

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PARMA

**DOTTORATO DI RICERCA IN ORTOPEDIA DEGLI
ANIMALI DOMESTICI XX CICLO
Anni accademici: 2005-2007**

TITOLO

**“STUDIO MORFOLOGICO SULL’EVOLUZIONE DELLE
DEVIAZIONI ANGOLARI DEL CARPO IN UNA
POPOLAZIONE DI PULEDRI DA GIORNO ZERO A GIORNO
TRENTA”**

**COORDINATORE:
Chiar.mo Maurizio Del Bue**

**DOTTORANDA:
Alessandra Contini**

**TUTOR:
Chiar.mo Franco Moriconi**

Parte generale

INDICE

PARTE GENERALE

INTRODUZIONE.....	6
I. RICHIAMI DI ANATOMIA.....	8
Ia) ANATOMIA DEL CARPO.....	8
Ib) ANATOMIA DELLA FISI DI ACCRESCIMENTO.....	12
II. FISIOLOGIA DELL'OSSO E SVILUPPO INTRAUTERINO.....	13
III. BIOMECCANICA DELLA FISI DI ACCRESCIMENTO.....	18
IIIa) RISPOSTA CELLULARE ALLE FORZE ATTRAVERSO LA CARTILAGINE DI ACCRESCIMENTO.....	19
IIIb) COMPRESSIONE DELLA FISI DI ACCRESCIMENTO.....	21
IIIc) DISTRAZIONE DELLA FISI DI ACCRESCIMENTO.....	21
IIId) IL PERIOSTIO E LA FISI DI ACCRESCIMENTO.....	22
IIIe) DEFORMITA' E FISI.....	24
IV. CENNI DI PATOLOGIA A CARICO DELLA FISI DI ACCRESCIMENTO.....	26
IVa) EPIFISITE.....	26
IVb) FRATTURE DI SALTER-HARRIS.....	27
IVc) OSTEOCONDROSI DELLA FISI E DELLA CARTILAGINE ARTICOLARE.....	29
IVd) CRESCITA ASIMMETRICA E CHIUSURA PREMATURA DELLA FISI.....	30
V. DEVIAZIONI ANGOLARI A SEDE CARPICA.....	32
Va) EZIOPATOGENESI.....	35

Va)1. <i>FATTORI CONGENITI</i>	37
• <i>Posizione intrauterina anomala</i>	
• <i>Patologie gestazionali</i>	
• <i>Immaturità dei tessuti muscolo-scheletrici</i>	
• <i>Ossificazione incompleta</i>	
Va) 2. <i>FATTORI ACQUISITI</i>	40
• <i>Squilibri alimentari</i>	
• <i>Esercizio eccessivo e traumi</i>	
Vb) <i>DIAGNOSI</i>	42
V b) 1. <i>ESAME CLINICO</i>	42
• <i>Anamnesi</i>	
• <i>Esame fisico</i>	
Vb) 2. <i>ESAME RADIOGRAFICO</i>	46
• <i>Esame morfologico</i>	
• <i>Esame geometrico</i>	
VI. TRATTAMENTO DELLE DEVIAZIONI ANGOLARI	
DEL CARPO	53
VIa) <i>METODI CONSERVATIVI</i>	53
a)1. <i>RIPOSO E ALIMENTAZIONE CONTROLLATA</i>	54
a)2. <i>STECCATURE E GESSI</i>	55
a)3. <i>MASCALCIA CORRETTIVA</i>	56
• <i>Pareggio del piede</i>	
• <i>Applicazione scarpette correttive</i>	
VIb) <i>METODI NON CONSERVATIVI</i>	60
b) 1. <i>ACCELERAZIONE DELLA CRESCITA-PERIOSTIOTOMIA</i>	
<i>EMICIRCONFERENZIALE</i>	61
b) 2. <i>RITARDO DELLA CRESCITA-PONTE TRANSFISARIO</i>	65
• <i>Graffe</i>	
• <i>Viti e cerchiaggio</i>	

• <i>Placca a compressione</i>	
• <i>Viti a compressione</i>	
• <i>Associazione tra accelerazione e ritardo crescita</i>	
b) 3. <i>OSTEOTOMIA ED OSTEECTOMIA CORRETTIVA</i>	68
b) 4. <i>PERIODO POST-OPERATORIO</i>	71
b) 5. <i>RITARDO DELLA CRESCITA-LE ONDE D'URTO</i>	72
VII. PROGNOSE DELLE DEVIAZIONI ANGOLARI	73
DEL CARPO	
<u>PARTE SPECIALE</u>	75
I. MATERIALE E METODI	78
Ia) <i>VALUTAZIONE CLINICA</i>	79
Ib) <i>VALUTAZIONE RADIOGRAFICA E MISURAZIONI</i>	79
II. RISULTATI	89
IIa) <i>SPOSTAMENTO DEL PP DA GIORNO 0 A GIORNO 30</i>	89
IIb) <i>CORRELAZIONE TRA LOCALIZZAZIONE DEL PP E ANGOLO</i> <i>DI DEVIAZIONE</i>	91
IIc) <i>VARIAZIONE DELLE DEVIAZIONI ANGOLARI DEL CARPO DA</i> <i>GIORNO 0 A GIORNO 30</i>	92
IId) <i>LOCALIZZAZIONE DEL PP NELLA POPOLAZIONE STUDIATA</i>	94
III. CONCLUSIONI	96
BIBLIOGRAFIA	101

INTRODUZIONE

Nell'ultimo ventennio si è assistito ad un crescente interesse nella gestione e trattamento delle deviazioni angolari del puledro, in gran parte per gli interessi economici correlati all'allevamento equino.

Già nel 1992 uno studio, condotto in Irlanda ai fini di stabilire incidenza e prevalenza di patologie ortopediche dello sviluppo nel purosangue irlandese, dimostrò come le deviazioni angolari fossero il problema più frequente in una popolazione di 1711 puledri dalla nascita ai 18 mesi di età⁶⁰. Per natura il puledro, diversamente dal cane, dal gatto e numerosi altri animali, riesce ad alzarsi e addirittura galoppare già poche ore dopo la nascita e tenta di farlo anche se immaturo dal punto di vista ortopedico.

Le deviazioni angolari sono più comuni negli arti anteriori ed interessano specialmente il carpo⁵².

In linea generale, è importante tenere conto del fatto che gli arti toracici sopportano all'incirca dal 60% al 65% del peso del cavallo e ciò significa che sono soggetti ad un maggior numero di lesioni da concussione e da trauma rispetto agli arti pelvici¹.

Una “conformazione ideale” è caratterizzata, sia da una corretta lunghezza dei segmenti scheletrici, sia dalla presenza di appropriati angoli articolari. La conformazione degli arti determina la forma dei piedi, il loro consumo, la distribuzione del peso e la loro traiettoria durante la locomozione.

Puledri neonati di buona conformazione possono presentare un valgismo carpico lieve compreso tra 2 – 5°; quando il puledro si sviluppa e il suo torace si espande, gli arti si raddrizzano e il soggetto acquisisce una conformazione normale³⁸.

Frequentemente il centro di deviazione (punto perno o punto pivot) si trova sulla fisi di accrescimento, l'epifisi o sull'articolazione radio-carpica⁵².

Variazioni rispetto alla conformazione ideale sono più tollerabili in cavalli da diporto o da lavoro rispetto a cavalli sportivi poichè le performances atletiche di questi ultimi dipendono in gran parte dall'integrità del loro apparato muscolo-scheletrico ¹⁷: **in linea generale una migliore conformazione significa minor stress locomotorio, massima efficacia biomeccanica e quindi massimo rendimento funzionale.**

Anche nelle razze da show la conformazione gioca un ruolo determinante nella selezione di un soggetto rispetto ad un altro e una morfologia corretta è imperativa.

Il riconoscimento precoce del tipo di deformità e della sua sede, unitamente all'età del puledro, consente di emettere una diagnosi chiara ed una prognosi precisa ²⁵; tenendo conto di ciò che il proprietario ritiene essere l'obbiettivo futuro del puledro, il medico veterinario deve pianificare una corretta gestione della patologia.

Scopo di questo lavoro è valutare l'evoluzione morfologica di 80 carpi affetti da valgismo in una popolazione PSI, radiografati con proiezione dorso-palmare al giorno 0 e al giorno 30.

I. RICHIAMI DI ANATOMIA

I.a) CENNI DI ANATOMIA DEL CARPO

Le articolazioni del carpo sono numerose e appartengono tutte alla classe delle diartrosi, riuniscono le ossa del carpo fra loro come pure all'estremità distale dell'avambraccio e al metacarpo.

Si riconoscono l'articolazione radio-carpica che unisce il carpo al radio, le articolazioni intercarpiche che uniscono le ossa del carpo nell'ambito di ciascuna delle due file; la medio-carpica che assicura l'unione delle due fila e le articolazioni carpo-metacarpali che uniscono le ossa della fila distale alle estremità prossimali dei metacarpali.

Queste ultime e l'articolazione antibrachio-carpica possono essere considerate *estrinseche* del carpo, mentre le altre sono *intrinseche*.

Il carpo del cavallo comprende sette ossa disposte in due file sovrapposte, per semplicità, nella stesura di questa tesi, verrà utilizzata la nomenclatura internazionale.

Nella fila prossimale si riconoscono, in senso latero-mediale, l'osso carpale ulnare, intermedio, radiale e in posizione palmare laterale l'accessorio, che non si articola, contrariamente agli altri, con la fila distale. Nella distale, sempre in senso latero-mediale, si riconoscono l'osso carpale quarto, terzo, secondo e in circa il 10% dei cavalli è presente anche il primo, quindi assai incostante, e in questo caso alloggiato nello spessore del legamento collaterale mediale del carpo.

La mano degli equidi è la più specializzata nella ungologradia; pur restando una cerniera imperfetta funziona praticamente solo in un piano parasagittale e non può estendersi al di là di una linea che prolunga l'asse del radio. Lo sviluppo dei legamenti comuni e, in particolare dei legamenti collaterali è

caratteristico e impedisce, in minimo grado, i movimenti di lateralità, durante la flessione.

Articolazione antibrachio-carpica

Le superfici articolari sono portate dall'estremità distale del radio, alla quale è saldata l'epifisi dell'ulna e dall'altra parte dalle quattro ossa della fila prossimale.

I mezzi di unione sono costituiti da quattro legamenti comuni molto potenti e dai piccoli legamenti propri.

Legamenti comuni:

1. Legamento comune dorsale;
2. Legamento comune palmare (che termina con la briglia carpica che si getta sul tendine flessore profondo circa a metà del metacarpo);
3. Legamento collaterale ulnare;
4. Legamento collaterale radiale o mediale.

Legamenti propri:

1. Legamento piso-ulnare;
2. Legamento radio-scafoideo.

La sinoviale è ampia ed un fondo cieco si innalza al di sopra del pisiforme.

Articolazioni intrinseche

Le ossa della fila prossimale sono tenute insieme da sei legamenti propri; le ossa della fila distale sono unite da quattro legamenti; l'articolazione medio-carpica conta cinque legamenti.

La sinoviale medio-carpica presenta comunicazione costante con la sinoviale carpo-metacarpale.

Articolazione carpo-metacarpale

I mezzi di unione sono costituiti da:

1. Legamenti dorsali;
2. Legamento piso-metacarpale;

3. Due legamenti interossei ;
4. Legamento sospenditore del nodello, che sostituisce il legamento palmare.

La sinoviale, come già ricordato, comunica con la medio-carpica.

I.b) CENNI DI ANATOMIA DELLA FISI DI ACCRESCIMENTO

Nelle ossa lunghe esiste un centro di ossificazione primario o diafisario e i centri di ossificazione secondari o epifisari.

La fisi di accrescimento, detta anche cartilagine di coniugazione, disco epifisario, cartilagine epifisaria o commessura epifisaria, è una zona di cartilagine ialina che persiste tra il centro di ossificazione diafisario e quello epifisario o tra due centri epifisari. E' a questo livello che avviene il processo di accrescimento in lunghezza dell'osso e, solo alla fine di questo, le fisi vengono invase dall'ossificazione, scomparendo. La fisi ha la forma di un disco irregolare per le interdigitazioni che la rendono salda all'osso circostante.

Presenta due facce, una epifisaria, o faccia sterile, in quanto bloccata nel suo sviluppo da una densa rete di fibrille e una diafisaria, o faccia fertile, responsabile della continua produzione di condrociti e quindi dello sviluppo della diafisi.



Figura 1 Fisi di accrescimento radiale distale. Visione macroscopica.

La fisi è costituita da vari strati che corrispondono all'evoluzione del processo di ossificazione primaria encondrale, così suddivisi:

1. zona di cartilagine ialina normale, che costituisce una zona di riserva di condrociti;
2. zona di proliferazione, in cui i condrociti si moltiplicano attivamente per mitosi, disponendosi in file parallele in senso verticale, formando i cosiddetti gruppi isogeni assiali;
3. zona di ipertrofia, in cui le cellule aumentano di volume e appaiono degenerate, determinando un ispessimento della cartilagine, a questo livello inizia la calcificazione;
4. zona di assorbimento, in cui la cartilagine viene distrutta e invasa dai capillari e dal connettivo osteogeno;
5. zona di ossificazione, in cui c'è la formazione di tessuto osseo primario che verrà poi sostituito da tessuto osseo secondario in cui si avrà la formazione della cavità midollare ¹⁰.

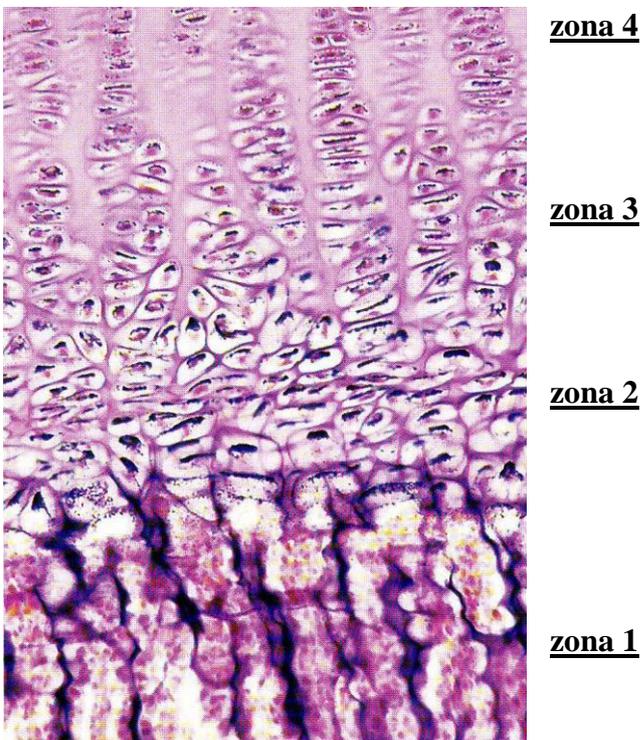


Figura 2 Fisi di accrescimento. Visione microscopica.

E' importante sottolineare che le ultime due zone menzionate sono quelle più deboli e quindi più suscettibili a traumi: anche solo una compressione anomala può determinare grandi effetti a questo livello. Si possono verificare microfratture delle trabecole ossee neoformate, una alterazione della vascolarizzazione e di conseguenza mancata ossificazione dei condrociti maturi e degenerati. Di seguito si ha ispessimento della cartilagine per aumento delle cellule ipertrofiche, degenerazione delle stesse in tessuto fibroso e come risultato finale si può avere la chiusura prematura della fisi ³¹.

II. RICHIAMI DI FISIOLOGIA DELL'OSSO E SVILUPPO INTRA-UTERINO

Nel neonato lo scheletro è ancora incompleto; lo sviluppo in altezza e diametro si completa nel corso dei mesi di vita successivi, parallelamente a quello muscolare. Nel feto le ossa iniziano a svilupparsi già durante il primo mese di gestazione con la formazione di un “modello cartilagineo” per ciascun segmento osseo; tale “modello” è destinato a trasformarsi gradualmente in osso attraverso il cosiddetto processo di ossificazione endondrale. Questo processo è tipico delle ossa lunghe, mentre le ossa piatte sono soggette al processo di ossificazione intermembranosa.

Nel modello cartilagineo è presente un centro di ossificazione primario nella diafisi (parte centrale delle future ossa) e centri di ossificazione secondari a livello delle epifisi (le due estremità ossee). Al momento della nascita quasi tutto il modello cartilagineo è già stato convertito in osso ad eccezione delle due estremità, ancora ricoperte di cartilagine (complesso cartilagine articolare ed epifisale).

Tra i due centri di ossificazione, diafisario ed epifisario, c'è il disco di accrescimento o fisi, dove la cartilagine ialina viene lentamente sostituita da tessuto osseo consentendo l'allungamento dell'arto dopo la nascita, quindi determinando la crescita del puledro.

Lo scheletro cartilagineo rispecchia quella che sarà la successiva struttura definitiva via via che i condroblasti, restando isolati nei loro prodotti di secrezione, muoiono e vengono sostituiti da matrice ossea organica e dagli osteociti. Queste cellule (osteoblasti ed osteoclasti) sono localizzate nello endostio e nel periostio (membrane intensamente vascolarizzate che rivestono le ossa al di fuori delle loro superfici articolari) e impediscono la morte cellulare se non quale tappa fisiologica. Nell'ossificazione

encondrale (ossificazione a carico di ossa adibite al sostegno) l'osso rimpiazza la cartilagine con direzione centrifuga fino ad arrivare alla periferia della prima e divenire in tal modo l'epifisi ossea. In queste fasi è molto importante che contemporaneamente alla mineralizzazione si verifichi un riassorbimento di parte della matrice ossea onde evitare un allungamento eccessivo. L'osso non è in grado di accrescersi molto in diametro in quanto il periostio e la matrice non espandibile limitano tale crescita, pertanto condrociti prima e osteociti poi sono costretti a dividersi in direzione longitudinale. Il periostio, quindi, favorisce la crescita ossea perchè ricco di vasi e osteociti ma nello stesso tempo vi pone un limite essendo a contatto con la zona di Ranvier (anello cartilagineo fra epifisi e diafisi che si accresce sul versante della prima ma viene riassorbito sulla seconda influenzando ulteriormente l'accrescimento del segmento scheletrico).

I naturali processi di crescita e rimodellamento dell'osso sono influenzati da:

- componente vascolare: le cellule raramente distano più di 2 mm dal vaso.

Se la componente vascolare si allontana ulteriormente gli osteociti muiono. La loro rimozione è stimolo essenziale all'attività di rimaneggiamento osseo.

- contenuto in minerali: la resistenza alla compressione è correlata a tale fattore: in un anno circa l'osso raggiunge il 100% di mineralizzazione; da questo momento è indispensabile un equilibrio fra attività osteoblastica ed osteoclastica. Quindi l'osso è un tessuto labile che subisce un continuo rinnovamento e in situazioni carenziali sopperisce con il rilascio di calcio.

- fattori alimentari (carenze di calcio, rapporti Ca/P a favore di quest'ultimo o malassorbimento, eccessi di vitamina A) ed endocrini (paratormone, calcitonina, vitamina D) influenzano l'attività cellulare di questo tessuto di sostegno in qualsiasi momento della vita e soprattutto durante quello della crescita.

Stati patologici a carico di intestino, rene o fegato possono dunque interferire sulla fisiologia ossea sia direttamente (riducendo l'assorbimento del calcio o la metabolizzazione della vitamina D) che indirettamente, richiedendo la somministrazione di sostanze chemioterapiche il cui uso prolungato aumenta l'attività di rimaneggiamento.

- sollecitazioni biomeccaniche: aumenti o riduzioni costituiscono stimoli efficaci (un aumento è responsabile di una riorganizzazione vascolare eccessiva; una riduzione è importante durante i processi riparativi). Le forze meccaniche influenzano distribuzione e quantità di tessuto osseo. Ancora, le sollecitazioni meccaniche che si estrinsecano come forze compressive inibiscono o favoriscono la crescita e/o la ricrescita ossea.

