

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI TECNICA E GESTIONE DEI SISTEMI INDUSTRIALI

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

***L'INGEGNERIA NEL MONDO EQUESTRE:
INTERAZIONI TECNOLOGICHE CON
LE SCIENZE VETERINARIE E LA MASCALCIA***

Relatore: Prof. Guido Berti

Laureanda: Petra Maraschin 1082408

Anno accademico 2015/2016

Prefazione

Il mio lavoro nasce da un desiderio personale di approfondire degli argomenti quotidiani che caratterizzano l'ambito equestre, spesso ignorati, tralasciati o trattati in maniera superficiale. Tutto questo, partendo da una prospettiva ingegneristica che mi ha aiutato ad arricchire il mio bagaglio culturale di ingegnere, di amazzone e - più in generale - di appassionata osservatrice del mondo equestre.

Vorrei che questa stesura potesse diventare un documento di consultazione per chiunque, che come me, faccia parte di questo ambiente, in qualsiasi forma o ruolo. Qui vengono presentate nozioni che vedono la mascalcia accoppiata ad una visione veterinaria del mondo equestre, ma la *spiegazione ingegneristica del "perché"* si conferma essere sempre un elemento imprescindibile.

Devo la mia passione al nonno, Italo Gottardo, stimato maniscalco, nonché all'altro nonno Mario e allo zio Gino, miei affettuosi sostenitori, che purtroppo non sono più tra noi. Non ultimi, ai miei genitori che - quand'ero piccola - hanno commesso un "grave errore", ovvero quello di farmi sedere in groppa ad un cavallo che stava tranquillamente brucando l'erba. Grazie a loro, la mia passione è stata coltivata negli anni e rappresenta tutt'ora una componente fondamentale della mia vita.



Indice

Prefazione	pag. 3
Introduzione.....	pag. 7
Capitolo 1 : Excursus storico.....	pag. 9
Capitolo 2: Il Cavallo atleta.....	pag. 13
Capitolo 3: Ferratura e Metallurgia	pag. 21
Capitolo 4: Fabbricazione di un ferro di cavallo.....	pag. 35
Capitolo 5: Valutazione del soggetto da ferrare	pag. 47
Capitolo 6: Scelta del Ferro	pag. 63
Capitolo 7: Ferratura Ortopedica	pag. 77
Capitolo 8: L'attrezzatura da Mascalcia.....	pag. 103
Capitolo 9: Soluzione Innovativa	pag.109
Appendice 1: Modello quantitativo:influenza del peso del ferro.....	pag. 123
Appendice 2: Modello quantitativo:il ferro "Rock and Roll"	pag. 129
Bibliografia	pag. 133
Ringraziamenti	pag. 135

Introduzione

L'ingegneria è nata come *“disciplina che studia l'applicabilità delle conoscenze scientifiche alle necessità della vita civile e del suo sviluppo socio-economico. Inoltre, come citato dalla Linguistica Garzanti, “L'ingegneria analizza problemi, progetta soluzioni e organizza risorse in uno specifico campo del sapere o del lavoro non tradizionalmente ingegneristico”.*

Incredibilmente tale materia si applica anche al mondo equestre, il quale può essere visto come una sorta di grossa industria. Questa stesura intende pertanto sviluppare la comunicazione e la comprensione tra i suoi “attori” (veterinari, maniscalchi, addestratori, cavalieri, ecc.), analizzando aspetti più o meno comuni del campo ippico, quali la metallurgia, l'innovazione e i costi. Tali argomenti, prettamente ingegneristici, non vengono di fatto trattati nelle facoltà di Veterinaria e Scuole di Mascalcia e costituiscono talvolta un ostacolo alla collaborazione tra coloro i quali operano nell'ambiente.

Da qui il desiderio e la necessità di organizzare delle risorse tradizionalmente non ingegneristiche e trasferirle nella sfera dell'ingegneria stessa. Un secondo obiettivo è quello di fornire qualche informazione utile ed interessante a chiunque condivida la passione per l'ippica.

Discutendo con alcuni maniscalchi e veterinari, si percepisce la necessità di apprendere determinate nozioni che aiuterebbero lo svolgimento della loro attività. Tali professionisti riterrebbero quindi utile potersi avvalere di una stesura che trattasse di nozioni di metallurgia di base per poter capire a fondo la composizione del ferro e le sue reazioni alle varie sollecitazioni.

Va poi posta particolare attenzione al fattore *costi e innovazione*, un elemento fondamentale, spesso emarginato.

CAPITOLO 1

Excursus storico

1.1 Il cavallo nell'antichità

Fin dall'antichità i cavalli sono stati usati come mezzo di trasporto, nell'esercito ed in agricoltura. In ognuno di questi contesti sono sorti e ancora oggi sorgono spesso problemi causati dall'usura del piede. Prima della scoperta della ferratura, i cavalli con i piedi usurati non potevano più essere impiegati in alcun lavoro e ciò rappresentava un danno consistente per i loro proprietari. Storicamente si registrava la richiesta di cavalli di scorta in battaglia per sostituire quelli con le unghie usurate. Persino Giuseppe Garibaldi mentre si trovava in Uruguay a combattere contro l'Argentina, aveva cura di far arrivare in punti prestabiliti, cavalli con zoccoli non usurati.

La necessità di preservare l'integrità dell'unghia si è fatta sempre più impellente, dando inizio all'introduzione di elementi innovativi nella ferratura. Il presidente dell'Accademia delle Scienze Francese, Henry Bouley, nel 1886 comparò l'invenzione della ferratura all'invenzione della locomotiva a vapore. I Romani sono stati i primi ad introdurre qualcosa di simile al ferro di cavallo: l'*Ipposandalo* (vedi figura 1).



Fig.1

Ricostruzione del funzionamento dell'*ipposandalo* a cura dell'Ing. Flavio Russo. (immagine tratta da Archeo.it).

Si tratta di una specie di sandalo con la suola in ferro che veniva applicato al piede del cavallo grazie ad anelli e lacci. Sembra che l'ipposandalo fosse usato prevalentemente per applicare impiastri medicamentosi o per proteggere il piede durante una cura e – raramente - per proteggere gli zoccoli durante gli spostamenti al passo su terreni molto accidentati.

Pare che le prime popolazioni ad aver introdotto l'abitudine di proteggere i piedi del cavallo con una lastra in ferro inchiodata all'unghia siano stati i Celti (o Galli per i Romani). Sono stati infatti trovati dei ferri nei corredi funerari di numerose tombe nelle quali il cavallo era stato sepolto insieme al suo proprietario. Purtroppo la datazione del ferro non è facile perché il ferro si ossida rapidamente e si disintegra. Una data di riferimento può essere il 450 a.C..

I ferri celti avevano una dimensione molto ridotta, non più larghi di 4,5 pollici e i due rami di ferro presentavano una forma ondulata, la quale facilitava l'ingresso dei chiodi. In tale periodo, i chiodi erano caratterizzati da gambo corto e rotondo, mentre la testa presentava una forma detta "a chiave di violino".

Sebbene a prima vista possano sembrare rozzi, sono in realtà frutto di grande maestria. I Romani, invadendo il loro territorio, appresero velocemente questa tecnica e la migliorarono, risolvendo i problemi connessi alla testa dei chiodi stessi

Il chiodo "Romano" consentiva maggior presa nell'unghia e tendeva a spezzarla meno rispetto a quelli a sezione tonda. Il materiale con cui veniva forgiato era il ferro.

La funzionalità del ferro è quella di permettere l'adattamento del piede a qualsiasi terreno e condizione.

Infatti, mentre in natura il cavallo rafforza naturalmente l'unghia grazie all'alimentazione ricca di vitamina E e non

ha sovraccarichi da pesi esterni, in caso di utilizzo avviene un'innaturale usura dell'unghia, che conseguentemente necessita di essere preservata mediante ferratura.

Nel medioevo l'utilizzo del cavallo anche nei combattimenti ha contribuito allo sviluppo delle tecniche di ferratura e al nascere di una vera e propria figura professionale, il **maniscalco**.



Fig.2
Ferro celtico.

Si trattava di un fabbro che forgiava il ferro con l'aiuto di incudine e martello partendo da una verga metallica, metodo tuttora utilizzato da alcuni cultori.

Il metallo veniva poi parzialmente raffreddato mediante immersione in acqua e poi appoggiato ancora caldo sull'unghia (tecnica definita *ferratura a caldo*). Dopo vari aggiustamenti atti ad adeguarlo al piede del cavallo, il ferro veniva fissato per mezzo di chiodi. L'uso diffuso della ferratura si ha durante il periodo delle Crociate (1096-1270), mentre questa pratica era in precedenza riservata solo ai cavalli dei nobili.

