fosse per il costo notevolmente più elevato e una maggiore tendenza all'usura.

Il numero dei livelli di fissazione di ogni moncone osseo è un altro fattore direttamente proporzionale alla stabilità dell'impianto. Le strutture a due anelli (un solo livello per moncone) sono meno stabili, ma sono sufficienti per l'allungamento osseo e la correzione delle deviazioni angolari, in quanto, la tensione che l'impianto esercita sui tessuti molli contribuisce alla stabilità generale del sistema. Le strutture a quattro anelli (due livelli per moncone) sono molto più stabili e vanno preferite per il consolidamento delle fratture.<sup>31</sup>

Il numero dei fili transossei per anello è proporzionale alla stabilità ed alla resistenza dell'impianto nei confronti delle forze assiali e rotazionali. Per le strutture ad un livello di anelli si utilizzano due fili per anello che devono essere fissati ai punti opposti dell'anello, in modo da incrociarsi a 90°. La perpendicolarità dei fili assicura all'impianto la massima resistenza alle forze flessorie.<sup>31</sup>

La resistenza e la stabilità dell'impianto aumentano con l'aumentare del diametro dei fili. Tuttavia, l'elasticità dell'impianto si riduce all'aumentare del diametro.

Maggiore è il diametro dei fili e maggiore sarà la resistenza alla torsione.

In veterinaria si utilizzano comunemente fili del diametro di 1.5, 1.6 ed 1.8 mm che vanno scelti tenendo conto delle dimensioni del paziente e del tipo di stabilità e resistenza che si richiede all'impianto.

La tensione applicata sui fili interossei condiziona la resistenza complessiva dell'impianto soprattutto nei confronti delle forze assiali.

Nel sottoporre a tensione i fili bisogna tenersi al di sotto del limite di deformazione plastica che dipende dal diametro del fili stesso.

In veterinaria sono utilizzate tensioni da 0 a 90 kg per singolo filo, in umana si può arrivare a 130 Kg.

In **tabella 7-1** sono riportati i valori di diametro e di tensione dei fili utilizzati sui cani in rapporto al peso corporeo.

	1.5 Kg	5- 10 Kg	10- 20 Kg	> 20 Kg
Diametro fili (mm)	1.0	1.0	1.2	1.5- 1,6
Tensione fili (Kg)	0	20- 30	30- 60	60- 90

*Tabella7-1: Diametri e tensione dei fili suggeriti per l'uso sui cani in rapporto al peso corporeo: Dati ottenuti da personali comunicazioni di Ferretti A e Tommasini M.*

### *Fattori intrinseci*

La ampiezza delle superfici di contatto dei monconi di frattura induce maggiore stabilità intrinseca al sistema.

Soprattutto quando c'è necessità di creare sistemi più stabili è importante agire sui monconi di frattura (pseudoartrosi in particolare) cercando di ampliare il più possibile le superfici di contatto delle estremità dei monconi, attraverso osteotomie /ostectomie oblique.

Infine, la tensione sui tessuti molli (callo osseo o rigenerato) esercitata dall'impianto di fissazione ha un importante azione stabilizzatrice sul sistema.

Il comportamento dei tessuti molli è di tipo viscoelastico.

Nel caso del rigenerato appena viene applicata la distrazione si verifica un aumento immediato della tensione che, tuttavia, si riduce progressivamente dopo la prima ora. La tensione dei tessuti molli e del rigenerato quando si utilizza l'impianto di Ilizarov può influenzare l'entità della tensione da applicare sui fili transossei. Se si distrae il fissatore, la messa in tensione dei tessuti molli può creare una tensione aggiuntiva sui fili di circa 50 kg cui va aggiunta la tensione generata dal carico del peso sull'arto. Al contrario, se il fissatore è utilizzato in modalità statica (stabilizzazione di fratture) non c'è tensione addizionale sui fili, ad eccezione di quella dovuta al carico del peso corporeo. In conclusione, tenendo conto di ciò, quando si utilizza l'impianto per l'osteogenesi distrattiva, si possono applicare sui fili tensioni minori rispetto a quando si stabilizza una frattura. D'altra parte tendere troppo i fili potrebbe determinarne, in corso di distrazione, l'improvvisa rottura.<sup>31</sup>

## CAPITOLO VIII

### *Impiego del fissatore esterno di Ilizarov nel trattamento delle chiusure premature dei dischi epifisari dell'avambraccio*

#### *Analisi delle deformità*

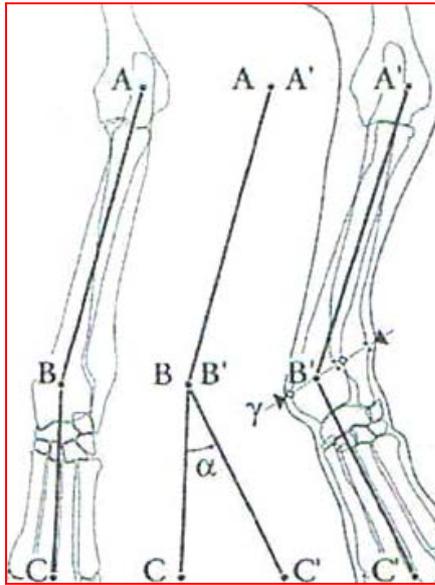
La deformità di un arto, intesa come deviazione del suo asse, può verificarsi lungo qualsiasi piano nello spazio. Nel caso dell'avambraccio, le deviazioni assiali possono svilupparsi: lungo il piano sagittale, con una direzione anteriore (procurvato) o posteriore (recurvato); lungo il piano frontale, con direzione laterale (valgo) o mediale (varo); lungo piani obliqui.

Se la deformità sviluppa lungo un solo piano è detta semplice, viceversa, se comprende più piani di deviazione è detta complessa. Le deformità a carico dell'avambraccio, soprattutto quelle dovute alla chiusura prematura della fisi distale ulnare, sono complesse, poiché c'è procurvato sul piano sagittale, valgismo su quello frontale ed extrarotazione sul piano obliquo.

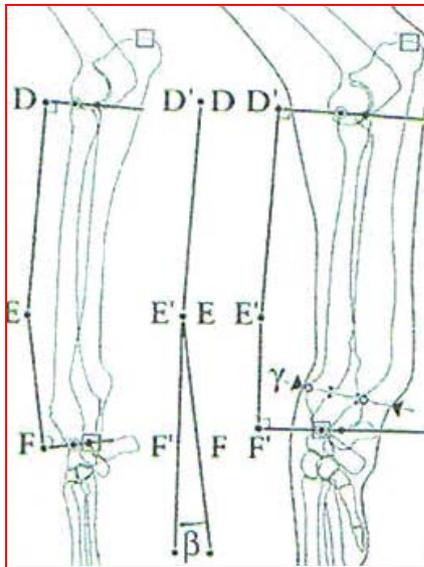
Le deformità che sviluppano sui piani anatomici (sagittale e frontale) possono essere valutate radiograficamente con proiezioni ortogonali ai piani di interesse (AP per il piano frontale, ML per il piano sagittale).

Nella maggior parte dei casi, tuttavia, le deformità sviluppano su piani obliqui e sono la risultante delle componenti sagittale e frontale. Tali deformità sono visibili clinicamente, ma per valutarne la direzione e l'ampiezza e l'origine occorrerebbero, teoricamente, delle radiografie con proiezioni esattamente ortogonali al piano obliquo su cui si sviluppano.

Dunque, per caratterizzare le deformità oblique, occorre ricavare le componenti frontali (alfa) e sagittali (beta) sulle proiezioni radiografiche standard (Fig. 8-1/8-2)



**Figura 8-1:** Determinazione della componente di deformità sul piano frontale: AB A'B' linee parallele all'asse lungo del radio, BC e B'C', linee parallele allo spazio tra terzo e quarto metacarpo . l'angolo alfa tra BC e B'C' è l'ampiezza della componente frontale della deformità obliqua. Il punto di origine della deformità è localizzato all'intersezione tra le due linee



**Figura 8-2:** Determinazione della componente cranio-caudale della deformità e determinazione della lunghezza dell'arto in proiezione medio-laterale (ML): DE-D'E' = linee perpendicolari alla testa del radio, EF-E'F' = linee perpendicolari alla superficie articolare laterodistale del radio. L'angolo beta tra EF ed E'F' è la componente cranio caudale della deformità obliqua. La lunghezza del radio è misurata tra la parte craniale della testa del radio e il processo stiloideo distale. La lunghezza dell'ulna è misurata tra la parte prossimale dell'olecrano e il processo stiloideo ulnare.

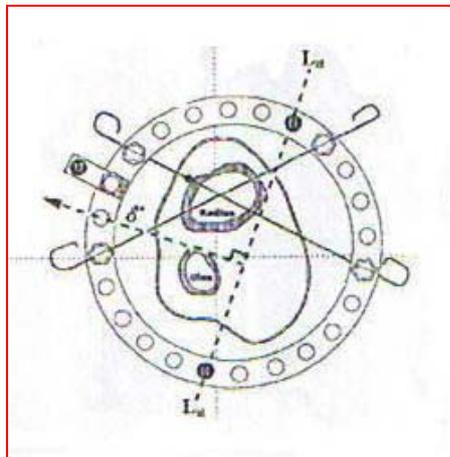
e ricavare attraverso opportune formule trigonometriche l'ampiezza (delta minuscolo), la direzione (delta maiuscolo) delle deformazioni oblique (Fig 8-3).

$$\delta = \arctan \sqrt{\tan^2 \alpha + \tan^2 \beta}$$

$$\Delta = \arctan \left( \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} \right)$$

**Figura 8-3:** Formule trigonometriche per calcolare rispettivamente l'ampiezza e la direzione delle deformità sul piano obliquo.