La fisi di accrescimento provvede allo sviluppo in lunghezza della diafisi. Per quanto riguarda l'epifisi, ne sono responsabili in parte la fisi stessa ed in parte la cartilagine articolare. Quando le ossa lunghe hanno raggiunto le loro dimensioni definitive, la moltiplicazione dei condrociti cessa, la cartilagine si assottiglia e calcifica e si stabilisce una continuità tra la diafisi e l'epifisi. Si dice che la fisi si è saldata, anche se in realtà, a livello istologico e radiologico, permane una linea che le separa, detta linea epifisaria; è soltanto dopo la sua scomparsa che le due strutture si possono considerare veramente unite ¹⁰. In base all'età in cui avviene la chiusura delle fisi, si valuta la maturità scheletrica del soggetto e di conseguenza si

può decidere il tipo e l'intensità di lavoro a cui può essere sottoposto il cavallo.

Osservando radiograficamente un feto di circa 320-330 giorni, si vedono i centri di ossificazione contornati dai precursori cartilaginei dell'osso. Il centro è di forma sferica, mentre le cartilagini hanno forma cuboidale in quanto sarà la forma che dovrà assumere l'osso maturo. Alla nascita l'epifisi distale del radio e le ossa del carpo appaiono ancora piuttosto sferiche e soltanto dopo 30 giorni circa dalla nascita assumono la loro forma definitiva e diventano ossa mature³¹.

Ogni fisi ha un proprio intervallo biologico entro il quale compressione e stiramento regolano l'accrescimento.

Se però tali stress superano la soglia biologica allora la crescita ossea viene significativamente rallentata se non addirittura bloccata (Legge di Henter-Volkman).

La compressione agisce sull'epifisi e quindi sull'osso, la tensione invece sull'apofisi (epifisi soggetta a forze di trazione) e quindi su legamenti e tendini.

Pertanto se un arto è sottoposto a carichi o tensioni eccedenti le sue possibilità, ecco che il suo accrescimento ne risentirà negativamente.

Questo carico abnorme potrebbe essere assoluto, in puledri troppo pesanti rispetto al loro sostegno scheletrico, oppure relativo, ovvero dovuto ad una sua anomala distribuzione lungo l'asse longitudinale.

Le situazioni descritte sono quelle che si riscontrano nelle deformità angolari, nelle quali il perpetuarsi della suddetta condizione causa un progressivo peggioramento della deviazione, esitando in una crescita longitudinale asincrona (l'osso controlaterale al punto di sovraccarico continua a crescere).

Compressione e tensione agiscono quindi costantemente per mantenere una normale struttura ossea, ma ovviamente nel periodo di crescita la fisiologia è particolarmente sensibile e rimane tale fino a quando non si è completata l'ossificazione, cioè quando la struttura ossea si è completamente sostituita alla "sagoma cartilaginea". Questi tempi variano da segmento a segmento ma definirli è importante ai fini di un trattamento efficace; se si interviene quando la zona di accrescimento si è chiusa è chiaro che non si otterrà nessun effetto utile.

La compressione nella giusta misura è quindi essenziale per il miglioramento, e la risposta fisiologica della fisiologia spiega perché molti casi di deviazioni angolari si risolvono spontaneamente ed altri invece permangono o addirittura peggiorano. Il peggioramento può consistere in un aggravamento della deformità stessa o da eventi collaterali come deviazioni angolari secondarie compensatorie (ad esempio deviazione del nodello a causa di carichi anomali in seguito a deviazione del carpo), infezioni o traumi.

III. BIOMECCANICA DELLA FISI DI ACCRESCIMENTO

La fisi di accrescimento, come l'osso, è continuamente soggetta all'azione di forze diverse ed è un tessuto vivente che risponde ai cambiamenti delle forze applicate; la cartilagine continua a crescere nonostante le numerose sollecitazioni cui è sottoposta.

La forza principale che viene applicata sulla fisi è la compressione; forze di torsione e traumi possono danneggiarla ed interferire con la crescita normale.

E' stato ipotizzato che la crescita normale dell'osso dipenda dall'alternanza di forze di compressione e stiramento; è stato dimostrato che l'osso risponde ad un carico intermittente con l'ipertrofia e sembra che la fisi di accrescimento reagisca nello stesso modo.

Woolf propose la "legge della trasformazione ossea": essa stabilisce che i cambiamenti di funzione e forma di un osso producono un corrispondente cambiamento adattativo nella struttura architettonica.

Alcune delle osservazioni di Woolf erano fatte sull'osso in accrescimento ed egli poté apprezzare che, così come l'osso, anche la fisi di accrescimento rispondeva a forze normali e anormali.

Successivamente, quindi, egli propose una "teoria di rimodellamento cartilagineo" basata sui seguenti principi:

- Pressioni maggiori rispetto a quella fisiologica rallentano la crescita;
- Carichi fisiologici stimolano la crescita della cartilagine di accrescimento;
- Carichi inferiori rispetto a quelli fisiologici inibiscono la cartilagine di accrescimento;

- Una diminuzione di tensione inibisce la cartilagine di accrescimento;
- La crescita normale dovrebbe obbedire alle regole delle forze meccaniche; perciò deviazioni angolari lievi potrebbero risolversi con la crescita mentre quelle severe dovrebbero peggiorare;
- Deformità cartilaginee possono essere corrette finché l'osso è immaturo;
- Solo il rimodellamento cartilagineo causa deformità durante la crescita.

Queste regole tentano di spiegare i cambiamenti comunemente riscontrati a livello di disco di accrescimento in risposta a deformità, frattura, compressione o stiramento.

Comunque questo tipo di generalizzazione può non risultare sempre corretta; per esempio rispetto ad una forza deformante non si ha una risposta solo a livello di cartilagine di accrescimento ma anche a livello di metafisi e diafisi dell'osso che si adatteranno attraverso un rimodellamento; questo rende la valutazione della correzione difficoltosa.

III.a) RISPOSTA CELLULARE ALLE FORZE ATTRAVERSO LA CARTILAGINE DI ACCRESCIMENTO

La morfologia delle cellule soggette alla compressione o distrazione della fisi di accrescimento è stata ampiamente studiata ma gli effetti biomeccanici che una forza ha sulla crescita non è ancora compresa appieno.

Dopo una compressione a livello di fisi di accrescimento le colonne di cellule perdono la loro organizzazione e dopo un iniziale ampliamento della fisi si ha un restringimento della stessa fino a quando i vasi sanguigni invadono la fisi ed essa si fonde.

La distrazione, invece, causa un ampliamento della fisi che è correlato a fenomeni mitotici all'interno delle colonne di cellule e ad un aumento di volume delle cellule stesse.

Kember e Walker hanno dimostrato come questi due fattori regolino la crescita della fisi in ogni momento.

Alcuni autori suggeriscono che la dimensione delle cellule a livello fisiale dipenda dalla quantità di fluido e stroma ivi presenti e che questo spieghi come la pressione alteri la crescita; la compressione sembra causare accumulo di matrice per inibizione del rilascio degli enzimi lisosomiali.

La sintesi di enzimi lisosomiali, normalmente, sembra essere sensibile alle variazioni di pressione mentre lo stesso non vale per la sintesi delle proteine; comunque non è ancora chiaro se questi cambiamenti siano la causa o il risultato della diminuzione dell'accrescimento.

Periostio e fisi di accrescimento formano una singola unità biometrica dato che alcuni dei cambiamenti a livello periostale sembrano interessare nel contempo la fisi.

Il periostio è intensamente innervato ed è stato dimostrato che le cellule nervose simpatiche contengono "peptide vasoattivo intestinale" (VIP), che sembrerebbe regolare il riassorbimento osseo. La simpatectomia elimina il VIP all'interno delle cellule nervose e questo potrebbe essere uno dei meccanismi del rimodellamento osseo.

Il periostio può influenzare i condrociti della fisi di accrescimento attraverso un meccanismo umorale o nervoso non ancora pienamente compreso. Punto di vista alternativo è che il danno al periostio "liberi" la fisi permettendo la crescita meccanica.

III.b) COMPRESSIONE DELLA FISI DI ACCRESCIMENTO

Thoma fu il primo a suggerire che l'alternanza di pressioni, a livello di disco epifisario, fosse necessaria per una normale crescita ossea e stimò che la pressione ideale fosse 0,6 g/cm².

Le pressioni applicate sulla fisi nella quotidianità sono senza dubbio superiori rispetto a quella ideale, ma è importante non dimenticare come queste pressioni eccedenti siano esercitate sulla fisi solo in modo intermittente. Una pressione costante è dunque estremamente negativa a livello fisiologico; infatti è stato dimostrato come pressioni crescenti causino una diminuzione proporzionale della crescita a livello della porzione di fisi soggetta a compressione. Comunque le forze necessarie a causare un arresto completo della crescita sono molto elevate: è stato dimostrato che la forza richiesta per interrompere completamente la crescita a livello di fisi di accrescimento prossimale tibiale in vitelli di 150 Kg fosse circa 400 Kg³⁶.

III.c) DISTRAZIONE DELLA FISI DI ACCRESCIMENTO

Heuter per primo postulò che una pressione ridotta a livello di disco epifisario potrebbe stimolarne la crescita.

Sperimentazioni sono state effettuate su animali da laboratorio e alcuni lavori esistono sull'uomo, ai fini di dimostrare una crescita dell'osso attraverso tecniche di distrazione. Alcuni Autori hanno ottenuto allungamento osseo, attraverso tecniche di distrazione, dovuto a frattura a livello fisiologico; pare che attraverso questa tecnica si ottenga un allungamento dell'osso solo in un primo momento e che poi subentri una chiusura prematura della fisi annullando quindi l'effetto positivo di allungamento ottenuto inizialmente. Si è giunti, dunque, alla conclusione che questo tipo di intervento sia fattibile solo in soggetti vicini alla fine dell'accrescimento. De Bastiani ha riportato l'uso di condrodiastasi che consiste nella

distrazione della fisi senza arrivare a frattura della stessa; è stato dimostrato come nel coniglio una forza di 2 Kg causi epifisiolisi, mentre stesso risultato non si ottiene applicando forze inferiori. Condrodiastasi può essere ottenuta anche attraverso applicazione di una forza di distrazione ridotta ma costante.

De Bastiani fu in grado di ottenere un aumento della lunghezza della gamba del 36% con scarse complicazioni e in nessun caso arresti di crescita prematuri a livello di fisi di accrescimento.

Fjeld e Steen, invece, dimostrarono che nei capretti la crescita si arrestava completamente una volta terminata l'applicazione delle forze di distrazione, concludendo che anche la condrodiastasi procuri danno alla fisi; anche questo metodo secondo loro è applicabile solo verso la fine dello sviluppo osseo, quando il danno fisiuale ha minore rilevanza. Il comportamento del periostio nell'influenzare la crescita ossea è invece importante per comprendere la funzione della pratica chirurgica (periostiotomia e tecniche di fissazione)³⁶.

III.d) IL PERIOSTIO E LA FISI DI ACCRESCIMENTO

Ci sono numerosi muscoli, nervi e vasi sanguigni in contatto con la fisi di accrescimento. In circostanze fisiologiche i muscoli applicano forze di compressione sulla fisi, e anche durante la distrazione essi sono sottoposti a tensione. Mitten ha definito il periostio come una tunica fibroelastica in tensione fra la parte prossimale e distale della fisi di accrescimento.

Esso cresce in direzioni opposte e favorisce la crescita grazie alla presenza, nel suo spessore, degli osteociti; nello stesso tempo però meccanicamente la ostacola⁵⁷.

Il periostio deve crescere con l'osso ma, diversamente da esso, si sviluppa per crescita interstiziale attraverso la sua lunghezza; la crescita del periostio è quindi indipendente dall'osso.

Muscoli, inserzioni tendinee, tendini e legamenti mantengono posizione costante durante la crescita, seguendo gli spostamenti del periostio.

Queste strutture, dunque, mantengono posizione costante sull'osso durante la crescita, anche in caso essa risulti alterata.

La chirurgia a livello periostale esita in aumento della crescita e molteplici studi dimostrano come periostotomia emicirconfrenziale e stripping siano i più potenti metodi per stimolare la crescita in lunghezza sperimentalmente.

La divisione circonfrenziale è stata utilizzata con successo in bambini che avevano discrepanze minori della crescita in lunghezza degli arti.

E' stato supposto che la periostotomia rilasci la tensione normale del periostio, liberando la fisi di accrescimento da qualsiasi costrizione.

Studi sperimentali in cui l'osso è stato trapiantato o isolato in una camera di diffusione, hanno dimostrato come la divisione del periostio causasse un aumento della crescita ossea, avvalorando l'ipotesi che si tratti di un effetto meccanico.

Importante è rilevare come l'aumento della crescita in seguito a questo tipo di intervento sia maggiormente significativo nell'osso isolato piuttosto che in un osso funzionale nella sua sede naturale; si è speculato che ciò sia dovuto al fatto che fisiologicamente l'osso è soggetto all'azione di forze compressive applicate attraverso l'azione dei tessuti molli circostanti oltrechè ad alterazione della vascolarizzazione della fisi.

III.e) DEFORMITA' ANGOLARI E FISI DI ACCRESCIMENTO

Classicamente in ortopedia pediatrica si pensa che deformità vicine ad una articolazione sul piano del movimento in bambini giovani si rimodellino meglio rispetto a quelle lontane dall'articolazione ed in soggetti più maturi. Esiste un dibattito nel tentativo di comprendere con precisione il punto dove si attui la maggior parte della correzione della deformità.

Karaharju e altri autori praticarono osteotomia del femore in cani da laboratorio e osservarono come più del 50% del rimodellamento osseo fosse opera della fisi vicina alla linea di frattura, ma non furono in grado di stabilire a che livello fosse avvenuto il resto della correzione della deviazione.

Questo studio però aveva il limite di comportare, durante l'osteotomia, danno ai tessuti molli circostanti.

Successivi studi sono stati eseguiti creando deviazione artificialmente, attraverso applicazione di fissatori esterni; si osservò che il rimodellamento osseo avveniva a livello diafisario e metafisario, oltrechè sulla linea di frattura, ma che non coinvolgeva in modo alcuno la fisi.

Lavori più recenti hanno dimostrato come, in caso di frattura, il danno periostale alteri il rimodellamento dell'osso sulla sua lunghezza e non a livello della fisi di accrescimento.

In linea di massima nonostante i numerosi studi effettuati sull'argomento è evidente come ancora manchi una chiara conoscenza della biomeccanica della fisi di accrescimento anche in campo di medicina umana.

Deformità rotazionali sono spesso associate a quelle angolari, specie al valgismo. L'evidenza clinica suggerisce che esse migliorino molto col tempo per questo sono poco studiate. Murray dimostrò come, in animali da esperimento, si possa avere in risposta a valgismo della tibia deformità rotazionale esterna: gli autori dimostrarono come la crescita avvenisse in

torsione. Sembra probabile che questo difetto si corregga attraverso una crescita “in torsione” a livello di fisi di accrescimento ³⁶.

Concludendo, le cellule cartilaginee della fisi di accrescimento hanno capacità di dividersi ed aumentare di taglia, provocando in siffatta maniera l’allungamento dell’osso.

La crescita di un osso è condizionata da modificazioni biomeccaniche fisiologiche, che si verificano durante il normale esercizio dell’animale; è questo probabilmente a stimolare la fisi di accrescimento.

Anche forze esterne anomale influenzano la crescita dell’osso: compressione eccessiva inibisce l’allungamento, mentre, la distrazione lo stimola; la torsione invece può danneggiare il disco epifisario.

Il disco di accrescimento è circondato da strutture differenti che sono ad esso connesse in maniera meccanica direttamente o indirettamente (es. il periostio). Danno periostale può significare alterazioni di crescita, in alcuni casi un aumento ed in alcuni casi una diminuzione della stessa; questo potrebbe essere soltanto un effetto meccanico, ma sembra più probabile che gli effetti meccanici siano modulati da cambiamenti di vascolarizzazione e forse da variazione degli influssi ormonali e di carico elettrico ³⁶.

IV. CENNI DI PATOLOGIE A CARICO DELLA FISI DI ACCRESCIMENTO

IV.a) EPIFISITE

L'epifisite è una malattia ossea generalizzata del cavallo in accrescimento caratterizzata da ingrossamento delle regioni della fisi di alcune ossa lunghe e delle vertebre cervicali.

Si riconoscono due sindromi:

1. La prima si verifica in soggetti giovani a rapido accrescimento con un massimo di incidenza tra i quattro e gli otto mesi di età;
2. La seconda si osserva nei puledri all'inizio dell'allenamento (yearlings e cavalli fino a due anni di età).

Secondo Brown e McCallum il termine "epifisite" è errato poichè non vi è infiammazione attiva dell'epifisi, della fisi o della metafisi; la lesione è specificatamente legata ad alterazioni della zona di accrescimento piuttosto che all'epifisi dunque sarebbe preferibile usare il termine di "displasia della zona di accrescimento"¹.

Per quanto riguarda l'eziologia è aperto un dibattito fra i vari autori: Jeffcott considera questa patologia come una displasia, che quindi implica un disturbo dell'ossificazione encondrale piuttosto che un disturbo di origine infiammatoria⁴⁹; Bramlage invece evidenzia due forme di fisite basate sull'interpretazione radiografica del sito dove si evidenzia la lesione che può essere periferica (più frequentemente mediale) o centrale¹⁶. Altri considerano l'epifisite come conseguenza di una lesione Salter-Harris tipo V: essa implicherebbe una compressione che inizia medialmente come conseguenza del maggior carico sopportato dalla parte mediale dell'arto anteriore. Sebbene l'epifisite sia più comune medialmente, in un puledro con valgismo del carpo si può riscontrare anche lateralmente. Di solito si riscontra negli arti controlaterali in seguito a zoppia cronica²⁶.

Pur non essendo nota l'esatta eziologia, le teorie più diffuse includono fattori nutrizionali, rapida velocità di accrescimento, predisposizione genetica e traumi.

Le sedi maggiormente colpite sono i dischi di accrescimento metacarpali o metatarsali, il radio distale e meno frequentemente la tibia distale. Se la compressione della zona di accrescimento supera i limiti fisiologici, può verificarsi il completo arresto dell'ossificazione endondrale e risultarne una deformità angolare dell'arto.

Radiograficamente le alterazioni osservate in caso di epifisite sono variabili: l'ingrossamento metafisario può essere evidente. Si ha un allargamento ed una asimmetria della metafisi, sclerosi metafisaria nelle zone subito a ridosso della fisi e può essere evidente una asimmetria dello spessore della corticale dovuto ad alterato stress sull'arto.

Si può avere ingrossamento dell'epifisi adiacente e l'assunzione di un aspetto a cuneo da parte della stessa; occasionalmente la fisi può apparire confusa e indistinta ed avere un'ampiezza irregolare.

Talvolta l'epifisite è accompagnata da anomalie delle ossa carpiche e da lesione subcondrali simil-cistiche; nei casi più gravi si ha una sublussazione della fisi rispetto alla metafisi ¹.

IV.b) FRATTURE SALTER-HARRIS

Classificate in sei tipi a seconda della zona coinvolta:

- I. frattura lineare lungo la fisi di accrescimento;
- II. la frattura coinvolge una porzione della fisi e una porzione di metafisi;
- III. la frattura coinvolge una porzione della fisi e una dell'epifisi;
- IV. coinvolgimento di fisi, epifisi e metafisi nella frattura;
- V. compressione eccentrica a carico della fisi per la sua chiusura

prematura in un punto;

- VI. formazione di un ponte osseo a livello della fisi (per trauma laterale e conseguente reazione periostale).

The Salter-Harris Classification of Growth Plate Injuries

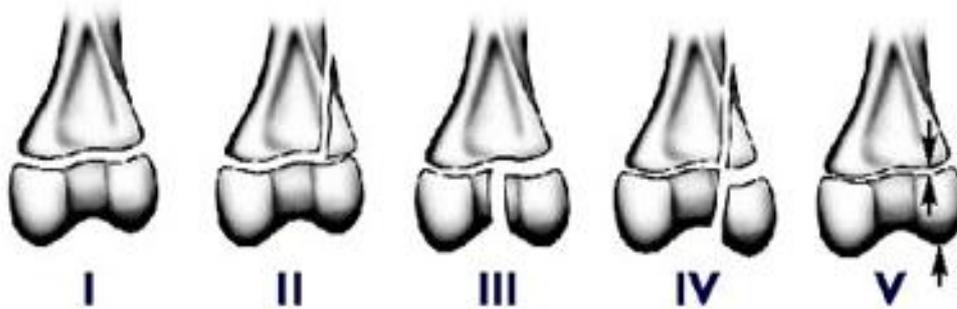


Figura 3 Classificazione delle fratture Salter-Harris, da: *Disorders and Injuries of the Musculoskeletal System*. Salter, R.B., Baltimore, Williams and Wilkins, terza edizione, 1999.