A partire dal 1100, il ferro viene lavorato in abbondanza e non più riciclato come avveniva precedentemente. Anche questo nuovo fenomeno favorisce la diffusione della ferratura. Risale al XIII secolo il primo scritto sull'argomento: *Delle mascaltie del cavallo* di Giordano Ruffo di Calabria. Bisogna comunque attendere il XIV-XV sec. per trovare i primi trattati di mascalcia (arte del pareggio e ferratura del cavallo e degli altri equini domestici) con studi sull'anatomia, le malattie e i possibili rimedi¹.



Fig.3
Chiodi di tipo medievale.

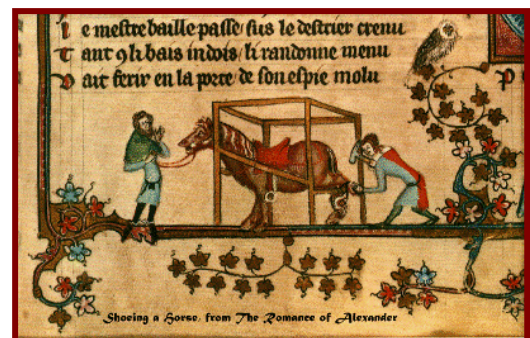


Fig.4
Scena da "Il Romanzo di Alessandro",
codice della Bodleian Library.

¹ Riferimenti storici alla mascalcia:

- Senofonte (Atene 430/25 a.C – Corinto 355 a.C) fu scrittore, storico, e mercenario.- L'arte della cavalleria (Peri Hippikiès) 350 a.C.
- The Medieval Horse And Its Equipment. Medieval finds from excavations in London (Museum of London)
- Fraser - Il comportamento del cavallo
- Delle mascaltie del cavallo – Giordano Ruffo di Calabria.

1.2 Introduzione alla Mascalcia

Lo sviluppo della cultura celtica segna l'inizio della storia della mascalcia. Si comincia a studiare la meccanica del movimento in maniera empirica, per poi dar corso ad un'evoluzione che attraverserà le varie fasi storiche fino ad arrivare ai giorni nostri. La forma moderna dei ferri comprende una punta, i quarti, mammella e i talloni (vedi figura sottostante).

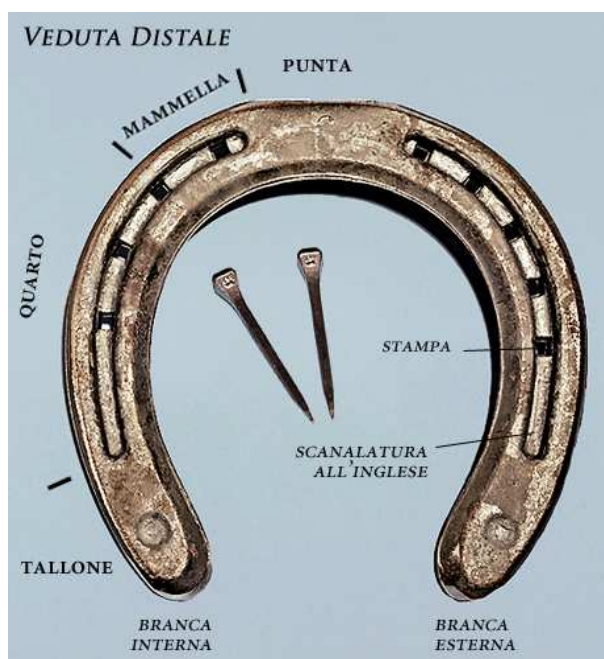


Fig.5
Schema di un ferro moderno.

Dalla punta ai talloni divergono posteriormente i “rami”. La “punta” è la porzione compresa tra le prime due stampe anteriori. La parte del ramo tra l’ultima stampa e la fine della rigatura (scandalatura) è detta “quarto”, la zona compresa tra le stampe centrali è chiamata “mammella” e la zona compresa tra la fine della rigatura e la fine del ferro è detta “zona dei talloni”. La ferratura ha due superfici: una *superiore*, la quale poggia sullo zoccolo, e una *inferiore* che poggia a terra.

Tipicamente la tipologia dei ferri cambia a seconda che si tratti di ferri anteriori o posteriori. Questo accorgimento serve ad un duplice scopo:

1. rispettare la naturale struttura ed ergonomia dello zoccolo;
2. far fronte alle diverse necessità richieste allo zoccolo (ogni impiego sia sportivo che lavorativo necessita di una particolare ferratura).

Capitolo 2

Il cavallo-atleta

2.1 Scelta del ferro

È opportuno tener presente che la conformazione del piede del cavallo è dovuta sia a fattori genetici che a fattori meccanici (il tipo di movimento). In base a questi elementi, il ferro dovrà essere studiato ed adattato².

Se escludiamo la casistica patologica, solitamente la scelta del ferro si basa sui seguenti tre punti:

- A. tipo di disciplina sportiva;**
- B. tipologia del terreno (o fondo) in cui la stessa ha luogo;**
- C. qualità del ferro.**

Risulta quindi essenziale una buona conoscenza della materia prima, il ferro, per cui le nozioni metallurgiche si riveleranno di fondamentale importanza.

2.2 Struttura del piede

Il requisito di base è quello di mantenere la corretta **funzionalità del piede**. Questo è possibile quando, nella fase di carico del peso, il centro di equilibrio dell'intero piede si colloca in maniera perfetta sulla superficie d'appoggio.

Ritornando alla descrizione di cui al punto 1, riguardo la naturale ergonomia dello zoccolo, è bene chiarire che questa fa riferimento alla struttura anatomica del piede. Il termine "**piede**" (**Fig.3**) comprende, di fatto, lo **zoccolo e tutte le strutture in esso contenute**. Le funzionalità del piede sono quelle di resistere all'usura, sostenere il peso del corpo, limitare e/o prevenire gli urti.

Lo zoccolo è una porzione non vascolarizzata del piede e comprende Parete, Pianta e Fetto.

La "**parete**" è sostanzialmente la parte visibile dello zoccolo. Questa non ha forma di un cerchio completo, ma è riflessa verso l'interno e in avanti ai talloni, formando con le barre un angolo acuto (vedi figura 4). Queste ultime permettono l'espansione del

² Luciano di Francesco: "Il Piede del Cavallo - Aspetti pratici della sua biomeccanica".

piede e - facendo parte della parete - sopportano il peso e provvedono ad una maggiore superficie di appoggio e di forza ai talloni.

Il piede anteriore ha caratteristiche tondeggianti, è maggiormente voluminoso ed ha i diametri longitudinali e trasversali pressoché uguali. Il piede posteriore, invece, risulta globalmente più ridotto nelle dimensioni ed ha un diametro trasversale minore rispetto a quello longitudinale.



Fig.1



Fig.2

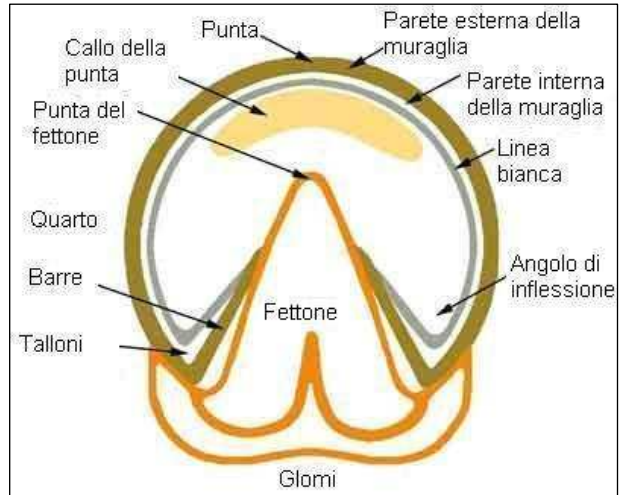


Fig.4

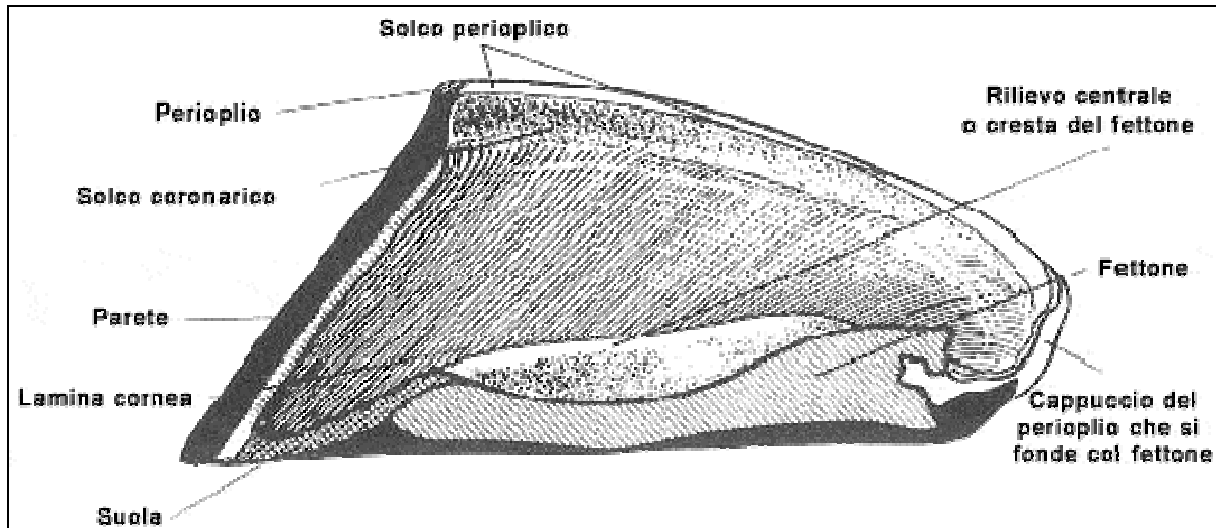


Fig.3

1-2. Immagine di un arto reale imbalsamato e sezionato.