Tali valori possono essere riportati su di un grafico per identificare i punti esatti di applicazione delle cremagliere e del motore di distrazione nel caso in cui si applichi un impianto snodato per correggere deviazioni in valgo o in varo dell'arto (Fig 8-4).<sup>32,33,34</sup>



**Figura 8-4:** Grafico della direzione dei piani di deformità e del piano degli snodi e del motore di distrazione dell'impianto: Lh-Lh piano degli snodi perpendicolare al piano obliquo di deformità Delta, a sua volta risultante dalle componenti sul piano frontale e sagittale (ascisse ed ordinate del grafico)

## *Assemblaggio dell'impianto*

Sulla base del tipo di deformità è possibile costruire impianti di fissazione circolare con diverse strutture.

Le strutture semplici sono adatte al trattamento di arti con deficit di lunghezza ed incongruità articolare senza deformità assiali.

Le strutture con rondelle semisferiche consentono di angolare uno o più anelli in rapporto alle barre di connessione e possono essere usate per correggere piccole deviazioni angolari, mentre si allunga l'osso e si trattano le incongruità articolari. In presenza di deformità notevoli, la struttura snodata (dotata di cremagliere e di motori di distrazione) è quella più versatile, poichè consente di correggere contemporaneamente i deficit in lunghezza, l'incongruità articolare e le deviazioni angolari e rotazionali di notevole entità.<sup>7</sup>

In ogni caso l'impianto va assemblato prima di iniziare la chirurgia.

In genere si utilizzano quattro anelli interi, raccordai ciascuno a due fili trans ossei, in modo che l'impianto si estenda a tutto l'avambraccio. Di solito nella parte prossimale, per consentire libertà di movimento al gomito, invece dell'anello intero si posiziona un anello  $\frac{3}{4}$ .

Se a seguito dell'osteotomia il segmento distale risulta molto piccolo è possibile utilizzare un solo anello distale.

Gli anelli devono essere montati perpendicolarmente all'asse lungo dell'osso seguendo i piani di deviazione.

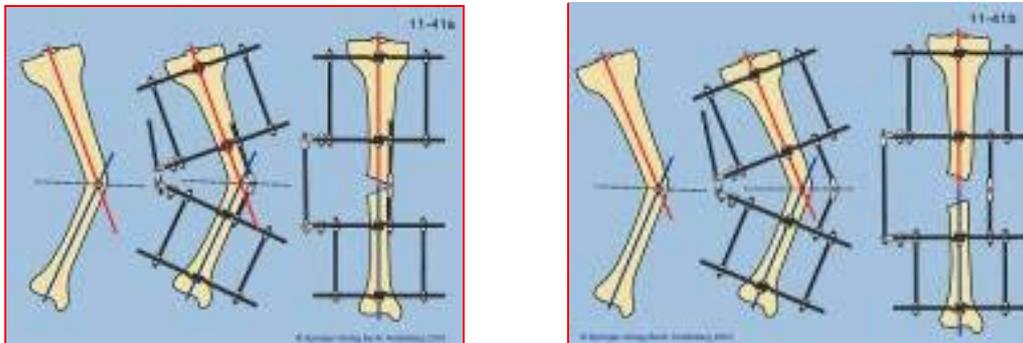
L'assemblaggio di un impianto snodato è più complesso degli altri, poiché occorre conoscere precisamente la direzione, l'ampiezza e il punto di origine della deformità che si intende correggere, per posizionare correttamente gli snodi ed il motore di distrazione e per effettuare l'osteotomia nel punto giusto.

Gli snodi devono essere posizionati esattamente allo stesso livello del punto di deformità, con il loro asse perpendicolare al piano della deformità.

A seconda del punto in cui si vengono a trovare gli snodi rispetto all'apice convesso della deformità si possono ottenere risultati diversi:

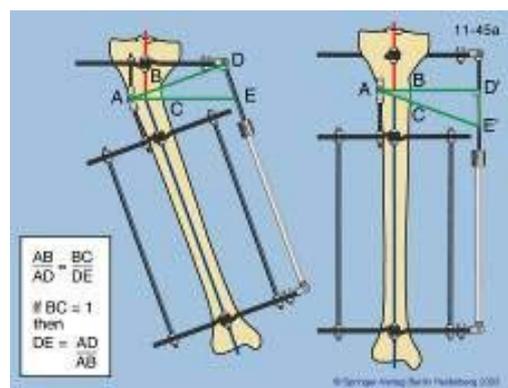
se lo snodo coincide con l'apice convesso, la progressiva distrazione consente di correggere la deviazione senza recuperare niente in lunghezza; se lo snodo è posto ad una certa distanza dall'apice convesso della deformità, distraendo l'arto si ottiene un allineamento ed un allungamento del segmento osseo; infine, se lo snodo cade a metà

tra convessità e concavità della deformità, mentre si distrae l'impianto si ottiene un allungamento del lato concavo ed uno schiacciamento del convesso (Fig. 8-5 A/B).<sup>32,33</sup>



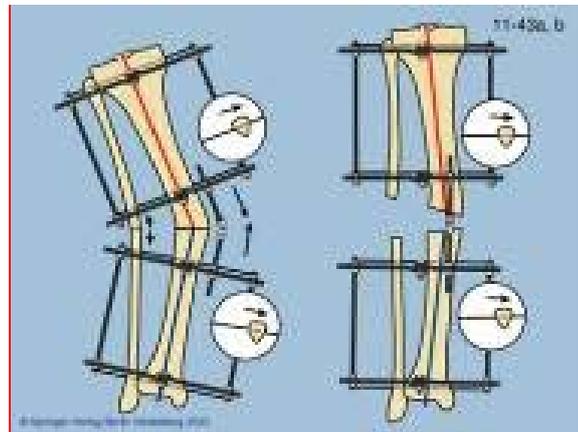
**Figura 8-5 A:** esito del posizionamento dello snodo in corrispondenza del punto di massima convessità della deformità. **Figura 8-5 B:** esito del posizionamento dello snodo al di fuori del punto di massima convessità della deformità

La distrazione sul lato concavo del sito di deformità deve essere di 1mm al giorno. Per sapere di quanti mm si deve distrarre l'asta dell'impianto (DE) per ottenere 1 mm di distrazione sul lato concavo (BC) si deve applicare la regola dei "triangoli simili": DE corrisponde al rapporto di AD, distanza perpendicolare tra lo snodo e il motore di distrazione, ed AB, distanza più breve tra lo snodo e la parte concava della corteccia (Fig 8-6).

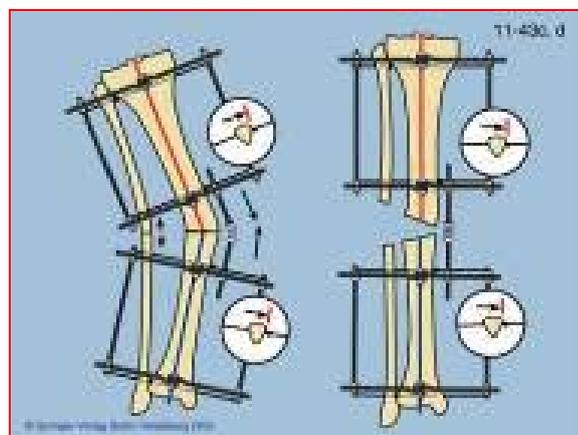


**Figura 8-6:** Regola dei triangoli simili per misurare in mm l'entità della distrazione sulle barre per ottenere 1 mm di distrazione al giorno sul sito concavo della osteotomia.

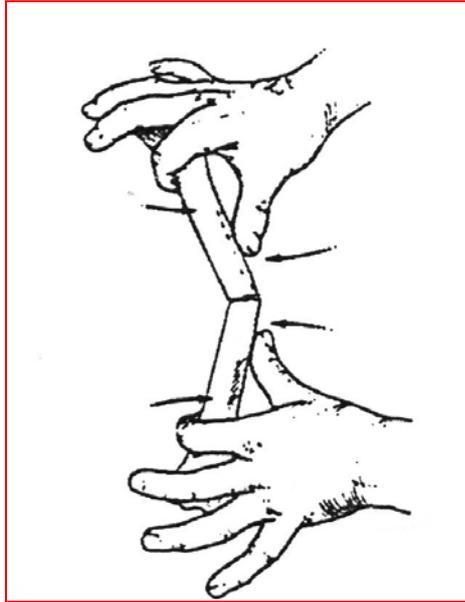
In alcuni casi è necessario fornire all'impianto dei fili con oliva per evitare lo scivolamento dei monconi durante la distrazione. I fili con oliva vanno inseriti secondo la regola dei "due pollici" come descritto in figura (Fig. 8-7A/B/C).



**Figura 8-7 A:** direzione dello slittamento dei fili durante la distrazione



**Figura 8-7 B:** applicazione dei fili oliva per evitare lo scivolamento



*Figura 8-7 C: regola dei due pollici per identificare il lato di applicazione dei fili con oliva.*

Una volta ottenuta la correzione della deformità occorre mantenere l'impianto di fissazione in sede per un tempo sufficiente ad assicurare il consolidamento del rigenerato osseo. In generale, l'attesa dipende dall'entità dell'allungamento ottenuto: per il consolidamento di 3 cm di rigenerato mediamente occorrono 30 giorni di fissazione statica.<sup>33</sup>

### *Vantaggi della tecnica*

Oltre ad una notevole versatilità il fissatore esterno circolare di Ilizarov presenta diversi vantaggi rispetto ad altri impianti di fissazione scheletrica.