Insulti traumatici della fisi possono verificarsi in soggetti in crescita di ogni specie e sono considerati più gravi rispetto alle fratture diafisarie a causa dei rischi di disturbi della crescita e del coinvolgimento delle superfici articolari. L'incidenza delle fratture a carico della fisi di accrescimento, è riportato sia circa del 21% nel puledro. Il precoce riconoscimento della patologia ed il trattamento sono fondamentali poichè il problema, se trascurato, può esitare in deformità angolare e artrite.

Fratture della fisi tendono ad interessare sedi ben definite, normalmente lo strato ipertrofico di condrociti nella cartilagine di accrescimento.

La classificazione Salter-Harris risulta un valido aiuto nella determinazione della prognosi e nella valutazione delle opzioni di trattamento.

In generale la prognosi peggiora proporzionalmente all'aumento nel numero di classificazione della frattura ma altri rilevanti fattori prognostici sono:

1. severità del trauma alla fisi di accrescimento;
2. l'integrità della vascolarizzazione;
3. la sede della fisi;
4. l'età del puledro;
5. il tempo intercorso tra la frattura e l'inizio del trattamento.

Le fratture di tipo I e II (incidenza rispettivamente del 20% e 63%) sono le più comuni e hanno prognosi generalmente fausta.

Gli arti di puledri molto giovani sembra abbiano maggiori possibilità di raddrizzarsi e tornare sani rispetto a quelli di età più matura.

Le fratture della fisi guariscono rapidamente, approssimativamente in metà del tempo richiesto per la guarigione di fratture metafisarie.

La chiusura prematura della fisi di accrescimento può verificarsi indipendentemente dal metodo terapeutico ⁶¹.

Queste fratture ostacolano inevitabilmente il normale apporto di sangue alle cellule del disco e ciò può provocare alterazioni nell'accrescimento in alcuni punti e chiusura prematura di parte o addirittura tutta la fisi; ne consegue una deformità dell'arto perchè la funzionalità della fisi non è uniforme e lo sviluppo dell'osso non lo sarà di conseguenza ³¹.

IV.c) OSTEOCONDROSI DELLA FISI DI ACCRESCIMENTO E DELLA CARTILAGINE ARTICOLARE

Il termine osteocondrosi si riferisce ad una alterazione della differenziazione cellulare nella cartilagine di accrescimento.

Vi è una insufficienza nella ossificazione encondrale ed una persistenza di cartilagine ipertrofica.

Successive sollecitazioni fisiche danno origine a fessurazioni della cartilagine alterata e il progressivo danneggiamento della stessa può esitare

nella sindrome definita come “osteocondrite dissecante” o “in cisti ossee sottocondrali periarticolari”¹.

Più in generale questa patologia determina debolezza della fisi, perdita della sua integrità strutturale, microfratture, dolore e ingrossamento della stessa. A livello articolare può portare a instabilità cui segue malattia degenerativa della giuntura⁵⁰. L'eziologia non è ancora chiara, ma si ritiene che a ciò contribuiscano fattori come la crescita rapida, fattori ereditari, traumi e l'eccessiva produzione di taluni ormoni come la tireotropina, corticotropina e l'ormone della crescita⁵⁶.

Le razze più colpite sono purosangue inglese, quarter horse e trottatori¹.

IV.d) CRESCITA ASIMMETRICA E CHIUSURA PREMATURA DELLA FISI DI ACCRESCIMENTO

Secondo Brauer et al. (1999) i puledri hanno un'ottima predisposizione naturale alla correzione spontanea delle deviazioni angolari anche se nati con conformazione anormale.

Ogni zona di accrescimento ha un intervallo biologico sia di tensione che di compressione entro cui la zona reagisce; se compresi in questo intervallo lo stiramento o la compressione accelerano l'accrescimento mentre una diminuzione della tensione o della compressione rallentano la crescita.

Al di là dei limiti fisiologici di stiramento e compressione la crescita può essere rallentata in maniera significativa o addirittura bloccata^{1,38}.

La causa possono essere lesioni traumatiche (es: forze di carico statico) e disturbi di circolo che interessano la fisi nella sua interezza o solo in parte.

Si verifica quindi la chiusura precoce della fisi di accrescimento e l'arresto dello sviluppo dell'osso interessato, mentre gli altri segmenti scheletrici continuano a crescere.

Ciò può portare alla formazione di un arto più corto, se la patologia coinvolge un solo osso, o a dismorfosi di un arto nel caso in cui sia interessato un osso che però è contiguo e parallelo ad un altro che cresce normalmente (es. radio-ulna).

Nel puledro si riscontra più frequentemente la chiusura precoce della metà del disco epifisario distale del radio. Una maggiore crescita dell'aspetto mediale della fisi distale del radio rispetto a quella laterale si traduce in una deviazione laterale dell'arto, cioè un valgismo del carpo; una crescita continua asimmetrica preclude una normale correzione dell'arto ⁶².

V. DEVIAZIONI ANGOLARI A SEDE CARPICA



Figura 4 Puledro con deviazione angolare moderata carpo destro (9°) e lieve carpo sinistro (5°) .

Le **deformità degli arti**, secondo Yarbrough possono essere classificate in:

- Congenite o acquisite;
- Angolari o rotazionali;
- Coinvolgenti i tessuti molli periarticolari;
- Coinvolgenti sezioni metafisarie, diafisarie, epifisarie delle ossa lunghe;
- Coinvolgenti le ossa cuboidali⁷⁷.

Le deviazioni angolari fanno parte delle cosiddette malattie ortopediche dello sviluppo e vengono osservate con sempre maggiore frequenza in puledri di tutte le razze ¹.

Secondo Greet esse possono essere classificate in due categorie:

1. Valgismo: inteso come deviazione laterale dell'arto rispetto al piano sagittale;
2. Varismo: inteso come deviazione mediale dell'arto rispetto al piano sagittale.

La diagnosi non è complessa; con un semplice esame clinico si può definire l'origine del problema. Risulta essenziale controllare scrupolosamente l'intero arto poichè potrebbe essere presente più di una deformità e nella gestione di due tipi di deformità differente è necessario considerare i tempi di crescita diversi dei segmenti ossei interessati ⁵¹.

In caso di deformazioni angolari multiple può accadere che rapporti anomali a carico di due giunture adiacenti (esempio carpo e nodello) si compensino facendo apparire all'esame ispettivo l'arto correttamente allineato.

L'esame visivo dell'intero arto sia statico che dinamico aiuterà il clinico a comprendere pienamente il problema.

Particolare attenzione va prestata nell'individuazione di patologie rotazionali che sono più complesse da diagnosticare.

Corretta valutazione si ottiene osservando l'arto secondo il piano frontale (latero-mediale) ed orizzontale (dall'alto).

In molte aziende da riproduzione, la conformazione medio-laterale del piede/arto viene valutata semplicemente come "punta in dentro" o "punta in fuori". Ciò porta ad una eccessiva semplificazione del protocollo terapeutico che è necessario adottare per ottenere un miglioramento ²⁵.

Per le deformità il precoce riconoscimento e l'esatta localizzazione del difetto originale permettono di formulare una diagnosi corretta ed una prognosi favorevole.

La palpazione dell'arto consente di differenziare lassità periarticolare dalle deviazioni causate da problemi post-natali; risulta inoltre fondamentale il supporto radiografico ⁵¹.

L'angolo di deviazione è considerato lieve se inferiore a 5°, moderato se compreso tra 5° e 15°, grave se superiore a 15° ³⁹ (secondo la classificazione di Barr).

Pierce ha proposto una scala di gravità delle deviazioni angolari che va da "0" puledro dritto a "3" puledro gravemente deviato ⁶⁴.

Per deformità angolare si intende una deviazione laterale o mediale dell'arto. Ciò è contrapposto alle deformità flessorie, legate a contratture o rotture tendinee che provocano deviazione in senso cranio-caudale dell'arto. I termini valgismo e varismo vengono comunemente usati per descrivere il tipo di deviazione angolare nei puledri. Carpo valgo (ginocchio in dentro) definisce una patologia in cui il metacarpo devia lateralmente rispetto ad un asse longitudinale, mentre la parte distale del radio devia medialmente.

Carpo varo (ginocchio in fuori) si riferisce alla situazione opposta alla precedente in cui la parte distale del metacarpo devia medialmente e la parte distale del radio lateralmente ¹; i fulcri di deviazione sono rispettivamente più interno e più esterno rispetto all'asse longitudinale normale.

Le deviazioni angolari possono in alcuni casi essere complicate da deformità rotazionali ed assiali; se si tratta di una rotazione esterna di tutto l'arto anteriore si avrà probabilmente un miglioramento nel tempo poichè con la crescita del puledro il torace aumentando la propria ampiezza tende a riportare l'arto dritto. Se si ha invece una rotazione pura di un segmento

osseo distale allora la prognosi è riservata poichè è meno probabile che si abbia un miglioramento spontaneo e non esistono trattamenti chirurgici risolutivi. Con il passare del tempo, l'osso può adattarsi ad un carico anormale e seguendo la legge di Wolffs, la crescita differenziale della cartilagine di accrescimento determina lo sviluppo di una deformazione rotatoria permanente.

Accade sovente che una condizione di valgismo sia accompagnata da rotazione esterna (mancinismo) e il varismo da una rotazione interna (cagnolismo). Questi difetti rotazionali di solito migliorano comunque con la correzione della deviazione¹¹.

La deformità assiale è invece un malposizionamento dei segmenti distali dell'arto rispetto a quelli prossimali; un esempio sono le cosiddette "ginocchia a sedile" dove il metacarpo e il carpo sono posizionati lateralmente rispetto al radio distale. Questo altera l'asse di carico dell'arto e può accentuare l'effetto di una concomitante deviazione angolare¹¹.

I difetti più frequenti si riscontrano nella porzione distale del radio (valgismo e varismo del carpo)⁸.

I difetti che si associano con quelli di tipo opposto (es.valgismo carpico e varismo del nodello) generalmente sono il risultato di fenomeni compensatori "naturali" o iatrogeni (sequela di inappropriate correzioni).

V.a) EZIOPATOGENESI

La maggioranza delle cause proposte per spiegare le deviazioni angolari sono puramente speculative, offrono al clinico poco aiuto nel tentativo di correzione del problema e soprattutto nel consigliare agli allevatori come prevenire questo tipo di patologie⁷⁷.

Non sono note propensioni di specie e sesso ma soggettivamente ci potrebbero essere predisposizioni genetiche²⁶.

Secondo Caron J. P. i fattori che possono contribuire alla patogenesi delle deviazioni angolari si dividono in

- Congeniti:
 1. Anormale posizionamento intrauterino;
 2. Insulti uterini;
 3. Sbilanci ormonali;
 4. Squilibri nutrizionali della fattrice;
 5. Immaturità dei tessuti muscolo-scheletrici.
- Acquisiti:
 1. Conformazione svaforevole;
 2. Sbilanci o eccessi nutrizionali;
 3. Trauma.

Le cause di deformità angolare sono ancora oggetto di discussione, sono molteplici e quasi sempre le deviazioni angolari sono il risultato di una multifattorialità⁹.

V.a)1.FATTORI CONGENITI

Posizione intrauterina anomala



Figura 5 Puledro “windswept”

E'una patologia che si riscontra più comunemente in puledri nati da fattrici sovrappeso: esiste una teoria meccanica, di schiacciamento, che porta alla nascita di puledri con deviazioni angolari.

Si pensa che anche la cosiddetta conformazione “windswept” (vedi figura 5), caratterizzata da valgismo di un arto e varismo del controlaterale sia secondaria a malposizionamento intrauterino durante le ultime settimane di gestazione ⁶⁴.

Patologie gestazionali

Rientrano in questa categoria tutte le patologie a carico della placenta come placentiti o insufficienza placentare e condizioni patologiche a carico della fattrice: gravi infestazioni parassitarie, coliche, squilibri ormonali (per esempio l'ipotiroidismo: porta a nascita di puledri col gozzo e anomalità ossee), ingestione di *Astragalus mollissimus* ⁵⁴, gravidanze gemellari (queste ultime sono ormai rare nell'allevamento del cavallo sportivo, in quanto si tende a risolverle manualmente nelle primissime fasi della gravidanza attraverso lo schiacciamento di uno dei due embrioni).

In un allevamento con alta incidenza di deviazioni si devono effettuare attenta valutazione del tipo di alimentazione e analisi dell'acqua di abbeverata ⁵⁰; un interessante studio americano realizzato in un allevamento di quaranta fattrici dimostra quanto il regime alimentare nel periodo di gestazione sia importante: i pascoli cui suddette fattrici avevano accesso si presentavano di scarsa qualità in seguito ad un lungo periodo di siccità e l'unico supplemento alimentare che le gestanti ricevevano erano razioni di 11-14 kg di avena associate a piccole quantità di fieno. Questo inusuale regime alimentare non presentava nessun effetto negativo sulle cavalle (né laminiti né segni di iperparatiroidismo secondario) che si presentarono però obese al momento del parto. L'incidenza dei puledri nati con deviazioni angolari fu maggiore quell'anno rispetto ai precedenti, a dimostrazione dell'importanza che una dieta corretta ha in fase di gravidanza.

Ossificazione incompleta



Figura 6 Grave ipoplasia delle ossa del carpo

Ossificazione incompleta è una definizione vaga e riunisce un ampio range di segni radiografici che indicano differenti gradi di ossificazione ⁵².

Secondo la classificazione Adams-Poulos (in base ai segni radiografici) si distinguono quattro gradi di gravità in ordine decrescente: nel I alcune ossa non mostrano segni radiografici di ossificazione (vedi figura 6), nel IV le ossa sono simili a quelle dell'adulto solo con uno spazio articolare apparentemente più ampio (in realtà c'è solo più cartilagine radiotrasparente)³.

Immaturità dei tessuti muscolo-scheletrici e flaccidità delle strutture periarticolari

Si verificano in caso di nascita prematura (durata gestazione < 320 giorni) e in caso di dismaturità (puledro clinicamente immaturo anche se nato a termine).

La maturazione dello scheletro, dalla cartilagine primordiale in osso, è un processo molto complicato che avviene principalmente durante gli ultimi stadi della gestazione.

La lassità periarticolare è la maggior causa di deviazione angolare sebbene spesso si abbia un drastico miglioramento entro le prime quattro settimane di vita, nel momento in cui i tessuti periarticolari diventano meno elastici²⁶. L'eccessiva lassità dei legamenti collaterali laterali e la conseguente tendenza del piede a ruotare lateralmente determina instabilità articolare con una conseguente anomala distribuzione del carico sulle superfici articolari provocando anche delle gravi deviazioni.

Non è ancora noto come si sviluppino questi problemi. Si ipotizza che, squilibri ormonali possano essere alla base di questi quadri clinici²⁶, supponendo essi siano responsabili della asincronia di crescita tra ossa lunghe e tessuti molli e di una posizione intrauterina anomala.

V.a)2. FATTORI ACQUISITI O DI SVILUPPO

I fattori dello sviluppo sono quelli acquisiti, cioè legati a squilibri alimentari, esercizio eccessivo, infezioni e traumi che possono portare a crescita aberrante dell'epifisi e/o della metafisi con conseguente deviazione assiale dell'arto.

Squilibri alimentari

La più importante considerazione da fare nella dieta di un puledro è un adeguato bilanciamento minerale. Gli oligominerali hanno un ruolo specifico nella sintesi e nella degradazione cartilaginea, quindi, sia una carenza che un eccesso possono portare ad una interruzione della via che porta alla trasformazione della cartilagine in tessuto osseo funzionale ⁶¹. Uno studio effettuato in alcuni allevamenti rileva una correlazione tra l'incidenza delle malattie ortopediche dello sviluppo in giovani cavalli e i livelli di calcio, fosforo, rame, zinco e magnesio nella dieta; l'incidenza della malattia diminuiva dopo la correzione del contenuto minerale nelle razioni ³⁴.

Il rame in particolare, risulta essere cruciale per un ottimale sviluppo dell'apparato muscolo-scheletrico del puledro in quanto entra nella costituzione dell'enzima lisilossidasi importante nella formazione dei legami crociati del collagene; una carenza di tale oligoelemento determina debolezza della matrice cartilaginea e microfratture nella zona delle cellule ipertrofiche sia nella cartilagine articolare che in quella di accrescimento ⁴.

I puledri sono particolarmente suscettibili alla carenza di rame visto che la loro unica fonte nutritiva nei primi mesi di vita risulta essere il latte materno che ne è estremamente povero. Nella prima fase della vita il puledro utilizza il rame immagazzinato nel fegato durante l'ultimo trimestre

di gravidanza; risulta quasi superfluo sottolineare quanto è importante un adeguato apporto di rame alla fattrice nella fase finale della gestazione.

Un'alimentazione con un elevato carico di carboidrati, quindi ad alto contenuto energetico, può essere causa primaria di patologie a carico dell'apparato muscoloscheletrico, in particolare l'ostecondrosi. L'ostecondrosi, in quanto espressione di una ritardata o mancata ossificazione encondrale nei dischi di accrescimento epifisale o metafisale, ha un ruolo nello sviluppo delle deformità angolari.

L'iperstimolazione di certi ormoni endocrini disturba, in un certo senso, la maturazione cartilaginea, causando una proliferazione di cellule nei livelli superiori del disco di accrescimento e una diminuita lisi delle cellule nelle zone ipertrofiche, la quale è necessaria per una normale penetrazione dei vasi capillari nella matrice cartilaginea³⁷.

L'alimentazione deve essere gestita in modo da creare quel delicato equilibrio che consente un ottimale sviluppo dell'apparato muscoloscheletrico, proprio nella fascia di età in cui il puledro appare essere più suscettibile al presentarsi di deformità angolari.

Esercizio eccessivo e traumi

Le deviazioni angolari acquisite, secondarie a carico eccessivo o asimmetrico sulle zone proliferative sono potenzialmente più gravi rispetto a quelle congenite.

Esercizio eccessivo e traumi incidono negativamente in puledri dismaturi causando deviazioni attraverso microfratture e schiacciamenti locali delle zone proliferative attraverso chiusura precoce delle fisi di accrescimento.

Questo tipo di frattura è classificata come frattura Salter-Harris tipo V.

Ossificazione incompleta delle ossa cuboidali del carpo può esitare in una frattura delle stesse e deformità angolare secondaria; quelle maggiormente

coinvolte sono le laterali che come conseguenza portano ad un carpo valgo; anche fratture epifisarie causate da traumi esterni possono provocare deviazioni.

Esercizio controllato e limitato, in puledri dismaturi, può incoraggiare una appropriata ossificazione e prevenire fratture.

Le deviazioni angolari possono essere provocate anche da un eccessivo carico di peso su un arto dovuto a zoppia dell'arto controlaterale; nel giro di poche settimane questa condizione causa crescita asimmetrica dell'osso. In questi casi i puledri assumono stazione tripodale, portando l'arto controlaterale più medialmente, con la punta del piede rivolta verso l'interno. Col passare del tempo questo potrebbe causare una crescita asimmetrica delle ossa dell'arto non colpito da zoppia e la formazione di valgismo in tutte le articolazioni, con una rotazione interna della porzione distale dell'arto ²⁶.

In linea di massima, qualsiasi anomalia di distribuzione del peso (carichi eccessivi che causano dolore o problemi neurologici) può produrre deviazione angolare ⁵¹.

Buona parte di queste patologie se trattate, migliorano ma non guariscono e permangono deviazioni residue; infatti è pressoché impossibile mantenere la vitalità di tutta la cartilagine di accrescimento prima di arrivare all'intervento chirurgico ⁸.

V.b) DIAGNOSI

V.b) 1. ESAME CLINICO

Comprende anamnesi, esame fisico, esame dell'andatura.

Una valutazione attenta del puledro con una deviazione angolare risulta indispensabile per emettere una diagnosi di certezza e gestire correttamente la patologia.