3. Struttura del piede equino.

4. Dettaglio del piede.

(Nota: le figure 3 e 4 si riferiscono ad un piede anteriore.)

La differenza in termini dimensionali è da attribuirsi alle specifiche funzioni: gli anteriori hanno funzione prevalentemente di sostegno e di ammortizzatore, mentre i posteriori fungono da propulsore e sono quindi sede di spinta.

In natura il peso poggia per il 60% sull'anteriore (nelle discipline equestri si cerca di portare il bilanciamento del cavallo agli arti posteriori al fine di alleggerire il movimento del treno anteriore).



Fig.5

2.3 Le discipline sportive

Attraverso la panoramica di alcune discipline dell'equitazione, fornita dalle immagini seguenti, si procede ora alla trattazione del punto 2, riguardante la funzionalità del piede in base alle discipline sportive affrontate.

È essenziale capire come la ferratura debba venire plasmata ed adattata al cavallo in primis, pur tenendo conto della disciplina che l'animale dovrà poi affrontare. La collaborazione tra il veterinario e il maniscalco risulterà determinante per poter fornire al cavallo l'assetto ideale. Sia gli atleti professionisti, che i meno esperti, avranno la possibilità di verificarne i risultati dalle performance in gara.

Oltretutto è doveroso un chiarimento: nell'ippica, l'atleta vero e proprio è il cavallo! Perché di questo si tratta: di un atleta che necessita delle stesse attenzioni di qualsiasi altro sportivo.

È impensabile, infatti, che il suo *entourage* di professionisti (medici, sponsor, allenatori) non siano d'accordo sul modo di ottimizzare il più importante dei suoi strumenti: la *calzata*. Questo perché - come nel caso degli esseri umani - è decisiva al fine dei risultati nelle performance fisiche. Ci deve essere una scarpa per ogni occasione, altrimenti la conseguenza sarà inevitabilmente un problema motorio.

Tali problemi portano talvolta a pareri divergenti tra veterinari e maniscalchi. È necessario quindi capire quale “scarpa” possa risultare adatta ad ogni occasione, senza comunque entrare nello specifico di ciascuna disciplina ippica.



Fig.6



Fig.7



Fig.8



Fig.9

- 6. Trotto
- 7. Salto ad ostacoli
- 8. Cowhorse
- 9. Reining

Grazie alla collaborazione dei maniscalchi professionisti Michele Pellegrini e Carlo Vercesi, unita alla consultazione di volumi sulla mascaia, si possono valutare le caratteristiche di alcune importanti discipline:

Ferratura per galoppatori o cavalli da corsa. La ferratura deve essere semplice e *leggera*; non deve interferire con il movimento e la naturale attitudine del cavallo, vista l'importanza della *velocità* e dell'ampiezza della falcata. Non si interviene a livello correttivo e pertanto la scelta dei materiali ricade su acciaio o alluminio. Imperativi in un ferro sono una buona aderenza, nonché una forte trazione e – soprattutto - non deve accumulare terra per non appesantire la falcata.

Si noti come sia oltremodo importante lo studio della *meccanica* e della *biomeccanica* del cavallo, nonché quello del piede equino in particolare³.

Relativamente alla scelta dei materiali nella ferratura, quando questa ricade sull'alluminio, il *grip* del ferro di cavallo viene incrementato utilizzando inserti in acciaio sulla punta.

Cavallo da concorso ippico. È un cavallo tendenzialmente più soggetto a patologie del piede alle quali si può intervenire con ferrature correttive. I ferri utilizzati possono essere in ferro o alluminio: la valutazione va fatta anche tenendo conto del tipo di terreno utilizzato nelle varie discipline.

I ferri adibiti al salto ad ostacoli non devono essere obbligatoriamente leggeri, poiché lo sforzo richiesto è nel breve tempo e non ci sono vibrazioni da smorzare.

Cavallo da trotto. È definito dai maniscalchi come un cavallo "più complesso". Infatti non viene tenuta in considerazione la struttura del cavallo come elemento preponderante nella scelta della ferratura. Viene invece valutata la funzionalità dell'andatura nel suo insieme. La forma dei piedi viene modulata in modo da evitare o – nei casi più difficili – da limitare l'interferenza tra i quattro arti. Questo perché il trotto risulta essere un'andatura molto meccanica e le curve che devono affrontare i trottatori sono molto strette. La presa del terreno deve essere massima e si cerca di enfatizzare l'estrema estensione degli arti.

³ Luciano di Francesco : "Il Piede del Cavallo- Aspetti pratici della sua biomeccanica".

Talvolta l'azione di presa o grip viene enfatizzata applicando ai ferri degli inserti sporgenti o addirittura delle placchette in Widiam. In questa disciplina, si stanno affermando sempre di più i ferri in materiale *polimerico*. Di questo particolare materiale e del suo comportamento si tratterà successivamente nella sezione "metallurgica".

Monta americana. É doverosa una premessa su questo tipo di sport che si compone di varie discipline, tra le quali:

- Reining
- Team Penning
- Performance
- Barrel Racing
- Roping
- Gimkana Western
- Working Cow
- Cutting

Particolare attenzione verrà data al *Reining* (simile ad una forma di dressage), essendo questa più diffusa e più vincolata alla scelta del ferro.

La ferratura impiegata per il Reining è molto simile a quella trattata al punto 2. Infatti il treno anteriore non è vincolato necessariamente a particolari accorgimenti di leggerezza o non interferenza nel movimento. Sono possibili, e sempre più diffuse, ferrature correttive. Quello che invece caratterizza la disciplina sono il modello di ferri posteriori. Questi sono totalmente lisci e a binda larga.

Si tratta di un ferro propriamente meccanico. Lo standard si espande in termini di code oltre la fine dei talloni e si ferma un po' prima della fine dei glomi.

La particolarità è la lunghezza delle code (parte



Fig.10
Ferro da Reining "Slider".

terminale del ferro) che deve essere valutata con attenzione sempre in base alla naturale forma dello zoccolo e all'atteggiamento del cavallo nei suoi movimenti.

Se ad esempio il cavallo viene valutato con una debolezza al legamento sospensore e al tendine superficiale, le code del ferro andranno strette o ridimensionate e la punta verrà progressivamente allargata. Questo per poter ottenere una sorta di maggior galleggiamento della punta rispetto alla parte caudale del piede connessa al legamento sospensore e tendine superficiale meno sollecitata. Viceversa con un problema al tendine flessore profondo la code andranno aumentate di spessore oppure si potrà arrivare a mettere un ferro con traversa posteriore tipo pannelle o ferro ad uovo.

Dunque essendo il cavallo equiparabile ad un atleta professionista, la sua quotazione può arrivare anche a centinaia di migliaia di euro, è vitale considerare l'importanza dell'integrazione tra studio dei materiali, soluzioni innovative per la ferratura e tecnologie.

In campo equestre, l'ingegneria ha già fatto grandi passi arrivando a scoprire soluzioni e materiali sempre più all'avanguardia, atte a facilitare le prestazioni del cavallo sportivo. Risulta essenziale l'intervento dell'ingegneria per consolidare le squadre di esperti al servizio di atleti delicatissimi quali sono i cavalli.

Imprescindibile è lo studio delle varie problematiche e di come anche solo una ferratura o un materiale sbagliato possano compromettere le prestazioni e la salute dell'animale. Infatti, causa frequente di lesioni tendinee è un difetto di appiombamento dovuto ad una ferratura sbagliata.