L'impiego dei fili transossei sottili rende l'impianto biocompatibile in quanto, l'inserimento di queste strutture danneggia in minima parte la cute, i muscoli e l'osso, preservando anche la vascolarizzazione peri ed endostale.

I fili incrociati e solidarizzati sotto tensione agli anelli dell'impianto, consentono di ottenere una buona fissazione dei monconi ossei opponendosi agli spostamenti in senso sagittale, frontale e rotatorio.

Quello di Ilizarov è un impianto che può essere usato sia per favorire il consolidamento delle fratture o delle pseudoartrosi sia per ottenere allungamento osseo. Nel primo caso non crea by-pass esterni al focolaio di frattura, ma convoglia le forze compressive all'interno dell'osso favorendo una naturale e precoce formazione del callo. Nel secondo caso, grazie alla possibilità di far scorrere gli anelli lungo le bare di connessione, consente di creare le condizioni ideali all'osteogenesi distrazionale.

È generalmente ben tollerato dagli animali che tendono ad utilizzare l'arto molto precocemente. Questo consente un rapido ripristino delle condizioni circolatorie locali riducendo la formazione degli edemi, l'ipotrofia e l'ipotonia muscolare.<sup>49</sup>

### *Svantaggi e complicanze*

Essenzialmente ai fissatori esterni circolari di Ilizarov vanno riconosciuti tre svantaggi.

- Anche la configurazione più semplice dell'impianto richiede tempi lunghi di montaggio e, sebbene, buona parte dell'impianto sia assemblata prima della chirurgia, l'applicazione sul paziente può richiedere tempi lunghi e costringere a prolungare l'anestesia.

- Gli impianti circolari tipo Ilizarov sono molto rigidi e consentono di ottenere una buona stabilità del focolaio di frattura, tuttavia, sono meno maneggevoli dei fissatori esterni classici e la loro gestione, soprattutto da parte dei proprietari, può risultare difficoltosa.

- durante il trattamento delle deformità assiali è importante effettuare periodici controlli radiografici che si traducono in costi e, talvolta, disagi aggiuntivi per i proprietari.

Possibili e generiche complicanze sono rappresentate da: danneggiamento accidentale di strutture vascolo nervose durante l'applicazione dell'impianto; dolore durante il carico dell'arto; infezioni dell'interfaccia filo-cute; osteomielite; rottura di fili o di parti dell'impianto; rigidità articolare temporanea.<sup>34,50,53</sup>

Quando i fissatori circolari sono utilizzati per la correzione delle deformità assiali alle complicanze suddette vanno potenzialmente aggiunte:

- La contrattura muscolare che provoca flessione dell'articolazione carpica;  
35,36,47,51

- la sublussazione carpica associata alla contrattura muscolare;
- danni ai vasi e ai nervi in caso di allungamenti superiori al 30% della lunghezza totale dell'osso;
- prematuro consolidamento dell'osteotomia;
- ritardo del consolidamento dell'osteotomia;

Di queste complicanze certamente la più frequente è rappresentata dalla contrattura muscolare in corso di distrazione. Uno studio, a tal proposito, ha cercato di valutare l'efficacia dell'aggiunta di un semianello a livello metacarpale come ostacolo alla flessione del carpo, ottenendo risultati incoraggianti.<sup>35</sup>

Generalmente, comunque, la contrattura è temporanea e con opportuni esercizi di fisioterapia tende a risolversi spontaneamente.

Effettuare una corretta valutazione delle deformità, scegliere attentamente la configurazione dell'impianto da utilizzare, applicarlo correttamente al paziente e seguire l'andamento della terapia con frequenti controlli clinici e radiografici, sono tutti accorgimenti che consentono di ridurre al minimo il rischio di complicanze.

# CAPITOLO IX

## *Casistica clinica*

### *Introduzione*

La maggior parte degli autori, oggi, considera la tecnica di Ilizarov tra le migliori opzioni terapeutiche in caso di chiusura prematura dei dischi epifisari,<sup>25,56,57</sup> sia per la grandissima versatilità degli impianti sia perché consente di ottenere ottimi risultati funzionali ed estetici. Tuttavia, gli studi in materia hanno approfondito molto gli aspetti relativi alle indicazioni generiche di corretta applicazione della tecnica (costruzione di impianti biomeccanicamente affidabili, utilizzo delle cerniere, corretta esecuzione della osteogenesi distrattiva) ed hanno anche fornito ampie descrizioni di casi clinici, ma, raramente si è tentato di identificare dei protocolli standardizzati per il trattamento delle diverse lesioni osservabili nel corso di questa patologia.

In tal senso il nostro studio si propone non soltanto di fornire un ulteriore contributo alla valutazione degli aspetti vantaggiosi della tecnica in questione, ma cerca anche, laddove possibile, di indicare delle linee guida di gestione chirurgica applicabili in modo sistematico e con buon margine di successo ad alcune forme di chiusura prematura delle fisi distali dell'avambraccio nel cane.

### *Materiali e metodi*

Sono stati inseriti nella casistica di questo studio 27 cani affetti da chiusura prematura dei dischi epifisari distali dell'avambraccio, condotti in cura presso la nostra struttura di Chirurgia del Dipartimento di Scienze Cliniche Veterinarie, negli anni compresi tra il 2006 ed il 2011.

La maggior parte dei dati relativi a tale casistica sono stati raccolti in una tabella sinottica (**Tabella 9-1**) da cui sono state estrapolate e sviluppate in dettaglio le informazioni più utili alle valutazioni in merito allo studio.

Tutti i soggetti presi in esame sono stati sottoposti a chirurgia mediante impiego di un impianto di fissazione esterna circolare, per uso veterinario, di fabbricazione italiana (Hoffmann). Lo strumentario utilizzato si componeva di anelli e semianelli di diametro interno compreso tra 4 a 12 cm, su cui è stato possibile montare in tensione fili transossei di calibro compreso tra 1 ed 1,5 mm, con aste e bulloneria da 8 mm.

Talvolta sono state applicate anche delle fiches rigide filettate da fissatore esterno assiale di 2-3 mm di diametro, ottenendo montaggi “ibridi”.

Per ciascun soggetto è stata annotata la razza, il sesso, l'età ed il peso. Inoltre, sulla base delle immagini radiografiche in doppia proiezione, sia dell'arto patologico sia del contro laterale, è stata identificata la patologia principale e valutata la qualità e l'entità delle lesioni responsabili del quadro clinico (fisi danneggiata, incongruenza articolare, ipometria, varismo, valgismo, procurvato, recurvato, extrarotazione). Sono state annotate le misure in lunghezza di radio ed ulna, dell'arto patologico e di quello sano, sia prima che dopo il trattamento chirurgico, ed è stata stimata l'entità dell'allungamento scheletrico ottenuto con la tecnica distrattiva.

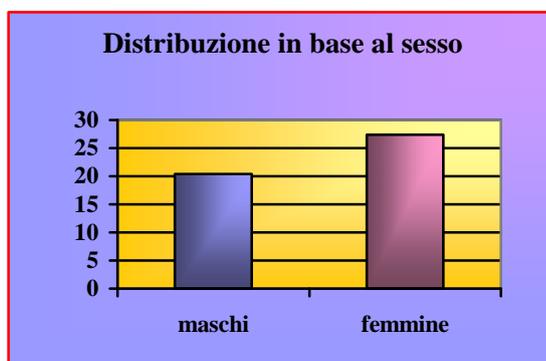
Le immagini radiografiche sono state utilizzate anche per stimare le potenzialità di crescita residua dei dischi epifisari ancora fertili. Questo dato, insieme al grado di compromissione articolare, è stato tenuto in massima considerazione sia ai fini prognostici sia per la pianificazione terapeutica.

Sono state descritte, inoltre, le caratteristiche dei protocolli terapeutici, adottati per ogni tipo di chiusura epifisaria, in termini di: numero degli anelli montati (2,3,4); sede d'impianto dei fili (radiale, ulnare, radio-ulnare); sito osteotomico ( radiale, ulnare, radio-ulnare, misto).

Infine, sono stati riportati i dati relativi alla durata ed alle eventuali complicanze del trattamento, ed alla sua riuscita in termini di recupero funzionale ed estetico dell'arto operato, tenendo conto anche del grado di soddisfazione del proprietario.

## *Risultati e conclusioni*

Nel gruppo di studio sono presenti 10 soggetti di **sex** femminile e 17 di sesso maschile (Grafico 9-1).



*Grafico 9-1*

Questo dato, da un lato, rispecchia la reale distribuzione della popolazione canina afferente alla nostra struttura, che effettivamente vede prevalere i maschi rispetto alle femmine; tuttavia, non è escluso che esso dipenda anche da fattori di tipo comportamentale, quali la più spiccata propensione dei soggetti di sesso maschile all'irruenza ed all'aggressività spesso causa di traumi.

I dati relativi alla **razza**, a nostro avviso non si prestano a particolari considerazioni, poiché la prevalenza su un territorio di una razza rispetto ad altre è per lo più correlata a scelte di tendenza di massa, peraltro molto variabili nel tempo. Dunque, non essendoci omogeneità nella distribuzione delle varie razze canine sul territorio, non possiamo considerare una razza più predisposta di un'altra alle lesioni fisarie di origine traumatica. Inoltre, va specificato che, nel bacino di utenza della nostra struttura, si osserva una netta prevalenza di soggetti meticci (37%).

I soggetti esaminati mostrano **età** comprese tra i 4 ed i 12 mesi con una netta prevalenza di animali di 5 mesi (Grafico 9-2).