Anamnesi

- Età del puledro;
- Grado di maturità e peso alla nascita;
- Presenza o meno della deformità al momento della nascita;
- Evoluzione della deformità dal momento in cui è stata notata al momento della visita (miglioramento, peggioramento o condizione stabile);
- Presenza di particolari gonfiori o zoppie dell'arto controlaterale;
- Informazioni sulla fattrice (es. primipara, se ha prodotto altri puledri devianti, problemi gestazionali, obesità ecc..)

Ogni situazione va valutata attentamente prendendo in considerazione ancora la razza, l'attitudine e le prospettive future del puledro nonché le possibilità economiche del proprietario.

Esame fisico

L'esame fisico è un metodo soggettivo nella valutazione di una deviazione angolare. Deve essere molto accurato in quanto possono esserci più segmenti devianti nello stesso arto. Il puledro va valutato in stazione e possibilmente in appiombato.

L'esame viene condotto su una superficie piana e regolare, il veterinario si pone davanti e dietro ad ogni arto; quindi il clinico dovrà posizionarsi al lato (spalla a spalla) del puledro ed osservare l'arto deviato "dall'alto": vanno considerati l'arto nel suo insieme, quindi l'allineamento reciproco dei vari segmenti ossei e lo zoccolo. Quest'ultimo e la regione falangea devono essere osservati anche secondo un piano palmare o plantare, cioè sempre ponendosi di fianco all'animale e sollevando l'arto in prossimità del nodello: si valutano l'allineamento dei segmenti distali e il consumo della

muraglia (utile soprattutto se la deformità è lieve e si hanno per questo dubbi sulla sua reale presenza). A questo punto si può considerare l'eventuale distorsione della capsula dello zoccolo. Bisogna prestare particolare attenzione ai glomi per determinare se la faccia mediale è inclinata (intendendo la situazione in cui uno dei glomi è più sollevato dell'altro). Utilizzando come guida il centro il fettone è possibile valutare il profilo del margine soleare della parete dello zoccolo per stabilirne eccessivo consumo o crescita, svasatura, restringimento e raddrizzamento ²⁵.

Esame dell'andatura

Si dovrebbe osservare il puledro in movimento per valutare la variazione del grado di deformità angolare e per rilevare qualunque segno di zoppicatura. I puledri giovani con deviazione angolare del carpo dovuta a ipoplasia delle ossa carpiche, lassità legamentose ed incompleto sviluppo dei metacarpali rudimentali, spesso mostrano un aumento della deformità angolare durante l'appoggio ed un relativo raddrizzamento dell'arto quando non vi caricano il peso.

Nella maggior parte dei casi la zoppia non è caratteristica delle deviazioni angolari e se presente normalmente è a carico dell'arto controlaterale a quello deviato ¹. Nei rari casi in cui la zoppicatura è presente, essa è di natura meccanica, causata dall'instabilità articolare ³¹.

Se, oltre alla deviazione, sono presenti delle anomalie rotazionali si possono posizionare dei markers sull'arto e osservare il puledro mentre cammina; in questo modo risulta più facile evidenziare eventuali deviazioni o rotazioni mentre l'arto è nella fase di movimento ⁷⁷.

Alla palpazione dell'arto si deve valutare la presenza di deformazioni, calore, dolore (fisiti settiche, fratture).

La manipolazione della parte distale dell'articolazione può essere utile per definire la localizzazione del centro di deviazione della deformità angolare del carpo:

- Flaccidità o instabilità del carpo in direzione latero-mediale in caso di lassità legamentosa, ipoplasia delle ossa carpiche collasso delle ossa carpiche e lussazione dei metacarpali;
- Lassità in senso cranio-caudale si ha in caso di ossa carpiche collassate o sublussate;
- Valutare se la deformità può essere ridotta o meno manualmente;
- La porzione distale dell'articolazione appare stabile nel caso di crescita asimmetrica della metafisi radiale distale e di alterazioni dell'epifisi distale del radio.

Una valutazione più obbiettiva si otterrà comunque attraverso l'esame radiografico.

V.b) 2. ESAME RADIOGRAFICO DEL CARPO

L'esame radiografico riveste importanza fondamentale nell'approccio clinico alle deviazioni angolari del carpo nel puledro ed è la base su cui determinare l'angolo totale di deviazione, la posizione dello stesso e le sue modificazioni prima e dopo eventuali trattamenti; questo esame possiede inoltre valore prognostico.

L'indagine radiografica della regione del carpo può essere limitata ad una proiezione dorso-palmare dell'articolazione ⁷⁰; l'esecuzione di proiezioni latero-mediale, oblique o flesse è utile soprattutto nel caso si sospettino deformità o lesione traumatica a carico delle ossa cuboidali ⁶⁷.

Al fine di ottenere un radiogramma dorso-palmare significativo occorre utilizzare una cassetta di dimensioni tali da poter comprendere il 50-75% delle ossa lunghe prossimali e distali dell'articolazione; per avere una immagine reale e non falsata (artefatto) bisogna evitare ogni tipo di rotazione o malposizionamento dell'arto.



Figura 7 Radiogramma carpo puledro 0 giorni

Lo studio radiografico avviene in due fasi:

- Esame morfologico
- Esame geometrico

Esame morfologico

L'analisi morfologica consente di determinare anomalie ossee a livello di articolazioni carpali e tessuti molli circostanti ²⁴.

Le anomalie che si possono riscontrare sono:

- Irregolarità della linea della fisi generalmente più evidente sul lato della deviazione;
- Epifisi a forma di cuneo;
- Rimodellamento della diafisi associata ad asimmetria nello spessore della corticale dell'osso;
- Ipoplasia, displasia, collasso o sublussazione delle ossa carpali;
- Frattura della fisi o evidenza di un insulto traumatico recente o inveterato a livello della stessa;
- Svasatura della metafisi o dell'epifisi ¹¹.

Esiste un Indice di Ossificazione Scheletrica elaborato al fine di classificare l'apparenza radiografica dell'ossificazione del carpo (e del tarso) di puledro su una scala di quattro gradi (vdi tabella n.1).

Tabella 1. INDICE DI OSSIFICAZIONE SCHELETRICA DEL CARPO (TRATTO DA KOTERBA 1990)

GRADO	CRITERIO
1	Alcune ossa cuboidali non mostrano radiograficamente segno di ossificazione.
2	Tutte le ossa cuboidali mostrano segni di ossificazione radiografica; Il processo stiloideo del radio distale è assente o appena visibile.
3	Le ossa cuboidali sono piccole e con profilo arrotondato; gli spazi articolari appaiono ampi ed il processo stiloideo laterale del radio appare nitido.
4	Le ossa cuboidali appaiono ossificate in modo appropriato e gli spazi articolari sono delle giuste dimensioni.

Alcune anomalie ossee differenti per natura hanno apparenza radiografica simile e possono essere confuse:

- ossificazione incompleta e lisi ossea associata ad infezione;
- centri di ossificazione secondari e fratture;
- ossificazione incompleta e collasso carpale;
- normale reperti di ossificazione e osteocondrosi ⁵²;

Anormalità di ossificazione sono spesso associate a deviazioni angolari. Esami radiografici ripetuti associati ad attento esame clinico (prestando attenzione a zoppie, deformità angolari ed effusioni articolari) possono influenzare significativamente le decisioni riguardo il piano terapeutico.

Quando esiste uno squilibrio nella crescita a livello di metafisi i radiogrammi mostrano una sclerosi della stessa, un aspetto irregolare ed ondulato della fisi e una lieve inclinazione del disco epifisario (più alto sul lato concavo che su quello convesso).

Se la deviazione aumenta di grado può esitare in ectasia ed ingrossamento della fisi e svasatura della metafisi ³¹.

Esame geometrico

L'esame geometrico permette al clinico di definire il tipo, la sede e la gravità della deviazione ⁷⁰.

Esistono due metodi di analisi geometrica per determinare l'angolo totale di deviazione che si sono dimostrati equivalenti ¹⁹:

1. Punto Pivot
2. Misurazione singola degli angoli articolari

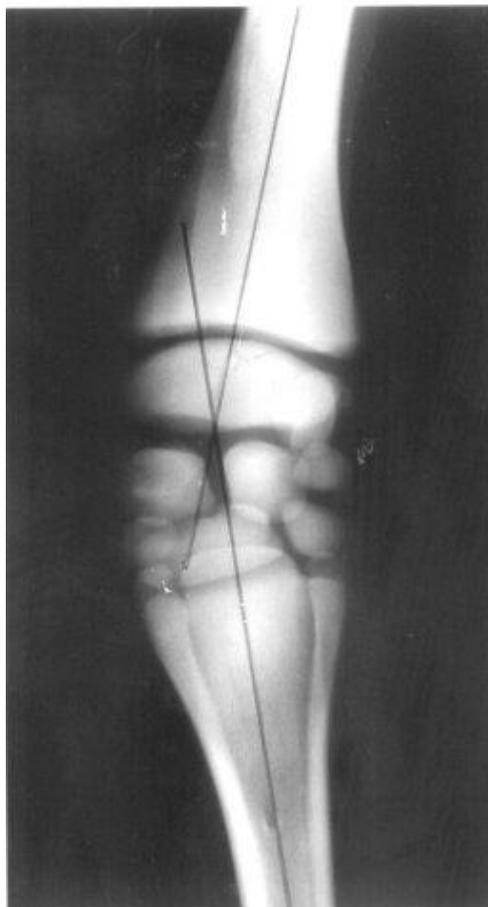


Figura 8 Identificazione punto pivot (PP)

L'identificazione del centro di deviazione o punto pivot (PP) ed il grado totale di deviazione possono essere determinati sovrapponendo al radiogramma in proiezione dorso-palmare un foglio trasparente. Si disegnano due linee: una biseca il centro del radio e l'altra biseca il centro

del metacarpale principale. Il punto in cui queste due linee si intersecano è considerato il punto pivot o centro di deviazione. L'angolo acuto formato da questa intersezione viene misurato con un goniometro e rappresenta il grado di deformità angolare.

Il punto pivot può indirizzare l'esaminatore a riconsiderare le alterazioni morfologiche se il punto non corrisponde alle alterazioni morfologiche identificate nei radiogrammi ¹.

Il PP si trova generalmente in metafisi distale, fisi, epifisi e meno comunemente a livello di diafisi ⁵⁷.

In puledri con carpo valgo la localizzazione del PP a livello articolare incoraggia il medico-veterinario ad esaminare le pellicole radiografiche con particolare accuratezza ricercando anomalie morfologiche a carico delle ossa cuboidali generalmente associate ad una prognosi peggiore ²⁴.

Se il PP è localizzato al di sopra o a ridosso della fisi distale del radio, è normale sospettare una crescita longitudinale asincrona della metafisi.

Un PP localizzato subito distalmente alla zona di accrescimento potrebbe indicare una anomalia nella epifisi distale del radio che contribuisce alla deformità angolare. Nella maggior parte dei casi la crescita asincrona della epifisi distale del radio è associata con crescita asincrona della metafisi ³⁰; in questo caso la deviazione risulta essere superiore a quella che si avrebbe se fosse interessata solo la metafisi radiale distale.

L'ipoplasia delle ossa cubiche del carpo sposta distalmente il PP all'interno delle articolazioni radio-carpica o medio-carpica.

Uno sviluppo anormale delle ossa metacarpali secondo e quarto provocano un ulteriore slittamento del PP ¹.

Il PP è un buon metodo se esiste un solo fulcro di deviazione; quando questi sono molteplici (quattro ad es. nel carpo) e soprattutto quando è richiesta una valutazione post-chirurgica, il PP non individua in modo esatto il punto

nel quale si è verificato il cambiamento dell'angolo articolare ma dimostra semplicemente la non linearità dei segmenti.

Altro metodo geometrico più complesso, proposto da Auer definisce la distribuzione dell'angolo di deviazione all'interno della regione del carpo.

Questo metodo ha il vantaggio di suddividere l'angolo di deviazione totale nelle sue diverse componenti e consente una comparazione quantitativa degli angoli di deviazione ad ogni livello. I singoli angoli calcolati possono essere sommati per determinare l'angolo di deviazione totale.

L'esame viene condotto tracciando le linee (d), (c) e (b) attraverso gli spazi articolari delle giunture carpo-metacarpale, medio-carpica e radiocarpica rispettivamente; la linea (d) è perpendicolare all'asse maggiore del metacarpale III. Una quarta linea (a) viene tracciata attraverso la fisi distale del radio. Tracciando una seconda serie di linee: (c') parallela a (d), (b') parallela a (c), (a') parallela a (b) e, da ultima (a'') perpendicolare all'asse longitudinale del radio; è possibile gli angoli alfa, beta e gamma esprimono ciascuno il grado di deviazione con cui ogni fila delle ossa carpiche e l'epifisi distale del radio contribuiscono a formare l'angolo complessivo di deviazione rappresentato da delta ⁷⁰.

E' interessante considerare come gli angoli all'interno di un singolo carpo che appare valgo possano non essere tutti orientati nella stessa direzione: la maggior parte di essi è valga ma in alcuni casi possono essere presenti anche angolazioni vare; infatti alcuni arti appaiono dritti all'osservazione del clinico ma in realtà presentano deviazione angolare significativa sui singoli piani articolari se esaminati radiograficamente. Questi angoli semplicemente si annullano l'uno con l'altro ed il risultante angolo totale di deviazione è 0. Questo tipo di deviazioni, se importanti, possono ripercuotersi negativamente sulla futura integrità dell'apparato muscolo-scheletrico del soggetto ¹⁹.

Infine esiste anche una procedura ¹⁵ per verificare la lussazione distale del IV osso metacarpale e IV carpale nei puledri con valgismo del carpo. Sul radiogramma, ottenuto in proiezione dorso-palmare, viene tracciata una linea retta lungo il margine prossimale del metacarpale III; poi si traccia una seconda linea dalla salienza che divida in due parti il piano articolare del metacarpeo III, alla faccia mediale del metacarpeo IV. Dall'intersezione si forma un angolo ottuso che, normalmente, deve avere valore maggiore o uguale a 135°: se è inferiore, ed il metacarpale IV presenta una normale radiopacità la lussazione di quest'ultimo è distale; se è inferiore e il metacarpeo IV ha contorni irregolari associati a radiopacità anomala la diagnosi è di ipoplasia. Se l'angolo con cui si articolano le ossa carpalì III e IV, misurato in maniera analoga, è ridotto, anche l'osso carpale quarto è lussato distalmente ⁷⁰.

La veridicità delle informazioni ottenute attraverso l'esame radiografico dipende da:

- Angolo della proiezione;
- Il grado di appoggio del peso da parte del puledro durante la radiografia;
- L'accuratezza nella stima dell'asse centrale delle ossa lunghe ⁵².

VI. TRATTAMENTO DELLE DEVIAZIONI ANGOLARI DEL CARPO

I metodi terapeutici possono essere divisi in due grandi categorie: conservativi e non conservativi.

VI.a) METODI CONSERVATIVI

Nella maggior parte dei casi un intervento conservativo è la terapia giusta per la correzione delle deviazioni angolari. Esercizio limitato e pareggio del piede sembrano essere sufficienti a risolvere buona parte delle deviazioni angolari lievi e moderate^{20, 26}.

Dalla precedente affermazione si evince quanto siano importanti sia l'esame clinico che quello radiografico.

I puledri con angolo di deviazione maggiore di 15 gradi, o con lesioni delle ossa carpali non sono candidati per la terapia conservativa.

Bisogna ricordare che la cronologia dell'accrescimento epifisario dei diversi segmenti scheletrici, in particolare la chiusura del disco epifisario distale del radio (22-42 mesi), ha importanza per l'approccio terapeutico, soprattutto se si considera che i tempi di maggior attività dei dischi epifisari sono molto più precoci. I tempi "migliori" per le diverse terapie per la correzione delle ALD sono i primi 4-6 mesi per le deviazioni a livello del carpo (disco epifisario distale del radio).

La brevità del tempo a disposizione non è dovuta soltanto al periodo d'accrescimento del radio distale, che si prolunga ben oltre i sei mesi, ma anche al precoce insorgere di lesioni osteoarticolari, legate all'aumento della massa corporea. Una buona pratica consiste nel tentare la terapia conservativa per il carpo fino a 2-3 mesi d'età^{1, 20}.

VI.a) 1. RIPOSO E ALIMENTAZIONE CONTROLLATA

Il riposo è raccomandato per gestire una deviazione angolare finchè non si è certi che la deformazione stia migliorando e che le forze meccaniche date dal movimento non danneggino l'articolazione ⁵⁷; è imperativo trattare in questo modo i puledri con ossificazione incompleta che per nessuna ragione devono essere liberati in paddock ⁸.

Il riposo in box può durare al massimo due mesi; non è consigliabile costringere l'animale in box per un periodo di tempo eccessivo.

Anche puledri con flaccidità delle strutture perilegamentose traggono benefici dal riposo in box; per questi soggetti però è consigliato esercizio quotidiano di 10-15 minuti al fine di stimolare la muscolatura e rafforzare i tessuti molli.

In linea di massima l'esercizio continuo di fronte ad una deformità angolare dell'arto può causare la compressione del disco di accrescimento dal lato concavo della fisi. Anche se una certa compressione sembra stimolare lo sviluppo, un eccesso di questa può realmente impedire l'accrescimento dell'osso determinando una deviazione.

Indipendentemente dalla severità e dal sito di deviazione, il riposo e il cambiamento rigoroso della dieta sono molto importanti, in quanto, in alcuni casi, si potrebbe ottenere una correzione della deviazione.

Questo può richiedere dalle quattro alle otto settimane di riposo in box o esercizio controllato in un piccolo paddock per un periodo limitato di tempo. Se il puledro è stato svezzato ed è alimentato con aggiunta di concentrati, è importante controllare sempre l'equilibrio calcio/fosforo e gestire correttamente la somministrazione di carboidrati per evitare fisiti, che aggraverebbero una condizione preesistente di deviazione. Inoltre, la quantità di concentrato dovrebbe essere ridotta in modo che il puledro non

guadagni eccessivo peso corporeo in poco tempo; questa evenienza potrebbe causare sovraccarico ulteriore dei dischi di accrescimento, già sottoposti a compressioni patologiche. Controllo indiretto del peso del puledro può essere ottenuto limitando l'assunzione di latte (mungendo la fattrice) o riducendo il razionamento della madre in modo da averne una produzione minore. Questo favorisce un rallentamento della crescita e, di conseguenza, permette uno sviluppo equilibrato lungo la fisi di accrescimento⁵¹.

VI.a) 2 STECCATURE E GESSI

Trattamento utile in puledri che presentano una ossificazione incompleta delle ossa cuboidali o lassità delle strutture legamentose.

Lo scopo di questi trattamenti è mantenere un adeguato allineamento dell'arto e permettere una normale progressione dell'ossificazione endondrale senza danni o microtraumi della cartilagine causate da carichi asimmetrici.

L'immobilizzazione dell'arto colpito potrebbe però causare debolezza delle strutture teno-legamentose che può essere minimizzata immobilizzando solo l'articolazione deviata; nel caso del carpo i mezzi di contenzione non devono oltrepassare distalmente l'articolazione del nodello per non causare eccessiva lassità che comunque in minima parte si verifica.

Le stecche (di solito in PVC) e i gessi devono essere controllati quotidianamente al fine di notare precocemente ogni tipo di traumatismo (importante quando si applicano stecche o gessi è l'imbottitura sottostante).

L'ingessatura è la più robusta e rigida forma di supporto; i limiti nell'applicazione del gesso sono la necessità dell'anestesia totale, il costo e l'azione di tipo statico che esso esercita. L'applicazione di stecche ha un

costo inferiore, non necessita di anestesia generale e la loro sostituzione è molto più semplice ⁵².

In linea di massima le steccature devono essere cambiate ogni 2-3 giorni e i gessi almeno ogni settimana data la rapida crescita del puledro soprattutto nella prima settimana di vita; questi mezzi di sostegno devono essere mantenuti fino a che l'ossificazione non si è completata.

In generale, questo periodo può variare da due a quattro settimane.

Gli esami radiografici devono essere ripetuti ogni due settimane dall'applicazione del gesso o steccatura per determinare le modificazioni del grado di ossificazione.

L'utilizzo di steccature e gessi è controindicato nei casi in cui la deviazione si ha a carico della fisi distale del radio e non causata da flaccidità periarticolare o da ossificazione incompleta ⁸.