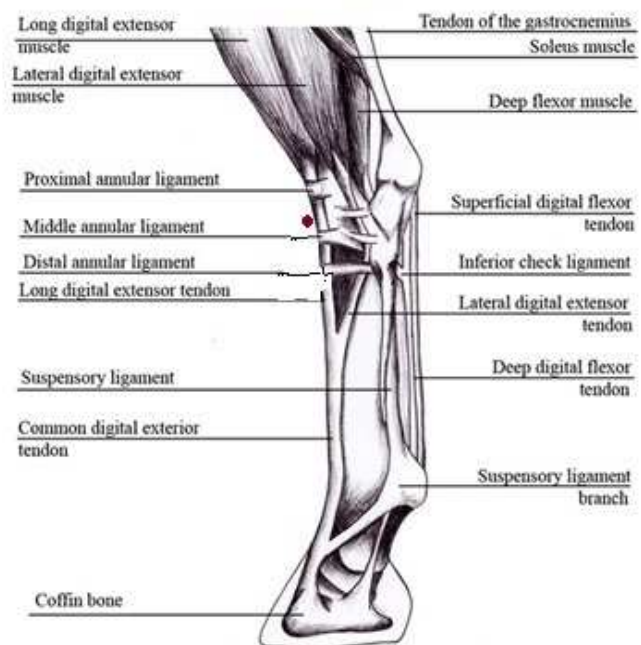


Fig.11
Tendini e legamenti dell'arto.

Equitazione di campagna e Trekking. I ferri per questo tipo di attività, prettamente ludiche, vengono scelti sempre in base alle caratteristiche del cavallo e ai tipi di terreno che esso percorrerà. Si possono applicare puntine in Widiam per conferire più grip e stabilità su terreni asfaltati o scivolosi, oppure si può ricorrere ai ramponi.

“I ramponi sono delle protuberanze a forme geometriche, che sporgono dalla faccia inferiore del ferro e che penetrano nel terreno blando. Ne esistono innumerevoli tipi, adatti ad affrontare le condizioni di terreno e velocità più diversi. La prima gran distinzione che bisogna fare è tra ramponi amovibili e ramponi fissi. Quest'ultimi vengono forgiati come parte integrante del ferro; nella loro forma più semplice sono delle semplici ripiegature verso il basso della benda del ferro a livello dei talloni; questo tipo di ramponatura esiste da secoli”. Inoltre “la posizione dei ramponi sui piedi posteriori si trova generalmente all'altezza dei talloni del ferro, mentre per gli anteriori la tendenza moderna è di applicarli più in avanti, subito dietro le ultime stampe. Quest'accorgimento diminuisce il rischio di danni alle delicate strutture palmari (regione navicolare per esempio) degli anteriori⁴.”



Fig.12
Ramponi con Widiam in ferro pesante.
(sito www.nonsolocavallo.it).

⁴ Dall'articolo "Massima presa" in Cavallo Magazine n° 162 Maggio 2000.

CAPITOLO 3

Ferratura e Metallurgia

3.1 Materiali di impiego

Data la varietà di discipline, di materiali e di richieste è opportuno fare delle considerazioni dal punto di vista **metallurgico**.

Quando generalmente si pensa al ferro di cavallo, si fa riferimento alla sua componente minerale. Tuttavia questo non è stato l'unico materiale disponibile nel corso dei secoli. Infatti alcune testimonianze etrusche fanno riferimento anche all'impiego del bronzo.

3.1.1 Bronzo

Il bronzo è una lega composta da rame ed un metallo che può essere alluminio, nichel, berillio o stagno. Nell'uso comune, il termine bronzo identifica la lega tra rame e stagno. Le leghe a base di rame hanno un punto di fusione relativamente basso (880÷1020°C) e possono essere facilmente prodotte a partire dai loro costituenti. Sono elastiche e resistenti alla corrosione - soprattutto dell'acqua marina - e resistono a fatica; sono anche buoni conduttori di calore ed elettricità.

Grazie alle sue caratteristiche il bronzo è stato impiegato nella produzione di ferri di cavallo, oltre che per sculture, monete, ecc.

3.1.2 Il Ferro

Il materiale più noto nel campo della ferratura è comunque il Ferro. Il ferro battuto è ferro quasi allo stato puro con una concentrazione di carbonio che va non oltre lo 0.02%.⁵

Il **ferro battuto** è stato il primo tipo di *acciaio* (Lega di ferro e carbonio, con tenore di carbonio dallo 0,2% all'1,7%) ad essere scoperto; è stato probabilmente ottenuto casualmente, come sottoprodotto della produzione del rame. Si produceva mettendo in un forno a cupola (forno ad estensione verticale) del minerale di ferro su uno strato di carbone di legna. Il forno era sigillato e la combustione si otteneva insuf-

⁵ John Hickman: " Come ferrare il cavallo".

flando aria con un mantice. Il processo durava alcune ore. Alla fine del processo, il forno doveva essere distrutto per estrarre la risultante spugna di ferro, o blumo, che doveva essere **battuta** per eliminarne le numerose scorie, da cui la denominazione **ferro battuto**.

Il ferro battuto è un acciaio con basso contenuto di carbonio, considerato quasi ferro puro, poiché non contiene più dello 0,02% di carbonio con tracce di zolfo, fosforo e silicio.

Il ruolo del Carbonio

Prima di continuare la trattazione dei materiali, è utile capire cosa sia il **carbonio** e come influisce sul comportamento del ferro.

Il **carbonio** è l'elemento chimico della tavola periodica degli elementi, che ha come simbolo C e come numero atomico 6. Il numero atomico (indicato solitamente con Z, dal termine tedesco Zahl, che significa numero, e detto anche numero protonico) corrisponde al numero di protoni contenuti in un nucleo atomico. In un atomo neutro, il numero atomico è pari anche al numero di elettroni; in caso contrario, si è in presenza di uno ione. Si usa scrivere questo numero come pedice sinistro del simbolo dell'elemento chimico in questione: per esempio ${}_6\text{C}$, poiché il carbonio ha sei protoni.

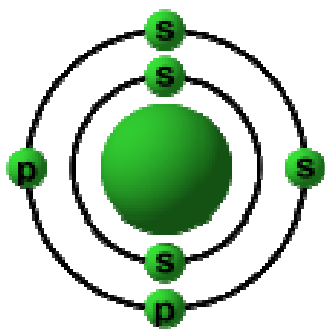


Fig.1
Configurazione elettronica del Carbonio.
(fonte *Wikipedia*).

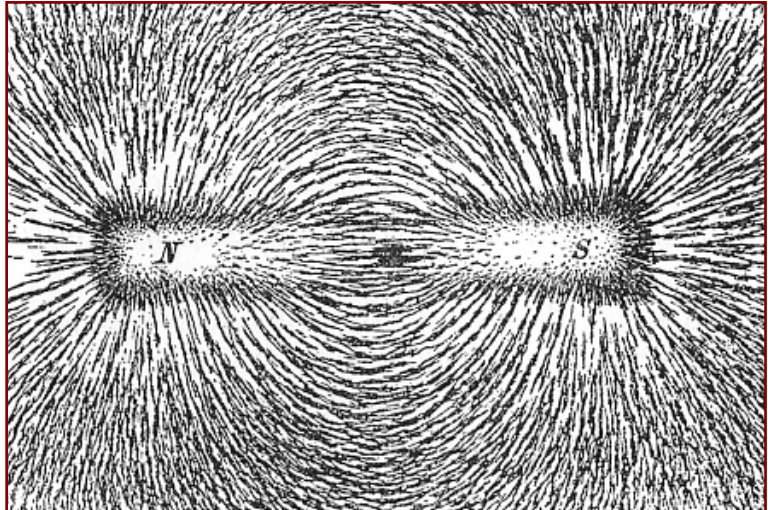
L'atomo è una struttura nella quale è normalmente organizzata la materia nel mondo fisico o in natura. Più atomi formano le molecole, mentre gli atomi sono a loro volta formati da costituenti subatomici quali protoni (con carica positiva), neutroni (con carica neutra) ed elettroni (con carica negativa). Il moto dell'elettrone genera un campo magnetico, mentre la variazione della sua energia e della sua accelerazione causano l'emissione di fotoni (particelle che costituiscono

le onde elettromagnetiche); è inoltre responsabile della conduzione della corrente elettrica e del calore.

Fig.2

Immagine di un campo magnetico: l'insieme delle linee di campo dovuto ad un magnete è reso visibile dalla limatura di ferro dispersa su un foglio di carta.

(fonte Wikipedia).



Il campo magnetico è un campo vettoriale solenoidale. I solenoidi, che sono delle bobine di filo arrotolate, quando vengono percorse da corrente creano un campo magnetico solenoidale.

Il campo magnetico è generato nello spazio dal moto di una carica elettrica o da un campo elettrico variabile nel tempo. Insieme al campo elettrico, esso costituisce il campo elettromagnetico.