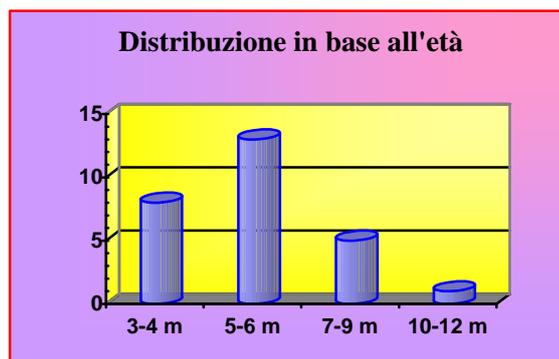


Grafico 9-2

Nessun animale era al di sotto dei 4 mesi di vita poiché, sebbene il trauma possa interessare anche animali giovanissimi, le conseguenze di un danneggiamento del disco epifisario cominciano a rendersi evidenti solo a seguito dello sviluppo asincrono dei segmenti scheletrici coinvolti, per cui ciò difficilmente si osserva prima dei 4 mesi. La prevalenza di animali di 5 mesi è in netto accordo con quanto riportato in letteratura e sembra essere legata al maggior ritmo accrescitivo delle fisi in questa fase di vita del cane; per cui, da un lato, i dischi epifisari sono più delicati e suscettibili ai traumi, dall'altro più rapidamente si evidenziano le dismetrie e le incongruenze articolari conseguenti al rallentamento o alla cessazione dell'accrescimento di uno o più dischi. In rapporto al **peso** la nostra casistica comprende tutti giovani animali di taglia media e medio-grande con peso corporeo tra gli 8 e i 28 kg al momento della chirurgia (Grafico 9-3).

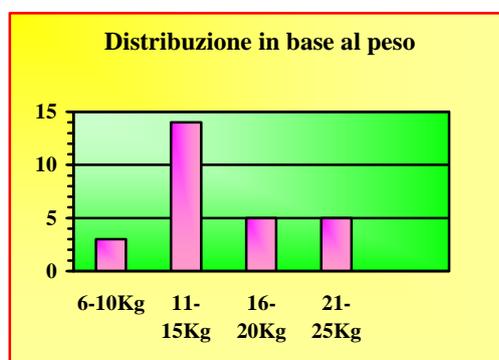


Grafico 9- 3

In accordo con quanto riportato in letteratura si può affermare che l'incidenza delle lesioni ai dischi epifisari dei soggetti più pesanti è maggiore a causa della più intensa bioattività di queste strutture, che le rende per più tempo esposte ai danni secondari ad eventi traumatici.

I **quadri clinici** presenti nel gruppo di studio sono riferibili a lesioni a carico del d.e.d. dell'ulna (9 soggetti di cui 6 con lesioni bilaterali-15 interventi totali) e del radio (15 soggetti di cui 6 con lesioni bilaterali- 21 interventi totali) un solo caso di sinostosi radio ulnare monolaterale, e due casi di fratture metafisarie con interessamento dei due dischi distali di radio ed ulna, entrambi monolaterali.

La **durata** dei trattamenti è stata compresa tra i 25 ed i 115 giorni.

### *Lesioni del disco epifisario distale dell'ulna e sinostosi radio-ulnare*

I quadri clinici legati alle lesioni del *d. e. d. dell'ulna* hanno mostrato la più ampia variabilità di caratteristiche: in tutti i casi era presente sublussazione-instabilità dell'articolazione ulno-carpica (primo segno clinico di ritardo di accrescimento dell'ulna) responsabile più del valgismo carpico che di disturbo funzionale su base algica. Sette cani di tipo mesomorfo presentavano sublussazione del gomito, mentre gli altri due casi non mostravano alterazioni particolari a carico di questa articolazione.

Costante è stato il riscontro di ipometria a carico sia dell'ulna che del radio e, conseguentemente di tutto l'avambraccio. Riguardo le deviazioni assiali erano presenti: 15 valgi, 14 procurvati, 9 extraruotati. ( Foto 9-1 A/B)



A



B

**Foto 9-1:** *Soggetto meticcio affetto da chiusura prematura del disco ulnare distale bilaterale. In evidenza il valgismo carpico, l'extrarotazione della mano e il procurvato radiale.*

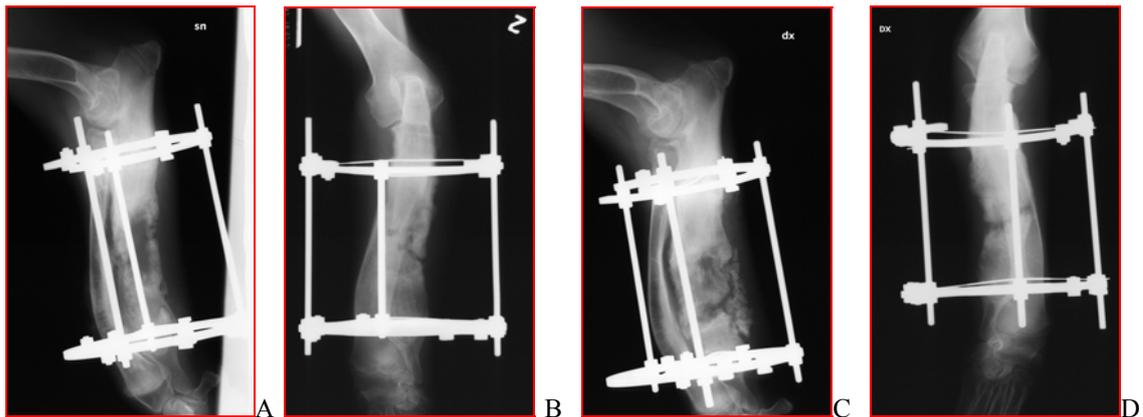
In questi soggetti l'approccio terapeutico ha, in primo luogo, perseguito l'obiettivo di annullare i dispianti articolari attraverso il solo allungamento dell'ulna, per consentire un buon recupero funzionale dell'arto. Nei casi in cui si sono perseguiti anche risultati estetici, l'intervento di allungamento isolato dell'ulna è stato seguito da interventi più complessi coinvolgenti anche il radio con la finalità di risolvere l'ipometria e le deviazioni assiali dell'avambraccio.

1) *Allungamento isolato dell'ulna* è consistito nell'applicazione di due fili o fiches filettate trans ulnari, prossimali e distali, ancorati a due anelli o semianelli (5/8) raccordati tra loro con 2/3 barre; successiva osteotomia metadiafisaria ulnare sub periostale seguita da un iniziale diastasi intraoperatoria di 3-4 mm e da un allungamento successivo, secondo regole, (5 gg dopo chirurgia, 1mm al giorno in due tempi) fino al raggiungimento dei normali rapporti articolari.

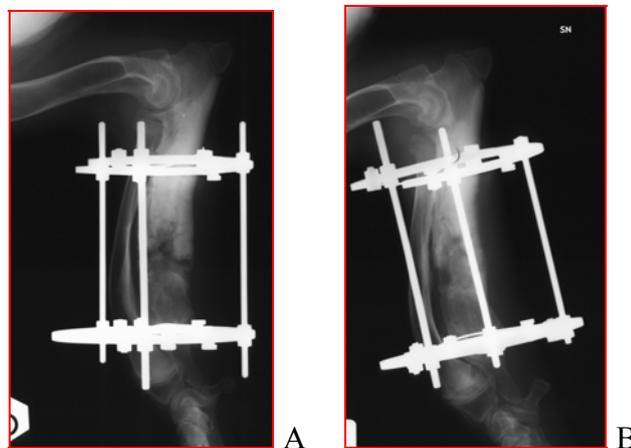
Come già accennato, si è ricorso unicamente a questo tipo d'intervento nei casi in cui si è mirato all'ottenimento di migliori rapporti articolari, senza nessun riguardo all'aspetto estetico.

In tal senso i risultati ottenuti sono stati molto soddisfacenti in quanto, con un intervento molto facile e rapido da eseguire (durata 90'), e che non ha richiesto particolari attenzioni ed abilità nella gestione postoperatoria, si è raggiunto, in tutti i casi trattati (4 cani), un buon recupero funzionale ed un sensibile miglioramento clinico della artropatia (riduzione del versamento articolare e dell'algia).

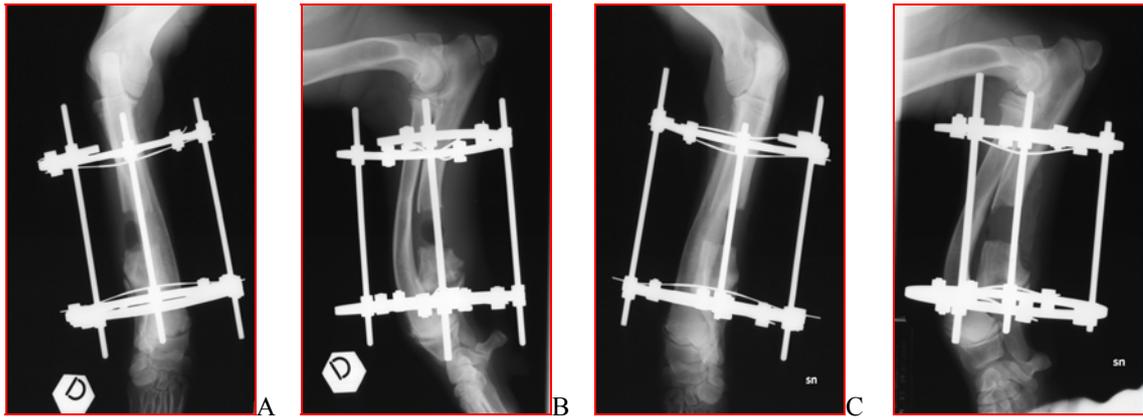
( Foto 9-1 A/B/C/D, 9-2 A/B, 9-3 A/B/C/D)



**Foto 9-1:** A-B: Rx di controllo a due settimane in proiezione medio-laterale ed antero-posteriore dell'arto sn in un soggetto con chiusura prematura del disco distale ulnare trattato con allungamento isolato dell'ulna. C-D: proiezione medio-laterale ed antero-posteriore dell'arto dx dello stesso soggetto.