Recentemente nel mercato sono stati introdotti apparecchi ortopedici su misura (tutore di Farley e tutore di Redden) che consentono al puledro di muovere l'articolazione deviata e per questa ragione in alcuni casi sono da preferirsi ⁵².

VI.a) 3. MASCALCIA CORRETTIVA

Pareggio del piede

La conformazione e la forma del piede del puledro devono essere costantemente monitorati durante lo sviluppo.

In allevamenti ben gestiti un puledro con conformazione corretta è comunque soggetto ad un programma regolare di assistenza del piede che incomincia a circa 4 settimane di età e consiste in un controllo e pareggio con cadenza mensile.

La cura del piede mira alla prevenzione dello sviluppo di difetti di conformazione e in certi casi alla correzione di deviazioni angolari; in caso

di deviazioni lievi può essere sufficiente come trattamento; talvolta invece la mascalcia correttiva è usata in combinazione con la chirurgia³⁹.

L'obiettivo di pareggiare un piede deviato è quello di produrre un piede con minimo sbilanciamento latero/mediale o dorso/plantare.

Nel caso di valgismo carpico, il piano soleare del piede dovrebbe essere pareggiato in modo da ottenere un angolo di 90° con l'asse longitudinale del metacarpo III; inoltre il piede dovrebbe ottenere una forma il più simmetrica possibile affinché la punta formi un angolo di 90° con l'asse del fettone. In caso di deviazione angolare il piede viene pareggiato ogni due settimane.

Nonostante manchino dati scientifici precisi per comparare pratica di regolare mascalcia con totale mancanza di trattamento, esiste una evidenza aneddotica che supporta la tesi secondo la quale un appropriato pareggio del piede riduce il numero di deviazioni angolari persistenti³⁹.

In linea generale nel valgismo si accorcia leggermente la parete esterna dello zoccolo in modo che la porzione interna sia la prima a prendere contatto con il terreno; in questo modo, quando il peso viene portato su tutto lo zoccolo, il piede ruota leggermente verso l'interno. Viceversa, per il varismo, si pareggia leggermente la parete esterna⁸.

E' importante che una persona esperta faccia questo tipo di lavoro, in quanto esiste il rischio di sovracorrezioni e sviluppo di deviazioni compensatorie.

Applicazione di scarpette correttive

Un pareggio severo può interferire negativamente sullo sviluppo del piede e causarne una rotazione; infatti non è raro notare una distorsione della banda coronarica e del bulbo dei talloni, in soggetti sottoposti a trattamenti "aggressivi" di mascalcia.

Quindi sebbene in caso di deviazione angolare il bilanciamento del piede sia necessario, è preferibile l'applicazione di estensioni laterali o mediali del piede ad un pareggio esagerato.

Affinchè queste estensioni risultino efficaci è importante che la superficie dell'estensione che sta a contatto con il suolo sia allineata secondo lo stesso principio descritto nel paragrafo precedente per il pareggio ³⁹.

La scarpetta sposta il carico assiale dell'arto nella direzione dell'estensione. Le scarpette agiscono principalmente sulle fisi distali quindi, utilizzando questo metodo per correggere una deviazione a carico di una fisi più prossimale, si deve avere consapevolezza della possibilità di comparsa di una deviazione opposta, distale alla precedente (ad esempio un'estensione mediale applicata a due mesi d'età per la correzione di un carpo valgo rischia di causare un nodello varo).

Le estensioni laterali e mediali si possono realizzare con delle scarpette appositamente ideate, con delle protesi d'alluminio realizzate ad hoc , con delle resine o combinando scarpette e resine. Idealmente l'estensione deve arrivare alla verticale del lato convesso dell'articolazione deviata.

In commercio sono disponibili “scarpette” incollabili; esse però non hanno azione pienamente soddisfacente perchè talvolta non aderiscono efficacemente al piede.

Materiale acrilico o polimerico di uretanico (resine) possono essere modellati direttamente sullo zoccolo ottenendo l'estensione desiderata.

Le estensioni incollabili sono tra i sistemi di ferratura ortopedica più versatili e possono essere anche usati nella correzione di difetti rotazionali, semplicemente ritagliando la placca base in modo appropriato e/o girando leggermente la scarpetta rispetto al piede.

Le scarpette con cuffia non dovrebbero essere tenute per più di 15 – 20 giorni di seguito, in base all'età del puledro; infatti il piede cresce

velocemente e queste possono costringere la parete dello zoccolo causando contrattura del piede.



Figura 9: Esempio di scarpetta correttiva

Le deviazioni più gravi possono avere bisogno di ripetute applicazioni di estensioni, ma importante è valutare ogni volta che non si creino deviazioni o rotazioni compensatorie opposte distalmente al punto d'insorgenza della deviazione originale.

Le estensioni incollate, applicate con criterio e con tempistica corretta, danno dei risultati molto favorevoli sia da un punto di vista estetico che funzionale.

Non si deve usare il pareggio correttivo come unico metodo di trattamento nei puledri più adulti. Forzando il piede in una posizione innaturale si creano forze di torsione e stress che esitano in precoci modificazioni degenerative della cartilagine e delle strutture periarticolari. Pertanto, negli animali di età superiore ai tre mesi, è meglio optare per un intervento chirurgico anziché tentare di correggere la deviazione andando a perturbare l'equilibrio delle condizioni di carico dell'arto in un punto distale alla patologia originaria ⁸. Il solo intervento di mascaia è ideale quando i puledri sono di età compresa tra le due e le quattro settimane, quando la deformazione non è grave e quando il tempo di chiusura fisiologica non è breve ³⁹.

VI.b) METODI NON CONSERVATIVI

Nei casi in cui la deviazione sia legata ad una fisi di accrescimento ancora funzionale, intervenire chirurgicamente può portare a correzione della patologia.

Esistono due principali tipi di intervento chirurgico che agiscono a livello di fisi di accrescimento del radio ed entrambi hanno il loro ruolo nella correzione delle deformità angolari ³⁸: periostotomia emicirferenziale e ritardo della crescita (ponte transfisario).

Patologie rotazionali, anomalie delle ossa cuboidali e deformità che hanno origine da sedi distali rispetto alla fisi (come la diafisi e l'epifisi) rispondono in modo meno soddisfacente al trattamento chirurgico.

Secondo l'esperienza di alcuni autori questi elementi prognostici negativi non devono dissuadere il clinico dal tentativo di attuare una correzione chirurgica ricorrendo a periostiotomia emicirferenziale ⁷⁰; spesso si riscontra un miglioramento nell'allineamento dell'arto anche se non completo ¹¹.

Per praticare un intervento chirurgico che permetta un normale sviluppo dell'epifisi è di estrema importanza che il chirurgo tenga in considerazione l'ulteriore potenziale sviluppo della stessa. Sebbene radiograficamente la chiusura della fisi distale del radio si osservi tra il 24° e il 30° mese di età, la maggior parte dell'accrescimento longitudinale si ha intorno al 9°-10° mese. L'estremità distale del radio conosce un rapido ritmo di accrescimento ad andamento lineare che va dalla nascita del puledro alle 10 settimane. L'allungamento del radio diminuisce esponenzialmente fino all'età di 60 settimane fino a che la crescita longitudinale dell'osso ad opera della fisi di accrescimento radiale si annulla completamente ^{31,70}.

Ideale è operare il puledro quando esso ha un'età compresa tra 6 settimane e 4 mesi ⁵¹; un altro fattore da prendere in considerazione è la gravità della

deviazione. Se una deviazione angolare relativamente lieve va correggendosi spontaneamente con adeguato pareggio dello zoccolo e limitazione dell'esercizio si può decidere di rimandare l'intervento di alcune settimane.

I metodi non conservativi consistono nella accelerazione o nel ritardo della crescita, una combinazione delle due e osteotomie/ostectomie correttive.

VI.b) 1. ACCELERAZIONE DELLA CRESCITA-PERIOSTIOTOMIA EMICIRCONFENZIALE

Questo metodo si basa sul principio che la tensione applicata sull'osso ad opera del periostio diminuisce in seguito a resezione dello stesso; ciò consente alla fisi di crescere più rapidamente sulla porzione operata³⁸.

E' merito di Crilly (1972) aver dimostrato chiaramente che la sezione trasversale del periostio riesce a produrre uno stimolo accrescitivo sul disco epifisario per l'annullamento della tensione meccanica che limita l'allungamento dell'osso. Prima di lui molti autori hanno cercato di dare una spiegazione scientifica di come questo avvenga e la maggior parte degli studi sull'argomento sono stati realizzati in medicina umana.

Il periostio si comporta come una vera e propria guaina che delimita meccanicamente lo spazio disponibile per i processi osteogenici; oltre a questa azione limitante, svolge anche una regolazione dell'armonico sviluppo longitudinale dell'osso. Esso è infatti lassamente ancorato alla diafisi ed inserito più saldamente sull'anello pericondrale della cartilagine di accrescimento di ciascuna epifisi trovandosi pertanto teso tra le due epifisi dell'osso e mantenendo uniti i due dischi epifisari che si accrescono in direzioni opposte.

Tramite il periostio, le due cartilagini di accrescimento trasmettono l'una sull'altra una reciproca, costante e regolare compressione⁷⁰.

Nel caso di valgismo carpico, questa tecnica è utilizzata per le deviazioni causate dall'alterazione dello sviluppo della cartilagine di accrescimento distale del radio.

L'intervento viene eseguito in anestesia generale; in caso si associno periostiotomia e ponte transfisario gli impianti vanno applicati per primi.

La sezione del periostio si esegue sul lato concavo dell'osso deformato, lateralmente in caso di valgismo e medialmente in caso di varismo.

Il paziente viene posizionato in decubito laterale sul lato corrispondente alla faccia convessa dell'arto deviato.

Nel caso di deviazione del carpo si pratica un'incisione verticale che interessa cute, sottocute e fascia fino a raggiungere il periostio, nello spazio compreso fra il tendine del muscolo estensore dorsale delle falangi e il tendine del muscolo estensore laterale delle falangi (in caso di valgismo) o cranialmente al tendine del muscolo grande palmare (in caso di varismo).

L'incisione origina da un punto posto all'altezza della fisi distale del radio e si dirige prossimalmente per un tratto di 6-8 centimetri circa. La fisi viene identificata mediante infissione percutanea di un ago da 26 gauge. Si continua scollando per via smussa il tessuto sottocutaneo e la fascia dal periostio, sia cranialmente che caudalmente all'incisione; se si opera a livello di carpo, in caso di valgismo, si entra tra il tendine del muscolo estensore dorsale e il tendine del muscolo estensore laterale separandolo dal rudimento fibroso dell'ulna; se si opera a livello di metacarpeo/tarso III, i punti di repere sono la parte più distale dell'osso stesso o del metacarpeo/tarso IV o II. Per la prima falange si incide nel punto in cui la briglia del sospenditore del nodello si porta cranialmente; per la tibia l'approccio è craniale o caudale al tendine estensore laterale delle falangi. Di seguito si seziona in senso orizzontale il periostio parallelamente alla fisi, prossimalmente a quest'ultima, per una estensione di circa un terzo

della circonferenza dell'osso; il periostio viene poi inciso verticalmente in direzione prossimale per un tratto di circa 6 centimetri a partire dal punto medio della sezione orizzontale precedentemente eseguita; si crea così una T rovesciata a due lembi di periostio triangolari; questi possono essere scollati dall'osso sottostante, con retrazione dei margini che rendono più duraturo l'effetto di promozione della crescita dell'osso perchè il periostio cicatrizza più lentamente (normalmente la restitutio ad integrum avviene in circa due mesi). Il periostio scollato, leggermente retratto, va disposto nella sua naturale posizione e non suturato ⁵⁵ .

Si sutura in seguito la fascia, il tessuto sottocutaneo e la cute, si appone un bendaggio leggermente compressivo e si da una copertura antibiotica. Nel caso di valgismo del carpo viene associata anche una asportazione di circa due centimetri del rudimento fibroso dell'ulna per rilasciare completamente la tensione sulla fisi.

Questa tecnica può essere utilizzata anche nel caso di deviazioni particolari, come le “ginocchia a sedile” (ginocchia off-set). Questo difetto di appiombamento è relativamente frequente specialmente nel cavallo arabo; è stato proposto che questo difetto sia il risultato di due deviazioni opposte che confondono l'osservatore in quanto danno una parvenza di arto diritto: un valgismo del radio distale e un varismo del terzo prossimale del metacarpo III.

Se questo tipo di deformità è diagnosticato entro primi due mesi di età si può effettuare una periostiotomia sulla faccia laterale del radio distale e su tutta la lunghezza della faccia mediale del metacarpo III ⁸ .

La resezione periostale ha effetto per circa 2 mesi, che corrisponde al tempo necessario per riempire il difetto tra le estremità sezionate del periostio.

Uno dei vantaggi più evidenti di questa tecnica è rappresentata dalla relativa semplicità dell'intervento e dal costo limitato (non è prevista infatti una

seconda chirurgia per la rimozione di un impianto, come accade invece nel caso di ponteggio transfisario). Nel caso il risultato non fosse soddisfacente, ulteriore correzione si può ripetere successivamente.

Non è mai stata osservata una correzione eccessiva della deformazione e si può presumere con sicurezza che non si verifichi ^{38,55}.

Lo svantaggio di questa tecnica è che il suo risultato è drammaticamente meno soddisfacente rispetto a quello ottenuto con il ponte transfisario; inoltre nel caso in cui l'angolo di deviazione sia molto grave o nel caso in cui ci sia un tempo limitato prima della chiusura della fisi si possono associare le due tecniche o scegliere solo il ponteggio transfisario ³⁸.

Alcuni Autori ⁵⁷ riportano una riduzione delle prestazioni sportive in puledri sottoposti a periostiotomia a livello del radio rispetto a puledri che non hanno subito tale intervento; questa differenza sul rendimento atletico non si verifica in puledri sui quali l'intervento sia stato effettuato a livello di fisi distale del metacarpale/metatarsale III.

I risultati di un recente studio ⁶⁵ suggeriscono che la tecnica in realtà non risulta essere più efficace del riposo in box in associazione a regolare pareggio del piede; limite dello studio di cui sopra è l'induzione sperimentale delle deviazioni angolari. Donnie Slone presso il Peterson and Smith Equine Hospital in Ocala, Florida ha ripetuto l'esperimento originale di Auer che riportava la creazione di deviazioni angolari attraverso periosteal stripping seguito da una correzione delle deformità create per mezzo di un secondo intervento di periostotomia. Auer non aveva notato alcuna differenza di crescita ossea tra le porzioni mediale e laterale della fisi distale del radio e pensò di aver creato e corretto una deviazione, attribuendo la correzione della crescita alla fisi prossimale del radio.

Il Dr. Slone invece non è stato in grado di produrre deviazione eseguendo il periosteal stripping e non ha riscontrato differenze di crescita tra porzione

mediale e laterale nè a livello di fisi prossimale, nè di fisi distale del radio. Ad oggi la controversia continua ma il lettore deve essere conscio non solo delle implicazioni mediche ma anche di quelle economiche che l'abbandono della periostotomia emicirferenziale potrebbe avere nella pratica veterinaria.

In conclusione non esiste una certezza o una conoscenza assoluta dei reali effetti di questa terapia, nonostante i numerosi studi fino ad oggi condotti.

VI.b) 2. RITARDO DELLA CRESCITA-PONTE TRANSFISARIO

Questa tecnica provoca ritardo di accrescimento della parte più attiva del disco epifisario; ciò diminuirà lo sviluppo longitudinale dell'osso da quel lato.

L'intervento per correggere il ritardo della crescita si realizza in giovani puledri (3 mesi di età) con grave deviazione angolare o in soggetti deviazione significativa che permane dopo il completamento della fase rapida dell'accrescimento (per il radio dopo i 6 mesi).

Le tre tecniche descritte per il ritardo della crescita si basano sullo stesso principio:

- Applicazione di graffe;
- Applicazione di viti in associazione a fili di cerchiaggio;
- Applicazione di viti a compressione o di una piccola placca.

Attraverso l'ultima tecnica citata si evitano traumi ai tessuti molli che invece si producono in seguito ad applicazione dei fili di metallo, garantendo un eccellente aspetto estetico dell'arto dopo la chirurgia⁸.

Il ponte transepifisario può essere usato da solo o in associazione con la periostiotomia emicirferenziale.

In tutti i casi l'intervento viene eseguito con l'animale in anestesia generale, posto in decubito laterale con il lato da operare (convesso) rivolto verso

l'alto; quindi viene individuata la fisi con ago da 18 gauge e si effettua una incisione cutanea sulla parte convessa della fisi. Se il ponte transfisario deve essere associato con la periostiotomia, l'impianto deve essere inserito prima.

Graffe

Se vengono utilizzate delle graffe metalliche queste vengono inserite, usualmente in numero di tre, nella fisi in modo che la parte prossimale e distale della graffa siano equidistanti dalla fisi di accrescimento. Le graffe vanno inserite nell'osso fino a quando non si modellano sopra di esso. Una complicazione frequente è l'abbondante produzione di tessuto fibroso che copre le graffe rendendo in seguito indagine la loro rimozione.

Viti e cerchiaggio

Se invece si vogliono utilizzare delle viti ed un cerchiaggio si ha la possibilità di scegliere fra viti da spongiosa e da corticale. La vite distale viene inserita a metà distanza tra la fisi e l'articolazione, la prossimale 2-4 centimetri sopra la fisi. Si utilizza poi un filo da 18 gauge che viene teso a figura di 8, dopodichè le viti vengono completamente avvitate, operazione che determina compressione immediata attraverso la fisi; mentre con le graffe è necessario che la crescita proceda prima che si abbia compressione attraverso la cartilagine di accrescimento.

Placca a compressione

La terza tecnica utilizza delle placche al posto del filo, meno traumatiche rispetto a quest'ultimo.

Vite a compressione

Questa è una tecnica che può essere utilizzata soprattutto in puledri che presentano un valgismo del tarso e che hanno un'età superiore ai 4 mesi, dove quindi una tecnica di periostiotomia potrebbe non essere sufficiente. L'impiego delle altre tecniche di ritardo della crescita (ponte transfisario mediante viti e cerchiaggio o placche a compressione), se utilizzate sulla faccia mediale della fisi distale della tibia, comportano un non ottimale risultato estetico ⁷⁶; questo perchè molto facilmente in questa regione si formano seromi (estesa dissezione sottocutanea) che spesso risultano in infezione della ferita, dell'impianto (quindi con una sua precoce rimozione) e conseguente formazione di tessuto esuberante che compromette sia il risultato terapeutico che estetico. Questa tecnica ha il vantaggio di non necessitare di una incisione di grandi dimensioni, né di dissezione sottocutanea; questo minimizza i rischi della formazione di seromi e seguenti infezioni. Il puledro viene posto in decubito laterale o dorsale, in base alle preferenze del chirurgo o se l'intervento è bilaterale, viene eseguita una piccola incisione sulla porzione più distale del malleolo mediale della tibia e piazzato un ago 20 gauge e sotto guida radiografica si effettua il posizionamento della vite. Prima di fare ciò viene effettuato un foro guida parallelo alla corticale mediale del malleolo e profondo fino ad arrivare alla fisi e leggermente oltre (circa 5 millimetri), dove poi viene inserita una vite a compressione. L'incisione cutanea viene chiusa mediante sutura semplice interrotta. Quando viene ottenuto un miglioramento di circa l'80% della deviazione allora la vite viene asportata (in media due mesi, ma importante i controlli radiografici ogni 3 settimane circa).

Questa stessa tecnica può essere utilizzata anche per deviazioni a carico del nodello o del carpo.

VI.b) 3. OSTEOTOMIA CORRETTIVA ED OSTEOTOMIA CORRETTIVA

Costituisce l'unica tecnica di correzione chirurgica in caso di pseudartrosi che presentano gravi deviazioni e fusi di accrescimento chiuse; queste procedure chirurgiche richiedono ampia esposizione impegnativa per il chirurgo. E' necessario pianificare nel dettaglio l'intervento; ideale è che vengano effettuate soltanto da chirurghi specializzati in ortopedia con una buona esperienza ²⁹.

Le tecniche principali descritte in letteratura sono:

- osteotomia a cuneo (o chiusa);
- osteotomia a gradino (o aperta), di cui esistono 2 versioni:
 1. osteotomia a gradino sul piano sagittale;
 2. osteotomia a gradino sul piano frontale.