Il carbonio (C) è un non metallo ed è presente in natura, allo stato elementare, in due differenti forme cristalline: la grafite e il diamante. L'atomo di carbonio permette la formazione di legami stabili con elementi come l'idrogeno e l'ossigeno; forma, con altri atomi di carbonio, catene con una varietà di combinazioni quasi infinita. Pertanto, l'atomo di carbonio è capace di legarsi a sé stesso e ad altri atomi, producendo un elevato numero di composti.

La classificazione dei prodotti ferrosi commerciali è basata anzitutto sul tenore di carbonio.

Diagramma di Stato

Tutti i prodotti con un tenore di carbonio dell'1,8 - 2%, hanno la proprietà di poter essere forgiati e saldati a caldo; perciò tutte le varietà di ferro tecnico con meno dell'1,8 -2% di carbonio si chiamano **ferro fucinabile (steel)**. Con fucinabile si intende l'“attitudine di un materiale metallico a lasciarsi deformare plasticamente a caldo”.

Le varietà con un tenore di carbonio superiore non sono più fucinabili e si chiamano **ghise (cast iron)**.

La divisione acciaio/ghisa si trova in corrispondenza del 2% di C, come mostrato nel diagramma sottostante (figura 3). Tuttavia, bisogna considerare che questo diagramma tiene in considerazione le concentrazioni teoriche. In realtà una netta separazione tra i due gruppi non è possibile, poiché la fucinabilità da un lato diminuisce gradualmente con l'aumentare del tenore di carbonio, mentre dall'altro viene influenzata dalla presenza di elementi estranei.

In genere la suddivisione dei prodotti fucinabili in ferri ed acciai è basata o sul metodo di fabbricazione, a seconda che si ottengano allo stato fuso (acciaio), allo stato pastoso (ferro saldato), o sulle proprietà predominanti nel prodotto commerciale. Le varietà di ferro fucinabile più dure e più fragili e suscettibili di prender tempra si chiamano "acciai", mentre le varietà più dolci e tenaci che prendono assai poco la tempra si chiamano "ferri". Ma poiché questi caratteri variano continuamente con l'aumentare del tenore di carbonio, una suddivisione fondata su queste proprietà è arbitraria.

Sebbene la classificazione basata sul metodo di fabbricazione (allo stato fuso o allo stato pastoso) non sia del tutto soddisfacente, essa corrisponde forse meglio alle esigenze della pratica e si va sempre più diffondendo nel settore: così la denominazione di "ferro omogeneo" va sempre più cedendo il posto a quella di "acciaio extra-

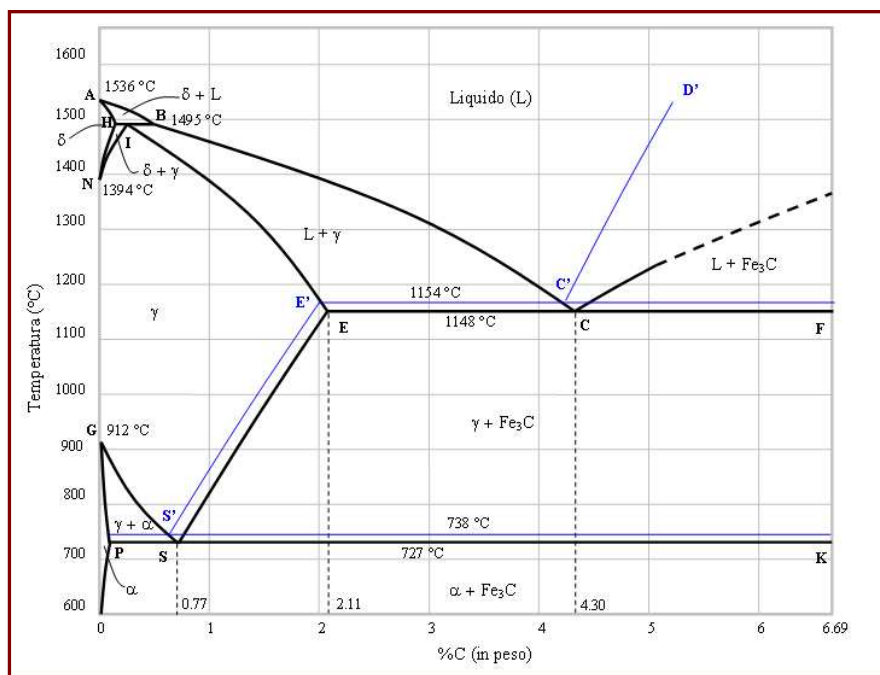


Fig.3
 Diagramma Ferro-Carbonio (fonte Wikipedia).

dolce”.

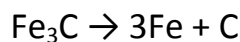
Proprietà e forme allotropiche del ferro

Il ferro puro fonde a 1528° e si presenta di colore bianco-argenteo con caratteristiche di duttilità e malleabilità.

Il diagramma di stato ferro-carbonio (vedi pagina precedente) descrive le strutture di equilibrio delle principali leghe ferro-carbonio (acciaio e ghisa). Nella forma in cui viene presentato solitamente, il diagramma ferro-carbonio indica un composto intermetallico di formula **Fe₃C** (carburo di ferro) comunemente chiamato **cementite**.

La porzione del diagramma che si prende in considerazione è quella con un contenuto di carbonio corrispondente alla composizione stechiometrica della cementite: 6.69% in peso (per questo motivo, sarebbe più appropriato parlare di diagramma ferro-cementite). Difatti la porzione che interessa dal punto di vista tecnologico (di pertinenza dell'acciaio e della ghisa) coinvolge percentuali di carbonio ben al di sotto di questo limite (in genere non si supera il 4%). La cementite è in realtà un composto *metastabile*: un sistema in equilibrio metastabile si mantiene in condizione di equilibrio (meta)stabile nel tempo fintanto che non viene fornito al sistema un quantitativo sufficiente di energia che ne perturbi l'equilibrio. Se l'energia fornita è sufficiente, allora questa spezza la condizione di stabilità del sistema conducendolo in un'altra condizione di equilibrio metastabile o alla condizione di equilibrio stabile (definitivo).

Il Carburo di Ferro è un composto fragile, durissimo, ferromagnetico al di sotto di 210 °C, che si riscontra in tutte le leghe ferro-carbonio. Dal punto di vista chimico ha tendenza a decomporsi in ferro e *grafite* secondo la reazione:



La grafite è di fatto uno degli stati allotropici del Carbonio e presenta la singolare caratteristica che le proprietà sue meccaniche aumentano con la temperatura (per es. la resistenza a trazione a 250°C è dal 50% al 100% più alta di quella a temperatura ambiente). La grafite è uno dei materiali chimicamente più stabili. Il vero diagramma di equilibrio termodinamico è perciò il diagramma ferro-grafite (le cui linee di trasformazione sono rappresentate in blu nella figura 3).

Il ferro puro (che in natura non esiste) allo stato solido presenta tre forme allotropiche:

- **ferro α** : struttura cristallina cubica a corpo centrato (CCC), stabile fino a 912°C.
- **ferro γ** : struttura cristallina cubica a facce centrate (CFC), stabile tra 912°C e 1394°C.
- **ferro δ** : struttura cristallina cubica a corpo centrato (CCC), stabile tra 1394°C e 1536°C (temperatura di fusione).

Queste tre forme allotropiche del ferro sono in grado, in misura diversa, di dar luogo a soluzioni solide con il carbonio, oltre che combinarsi con questo per formare la cementite. La soluzione solida di carbonio nel **ferro α** si chiama **ferrite**, quella nel ferro **γ austenite**. Se un acciaio viene riscaldato fino ad assumere la struttura austenitica, raffreddato lentamente ritorna alla struttura ferritica; se invece è raffreddato velocemente, gli atomi di carbonio inclusi nel reticolo del ferro γ rimangono intrappolati nella trasformazione del ferro α distorcendo il reticolo.

In relazione alle fasi delle leghe ferro-carbonio nel diagramma Fe-C, nell'intervallo relativo agli acciai (0.01-2.00% in C), si considerano i seguenti punti di trasformazione.

- **P-S-K**: temperatura di equilibrio nella trasformazione austenite (γ) 'ferrite (α)+cementite (Fe_3C).
- **S-G**: temperatura di equilibrio nella trasformazione: austenite (γ) 'ferrite (α).
- **S-E**: temperatura di equilibrio nella trasformazione: austenite (γ) 'cementite (Fe_3C).

Nel diagramma le fasi presenti sono elencate di seguito.

- **Fase α : Ferrite**. È la soluzione interstiziale formata da piccole quantità di carbonio nel reticolo CCC del ferro α . La presenza di atomi di carbonio nel reticolo CCC del ferro α produce delle notevoli distorsioni, per questo la solubilità del carbonio nel ferro α è molto limitata (come si evince dal diagramma) e può raggiungere un valore massimo dello 0.02% (a 727°C).