**Foto 9-2 :** altro caso di allungamento isolato dell'ulna bilaterale. Controllo radiografico a due settimane. A: arto Dx, B: arto Sn.



D

**Figura 9-3:** *A-B:* Rx postoperatorio in un caso di allungamento isolato dell'ulna. *B-C:* controllo postoperatorio allungamento isolato dell'ulna dell'arto sn dello stesso soggetto.

Inoltre, nei soggetti con deformità assiali lievi, (2 casi) ma suscettibili di grave evoluzione (radio curvo) questa tecnica più semplice ha fornito anche ottimi risultati estetici, prevenendo l'insorgenza delle deformità. In questi casi, tuttavia, la principale difficoltà incontrata è stata quella di riuscire a regolare il ritmo di allungamento ulnare con quello di crescita normale del radio, evitando di causare danni articolari iatrogeni.

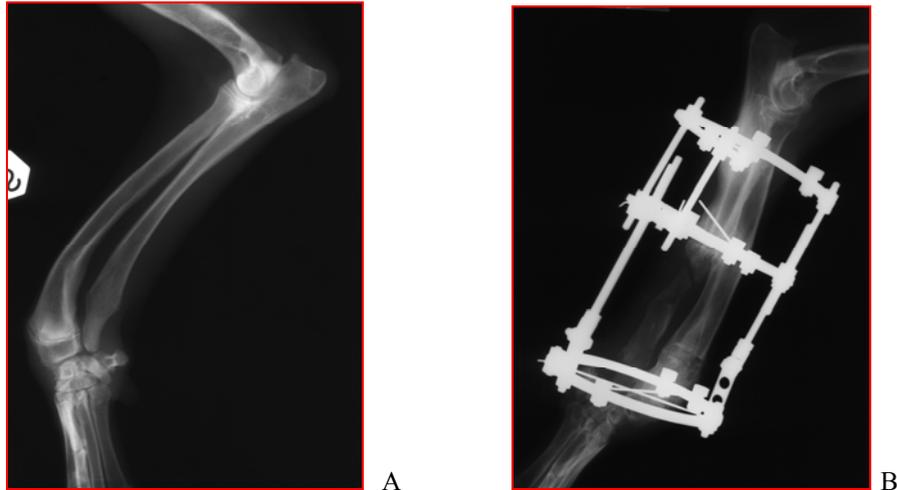
Laddove erano già presenti deviazioni assiali di una certa rilevanza clinica (2 casi) questo approccio non ha fornito alcun contributo sul piano estetico pur favorendo un discreto recupero funzionale dell'arto.

L'unico soggetto con *sinostosi radio ulnare* associata a deficit funzionale del d. e. d. dell'ulna è stato trattato con la tecnica descritta precedentemente ed ha fornito risultati ugualmente soddisfacenti sia dal punto di vista estetico (le deformità di partenza erano lievi e l'attività di crescita residua del radio ancora buona) che dal punto di vista funzionale. In questo caso, la principale difficoltà è stata quella di adeguare l'allungamento ulnare alla crescita del radio; problematica da tenere sempre presente in corso di allungamento isolato dell'ulna in presenza di dischi radiali ancora fertili.

2) *Apparecchio a funzione bifasica* montato in modo da essere agevolmente modificato in una seconda fase d'intervento.

Con tale montaggio a tre anelli e tre barre si riesce ad ottenere nella prima fase d'intervento, l'allungamento isolato dell'ulna. Nella seconda fase, invece, aggiungendo 4 o più fili trans radiali, montati su bandierine o altri anelli, si interviene, praticando anche una osteotomia radiale, sulla correzione delle deviazioni assiali ottenendo anche un allungamento sincrono di radio ed ulna. Ove possibile si continua ad utilizzare il primo sito di osteotomia ulnare; in caso di saldatura del rigenerato è possibile praticare

una seconda osteotomia ulnare. Questo impianto ad azione bifasica ha dato in tutti casi (3 cani) risultati molto incoraggianti poiché, sebbene sia necessario un nuovo intervento, l'impianto risulta ben tollerato dagli animali e di gestione facile per il proprietario. Inoltre, anche i risultati estetici sono stati molto incoraggianti. (Foto 9-4 A/B)



**Figura 9-4** **A:** Rx diretto in proiezione medio laterale diagnostico per chiusura prematura disco epifisario distale dell'ulna. **B:** impianto bifasico di allungamento ulnare seguito da allungamento sincrono radio ulnare. Controllo a quattro settimane

3) *Montaggio complesso*, utilizzato solo in due casi non ha dato buoni risultati per la complessità del montaggio, la notevole durata dell'intervento (150') e la difficile gestione postoperatoria a fronte di un risultato estetico e funzionale non soddisfacente.

Si è tentato con questo montaggio a quattro anelli, con funzione di allungamento simultaneo e indipendente del radio e dell'ulna, di trattare insieme le incongruenze articolari, le deformità assiali e le ipometrie.

Le complicanze occorse nel corso dei trattamenti descritti sono state simili a quelle riferite da altri autori.<sup>60</sup> In particolare sono stati osservati 5 casi di flogosi ed 1 caso di infezione del tramite cute-filo, una sinostosi radio ulnare, una rottura di una fiche, 1 caso di iperflessione del comparto flessorio dell'avambraccio. Quest'ultima complicanza (la più preoccupante ed influente sul risultato terapeutico) si è verificata in un caso trattato con l'impianto complesso ed è stata trattata mediante impiego di tutori con effetto estensorio sul metacarpo.

Indipendentemente dal tipo di montaggio utilizzato in caso di chiusura prematura del disco epifisario distale dell'ulna, l'esperienza maturata in questi casi ci porta a fare alcune considerazioni.

- 1) Ai fini prognostici è molto importante considerare il grado di coinvolgimento articolare non soltanto, come ovvio, del gomito, ma anche dell'articolazione radio-ulnocarpica. La diastasi tra il processo stiloideo e l'osso ulnare del carpo rappresenta il primo evento della sindrome e la principale causa di instabilità articolare.
- 2) Ripristinare i rapporti articolari prima di procedere alla correzione delle deviazioni assiali e delle ipometrie dell'avambraccio è a nostro avviso il modo più utile di procedere.
- 3) La correzione contestuale dei rapporti articolari e delle deformità assiali, anche se teoricamente possibile, è difficile da realizzare nel cane, poiché è necessario ricorrere ad impianti troppo complessi e pesanti, mal tollerati dall'animale e difficili da gestire per i proprietari.

### *Lesioni del disco epifisario distale del radio*

I quadri clinici relativi alle lesioni del *d. e. d. del radio* sono stati nel complesso più omogenei. Anche in questi casi è stata costante la presenza d'instabilità articolare radio-carpica (21 casi), mentre solo 16 casi hanno mostrato anche sublussazione omeroradiale. Le deformità assiali in valgo del carpo sono state 18 e di queste 14 associate a recurvato. Undici casi presentavano deviazione vara del carpo.

La precocità e l'entità della claudicazione in tutti i soggetti è stata sempre direttamente correlata al grado di instabilità articolare del gomito e del carpo.



**Figura A:** dettaglio del valgismo carpico da chiusura prematura asimmetrica laterale del radio in un rottweiler. **B:** dettaglio della positivizzazione degli sfondati articolari del gomito dovuti all'instabilità articolare .

La tecnica base per le chiusure del disco epifisario distale del radio è consistita nell'allungamento isolato del radio mediante applicazione di due anelli posizionati con due fili/fiches trans-radiali ciascuno in sede metaepifisaria prossimale e distale. In caso di chiusure asimmetriche del disco l'anello distale è stato applicato sempre parallelo al piano articolare, quindi obliquo rispetto all'asse lungo dell'osso. In questi casi, inoltre, il dispiano articolare carpico è stato corretto in parte in sede intraoperatoria, mentre, l'ulteriore correzione è stata ottenuta mediante applicazione di cerniere distali alle tre barre, utilizzate per raccordare i due anelli. In alcuni casi è stato usato prossimalmente un semianello di 5/8 con apertura anteriore, per consentire all'animale una più agevole mobilità dell'articolazione del gomito.

Un'osteotomia/ostectomia sub periostale del radio con immediata diastasi dei monconi di 2-3 mm ed una piccola correzione assiale, sono state praticate in sede intraoperatoria, e controllate radiograficamente. Il successivo allungamento osseo è iniziato 4 giorni dopo l'intervento al ritmo di 0,5 mm ogni 12 ore (eseguito dal proprietario).

Settimanalmente sono stati eseguiti controlli clinici, integrando l'eventuale correzione assiale, mentre i controlli radiografici sono stati eseguiti a distanza di una o due settimane, in base alle necessità del caso.

Al raggiungimento della correzione delle incongruenze articolari, è stato interrotto l'allungamento e l'impianto è stato rimosso mediamente dopo due settimane.

In alcuni casi, sempre in fase d'impianto, è stato aggiunto un terzo anello centrale rispetto ai precedenti, fissato, in seconda istanza con due fili trans ossei radioulnari, in

sostituzione dei fili trans radiali distali. Si è ricorsi a questo impianto a tre anelli nei casi in cui è stato necessario ottenere un allungamento combinato di radio ed ulna, con successiva ostectomia ulnare.