Per queste procedure il supporto radiografico risulta fondamentale, in quanto è con questo esame che si stabilisce con esattezza la porzione di osso da rimuovere.

Osteotomia a cuneo

E' eseguita rimuovendo una porzione di osso a forma di cuneo dall'estremità distale del radio, approssimativamente della grandezza dell'angolo formato dalla curvatura che ne determina la deviazione. Il cuneo osseo da asportare è valutato attraverso le bisettrici disegnate lungo l'asse centrale del radio partendo dalle due epifisi. L'angolo acuto formato dall'intersezione di queste due linee, rappresenta il grado dell'angolo del cuneo da rimuovere. Si misura con un goniometro questa porzione, in modo che la punta del cuneo sia posta sul lato concavo della corticale del radio e l'arco sulla porzione convessa. Tutto ciò si fa utilizzando le radiografie in modo da creare una sagoma sterile in alluminio che risulta essere di aiuto

durante la rimozione del cuneo; la dimensione dell'arco formato è misurata in centimetri.

Quindi si procede con l'incisione cutanea, all'incirca a livello della fisi del radio, lateralmente nel valgismo o medialmente nel varismo, arrivando alla porzione intracarpica. Si incide il periostio sul piano orizzontale fino a raggiungere la porzione opposta dell'osso, dopodichè si taglia il cuneo osseo con una sega oscillante usando come guida la sagoma di alluminio prima realizzata. Si rimuove il cuneo e si allineano i due frammenti ossei; con aggiustamenti finali si corregge completamente la deviazione. Si applicano quindi viti a compressione attraverso la sezione verticale del taglio per riunire i due frammenti ossei, e una placca nella parte mediale (nel varismo) o laterale (nel valgismo) dell'osso. Si chiudono i tessuti sottocutanei e si inserisce una sutura intradermica nella cute.

Dopo l'intervento si benda l'arto e lo si sostiene con una steccatura o un gesso per alcune settimane.

La rimozione del cuneo dalla parte convessa dell'osso, determinerà un accrescimento delle due estremità ossee l'una verso l'altra; si avrà quindi un raddrizzamento dell'osso accorciando il lato che è cresciuto troppo in fretta.

Osteotomia a gradino sul piano sagittale

La tecnica è simile alla precedente, l'unica differenza è che il cuneo viene asportato dal centro dell'osso perpendicolarmente e non parallelamente, come quella a cuneo, rispetto alla fisi. Si effettua, quindi, una osteotomia a Z con un taglio verticale sul piano sagittale, la cui parte prossimale si ritroverà lateralmente nel varismo e medialmente nel valgismo, ed il taglio distale è opposto al piano orizzontale. Dopo la rimozione del cuneo si ruotano i frammenti fino ad allinearli. Dopo l'intervento si benda l'arto e lo si sostiene con una steccatura o un gesso per alcune settimane.

Osteotomia a gradino sul piano frontale

L'approccio è analogo, ma in questo caso non viene rimosso alcun cuneo osseo, infatti, le due parti dell'osso vengono semplicemente ruotate fino ad ottenere un loro allineamento. Si procede eseguendo una osteotomia a Z nella porzione distale della curvatura sul piano frontale e ruotando il frammento prossimale fino a che l'angolazione non sia corretta. In questo modo rimane un'apertura a forma di cuneo localizzato nel lato concavo dell'osso. Si procede applicando placche e viti da compressione e quindi steccature o gessi e fasce per il mantenimento.

L'osteotomia correttiva è una tecnica poco usata nella pratica chirurgica in quanto si tratta di una procedura molto invasiva rispetto alla periostiotomia ed al ponte transfisario, le quali vengono considerate le tecniche di elezione. L'osteotomia è una procedura molto costosa e difficile da effettuare; inoltre, sovente, il tempo non porta ad un raddrizzamento totale dell'arto del puledro. I rischi associati a questo tipo di chirurgia sono accorciamento dell'osso, non unione delle due estremità dell'osso sezionate, fratture patologiche ed infezioni.

Associazione tra accelerazione e ritardo della crescita

Nei casi gravi si possono associare i due interventi di cui si è già abbondantemente parlato (periostiotomia e ponte transfisario) per ottenere una correzione più veloce e completa. Infatti, in questo modo si ottiene un'accelerazione della crescita su un lato e un ritardo sull'altro della fisi stessa.

VI.b) 4. PERIODO POST-OPERATORIO

Greet e altri autori suggeriscono terapia antibiotica a base di penicillina e gentamicina per almeno 24-48 ore dopo l'intervento.

Durante la convalescenza il puledro deve essere tenuto in box o recinti molto piccoli per ridurre gli insulti sulla cartilagine di accrescimento. Fondamentale è il monitoraggio attento dei puledri nel periodo post-operatorio: una sovraccorrezione potrebbe esitare in una deformità opposta. Controlli radiografici a cadenza mensile sono consigliati per controllare lo stato degli impianti e il raddrizzamento dell'arto operato; quando l'asse dell'arto si è riallineato si procede con la rimozione degli impianti.

Il vantaggio di questa chirurgia rispetto a quella di periostomia emicirconfrenziale è un effetto maggiore sulla fisi di accrescimento ma gli svantaggi sono costi più elevati a causa di applicazione di impianti, oltrechè necessità di un secondo intervento per la rimozione degli stessi.

Quando ci si ritrova di fronte a deviazioni angolari bilaterali, gli impianti possono essere rimossi in tempi separati al fine di ottenere una giusta correzione di ogni singolo arto. La rimozione degli impianti può avvenire in stazione quadrupedale, previa sedazione ed anestesia locale a livello delle teste delle viti e sopra il cerchiaggio ottenuto con il filo. Per rimuovere le viti si esegue una piccola incisione sulla testa di quella prossimale (metafisaria) che è più facilmente reperibile; si sposta il tessuto sottocutaneo e si rimuove la vite con un cacciavite. Si pratica poi un'altra piccola incisione nelle vicinanze della testa della vite posta distalmente e si asporta con tecnica uguale alla precedente.

Per allontanare i due pezzi di filo che hanno formato un'ansa intorno alla testa della vite prossimale ci si può servire della punta di una pinza curva (tipo Kelly); si pratica quindi una sutura con uno o due punti staccati sulle due incisioni cutanee e si esegue una fasciatura leggermente compressiva

che va mantenuta per 7-10 giorni. La rimozione dei punti di sutura cutanei si effettua dopo 10 giorni.

Non sono comuni gravi complicazioni. Se si verifica un'infezione intorno agli impianti, è necessario rimuoverli prima del tempo prestabilito. E' frequente la formazione di tumefazioni e di tessuto cicatriziale intorno agli impianti che si risolvono solitamente dopo la rimozione degli stessi e con la crescita del puledro⁵⁵.

VI.b) 5. RITARDO DELLA CRESCITA-LE ONDE D'URTO

Alcuni studi in topi neonati hanno dimostrato che l'utilizzo delle onde d'urto sulla fisi ha come conseguenza un ritardo della crescita. Basandosi su questi risultati Bathe^{12, 13}, ha introdotto l'utilizzo di questa tecnica nei puledri affetti da deviazioni angolari. Questa consiste nel sottoporre il puledro ad una serie di trattamenti (in media tre ma dipende dal grado di deviazione), sulla porzione di fisi convessa dell'arto deviato. Sebbene non esitano studi con una popolazione di controllo, l'autore riporta una risoluzione più rapida della deviazione accompagnata da molteplici vantaggi, tra i quali costi limitati, la possibilità di effettuare i trattamenti in campo, migliori risultati estetici per di più senza bisogno di anestesia generale.

VII. PROGNOSE DELLE DEVIACIONI ANGOLARI A SEDE CARPICA

Le variabili presenti ai fini di emettere una prognosi attendibile in puledri affetti da valgismo carpico sono molteplici: il grado di deviazione, la sede di deviazione, l'età del soggetto, l'attività cui è destinato e non meno importante il tipo di intervento chirurgico effettuato.

Puledri con deviazioni da lievi a moderate e una completa ossificazione delle ossa del carpo hanno buone possibilità di correzione.

Si assume quale dato prognostico favorevole il fatto che il centro di deviazione sia situato nella diafisi o nella metafisi del radio, oppure in corrispondenza della fisi⁷⁰.

Soggetti che presentano lassità legamentosa periarticolare frequentemente si correggono naturalmente entro le prime settimane di vita. Le condizioni con la prognosi peggiore sono ipoplasia, ossificazione incompleta, collasso, frattura o sublussazione delle ossa carpali, ipoplasia e/o lussazione dei metacarpali rudimentali e fratture di Salter-Harris di tipo VI (prognosi addirittura infausta).

In caso di immaturità delle ossa carpali, la deviazione che si viene a creare può inoltre determinare alterazioni dello sviluppo come osteoartriti o malattie degenerative delle articolazioni.

La prognosi per la correzione chirurgica delle deviazioni angolari è favorevole quando l'intervento è eseguito prima della fine del rapido accrescimento delle ossa del puledro e vale a dire prima che si chiudano le fisi.

Un recente studio condotto presso l'Università degli studi di Perugia ha dimostrato come in una popolazione PSI di 57 puledri, per un totale di 114

carpi esaminati, l'85% dei puledri vada incontro a correzione spontanea delle deviazioni angolari nei primi tre mesi di vita ²⁰.

Questi risultati suggeriscono che gestendo correttamente i puledri (attraverso esercizio controllato e pareggio del piede) è possibile attendere almeno fino ai tre mesi di età prima di considerare un intervento chirurgico; infatti nonostante una chirurgia precoce garantisca risultati migliori rispetto ad un intervento tardivo è anche vero che la maggior parte dei puledri si corregge spontaneamente entro 90 giorni.

Limite dello studio è che nella popolazione considerata pochi erano i puledri gravemente deviati per cui normalmente è consigliato un intervento di ponteggio transfisario.

Parte speciale

Nell'ultimo ventennio si è assistito ad un crescente interesse nella gestione e trattamento delle deviazioni angolari del puledro, in gran parte per gli interessi economici correlati all'allevamento equino.

Il riconoscimento precoce del tipo di deformità e della sua sede, unitamente all'età del puledro, consente di emettere una diagnosi chiara ed una prognosi precisa ²⁵; tenendo conto di ciò che il proprietario ritiene essere l'obiettivo futuro del puledro, il medico veterinario deve pianificare una corretta gestione della patologia.

Lo scopo di questo lavoro è stato effettuare uno studio morfologico sull'evoluzione delle deviazioni angolari del carpo nel puledro nel primo mese di vita.

Il seguente studio è stato realizzato tra gennaio 2005 e dicembre 2007 campionando una popolazione di 40 puledri di razza purosangue inglese provenienti da due distinti allevamenti (A, B), ubicati rispettivamente in provincia di Siena e Perugia.

Tutti i puledri sono stati sottoposti ad esame clinico e radiografico al giorno 0 (G_0) e a giorno 30 (G_{30}); è stato quindi effettuato un attento esame geometrico, attraverso una serie di linee e rette, sui radiogrammi calcolando l'angolo di deviazione attraverso il metodo del punto pivot (PP) creando un indice per stabilire la localizzazione del PP.

Questi parametri sono stati creati per valutare:

1. se esiste uno spostamento del PP tra G_0 e G_{30} ,
2. se tale spostamento esiste, calcolare se è statisticamente significativo e delineare la tendenza di tale spostamento nel tempo nella popolazione presa in esame;
3. se esiste una correlazione statisticamente significativa tra localizzazione del PP e l'angolo di deviazione.

Sul totale delle articolazioni deviate è stato inoltre valutata l'evoluzione dell'angolo di deviazione tra G_0 e G_{30} ed è stata eseguita una stima percentuale della sede anatomica del PP.

I. MATERIALI E METODI

In un periodo di tre anni (stagione di parti 2005-2007) è stata eseguita la valutazione clinica e radiografica di 40 puledri di razza purosangue inglese di età compresa tra 0 e 30 giorni; nello studio sono state prese in considerazione un totale di 80 articolazioni.

La popolazione, considerando che proveniva da due soli allevamenti, era omogenea per razza ed età ambiente e gestione allevatoriale ma eterogenea per sesso.

Tutti i puledri, devianti e non devianti, a G_0 sono stati sottoposti a valutazione clinica ed esame radiografico. A distanza di trenta giorni solo i puledri che presentavano, all'esame ispettivo, una evidente deviazione angolare del carpo e un numero random di quelli che **apparivano** non devianti, sono stati rivalutati radiograficamente.

Inoltre, per rendere meno soggettiva l'interpretazione clinica e per valutare obiettivamente nel tempo il grado di cambiamento dei difetti conformazionali, ad ogni visita sono state effettuate delle fotografie degli arti anteriori in appiombato utilizzando una fotocamera digitale.

I. a) VALUTAZIONE CLINICA

Ad ogni controllo (due in totale, alla nascita e ad un mese) i puledri sono stati sottoposti ad un attento esame dell'apparato locomotore considerando sia la fase statica che dinamica.

Ogni puledro è stato posizionato in appiombato e osservato con attenzione, al fine di valutare la presenza di eventuali deviazioni angolari (varismo o valgismo) o rotazionali a carico delle ossa del carpo.

L'esame dinamico è stato eseguito considerando l'andatura del puledro in linea retta, condotto al passo accanto alla madre; è stata effettuata l'analisi del movimento, indagando l'eventuale presenza di anomalie dell'andatura e se le deviazioni del carpo osservate risultavano peggiorare con il carico sull'arto interessato. La valutazione clinica è sempre stata effettuata dallo stesso operatore che ha riportato, su un modello cartaceo codificato prima dell'inizio dello studio, tutte le anomalie riscontrate.

I. b) VALUTAZIONE RADIOGRAFICA E MISURAZIONI

Per effettuare l'esame radiografico è stato utilizzato un apparecchio radiologico portatile POSKOM modello PX-20HF (tubo radiogeno Toshiba), con puntatore laser; cassette FUJI tipo Regular, dimensioni 24x30 centimetri e pellicole FUJIFILM, 100 NIF.

Si è resa necessaria la collaborazione di tre persone, adeguatamente radioprotette con camici, guanti e paratiroidi piombati: la prima deputata

alla contenzione del soggetto, la seconda al mantenimento della cassetta mediante apposita asta e la terza ad effettuare l'esame radiografico.

Il puledro è stato posto in stazione quadrupedale con gli arti in appiombato, non sono stati sedati, per mantenere un appiombato corretto ed quindi è stata eseguita una proiezione radiografica dorso-palmare, centrando il fascio radiogeno sull'articolazione mediocarpica, a 80 centimetri di distanza "fuoco-film":

Sono stati modificati i parametri di esposizione in base all'età del soggetto:

- al giorno 0: 60 kV e 0,8 mAs;
- al giorno 30: 60 kV e 1,2 mAs.

Sono state effettuate radiografie di tutti i carpi dei puledri esaminati, per un totale di 80 articolazioni.

Le misurazioni effettuate sono state le seguenti:

1. angolo di deviazione a 0 e a 30 giorni: l'angolo di deviazione è stato misurato geometricamente attraverso il metodo del punto pivot (PP); questo è stato ricavato, come indicato da Pharr ⁶³, tracciando le bisettrici del radio e del metacarpo attraverso due punti. Questi riferimenti sono stati individuati il più lontano possibile l'uno dall'altro e dall'area di deviazione e di solito coincidono con la porzione media dell'osso lungo, in modo da massimizzare l'accuratezza della misurazione geometrica. L'angolo acuto, formato dall'intersezione delle due linee bisettrici è stato misurato con un goniometro: con tale metodica è stato possibile rilevare l'angolo di

deviazione. Si è assunto che il grado di deviazione è lieve se compreso tra 0° e 5°, moderato se compreso tra 6° e 10°, grave se >10°;

2. diametro radio a 0 e 30 giorni: misurato a distanza di 4 cm sulla perpendicolare alla linea tracciata a livello del punto più largo della diafisi a ridosso della fisi di accrescimento (**DR**);
3. distanza in cm del punto pivot a 0 e a 30 giorni: misurata rispetto ad una parallela situata a 4 cm (punto zero) sulla perpendicolare alla linea retta tracciata a livello del punto più largo della diafisi a ridosso della fisi di accrescimento (**DPP**);

E' stato quindi creato un **indice (LPP)** per eliminare l'effetto della differenza di taglia delle ossa dei puledri utilizzando le misurazioni descritte in precedenza:

$$\mathbf{LPP: DPP+DR /DR}$$

L'indice esprime la localizzazione del punto pivot sulla lastra.

Tutte le misurazioni sono state effettuate, per indagare la ripetibilità e la riproducibilità del metodo, da due persone, due volte per ogni persona, nelle medesime condizioni, cioè tramite l'utilizzo di righello e il posizionamento delle radiografie su diafanoscopio, ed a breve distanza di tempo. Le coppie di valori (misure del 1° osservatore, misure del 2° osservatore, media del primo e del secondo osservatore) sono state sottoposte al test t: due campioni accoppiati per medie (Student's t test) ed alla correlazione tra le coppie di valori. I risultati del test t Student e della correlazione a cui è stata sottoposta la coppia di valori costituita dalla media delle osservazioni della prima e della seconda persona sono di seguito riportati, in quanto le misure risultavano essere riproducibili e ripetibili con un s.e. < 5% e, di conseguenza, la loro media è stata utilizzata nello studio.

Sono stati assunti i dati come statisticamente significativi, con $P < 0,05$ e una confidenza del 95%.

TABELLA RIPRODUCIBILITA' APP G.O operatore n.1

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	6,975	6,9875
Varianza	12,7335443	12,76566456
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,99975879	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	-1,423250163	
P(T<=t) una coda	0,079300478	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,158600956	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPRODUCIBILITA' APP G.O operatore n.2

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	6,99375	6,9875
Varianza	12,70565665	12,72768987
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,999877505	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	1	
P(T<=t) una coda	0,160181858	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,320363715	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPRODUCIBILITA' APP G. 30 operatore n.1

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	5,1375	5,15
Varianza	6,499841772	6,502531646
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,999525424	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
Gdl	79	
Stat t	-1,423250163	
P(T<=t) una coda	0,079300478	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,158600956	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPRODUCIBILITA' APP G. 30 operatore n.2

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	5,175	5,1575
Varianza	6,45	6,435132911
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,99574151	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	0,668154646	
P(T<=t) una coda	0,252991177	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,505982353	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPRODUCIBILITA' DR G.0 operatore n.1

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	4,64625	4,6425
Varianza	0,146314873	0,143740506
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,998779213	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	1,754400775	
P(T<=t) una coda	0,041619745	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,083239491	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPRODUCIBILITA' DR G.30 operatore n.1

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	5,165	5,16625
Varianza	0,266607595	0,265302215
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,999292053	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	-0,574929503	
P(T<=t) una coda	0,283486384	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,566972769	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPRODUCIBILITA' DR G.0 operatore n.2

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	4,6475	4,625
Varianza	0,148601266	0,150759494
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,969601722	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	2,108752731	
P(T<=t) una coda	0,019067148	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,038134297	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPRODUCIBILITA' DR G.30 operatore n.2

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	4,6475	4,625
Varianza	0,148601266	0,150759494
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,969601722	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	2,108752731	
P(T<=t) una coda	0,019067148	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,381342966	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPRODUCIBILITA' DPP G.0 operatore n.1

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	-0,128875	-0,128375
Varianza	0,474313908	0,474545427
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,99999496	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	-2,039091645	
P(T<=t) una coda	0,022392532	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,044785065	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPRODUCIBILITA' DPP G.30 operatore n.1

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	-0,143875	-0,143875
Varianza	0,547705047	0,547705047
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	1	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	#DIV/0!	
P(T<=t) una coda	#DIV/0!	
t critico una coda	#DIV/0!	
P(T<=t) due code	#DIV/0!	
t critico due code	#DIV/0!	