- **Fase γ : Austenite.** È la soluzione solida interstiziale del carbonio nel ferro γ (CFC). La struttura cristallina del ferro γ , favorisce una maggiore solubilità del carbonio, dal diagramma si nota infatti un campo di stabilità dell'austenite decisamente più ampio .
- **Fase δ .** È la soluzione interstiziale del carbonio nel ferro δ (CCC). Valgono per questa fase considerazioni analoghe a quelle fatte sulla ferrite α .
- **Fase Fe_3C : Cementite.** È un composto intermetallico duro e fragile, costituito da ferro e carbonio, in cui la percentuale di quest'ultimo elemento è pari al 6,69% in massa. Si tratta quindi di un carburo di ferro indicato con il simbolo Fe_3C . La struttura cristallina, costituita da grani di solidi intermetallici, è formata quindi da celle tutte uguali fra di loro.⁶

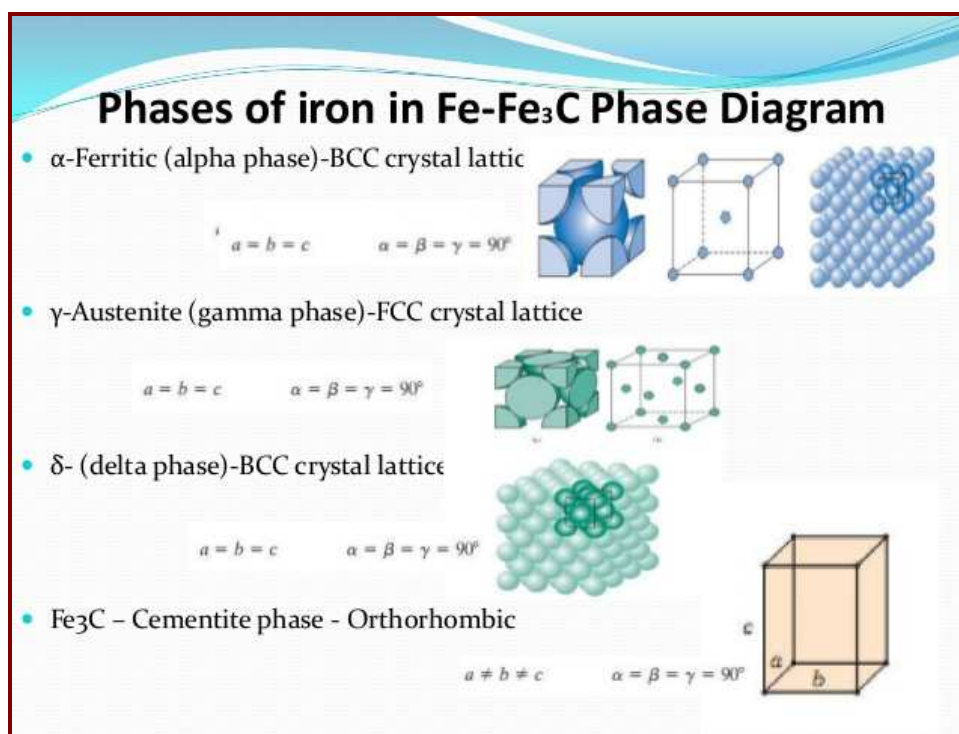


Fig.4
Fasi del Ferro.

Ritornando sul ferro battuto, questo - per i motivi sopra citati - risultava impossibile da temperare. Infatti quando l'acciaio dolce (0,02-0,03%C) viene scaldato, diventa duttile e malleabile, ma se si supera una determinata temperatura e lo si raffredda con rapidità, l'acciaio diventa estremamente duro e fragile. Si discuterà in dettaglio

⁶ Dispensa on-line Istituto di Istruzione Superiore "Da Vinci" di Torre di Trapani.

il procedimento riguardante la tempra nella sezione dedicata alla mascalcia vera e propria, con la collaterale produzione dei ferri di cavallo.

Fig.5

Tempra (immagine tratta da www.riproduzionistoriche.it).

Secondo la definizione: “La **tempra** è un trattamento termico diretto essenzialmente a migliorare le proprietà meccaniche di resistenza e di flessione; consiste di norma in un riscaldamento a una determinata temperatura e in un successivo raffreddamento, più o meno rapido, ottenuto con vari sistemi.”

In passato, gli oggetti in ferro battuto erano molto duttili e si piegavano con facilità. Da qui la cattiva reputazione delle ferrature in acciaio dolce, dovuta all’alto indice di usura e alla tendenza a spezzarsi. Per poter essere resi più resistenti, i ferri dovevano essere arricchiti di carbonio mediante metodi empirici di carbocementazione (ovvero l’arricchimento superficiale di carbonio e la conseguente formazione di carburi. Tutto ciò, per conferire resistenza all’usura e rafforzare la struttura del ferro).

3.1.3 Alluminio e le sue leghe

Un altro materiale estremamente in auge è l’**alluminio**. Questo fa parte della famiglia dei metalli leggeri (circa un terzo del ferro battuto). La sua temperatura di fusione è relativamente bassa 933,47 K (660,32 °C). È adoperato principalmente nell’ambito dei cavalli da corsa, per il quale abbiamo già sottolineato l’importanza di



alleggerire il più possibile la calzata, al fine di favorire al massimo la velocità.

Nel mondo dei galoppatori è stato stimato che, ogni oncia (28 g.) di peso della ferratura viene considerato analogo ad un "handicap" di due libbre (circa 1 kg) cioè ad un aumento del peso del fantino o d'eventuale piombo nel sotto sella.⁷

Proprio un produttore Italiano, Mario Fusetti, realizzò già negli anni 60 dei "ferri da sella" in lega d'alluminio. I Fusetti, che avevano una lunga tradizione di famiglia nel campo della mascalcia, progettaron questi ferri stampati a benda larga e grossa proprio per i cavalli da concorso e da sella. Il loro vantaggio rispetto ai ferri in acciaio sta principalmente nella maggiore protezione (data dalla gran superficie d'appoggio che offrono) e nella maggiore capacità d'assorbire urti e vibrazioni rispetto al ferro classico. Inoltre l'alluminio permette al cavallo d'imprimere in poco tempo un'usura "personalizzata" ai ferri, cioè di consumarli in modo da diventare in un certo senso ortopedici per il soggetto che li porta. Il consumo elevato tuttavia costituisce il più grosso svantaggio all'utilizzo dell'alluminio. È proprio la *correzione ortopedica* l'altra grande branca che studia l'utilizzo dell'alluminio.

Come per il Ferro, è opportuna una spiegazione anche sul comportamento metallurgico dell'alluminio. L'**alluminio** è l'elemento chimico con numero atomico 13. Il suo simbolo è Al. Si tratta di un metallo duttile color argento. Esso è caratterizzato dalla

Fig.6
Foto dal catalogo online della ditta
Forestools di Catania.



notevole morbidezza, dalla sua leggerezza e dalla resistenza all'ossidazione;

⁷ Portale Mascalcia.net - Hans Castelijns.

quest'ultima è dovuta alla formazione di un sottilissimo strato di ossido che impedisce all'ossigeno di corrodere il metallo sottostante. L'alluminio grezzo viene lavorato tramite diversi processi di produzione industriale, quali ad esempio la fusione, la forgiatura o lo stampaggio. Inoltre non è magnetico, non fa scintille ed è il secondo metallo per malleabilità e sesto per duttilità.

Le proprietà salienti dell'alluminio sono le seguenti.

- basso peso specifico, pari a circa un terzo di quello dell'acciaio o delle leghe di rame;
- alta conducibilità termica ed elettrica, pari a circa due terzi di quella del rame;
- elevata plasticità;
- eccellente duttilità e malleabilità;
- basso potere radiante;
- saldabilità;
- superficie dei particolari trattabile con ossidazione anodica o protettiva (passivazione chimica e aumento della durezza superficiale, che può superare in 50 HRC) o estetica (elettrocolorazione).

Pochi elementi in natura si prestano a costituire un numero così elevato di leghe come l'alluminio. Per migliorare le caratteristiche meccaniche, si aggiungono all'alluminio determinati quantitativi di elementi alliganti. Quando si combina con altri elementi, le caratteristiche di questo metallo, che allo stato puro è tenero e duttile, cambiano radicalmente.

Gran parte degli elementi metallici sono solubili nell'alluminio. Tuttavia rame (Cu), silicio (Si), magnesio (Mg), zinco (Zn), manganese (Mn), nichel (Ni) sono i leganti utilizzati per l'alluminio a costituire le leghe madri; accanto ad essi, si possono impiegare elementi che migliorano alcuni aspetti prestazionali delle leghe, conosciuti come "correttivi". Si trovano aggiunte, per scopi particolari, piccole percentuali di titanio, zirconio, cromo, bismuto, piombo, cadmio, scandio, litio, berillio ed anche stagno e ferro. Quest'ultimo, peraltro, sempre presente come impurità.