Ricorrendo a questa tecnica in 3 casi non è stata ottenuta una completa correzione dei rapporti articolari del gomito. Per uno di questi soggetti, è stato tentato un allungamento prossimale del radio aggiungendo un terzo anello con fili trans radiali e praticando un'ulteriore ostectomia radiale prossimale tra il primo ed il terzo anello.

Il comportamento delle ulne con dischi epifisari ancora fertili, in corso di trattamento, è stato degno di nota. In 4 casi la crescita ulnare dell'arto colpito è stata superiore a quella del contro laterale sano con un comportamento compensatorio molto utile ai fini della correzione dell'ipometria dell'avambraccio. In questi casi, il successivo allungamento solidale di radio ed ulna non si è reso necessario.

In letteratura il fenomeno d'incremento accrescitivo dei dischi epifisari sottratti al carico è già stato segnalato.<sup>58</sup>

Con questa tecnica sono stati ottenuti allungamenti del radio compresi tra i 2 ed i 4.6 cm (11,7% - 27% della lunghezza preoperatoria del radio).

Nei soggetti con dispiano articolare del gomito sono rimasti, dopo il trattamento, segni di modesta sofferenza articolare con rare claudicazioni di lieve entità. In 6 soggetti è stato notato, associato alla chiusura prematura della fisi, anche un certo grado di ipotrofia dell'epifisi distale del radio, responsabile, secondo noi, di una artropatia carpica postoperatoria più marcata, sebbene di scarso rilievo clinico. Gli avambracci al termine del trattamento sono risultati comunque più corti dei contro laterali, tuttavia, senza grandi ripercussioni sul risultato funzionale ed estetico finale, che nel complesso è stato soddisfacente.

Questa tecnica, a nostro giudizio, offre il maggior numero di vantaggi rispetto alle altre descritte in questa casistica.

Innanzitutto, mostra una relativa semplicità di esecuzione, inoltre, le complicanze che abbiamo riscontrato sono state rare, di modesta entità e facilmente risolvibili (8 flogosi/infezioni del tramite filo-cute, 3 sinostosi radio-ulnare in corrispondenza del sito osteotomico distale del radio, un cedimento dell'impianto di semplice gestione), infine, questa tecnica si accompagna ad una riduzione dell'accrescimento dell'avambraccio di entità clinicamente trascurabile ed offre risultati funzionali ed estetici validi e costanti.

La possibilità di applicare impianti a tre anelli, così come descritti, inoltre, aumenta sensibilmente le potenzialità della tecnica, in quanto consente, con un nuovo e breve intervento, di ottimizzare l'allungamento complessivo dell'avambraccio (anello centrale radio-ulnare e osteotomia dell'ulna) e/o di migliorare la correzione dell'incongruenza omero radiale (anello centrale radio-ulnare e osteotomia radiale prossimale).

Per questi motivi consideriamo la tecnica di allungamento isolato del radio, come da noi messa appunto e descritta, altamente consigliabile nei casi di rallentamento della crescita del disco epifisario distale del radio, sebbene, è giusto sottolineare la necessità di effettuare frequenti controlli clinici e radiografici, per evitare ipercorrezioni ed eventualmente per poter intervenire di persona sulla correzione delle deviazioni assiali.

### *Lesioni dei d. e. d. di radio ed ulna*

I due casi di fratture metafisarie distali con coinvolgimento dei *dischi epifisari distali radio ulnari*, presenti nella casistica, non hanno creato particolari problemi gestionali, in quanto l'obiettivo del trattamento è stato quello di risolvere la gravissima ipometria di tutto l'avambraccio, che non si accompagnava ad incongruità articolare.

Tale obiettivo è stato raggiunto applicando un impianto a due anelli con quattro fili transossei radio ulnari e praticando un'osteotomia radiale ed una ulnare a livello metadiafisario distale. Si è proceduto ad un allungamento intraoperatorio di 0,5 cm e ad un successivo allungamento ad opera del proprietario a partire dal 5° giorno dalla chirurgia secondo regole di routine. Questi due casi sono stati di facile risoluzione, non hanno dato particolari complicanze (1 flogosi/infezione del tramite fide cute). L'unica cosa da valutare con attenzione è il ritmo di allungamento per evitare di incorrere in forme di contrattura del comparto muscolare flessorio.

Come ultima considerazione la scelta di effettuare sempre l'osteotomia ulnare e radiale, tra l'altro, ben descritta in altri protocolli terapeutici relativi a queste patologie, è stata fatta allo scopo di prevenire una precoce fusione del rigenerato osseo, soprattutto nei casi di cattiva gestione post-operatoria ad opera dei proprietari. Occorre precisare che, in virtù delle ridotte dimensioni dei pazienti veterinari, la compattotomia ortodossa è impossibile da praticare (come riferito anche da altri autori),<sup>25</sup> per cui il rigenerato osseo deriva quasi esclusivamente da un'attività di osteosintesi periostale (unico tessuto lasciato totalmente o parzialmente integro ed in sede tra i monconi osteotomizzati). L'entità degli allungamenti che abbiamo ottenuto attraverso le osteotomie sub periostali

suggerisce una capacità rigenerativa periostale sorprendente, che a nostro avviso meriterebbe ulteriori approfondimenti.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
DATI SEGNALETICI	ALANO ♀	P.T ♂	P.T ♂	DALMATA ♂	DALMATA ♂	METICCIO ♀	P.T ♀	METICCIO ♂	HUSKY ♂	BOXER ♂	BARBONE ♂	METICCIO ♂	
ETA'	4 M	8 M	4 M	5 M	6 M	5 M	5 M	7 M	4.5 M	5 M	8 M	4 M	
PESO KG	18	22	12	12	13	11	15	14	8	13	23	10	
FISI COINVOLTE	DIST R/U	DIST R(U)	DIST R	DIST U	DIST U	DIST U	DIST U	DIST U	DIST R	DIST R	DIST U	DIST R/U	
DEFORMITA'	INCONGR.ART.	C	C	G (C)	G C	G C	G C	G C	G C	G C	(G) C	G C	C
	IPOMETRIA	R U	R (U)	R	U (R)	U (R)	U (R)	U (R)	U (R)	R U	R U	R U	R U
	VARISMO	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VALGISMO	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	PROCURV	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-	+	-
	RECURV	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	EXTRAROT	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
MISURE PREOP (CM)	R NORM	16.5	20.4	16.5	16.4	18.7	14.5	16.5	15	13.5	11.2	11.2	16
	R PATOL	14.5	14	15.6	14	16.5	12.5	16	12.5	12	10	10	15
	U NORM	20.5	25		20	22.5	17.8	20	18.5	18,7	13.2	13.2	20.1
	U PATOL	18.5	20		15	17.5	12.8	18.7	12.5	17.3	12.1	12.1	19.3
MISURE POSTOP (CM)	R NORM	20.5	20.4	19	19		16.8	18.5			16	12	18.5
	R PATOL	22	18	18.5	18.5	18.4	13	18	12.5	14	14.6	11.5	18.3
	U NORM	26	25		22		20.4	21.5			20	14.3	23
	U PATOL	26	21		29.5	19.5	15.3	21.7	14.7	17	19	14.2	22.7
ALLUNGAMI (CM)	RADIO	7.5	4	2.9	4.5	1.9	1.5	2	0	2	4.6	1.5	3.3
	ULNA	7.5	1		4.5	2	2.5	3.7	2.2	0.3	6.9	2.1	3.4
DURATA TRATTAMENTO GG	102	65	66	100	60	32	55	35	40	43	25	120	
COMPLICANZE	FLOGOSI C-F	NESSUNA	NESSUNA	S. IPER FLESSORIA FLOGOSI C-F	INFEZIONE C-F	ROTTURA FICHE	NESSUNA	FLOGOSI C-F	FLOGOSI C-F	NESSUNA	FLOGOSI C-F	NESSUNA	
RISULTATO ESTETICO	BUONO	DISCRETO	BUONO	MEDIOCRE	MEDIOCRE	NON VOLUTO	OTTIMO	BUONO	DISCRETO	BUONO	MEDIOCRE	OTTIMO	
RISULTATO FUNZIONALE	BUONO	OTTIMO	OTTIMO	OTTIMO	BUONO	OTTIMO	OTTIMO	BUONO	BUONO	OTTIMO	BUONO	BUONO	