TABELLA RIPRODUCIBILITA' DPP G.0 operatore n.2

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	-0,129125	-0,1285
Varianza	0,474709351	0,474296456
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,999953827	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	-0,84363008	
P(T<=t) una coda	0,200711711	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,401423423	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPRODUCIBILITA' DPP G.30 operatore n.2

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	-0,128875	-0,128375
Varianza	0,474313908	0,474545427
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,99999496	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	-2,039091645	
P(T<=t) una coda	0,022392532	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,044785065	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPETIBILITA' APP G.0

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	5	5
Media	7	7,012658228
Varianza	12,84615385	12,87804284
Osservazioni	79	79
Correlazione di Pearson	0,999757885	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	78	
Stat t	1,423367144	
P(T<=t) una coda	0,079308745	
t critico una coda	1,664624645	
P(T<=t) due code	0,15861749	
t critico due code	1,990847036	

TABELLA RIPETIBILITA' APP G.30

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	0	0
Media	5,202531646	5,215189873
Varianza	6,240506329	6,241561181
Osservazioni	79	79
Correlazione di Pearson	0,999499448	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	78	
Stat t	-1,423367144	
P(T<=t) una coda	0,079308745	
t critico una coda	1,664624645	
P(T<=t) due code	0,15861749	
t critico due code	1,990847036	

TABELLA RIPETIBILITA' DR G.0

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	5,165	5,16625
Varianza	0,266607595	0,265302215
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,999292053	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	-0,574929503	
P(T<=t) una coda	0,283486384	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,566972769	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPETIBILITA' DR G.30

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	4,6425	5,165
Varianza	0,091841772	0,262810127
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,10583782	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	-8,23875014	
P(T<=t) una coda	1,49244E-12	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	2,98488E-12	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPETIBILITA' DPP G.0

Test t: due campioni accoppiati per medie		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	-0,143875	-0,14375
Varianza	0,547720237	0,547330063
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,999994298	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
Stat t	0,444966277	
P(T<=t) una coda	0,328780464	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,657560928	
t critico due code	1,990450177	

TABELLA RIPETIBILITA' DPP G.30

Test t: due campioni accoppiati per medie

	Variabile 1	Variabile 2
Media	-0,143875	-0,14375
Varianza	0,547720237	0,547330063
Osservazioni	80	80
Correlazione di Pearson	0,999994298	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	79	
	-	
Stat t	0,444966277	
P(T<=t) una coda	0,328780464	
t critico una coda	1,66437141	
P(T<=t) due code	0,657560928	

II. RISULTATI

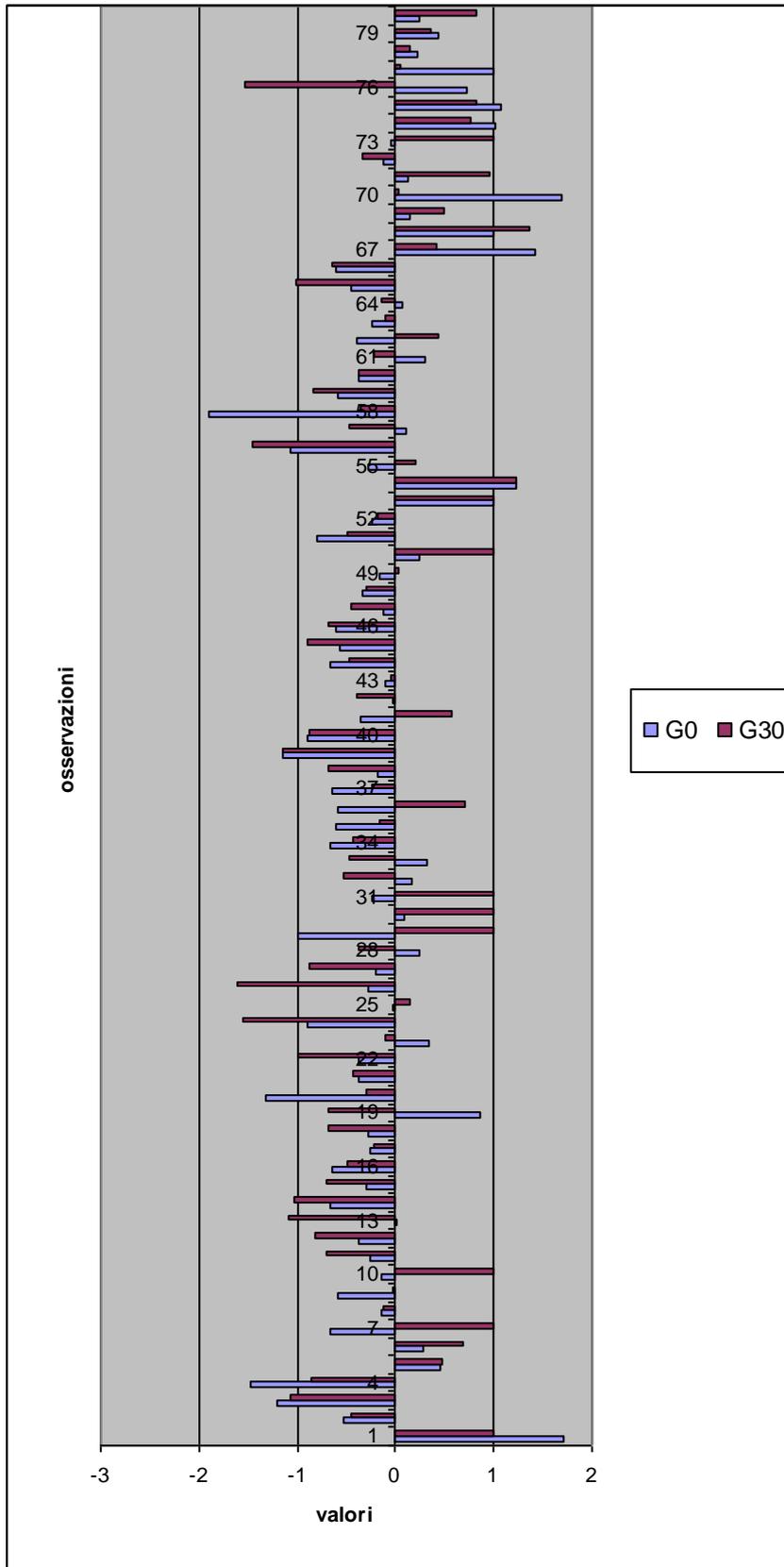
II.a) SPOSTAMENTO DEL PP DA GIORNO 0 A GIORNO 30

Le misurazioni sullo spostamento del PP da G_0 a G_{30} sono state sottoposte al test t per dati ripetuti: **lo spostamento nel tempo del valore LPP non è risultato essere statisticamente significativo.**

	Variabile 1	Variabile 2
Media	-0,128875	-0,143875
Varianza	0,474313908	0,547720237
Osservazioni	80	80
Differenza ipotizzata per le medie	0	
Gdl	157	
Stat t	0,13270997	
P(T<=t) una coda	0,447296348	
t critico una coda	1,654617035	
P(T<=t) due code	0,894592695	
t critico due code	1,975189128	

Nonostante la non significatività statistica, la sede anatomica del PP è cambiata da G_0 a G_{30} nella totalità delle 79 articolazioni esaminate deviate. Il grafico 1 mostra la tendenza del LPP a spostarsi verso il basso, anche se, come è evidente, non è una regola; sempre dal grafico emerge come tale spostamento sia incostante anche sotto il punto di vista quantitativo. Tale spostamento non sembra, quindi, essere regolato da nessuna legge standardizzabile.

Grafico 1. SPOSTAMENTO DEL LPP DA G₀ A G₃₀



II. b) CORRELAZIONE TRA LOCALIZZAZIONE DEL PP (LPP) E ANGOLO DI DEVIAZIONE (APP)

E' stato studiato, attraverso l'analisi di regressione, il comportamento della localizzazione del punto pivot (LPP) in funzione dell'angolo di deviazione, sia a G_0 che a G_{30} .

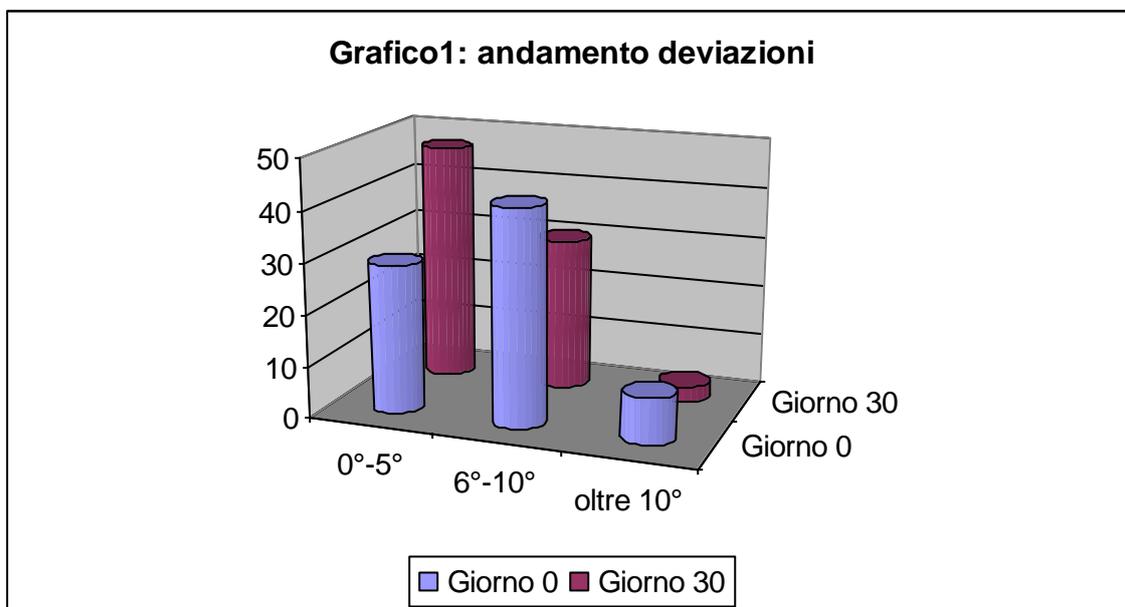
OUTPUT RIEPILOGO								
<i>Statistica della regressione</i>								
R multiplo	0,178569526							
R al quadrato	0,031887076							
R al quadrato corretto	0,019475371							
Errore standard	0,732839124							
Osservazioni	80							
ANALISI VARIANZA								
	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>			
Regressione	1	1,379750533	1,379751	2,569113411	0,113010928			
Residuo	78	41,89014822	0,537053					
Totale	79	43,26989875						
	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significatività</i>	<i>Inferiore 95%</i>	<i>Superiore 95%</i>	<i>Inferiore 95,0%</i>	<i>Superiore 95,0%</i>
Intercetta	0,122434821	0,185252198	0,660909	0,510618146	-0,246373969	0,49124361	-0,246373969	0,49124361
Variabile X 1	-0,05183646	0,032340275	-1,60285	0,113010928	-0,116221002	0,012548079	-0,116221002	0,012548079

Il risultato dell'analisi di regressione è stato che non esiste correlazione statisticamente significativa tra localizzazione del PP e angolo di deviazione.

II. c) VARIAZIONI DELLE DEVIAZIONI ANGOLARI DEL CARPO DA GIORNO 0 A GIORNO 30

A G₀, 77 delle 80 articolazioni radiografate mostravano grado variabile di valgismo del carpo. Tale dato suggerisce una incidenza molto elevata di questa patologia dello sviluppo.

Per semplicità, i gradi di deviazione sono stati suddivisi per categorie, come descritto nel paragrafo materiali e metodi; è importante dunque tenere in considerazione che tra i devianti lievi sono compresi anche carpi non devianti o con deviazione lievissima (es: 1°-2°), non percepibile ad occhio nudo. Di questi 80 carpi G₀ il 36,25 (29)% appartiene alla categoria dei devianti lievi (0°-5°), il 52,5% (42) a quella dei devianti medi (6°-10°) e solo il 11,25% (9) a quella dei devianti gravi (maggiore 10°) (Grafico 1).



L'angolo di deviazione è migliorato, da G_0 a G_{30} , nel 61,25% (54) delle articolazioni esaminate; di questo 61,25% il 6,25% (5) si è corretto completamente.

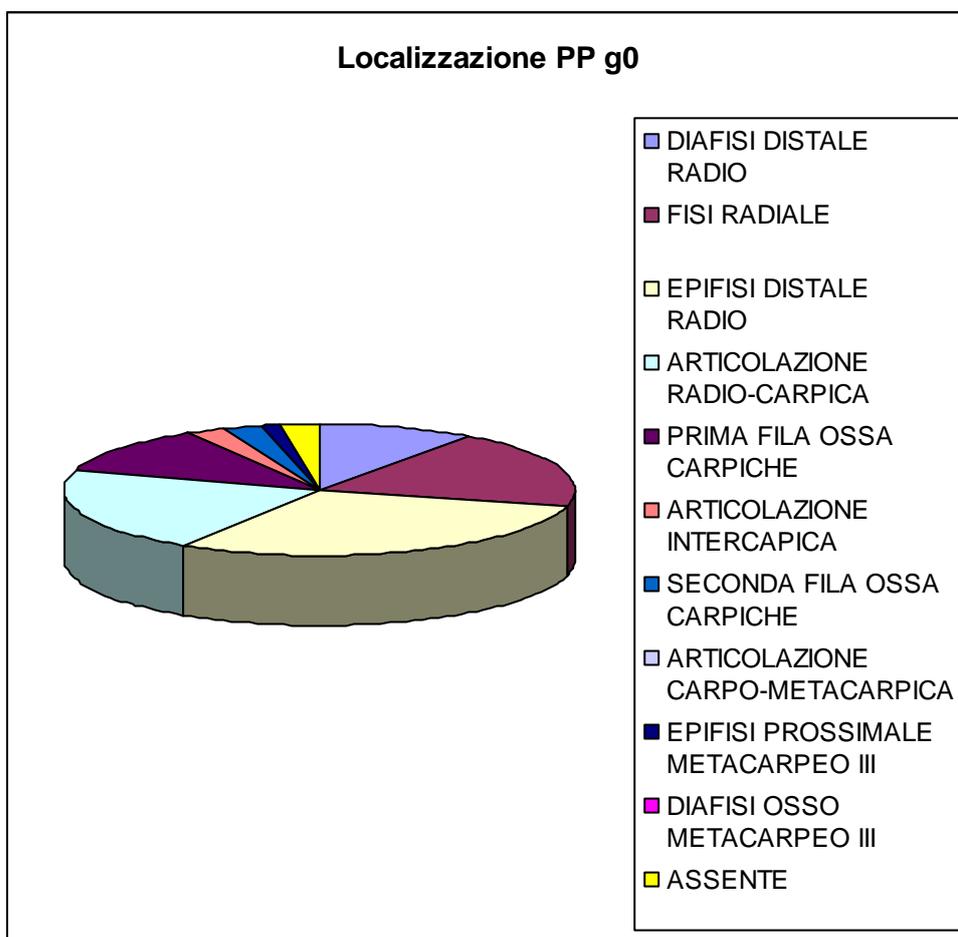
L'angolo di deviazione è rimasto invariato nel 18,75% (15) delle articolazioni, mentre è peggiorato nel 18,75% (15) dei casi.

Delle tre articolazioni che erano corrette a G_0 , una è rimasta tale mentre le altre due, nell'arco di trenta giorni, hanno sviluppato una deviazione rientrando rispettivamente una nella categoria dei devianti lievi e l'altra in quella dei devianti moderati.

II.d) LOCALIZZAZIONE DEL PP NELLA POPOLAZIONE STUDIATA

Come accennato nell'introduzione, lo studio ha avuto come obiettivo quello di localizzare il PP nel gruppo delle articolazioni prese in esame sia a G_0 che a G_{30} .

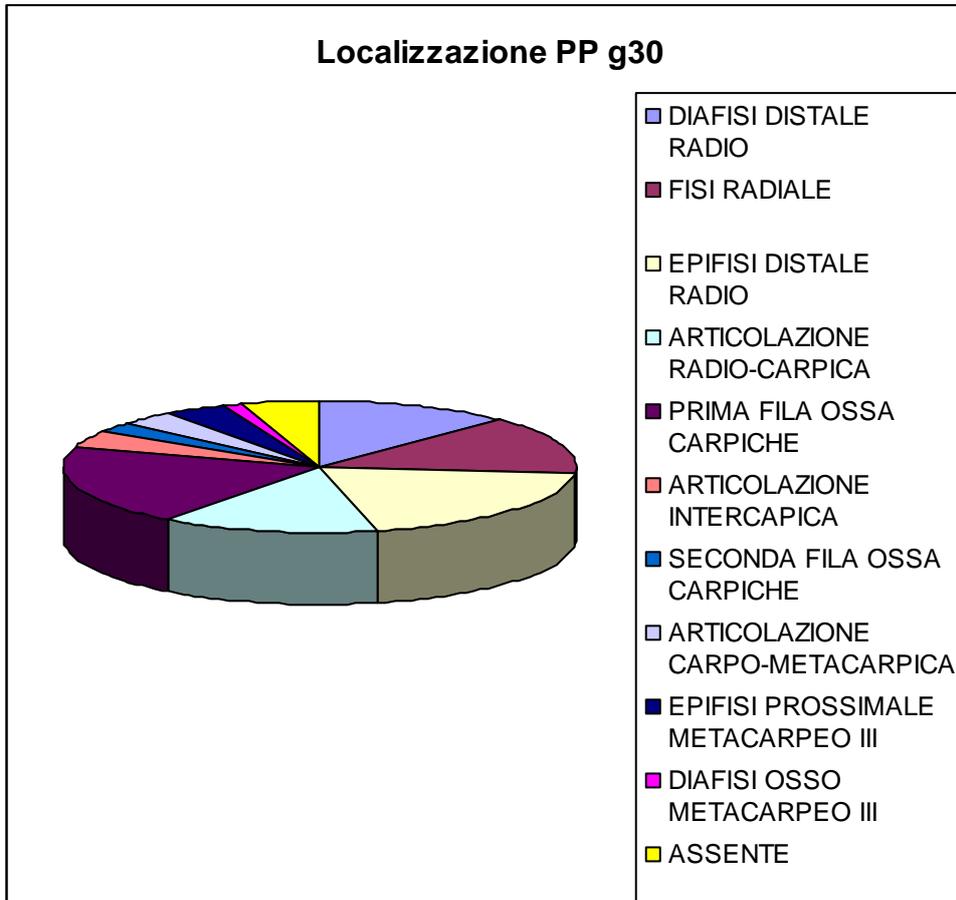
I dati ottenuti sono rappresentati nei grafici seguenti:



A G_0 le tre aree dove più frequentemente si è localizzato il PP nella popolazione sono state:

1. l'epifisi distale del radio nel 29% (24) delle articolazioni;
2. l'articolazione radio-carpica nel 21% (17) delle articolazioni;

3. fisi di accrescimento nel 19% (15) delle articolazioni.



A G₃₀ le sedi dove è stato prevalentemente localizzato il PP erano sempre l'epifisi distale del radio, l'articolazione radio-carpica e la fisi di accrescimento radiale.

Un dato di rilievo scaturito è stato che nel 19% (16) dei soggetti il PP è stato localizzato nella prima fila delle ossa del carpo.

III. CONCLUSIONI

In questo studio è stata effettuata, tramite l'utilizzo della tecnica radiografica, l'analisi geometrica per la misurazione dell'angolo di deviazione articolare. Questo è stato calcolato come descritto da Pharr utilizzando il metodo del punto pivot (PP)⁶³.

Per stabilire con esattezza la localizzazione del PP sul radiogramma, prescindendo dall'individualità di taglia dei soggetti, è stato creato un indice (LPP).

È stata focalizzata l'attenzione sul punto pivot perchè è ritenuto un indice fondamentale per la formulazione di una prognosi precisa in caso di deviazioni angolari del puledro^{24,30,70} (unitamente a grado di deviazione, età del puledro e attività cui quest'ultimo è destinato). Normalmente si assume quale dato prognostico favorevole il fatto che il centro di deviazione sia situato nella diafisi o nella metafisi del radio, oppure in corrispondenza della fisi radiale distale⁷⁰. Da quanto sopra appare chiaro che il clinico, in base alla localizzazione del PP sul radiogramma, prende decisioni importanti sulla gestione e l'eventuale trattamento delle deformità angolari. Uno degli obiettivi di questo lavoro è stato quello di cercare di rilevare l'eventuale **esistenza di uno spostamento longitudinale del PP dal G₀ al G₃₀**. Nonostante uno spostamento longitudinale dal G₀ al G₃₀ sia presente nella totalità delle 79 articolazioni deviate esaminate (vedi Grafico 1) questo dato è risultato non essere statisticamente significativo; il grafico 1 mostra la tendenza del LPP a spostarsi verso il basso, anche se, come è evidente, non si tratta di una regola; sempre dal grafico emerge come tale spostamento sia incostante anche sotto il punto di vista quantitativo.