Ciascuno di questi elementi possiede le sue peculiarità, come ad esempio:

- *Silicio*: migliora la colabilità e riduce il coefficiente di dilatazione;
- *Magnesio*: aumenta la resistenza alla corrosione; aumentano le caratteristiche meccaniche conferibili al materiale per deformazione a freddo;

- *Manganese*: aumenta la resistenza sia meccanica che alla corrosione, anche se in maniera più contenuta del magnesio;
- *Rame*: accresce la resistenza meccanica, soprattutto a caldo, la resilienza (capacità di un materiale di assorbire un urto senza rompersi) e la resistenza a fatica ma rende non saldabile la lega;
- *Zinco*: soprattutto se associato al magnesio, conferisce un'elevata resistenza meccanica, migliora la temprabilità delle leghe, ma riduce la resilienza e l'elasticità del materiale;
- *Nichel*: accresce la resistenza meccanica a caldo;

Pertanto, l'alluminio si presta a tutte quelle situazioni in cui è richiesta elevata leggerezza o deformabilità del materiale (basti pensare alla complessità di alcune ferrature correttive.)



Fig.7
Ferro correttivo in alluminio denominato "Rock and Roll" (fonte: catalogo della ditta Cattafesta Mascalcia)

3.1.4 Materiale plastico o polimerico

Si tratta di materiali relativamente recenti, introdotti dapprima sul mercato statunitense e poi diffusi in altri paesi. Con il termine "plastiche" si intende solitamente delle piastre di materiale plastico (generalmente poliuretano⁸) con uno spazio vuoto nel centro che vengono tagliate a contorno del piede per adattarle allo zoccolo, incollandole poi ad esso. Questi ferri non vengono mai sottoposti a riscaldamento perché a temperatura ambiente hanno altissima lavorabilità.

Il poliuretano è un materiale ottenuto da particolari procedimenti chimici che può assumere notevoli proprietà tecniche e - che a seconda del procedimento di creazione - otterrà particolari caratteristiche di resistenza, unite ad un'alta elasticità. Il poliuretano è un materiale molto duro, allo stesso tempo capace di sopportare urti

⁸ Fonte: Farrierhorses.com.

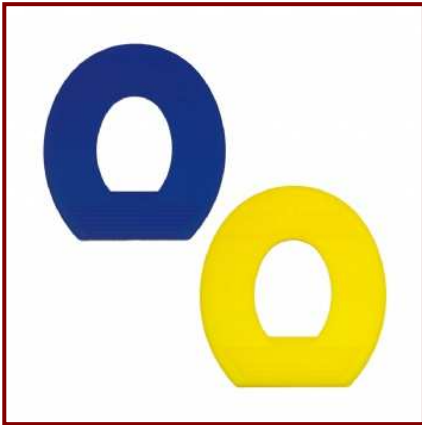


Fig.8
Ferri in poliuretano.

con asperità per poi ritornare immediatamente nella sua forma originale. Nel caso di questi ferri, la parte in poliuretano appoggiata allo zoccolo risulterà molto morbida e confortevole al cavallo, senza però deformarsi né sotto il suo peso, né a contatto con pietre o qualsiasi altra imprecisione del terreno su cui l'animale potrà trovarsi. Questa soluzione, oltre che a migliorare la circolazione sanguigna, causa meno attriti sul terreno, meno sollecitazioni delle articolazioni e di conseguenza meno sollecitazioni a livello della

schiena.

L'elasticità del poliuretano costituisce un ottimo appoggio per l'unghia la quale, trovandosi a contatto con un materiale morbido, non si spezza. Al contrario la corretta circolazione del sangue ne favorisce la crescita; la parte ammortizzante, essendo colata sul ferro e poi vulcanizzata, costituisce un corpo unico con il ferro senza spostarsi e staccarsi da esso, a differenza delle solette frequentemente utilizzate; lo strato di poliuretano a contatto con il terreno rappresenta uno strato antiscivolo, resistente all'abrasione e consente una funzione ammortizzante. Il poliuretano impiegato è un materiale adatto a terreni differenti: asfalto, pietre, erba, fango, terreni sdruciolevoli e misti.

Questa tipologia di ferri è molto utilizzata nelle piste da trotto, in quanto i terreni utilizzati sono molto duri e il poliuretano conferisce ai ferri un ottimo potere ammortizzante. Inoltre, come citato in precedenza, il polimero aumenta e favorisce la dilatazione del piede e, di conseguenza, la circolazione sanguigna dell'intero arto. Il risultato è una maggiore libertà di movimento nei talloni e nei glomi, come se il caval-

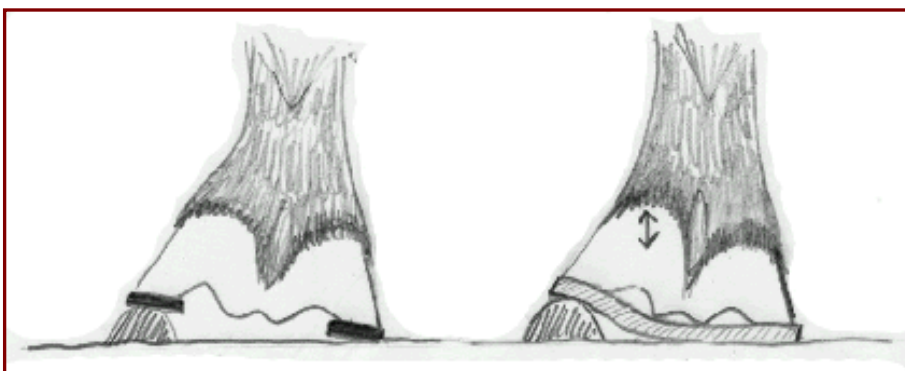


Fig.9
Confronto tra ferratura classica (a sinistra) e in materiale polimerico (a destra).
Si noti come quest'ultima consenta l'adattamento del piede alle asperità del terreno.

lo fosse sferrato. I costi del singolo ferro sono maggiori rispetto alla ferratura standard. L'aspetto meno vantaggioso risulta essere tuttavia la durabilità. Comunque, al giorno d'oggi, sono disponibili sul mercato diversi modelli più resistenti e quindi adatti anche a cavalli da sella e da concorso.

3.1.5 Altri metalli

Ci sono altri metalli dall'uso più limitato.

Uno di questi è il titanio, dalle notevoli caratteristiche di resistenza, durezza, leggerezza e forgiabilità. Tuttavia questo materiale è un grande trasmettitore di vibrazioni ed è molto costoso.

Un altro metallo degno di nota è il rame. Entrambi i materiali hanno caratteristiche di alta malleabilità e offrono una buona tenuta sui terreni compatti. Il loro maggior pregio sta in un'eventuale profilassi contro le malattie funginee dello zoccolo.

Pertanto dall'analisi dei diversi materiali, si arriva alla conclusione che non esiste una soluzione univoca. Infatti per ogni disciplina e per ogni esemplare c'è una soluzione ad hoc.

Completate le dovute considerazioni metallurgiche si può passare alla vera e propria analisi produttiva di un ferro di cavallo.

Capitolo 4

Fabbricazione di un ferro di cavallo

4.1 La ferratura nella tradizione artigiana

Originariamente i ferri di cavallo erano fatti interamente a mano. Si partiva sostanzialmente da una verga di ferro (figura 1), la quale subiva i seguenti passaggi:

- Taglio con strumenti a freddo alla giusta lunghezza e definizione del centro della lunghezza (figura 2);
- Curvatura della punta di 90° (figura 3);
- Martellatura dei talloni esterni fino a formare un angolo di 45° (figura 4);
- Utilizzo del perforatore per la creazione dell'alloggio dei fori (figura 5);
- Martellatura dei talloni interni fino a formare un angolo di 45° (figura 6);
- Chiusura del ramo interno utilizzando l'incudine per definire la curvatura (figura 7);
- Utilizzo del perforatore per la creazione dell'alloggio dei fori (figura 8);
- Rifinitura con raspa e strumenti a freddo (figura 9).