**Tabella 9-1**

	13	14	15	16	17	18	19	20	
DATI SEGNALETICI	ROTTWEILER ♀	METICCIO ♀	ROTTWEILER ♂	METICCIO ♂	METICCIO ♂	P.T. ♂	METICCIO ♀	DOBERMANN ♂	
ETA'	4 M	12 M	5 M	6 M	5 M	6 M	5 M	8 M	
PESO KG	12	25	17	16	15	14	12	22	
FISI COINVOLTE	DIST R	DIST U	DIST R	DIST U	DIST U	DIST R	DIST R	DIST R	
DEFORMITA'	INCONGR. ART.	C	G C	G C	G C	C	G C	C	G C
	IOMETRIA	R U	R U	R (U)	R U	R U	R U	R (U)	R(U)
	VARISMO	+	-	+	-	-	-	-	-
	VALGISMO	-	+	-	+	+	+	+	+
	PROCURV	-	+	-	+	+	-	-	-
	RECURVATO	+	-	+	-	-	+	+	+
	EXTRAROT	-	+	-	+	-	+	-	+
MISURE PREOP (CM)	R NORM	15.5	16.5	16	17.5	17	18.5	16	18
	R PATOL	13.8	14.5	14	15.8	15.5	16.8	14.3	16.5
	U NORM	18.5	19	19	20	19.5	21	19	22.5
	U PATOL	18	17.3	18.2	18.5	17.5	19.5	18.5	21
MISURE POSTOP (CM)	R NORM	18	17	19.2	19.5	19.3	20.5	18.5	21
	R PATOL	17.5	16.5	18.7	18.3	18.5	19.8	18	19.5
	U NORM	22.5	20	22	23	22.5	25.3	23	23.5
	U PATOL	21	20	21.5	22.5	22	25	22	22.8
ALLUNGAM (CM)	RADIO	4.3	2	4	2.5	3	2.2	3.7	3
	ULNA	3	2.7	3.3	4	4.5	5.5	3.5	1.8
DURATA TRATTAMENTO GG	103	30	68	57	70	60	68	45	
COMPLICANZE	FLOGOSI C- F	FLOGOSI C- F	ROTTURA FICHE	NESSUNA	SINOSTOSI RU	NESSUNA	FLOGOSI C- F	SINOSTOSI RU	
RISULTATO ESTETICO	BUONO	MEDIOCRE	DISCRETO	MEDIOCRE	DISCRETO	SCARSO	BUONO	MEDIOCRE	
RISULTATO FUNZIONALE	OTTIMO	BUONO	BUONO	BUONO	DISCRETO	DISCRETO	BUONO	BUONO	

**Tabella 9-1**

	21	22	23	24	25	26	27	
DATI SEGNALETICI	METICCIO ♂	ROTTW ♀	METICCIO ♀	ALANO ♀	MAST. INGL. ♂	METICCIO ♂	PITT BULL ♀	
ETA'	4 M	6 M	5 M	5.5 M	7 M	4 M	4 M	
PESO KG	14.5	18	12	18	25	8	11	
FISI COINVOLTE	DIST R	DIST R	DIST R	DIST R	DIST R	DIST R	DIST R	
DEFORMITA'	INCONR ART.	G C	G C	G C	G C	G C	C	G C
	IPOMETRIA	R U	R (U)	R U	R U	R U	R U	R U
	VARISMO	-	+	-	-	+	+	-
	VALGISMO	+	-	+	+	-	-	+
	PROCURV.	-	+	-	-	-	-	-
	RECURV.	-	+	+	+	-	-	-
	EXTRAROT.	-	+	-	-	-	-	-
MISURE PREOP (CM)	R NORM	15.5	17.3	16.2	18.1	17.3	11	11.2
	R PATOL	13.5	15.9	15	16.5	16	9	10.5
	U NORM	17.5	19.5	17.3	21.2	19.2	13.2	14.2
	U PATOL	17	18	16.5	20	18.5	12.9	13.5
MISURE POSTOP (CM)	R NORM	18.2	18.7	18	21.3	19	13	14
	R PATOL	17.5	17.9	17.8	20.8	18.2	12.7	13.2
	U NORM	20.5	23.3	21.5	26.5	20.5	15	17
	U PATOL	20.5	23	21	25.8	20	15	16
ALLUNGAM (CM)	RADIO	4	2	2.8	4.3	2.2	3.7	3.3
	ULNA	3.5	3	5	5.8	2.5	2.9	2.5
DURATA TRATTAMRNTO GG	120	58	50	63	60	105	125	
COMPLICANZE	FLOGOSI C- F	FLOGOSI C- F	SINOSTOSI RU FLOGOSI C- F	NESSUNA	FLOGOSI C- F	FLOGOSI C- F	NESSUNA	
RISULTATO ESTETICO	OTTIMO	BUONO	BUONO	DISCRETO	OTTIMO	OTTIMO	BUONO	
RISULTATO FUNZIONALE	BUONO	OTTIMO	BUONO	BUONO	BUONO	OTTIMO	DISCRETO	

**Tabella 9-1**

## CONCLUSIONI

Le deformità dell'avambraccio secondarie alla chiusura prematura dei dischi epifisari di accrescimento sono condizioni sempre difficili da gestire sia per l'estrema variabilità dei quadri clinici con cui tali patologie possono presentarsi, sia per le difficoltà che pongono riguardo la scelta del trattamento migliore, che deve necessariamente tener conto della gravità delle lesioni, del carattere dell'animale e della dedizione e disponibilità, non soltanto economica, del proprietario.

Nella prima parte di questa trattazione sono state descritte le varie tecniche di correzione chirurgica di queste deformità che si è soliti distinguere in *dinamiche* e *statiche* a seconda che si intervenga su soggetti ancora in accrescimento (dischi epifisari del segmento osseo parallelo ancora aperti - diagnosi precoce) o su soggetti che hanno già completato la crescita scheletrica (diagnosi tardiva). Queste diversità di approccio derivano dalla necessità, per i soggetti ancora in crescita, non soltanto di provvedere alla correzione delle deformità già esistenti al momento della diagnosi, ma anche e soprattutto di prevenire lo sviluppo di ulteriori e più gravi danni a carico dei segmenti scheletrici colpiti e ancor più delle articolazioni. Dunque, la correzione delle deviazioni assiali e delle incongruenze articolari rappresenta lo scopo principale di ogni trattamento messo appunto in quest'ambito. Tuttavia, l'ipometria dell'avambraccio, che pure si accompagna costantemente a questo tipo di patologie, è una condizione che pochissime tecniche sono in grado di correggere.<sup>59,60</sup>

In quest'ottica, il fissatore esterno dinamico di Ilizarov consente di effettuare manovre multiassiali su un tessuto prososeo ancora plastico (rigenerato) plasmando il segmento osseo secondo le necessità del caso, e riuscendo a correggere, più di qualsiasi altra tecnica, le ipometrie presenti. Il suo impiego per il trattamento delle deformità accrescitive degli arti è relativamente recente in medicina veterinaria (prime segnalazioni Latte 1990, Lesser 1991).

Dalle prime applicazioni ad oggi la letteratura veterinaria si è arricchita costantemente del contributo di numerosi autori sull'argomento, tuttavia ancora oggi non sono stati chiaramente identificati dei protocolli standardizzati per il trattamento delle diverse lesioni che è possibile osservare in quest'ambito.

Nella presente trattazione sono state riportate le nostre esperienze sull'utilizzo del fissatore esterno circolare di Ilizarov in vari casi di chiusura prematura delle fisi dell'avambraccio nel cane, con particolare riferimento alla chiusura prematura del disco distale dell'ulna e del radio. Per non limitarci a fornire soltanto un ulteriore contributo casistico sull'impiego di tale impianto, ci siamo sforzati di individuare dei protocolli terapeutici più o meno standardizzati in grado di fornire risultati validi e costanti nelle varie forme cliniche riscontrabili.

Alla luce di ciò la tecnica di allungamento isolato delle ossa dell'avambraccio è stata da noi identificata come trattamento di base in tutte le forme di chiusura prematura delle fisi dell'avambraccio.

Tale tecnica (adoperata anche in umana per il trattamento di deformità congenite ed acquisite) può essere utilizzata sia su animali ancora in crescita, sia su soggetti che hanno raggiunto la maturità scheletrica. Nel primo caso essa consente di armonizzare la crescita dell'osso danneggiato con quella spontanea dell'osso parallelo integro; nel secondo caso consente di recuperare i deficit in lunghezza dell'osso colpito essendo possibile prestabilite in maniera precisa l'allungamento da effettuare.

Nelle forme di deviazione assiale associate ad incongruità articolare, l'allungamento isolato può rappresentare sia un trattamento compiuto (inteso principalmente al recupero della funzionale articolare, tralasciando l'aspetto estetico), sia essere parte di un trattamento più completo. In quest'ultimo caso, recuperata una buona funzionalità articolare mediante l'allungamento isolato, si passa alla correzione delle deformità assiali, attraverso un successivo intervento, reso notevolmente più agevole dalla precedente procedura chirurgica.

La nostra esperienza con questa tecnica è stata costantemente positiva in relazione agli obiettivi prefissati con il trattamento. Inoltre, in presenza di complicanze, peraltro mai particolarmente gravi, la notevole dinamicità degli impianti ha consentito sempre rapide ed efficaci correzioni.

## BIBLIOGRAFIA

1. J.F. Dirsko von Pfeil, C.E. De Camp: The epiphyseal plate: physiology, anatomy and trauma. *Compendium* 31(8) august 2009.
2. B. Micheletto: Patologia del disco epifisario. In B. Micheletto "Patologia chirurgica veterinaria e podologia". UTET Ed., Torino, 1980.
3. C.D. Newton, D.M. Nunamaker: *Textbook of small animal orthopaedics*, Lippincott Co. Ed., Philadelphia, 1985.
4. J.A. Aurer, R.J. Martens: Periosteal transaction and periosteal stripping for correction of angular limb deformities in foals, *Am.J.Vet.Res.*, 43,1530-1534, 1982.
5. T.W. Fossum et al.: *Chirurgia dei piccoli animali*. Masson Ed. Milano, 1999.
6. R.J. Boudrieau: fratture del radio e dell'ulna. In D.Slatter "Trattato di chirurgia dei piccolo animali" Vol.3, Cap. 139, Antonio Delfino Editore, 2005
7. D.J. Marcellini-Little: Fissazione scheletrica esterna. In D.Slatter "Trattato di chirurgia dei piccoli animali" Vol.3, Cap. 129, Antonio Delfino Editore, 2005
8. S.M. Maretta, S.C. Schrader: Physeal injurie in the dog: A review of 135 cases. *JAVMA*, vol. 182 (7), 708-710, 1983
9. P. Havranek, T. Pesi. Salter (Rang) Type 6 physeal injury. *Eur. J. Pediatr. Surg.* 20(3): 174-7, 2010.
10. A. Kenneth, A. D. J. Watson: Malattie dello scheletro. In "Trattato di clinica medica veterinaria malattie del cane e del gatto" S.J. Ettinger, E.C. Feldman, II Edizione, Vol. 2, Cap. 184, Antonio Delfino Editore, 2002.
11. K. Dammrich: relationship between nutrition and bone growth in large and giant dogs. *The journal of nutrition*, 114-121, 199 1
12. H. Hazewinkel: Role of nutrition in growth disturbances. *ESVOT*, 10° congress , 23-26 March 2000.
13. E.L. Egger: Radio e ulna ( anomalie di sviluppo dell'avambraccio). In D.H. Slater "Trattato di chirurgia dei piccoli animali", Vol. 3 SBM Ed, Parma, 1990.
14. R.L.Rudy: Corezione delle deformazioni di sviluppo a carico del radio e dell'ulna. In M.J. Bojrab " Tecniche attuali di chirurgia nei piccoli animali", Marrapese Ed. I edizione, 1981.