Una supposizione è che questi spostamenti seguano leggi biomeccaniche precise ma, ad oggi, manca una chiara conoscenza della biomeccanica di accrescimento persino in medicina umana³⁰ ed è quindi impossibile

verificare la correttezza e i meccanismi che potrebbero essere alla base di un'ipotesi di questo tipo.

Altro elemento preso in considerazione è stato quello di verificare se esiste una eventuale **correlazione tra localizzazione del PP ed angolo di deviazione ed anche** in questo caso, non è emersa nessuna correlazione statisticamente significativa.

E' stata valutata anche l'evoluzione dell'angolo di deviazione (quando presente) da G_0 a G_{30} e, da questo parametro, si è estrolata la stima percentuale della sede anatomica del PP.

Di tutti i carpi appartenenti alla popolazione di puledri esaminata, a G_0 il 36,25 (29)% rientrava nella categoria dei devianti lievi (0° - 5°), il 52,5% (42) in quella dei devianti medi (6° - 10°) e solo l' 11,25% (9) cadeva in quella dei devianti gravi (maggiore 10°).

L'angolo di deviazione delle articolazioni esaminate è migliorato, da G_0 a G_{30} , nel 61,25% (54); al termine del periodo di osservazione, l'angolo di deviazione è rimasto invariato nel 18,75% (15) delle articolazioni, mentre è addirittura peggiorato nel 18,75% (15) dei casi. Una unica articolazione era radiograficamente corretta a G_0 ed è rimasta tale; altre 2 articolazioni erano corrette a G_0 e rispettivamente deviate lieve e moderata a G_{30} .

Per quanto riguarda la localizzazione del PP nelle 80 articolazioni considerate i risultati sono i seguenti: a G_0 le tre aree dove più frequentemente si è individuato sono state l'epifisi distale del radio (29%), l'articolazione radio-carpica (21%) e la fisi di accrescimento radiale (19%).

A G_{30} , le sedi dove tale punto si è localizzato in maniera piuttosto omogenea sono state: l'epifisi distale del radio (19%), l'articolazione radio-carpica (14%), la fisi di accrescimento radiale (14%) e la prima fila di ossa del carpo (19%).

Il quesito che mi sono posta al termine di questo studio è stato il seguente: come si può assumere la sede dove si colloca il PP come importante segno prognostico se da G_0 a G_{30} essa varia? Il fatto che questo spostamento non sia statisticamente significativo e quindi non applicabile alla totalità della popolazione equina non cancella però l'indicazione ottenuta in questo studio: in 79 carpi esaminati la LPP si è spostata (escluso l'unico carpo radiograficamente corretto sia a G_0 che a G_{30}).

Come riportato in bibliografia^{27,38,51,52}, anche nell'ambito della popolazione presa in esame gli angoli di deviazione del carpo sono nel complesso migliorati a G_{30} (61,25%) senza che sia stato effettuato nessun tipo di intervento a parte una corretta gestione dell'esercizio.

Il fatto che, nel 18,75% delle articolazioni, il grado di deviazione sia peggiorato, porta ad importanti considerazioni:

1. Forse sarebbe stato possibile prevedere quali erano i soggetti destinati ad un peggioramento della deformità angolare nel tempo, considerando attentamente l'anamnesi relativa al periodo di gestazione della fattrice^{52,64} e prendendo in considerazione le caratteristiche morfologiche e quindi la possibile influenza genetica dei genitori²⁶;
2. Probabilmente sarebbe stato possibile evitare questo peggioramento sottoponendo tutti i puledri ad un programma regolare di controllo del piede e, quindi, quando necessario ad eventuale pareggio del piede o applicazione di scarpette correttive.

Dai risultati ottenuti con questo studio, la sede di deviazione non sembra avere grande importanza ai fini dell'emissione di una prognosi, dato che il punto pivot è soggetto a spostamento nel primo mese di vita, per di più con un andamento non prevedibile.

Il fatto che, nel 18,75% delle articolazioni, l'angolo di deviazione sia peggiorato porta alle considerazioni di cui sopra e, di conseguenza, a riflettere sull'importanza del controllo da parte del medico-veterinario sui puledri nati: con un semplice esame clinico, supportato quando necessario da esame radiografico, si può definire l'origine di un problema e pianificare un approccio alla patologia. Tale approccio, se necessario, sarà preferibilmente di tipo conservativo nelle prime settimane di vita (es: pareggio del piede, utilizzo di scarpette correttive, stecche o gessi a seconda del tipo di patologia ortopedica diagnosticata).

Tutto questo ha un costo ma, a fronte di una spesa iniziale piuttosto contenuta, si evita una possibile perdita economica futura di maggiore entità. Può accadere infatti che una deformità, inizialmente gestibile attraverso metodi conservativi, si aggravi a tal punto da richiedere un intervento chirurgico (con i rischi ad esso correlati) e se non corretta, abbia un inevitabile impatto sulle performances atletiche del soggetto.

Un altro rischio è che la deformità inizialmente trascurata arrivi ad un livello di gravità tale da precludere una risoluzione completa del problema (con ovvie ripercussioni, anche in questo caso, sull'attività sportiva del cavallo).

La mia opinione è che, attendere almeno fino al mese di vita del puledro, sia un rischio accettabile prima di procedere con un approccio di tipo chirurgico per la correzione delle deviazioni angolari. Affermo questo nonostante in bibliografia sia riportato che l'intervento di periostotomia emicirferenziale viene comunemente praticato tra le due e le quattro settimane di età⁵². In linea di massima, se le deformità angolari del carpo non tendono a migliorare ideale è operare il puledro quando esso ha un'età compresa tra 6 settimane e 4 mesi^{31,51}.

I limiti di questo lavoro sono rappresentati dal numero relativamente piccolo di puledri esaminati, dal fatto che essi appartengano alla stessa razza (caratteristiche morfologiche e di sviluppo analoghe) e che siano soggetti a gestione allevatoriale simile.

Ritengo sarebbe stato importante verificare l' esistenza di uno spostamento della sede del PP in cavalli di razza differente dal PSI e quindi con diverse caratteristiche morfologiche e diverso ritmo di sviluppo.

Ancora, sarebbe stato interessante studiare l'andamento dell'angolo di deviazione in un altro gruppo di puledri sottoposti a controlli veterinari rigorosi durante il primo mese di vita e trattati quindi con i metodi conservativi ritenuti necessari.

BIBLIOGRAFIA

1. ADAMS, R.: *Lameness in Horses*. Terza edizione, Philadelphia, Lea e Febiger, 1974.
2. ADAMS, R. in: *Equine clinical neonatology*. KOTERBA, A.M., DRUMMOND, W.H., KOSCH, P.C. et al. PHILADELPHIA: Lea and Febiger, 334-365, 1990.
3. ADAMS, R., POULOS, P.: *A skeletal ossification index for neonatal foals*. Vet.Rad., 29:217, 1988.
4. AUER, J.A., MARTENS, R.J.: *Angular limb deformities in young foals*. AAEP Proceedings, 26, 81-96, 1980.
5. AUER, J.A., MARTENS, R.J.: *Periosteal transection and periosteal stripping for correction of angular limb deformities in foals*. Am J Vet Res, 43:9, 1530-1534, 1982.
6. AUER, J.A., MARTENS, R.J., WILLIAMS, E.H.: *Periosteal transection for correction of angular limb deformities in foals*. JAVMA, 181:5, 459-466, 1982.
7. AUER, J.A.: *Periosteal transection of the proximal phalanx in foals with angular limb deformities of the metacarpo/metatarsophalangeal area*. JAVMA, 187:5, 496-499, 1985.
8. AUER, J.A.: *Chirurgia del cavallo*. Edagricole Bologna, 1995.
9. BANKS, W.J.: *Istologia e anatomia microscopica veterinaria*. Piccin, 1991.
10. BARONE, R.: *Anatomia comparata dei mammiferi domestici. Vol. 1-2*. Edagricole Bologna, 1995.
11. BARR, A.R.S.: *Management of angular limb deformities in the foal*. Equine Veterinary Education, 7:2, 75-78, 1995.

12. BATHE, A.P., ROWLANDS, D.S., BOENING, K.J.: *Treatment of angular limb deformities in foals using radial extracorporeal shockwave therapy: a prospective trial*. BEVA Meeting Proceedings, , 2005.
13. BATHE, A.P, HILTON, R.L., BOENING, K.J.: *Treatment of angular limb deformities using radial extracorporeal shockwave therapy: a prospective clinical study*. Equine Stud Medicine Course, Newmarket, 273-274, 2007.
14. BERTONE, A.L., TURNER, A.S., PARK, R.D.: *Periosteal transection and stripping for treatment of angular limb deformities in foals: Clinical Observation*. JAVMA, 187:2, 145-152, 1985a.
15. BERTONE, A.L., PARK, R.D., TURNER, A.S.: *Periosteal transection and stripping for treatment of angular limb deformities in foals: Radiographic Observations*. JAVMA, 187:2, 153-156, 1985b.
16. BRAMLAGE, L.R.: *Identification, examination and treatment of physitis in the foal*. AAEP Proceedings, 39, 57, 1993.
17. BRAMLAGE, L.R.: *The science and art of angular limb deformity correction*. Equine Veterinary Journal, 31:3, 182-183, 1999.
18. BRAMLAGE, L.R., EMBERTSON, R.M.: *Observation on the evaluation and selection of foal limb deformities for surgical treatment*. AAEP Proceedings 36, 273-279, 1990.
19. BRAUER, T.S., BOOTH, T.S., RIEDESEL, E.: *Physeal growth retardation leads to correction of intracarpal angular deviations as well as physeal valgus deformity*. Equine Veterinary Journal, 31:3, 193-196, 1999.
20. BRIGNONE, L.: *Incidenza ed evoluzione delle deviazioni angolari del carpo in una popolazione di puledri P.S.I*. Tesi dottorato di ricerca in Scienze Equine XVIII CICLO, Università degli Studi di PG, 2007
21. BUTLER, J.A., COLLES, C.M., DYSON, S.J., KOLD, S.E., POULOS, P.W.: *Radiology of the horse*. Seconda edizione, Blackwell Science, 2000.

22. CAMPBELL, J.R.: *Bone growth in foals and epiphyseal compression*. Equine Veterinary Journal, 9, 116, 1977.
23. CAMPBELL, J.R., LEE, R.: *Radiological estimation of differential growth rates of the longbones of foals*. Equine Veterinary Journal, 13, 247, 1981.
24. CARON, J.P.: *Angular limb deformities in foals*. Equine Veterinary Journal, 20:3, 225-228, 1988.
25. CURTIS, S.J.: *Ferrature correttive nel trattamento delle deformità mediolaterali nel puledro*. Atti del II congresso Multisala SIVE, 59-61, 2005.
26. ELLIS, D.R. in: *Diagnosis and management of lameness in the horse*. ROSS M.W., DYSON S.J. Saunders, 555, 2003.
27. FACKELMAN, G.E.: *Angular limb deformities in foals*. AAEP Proceedings, 21, 161, 1975.
28. FACKELMAN, G.E., FROLICH, D.: *The current status of ASIF technique in large animals*. AAEP Proceedings, 18, 325, 1972.
29. FACKELMAN, G.E., NUNAMAKER, D.M.: *Manual of internal fixation in the horse*. New York, Springer-Verlag, 1982.
30. FRETZ, P.B., TURNER, A.S., PHARR, J.: *Retrospective comparison of two surgical techniques for correction of angular deformities in foals*. JAVMA, 172:3, 281-286, 1978.
31. FRETZ, P.B.: *Angular limb deformities in foals*. Veterinary Clinics of North America: Large Animal Practice, 2:1, 125-150, 1980.
32. FRETZ, P.B., DONECKER, J.M.: *Surgical correction of angular limb deformities in foals: a retrospective study*. JAVMA, 183:5, 529-532, 1983a.
33. FRETZ, P.B., McILWRAITH, C.W.: *Wedge osteotomy as a treatment for angular deformity of the fetlock in horses*. JAVMA, 182:3, 245-250, 1983b.

34. GABEL, A.A., KNIGHT D.A., REED S.M. et al.: *Comparison of incidence and severity of developmental orthopaedic disease on 17 farms before and after adjustment of ration*. AAEP Proceedings, 33, 163, 1987.
35. GAUGHAN, E.M., BENE, D.J., HOSKINSON, J.J.: *Partial physeolysis with temporary transphyseal bridging for correction of physeal dysplasia and angular limb deformity in two yearling horses*. Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology, vol. 9, 101-105, 1996.
36. GEOFF, S.S.: *Bone in clinical orthopedics*. Seconda edizione, New York, Thieme-Stuttgart, cap.4, 2002
37. GLADE, M.J., BELLING T.H.: *A dietary etiology for osteochondritic cartilage*. Equine Vet. Sci. 6:151, 1986.
38. GREET, T.R.C.: *Managing flexural and angular limb deformities: The Newmarket perspective*. AAEP Proceedings, 46, 130-136, 2000.
39. GREET, T.R.C., CURTIS, S.J.: *Foot management in the foal and weanling*. Vet Clin Equine, 19, 501-517, 2003.
40. GUFFY, M.M., COFFMAN, J.R.: *The variability of angular deformity in the carpus in foals*. AAEP Proceedings, 15, 47, 1969.
41. HEINZE, C.D.: *Epiphyseal stapling*. AAEP Proceedings, 11, 203, 1965.
42. HEINZE, C.D.: *Orthopaedic panel on epiphyseal closure and stapling*. AAEP Proceedings, 11, 273, 1965.
43. HEINZE, C.D., LEWIS, R.E.: *Bone growth in the horse (Shetland Pony). Determined by orthopedic makers. I. Radius and Carpus*. AAEP Proceedings, 14, 213, 1968.
44. HEINZE, C.D.: *Epiphyseal stapling – a surgical technique for correcting angular limb deformities*. AAEP Proceedings, 15, 59, 1969.
45. HOFFMANN, R.M., LAWRENCE, L.A., KRONFELD, D.S., COOPER, W.L., SKLAN, D.J., DASCANIO, J.J., HARRIS, P.A.: *Dietary*

- carbohydrates and fat influence radiographic bone mineral content of growing foals. J. Anim. Sci., 77, 3330-3338, 1999.*
46. HONGATEN, G.R., ROOKER, G.D.: *The role of the periosteum in growth of long bones. J. Bone Joint Surg., 61B: 218, 1979.*
47. HUNT, R.J.: *Management of angular limb deformities. AAEP Proceedings, 46, 128-129, 2000.*
48. JANSSON, N.: *Angular limb deformities in 4 foals: treatment by periosteal transection and stripping. Equine Veterinary Education, 7:2, 70-74, 1995.*
49. JEFFCOTT, L.B.: *Problems and pointers in equine osteochondrosis. Equine Veterinary Journal Supplement, 16:1, 1993.*
50. KNIGHT, D.A., GABEL, A.A., REED, S.M., EMBERTSON, R.M., TYZNIK, W.J., BRAMLAGE, L.R.: *Correlation of dietary mineral to incidence and severity of metabolic bone disease in Ohio and Kentucky. AAEP Proceedings, 31, 445-458, 1985.*
51. KNOTTENBELT, D.C., HOLDSTOCK, N., MADIGAN, J.E.: *Equine neonatology medicine and surgery. Saunders, 2004.*
52. KOTERBA, A. M., DRUMMOND, W. H.: *Equine Clinical Neonatology, Lea & Fabiger, 1^aedizione, 1990.*
53. LEITCH, M.: *Musculoskeletal disorders in neonatal foals. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, 1:1, 189-207, 1985.*
54. MASON, T.A.: *A high incidence of congenital angular limb deformities in a group of foals. Veterinary Record, 109, 93-94, 1981.*
55. McILWRAITH, C.W., LYNN, F.J.: *Limb deformities in foals associated with ingestion of locoweed by mares. JAVMA, 181:3, 255-258, 1982.*

56. McLAUGHLIN, B.G., DOIGE, C.E., FRETZ, P.B., PHARR J.W.: *Carpal bone lesions associated with angular limb deformities in foals.* JAVMA, 178:3, 224-230, 1981.
57. MITTEN, L.A., BERTONE, A.L.: *Angular limb deformities in foals.* JAVMA, 204:5, 717-720, 1994.
58. MITTEN, L.A., BRAMLAGE, L.R., EMBERTSON, R.M.: *Racing performance after hemicircumferential periosteal transection for angular limb deformities in Thoroughbreds: 199 cases (1987-1989).* JAVMA, 207:6, 746-750, 1995.
59. MORLEY. P.S., TOWNSEND, H.G.G.: *A survey of reproductive performance in Thoroughbred mares and morbidity, mortality and athletic potential of their foals.* Equine Veterinary Journal, 29:4, 290-297, 1997.
60. O'DONOHUE, D.D., SMITH, F.H., STRICKLAND, K.L.: *The incidence of abnormal limb development in the Irish Thoroughbred from birth to 18 months.* Equine Veterinary Journal, 24:4, 308-309, 1992.
61. ORSINI, J.A., KREUDER, C.: *Musculoskeletal disorders of the neonate.* Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, 10:1, 137-166, 1994.
62. PARENTE, E.J. in: *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse.* ROSS M.W. and DYSON S.J.. SAUNDERS, 558, 2003.
63. PHARR, J.W., FRETZ, P.B.: *Radiographic findings in foals with angular limb deformities.* JAVMA, 179:8, 812-817, 1981.
64. PIERCE, S.W.: *Foal care from birth to 30 days: a practitioner's perspective.* AAEP Proceedings, 49, 2003.
65. READ, E.K., READ, M.R., TOWNSEND, H.G., CLARK, C.R., PHARR, J.W., WILSON, D.G.: *Effect of hemi-circumferential periosteal transection and elevation in foals with experimentally induced angular limb deformities.* JAVMA, 221:4, 536-540, 2002.

66. SALTER, R.B., HARRIS, W.R.: *Injuries involving the growth epiphyseal plate*. J. Bone Joint Surg., 45-A, 587, 1963.
67. SHAVERS, J.R.: *Skeletal manifestations of suspected hypothyroidism in two foals*. J. Eq. Med. Surg., 3, 269, 1979.
68. SIEFFERT, R.S.: *The growth plate and its affections*. J. Bone Joint Surg., 48-A: 546, 1966.
69. SLONE, D.E., ROBERTS, C.T., HUGHES, F.E.: *Restricted exercise and transphyseal bridging for correction of angular limb deformities*. AAEP Proceedings, 46, 126-127, 2000.
70. SPADARI, A., TONIATO, M.: *La periostiotomia emicirconfrenziale nelle deviazioni angolari degli arti del puledro: basi teoriche e guida all'esecuzione pratica*. Ippologia, 5:1, 31-38, 1994.
71. TRUETA, J., TRAIS, A.: *The vascular contribution to osteogenesis. IV. The effect of pressure upon epiphyseal cartilage of the rabbit*. J. Bone Joint Surg., 43-b, 800, 1961.
72. TSCHANTZ, P., TAILLARD, W., DITESHAM, P.J.: *Epiphyseal tilt produced by experimental overload*. Clin. Orthop., 123: 271, 1977.
73. TURNER, A.S., FRETZ, P.B.: *A comparison of surgical techniques and associated complications of transphyseal bridging in foals*. AAEP Proceedings, 23, 175, 1977.
74. VAUGHAN, L.C.: *Growth plate defect in foals*. Vet. Rec., 98, 165, 1976.
75. WHITE, K.K.: *Diaphyseal angular deformities in three foals*. JAVMA, 182:3, 272-279, 1983.
76. WITTE, S., THORPE, P.E., HUNT, R.J., SPIRITO, M.A., RODGERSON, D.H.: *A lag-screw technique for bridging of the medial aspect of the distal tibial physis in horses*. JAVMA, 225:10, 1581-1583, 2004.

77. YARBROUGH, T. in: *Current therapy in equine medicine 5*. Robinson, N.E. SAUNDERS, 663-665, 2003.