15. S.Carmichael: Fractures in skeletally immature animals. In A. Coughlan, A. Miller "BSAVA Manual of Small Animal Fracture Repair and Management", 103-109, 1998.
16. J.W. Wilson: Growth deformities of the radius and ulna. In M.J.Bojrab " Current techniques in small animal surgery", Lea and Febiger Ed., Philadelphia, 1983.
17. S.D. Meola, J.L. Wheeler, C.L. Rist: Validation of a technique to assess radial torsion in the presence of procurvatum and valgus deformity using computed tomography: a cadaveric study. *Vet. Surg.*37: 525-529, 2008
18. P.M. Piga, A.Valazza, B. Peirone: Impiego del metodo di ilizarov in un caso di deformità dell'avambraccio del cane. *Veterinaria*, anno 10, n°3, 1996.
19. A. Ferretti, C. Faranda, M. Monelli: Il metodo di Ilizarov: un nuovo trattamento delle deviazioni e della dismetria del radio e ulna. *Veterinaria*, anno 1 , n°1, 1987.
20. K.G. Loewen, D.L. Holmberg: Surgical management of premature closure of the distal ulnar growth plate in a growing dog. *The Can. Vet. J*, Vol. 23(4), 113-116, 1982.
21. Ferretti: Approccio alle deviazioni deli arti nei cani in accrescimento. *Atti del 53° Congresso Nazionale Multisala SCIVAC*, 115-116, 2006.
22. K. Altunatmaz et al.: Treatment by the use of an Ilizarov external fixator of incongruity in the elbow joint due to premature closure of the distal radial growth plate in a geerman shepherd. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 27, 1235-1239, 2003.
23. W. Morgan, W. Miller: osteotomy for correction of premature growth plate closure in 24 dogs. *V.C.O.T.*, 7: 129-135, 1994.
24. C.A. preston: Distraction osteogenesis to treat premature distal radial growth plate closure in a dog. *Aust. Vet. J.*, 78(6), 387-391, 2000.
25. A.D. Elkins, M. Morandi, M. Zembo: Distraction osteogenesis in the dog using the Ilizarov external ring fixator. *JAAHA*, 29: 419-426, 1993.
26. J.T. Stallings, D.D. Lewis et al.: An introduction to distraction osteogenesis and the principles of the Ilizarov method. *V.C.O.T.*, 11: 59-67, 1998.
27. J. Aronson: Experimental and clinical experience with distraction osteogenesis. *Craniofacial Journal*, 31(6): 473-482, 1994.
28. A. Ferretti: The application if the Ilizarov technique to veterinary medicine. In A. Bianchi Maiocchi, J. Aronson: " Operative principles of Ilizarov: fracture treatment-nonunion osteomyelitis-lengthening deformity correction" 551-570, 1991.
29. Y. Natsuo, S. Motohiko, et al.: Three models of ossification during distraction osteogenesis in the rat. *Journal of bone and joint surgery*, 79-B(5): 824-830, 1997.
30. S.C. Rahal, R. dos S. Volpi, P. Lamaguti, A. Ueda: Microscopic evaluation of bone re generation of radius and ulna in dogs submitted to the lengthening using yhe ilizarov

- external ring fixator. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 38(1/6): 122-126, 2001.
31. D.D. Lewis, D.G. Bronson, et al.: Biomechanics of circular external skeletal fixation. *Vet. Surg.* 27:454-464, 1998.
  32. A. Piras: Treatment of deformities with the Ilizarov method. PDF disponibile sul web.
  33. A. Ferretti: management of angular deformities of the canine limb with the Ilizarov method. *Atti del 10° Congresso ESVOT*, 55-58, 2000.
  34. D.J. Marcellini-Little, A. Ferretti, D.J. De Young: Hinged Ilizarov external fixation for correction of antebrachial deformities. *Vet. Surg.* 27: 231-245, 1998.
  35. S.C. Rahal, R.S. Volpi, P. Iamaguti: Correction and prevention of deformity in flexion of the antebrachioacarpal joint in dogs because of antebrachium lengthening by Ilizarov's method. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 54 (4): 376-382, 2002.
  36. S.C. Rahal, R.S. Volpi, P. Iamaguti, L.C. Vulcano: Simultaneous lengthening of radius and ulna in dogs with the Ilizarov method. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 54 (2): 151-158, 2002
  37. F. Shapiro: Epiphyseal growth plate fracture-separations: a pathophysiologic approach. *Orthopedics*, 5 :720-736, 1982.
  38. J.M. Johnson, A.L. Johnson, J.A. Eurell: Histological appearance of naturally occurring canine physeal fractures. *Vet Surg*, 23(2):81-86, 1994
  39. G.G. Dale, W.R. Harris: Prognosis of epiphyseal separation. An experimental study. *J Bone Joint Surg Br*, 40:116-122, 1958.
  40. R.O. Ramadan, L.C. Vaughan: Disturbance in the growth of the tibia and femur in dogs. *Vet Rec*, 104(19):433-435, 1979.
  41. L.S. Gomes, J.B. Volpon, R.P. Goncalves: Traumatic separation of epiphyses. An experimental study in rats. *Clin Orthop Relat Res*, 236:286-295, 1988.
  42. C.J. Campbell, A. Grisolia, G. Zanconato: The effects produced in the cartilaginous epiphyseal plate of immature dogs by experimental surgical traumata. *J Bone Joint Surg [Am]* , 41-A:1221-1242, 1959.
  43. W.D. Prieur: Management of growth plate injuries in puppies and kittens. *J Small Anim Pract*, 30:631-638, 1989
  44. T.D. Sisk: Fracture. In A.S. Edmonson, A.H. Crenshaw: “ campbell’s operative orthopaedics 6° ed Mosby, 1980.
  45. A. Vandewater, M.L. Olmstead, S. Stevenson: Partial ulnar ostectomy whi free autogenous fat grafting for treatment of radius curvus in the dog. *Vet. Surg.*, 11:92, 1982.

46. C.D. Newton, et al.: Surgical Management of radial physal growth disturbance in dog. JAVMA, 167: 1011, 1975.
47. F. Lamagna, G. Fatone, L. Meomartino, A. Potena: Utilization of Ilizarov apparatus in orthopaedics surgery of small animals. Retrospective clinical and statistical evaluation on 54 cases. Atti SISVET, 1997.
48. C.N. Delloy, D. Guido, L. Coutelier, et al.: Bone egenerative formation in cortical bone during distraction lengthening. Clin. Orthop. 250:34-41, 1990.
49. D.E. Gresti, G.F. Penna, A. Brenna, N. confalonieri: l'apparato di Ilizarov nella traumatologia del cane. Praxis vet. 3, 1986
50. J.H. Beaty: Consolidazione ossea e innesti. American academy of orthopaedic surgeons; ortopedia syllabus, 2002.
51. D. Paley: Problems, obstacles and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. Clin.Orthop. 250: 81-104, 1990
52. O. Captug, H. Bilgili. Correction of the antebrachial deformity using circular external skeletal fixator in 7 dogs. Polish Journal of Veterinary Science 12(1): 45-54, 2009.
53. S. Maugeri: fissatori esterni circolari di Ilizarov: 5 anni di esperienza. Atti del 50 ° congresso nazionale Multisala SCIVAC, 2003.
54. F. Lamagna: Impiego del fissatore di Ilizarov per l'allungamento isolato del radio o dell'ulna nei disturbi di accrescimento dell'avambaccio del cane. 1° congresso Nazionale S.I.C.V., 355-363, 1994.
55. W. Neugebauer, K. Kuper, A. Flach et al.: Value of scintigraphic examination methods with 99m technetium in injures of the epiphyseal cartilage. Actuelle Traumatol; 11(6): 217-224, 1981.
56. Y. Latte: Un cas de radius curvus traité par la méthode d'Ilizarov. Point vet., 21, 805-816, 1990.
57. A. Lasser. Proc. 18° Annual conf. Vet. Orth. Soc., 29, 1991.
58. D.N. Clements, T.J. Gemmill, S.P. Clarke, D. Bennett, S. Carmichael: Compensatory humeral overgrowth associated with antebrachial shortening in six dogs. Vet Res. Apr 24; 154 (17): 531-2, 2004.
59. C. D. Knecht, M.S. Bloomberg: Distraction with an external fixation clamp (Charnley apparatus) to maintain length in premature physal closure. J.A.Anim. Hosp. Assoc., 16, 873-880, 1980.
60. S.R. Yanoff, D.A. Hulse, R.H. Palmer, M.R. Herron. Distraction osteogenesis using modified external fixation devices in five dogs. Vet. Surg.: 21, 480-487, 1992