Fig.1

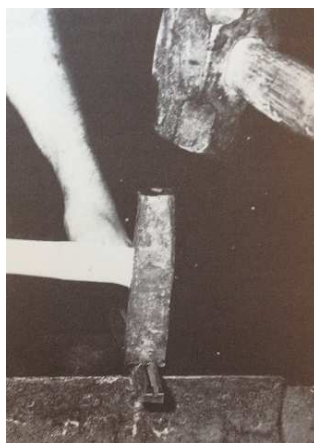


Fig.2



Fig.3



Fig.4



Fig.5



Fig.6

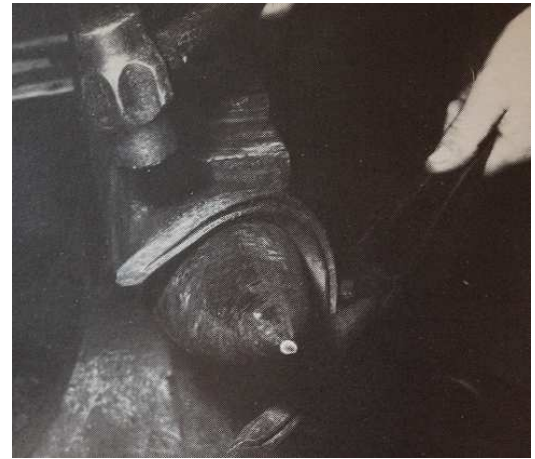


Fig.7



Fig.8



Fig.9

Questi sono gli step che rivivono la produzione artigianale dei ferri anteriori. Considerazioni quasi analoghe possono essere fatte per la produzione dei ferri posteriori. La differenza più rilevante riguarda l'angolazione della punta. Essa è caratterizzata da una chiusura maggiore, fino a formare un angolo acuto.

4.2 La produzione in serie

Oggigiorno la produzione è quasi totalmente automatizzata. Con la collaborazione di Davide Visani, proprietario della ditta *Visani Horseshoes* di Forlì e della ditta *Fifpe Slr* di Bairo Canavese (To) si possono elencare i passaggi (ovviamente riferiti a una ditta tipo) per la produzione automatizzata dei ferri di cavallo dalla materia prima fino al prodotto finito (PF).

Il ciclo produttivo presso la Visani Horseshoes per la lavorazione del ferro è il seguente:

1. Laminazione a caldo (con riscaldamento), o a freddo (senza riscaldamento) dei fogli di lamiera;

Per laminazione si intende il processo meccanico utilizzato per far diminuire la dimensione meno significativa in una lamina o in un albero, solitamente lo spessore. Questo procedimento avviene mediante cilindri contrapposti che ruotando su se stessi imprimono nel materiale la forma desiderata. Il processo comprende solitamente più passaggi, in ognuno dei quali i rulli sono posizionati più vicini tra loro; questo è indispensabile per ridurre le forze di attrito che si vengono a generare nella lavorazione e che, se troppo elevate, compromettono il risultato finale e dissipano troppa energia.

Nota: Le aziende, in generale, possono esternalizzare alcuni passaggi produttivi, per snellire gli impianti e ridurre i costi di lavorazione. Questo significa che alcuni step produttivi possono essere eseguiti in stabilimenti esteri, non necessariamente di proprietà dell'azienda.

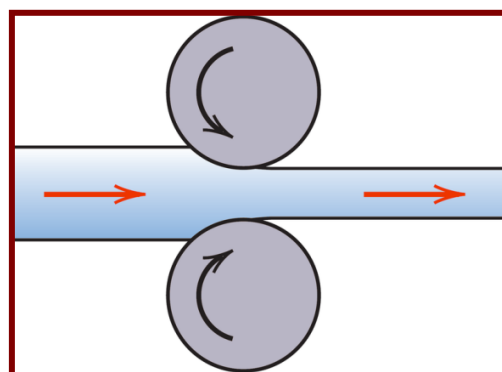


Fig.10
Processo di Laminazione.
(fonte Wikipedia)

2. Preparazione disegni tramite CAD (Computer Aided Design) e CAM (Computer Aided Manufacturing). Queste tecniche si basano su supporto software per la progettazione e la simulazione di prototipi previa produzione;
3. Taglio Laser degli sbazzati (sagome);
4. Riscaldamento automatizzato dei pezzi: i pezzi vengono messi in un forno e portati ad una temperatura sufficientemente elevata per renderli malleabili e adatti alla punzonatura;
5. Stampaggio: mediante presse idrauliche o meccaniche per creare smussi o rullature sugli spigoli e creazione della sagoma;
6. Punzonatura: mediante presse idrauliche o meccaniche con stampi di precisione per creare la foratura dei chiodi (vedi figura 11);
7. Stampaggio successivo: nei casi in cui ci sia la necessità di creare delle varianti particolari;
8. Eventuale "burattatura":
 questo passaggio è finalizzato all'eliminazione di eventuali bave (vedi figura 12). La burattatura è un processo di finitura superficiale, dove generalmente i pezzi vengono posti in un contenitore già fornito di abrasivo in quantità opportuna; questo viene caricato con i pezzi e viene poi posto in roto-vibrazione. Le va-

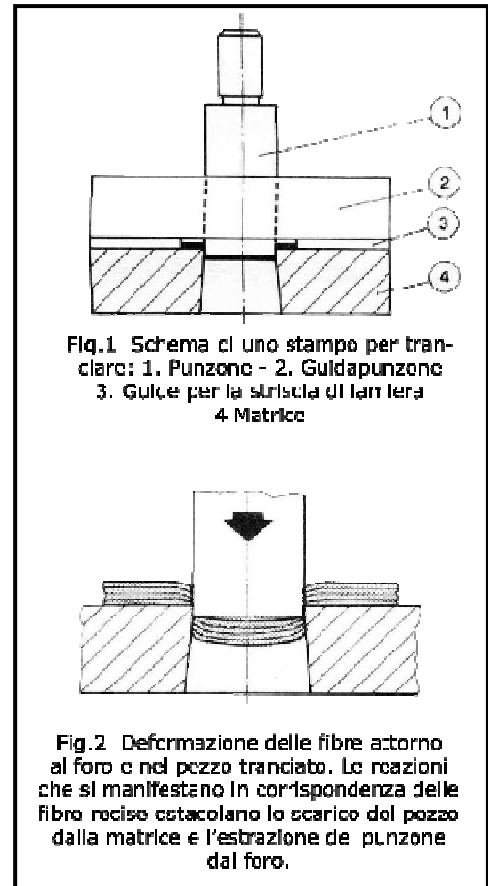


Fig.11
Punzonatura (fonte *Cosma-mec.it*)

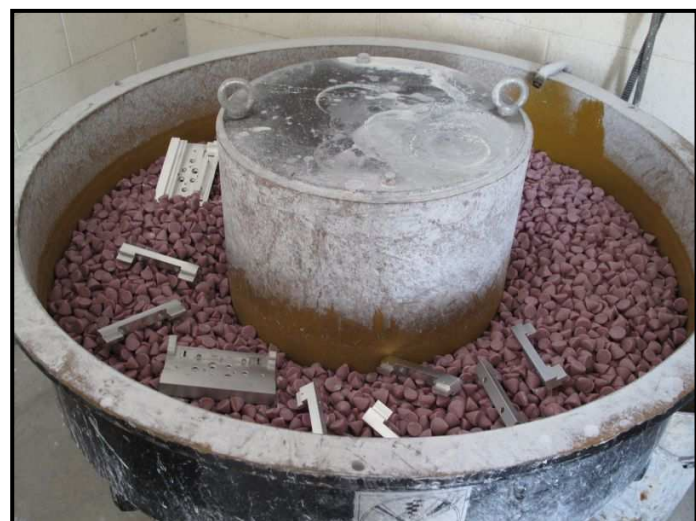


Fig.12
Sistema di burattatura.
(fonte *arcostruzionimeccaniche.it*)

riazioni di questo processo, comprendono di solito strumenti, acqua, lubrificanti e detergenti. La forza centrifuga e quella della collisione relativa tra di loro causano la rottura di eventuali bave.

4.3 Materiali da fabbricazione

4.3.1 Acciaio Fe36(S235JR)

Un materiale molto utilizzato è il **Fe360** (acciaio da costruzione riferimento FE360 - S235JRC - norma di riferimento: **EN 10025 W.1. : 1.0122**). Questo acciaio è caratterizzato da elevata tenacità, ottima lavorabilità e saldabilità, mediocre resistenza meccanica, buona resistenza al calore, discreta durezza, scarsa resistenza all'umidità. È adatto per parti economiche di macchine e strutture metalliche in genere poco sollecitate o di caratteristiche non impegnative. È normalmente impiegato trafilato a freddo. Di seguito è riportata la tabella riferita alla composizione del materiale in esame (fonte: *Cisacciai.it*).

COMPOSIZIONE CHIMICA						
	C% max	S% max	Mn% max	P% max	S% max	Elementi affinati del grano
Domex 220YP	0,12	0,03	0,5	0,03	0,025	Al
Domex 240YP	0,12	0,03	0,8	0,03	0,025	Al
Domex 280YP/XP	0,12	0,40	0,8	0,03	0,025	Al
Domex 310YP	0,12	0,40	1,2	0,03	0,025	Al+Nb
Domex 355YP/XP	0,12	0,40	1,2	0,03	0,025	Al+Nb
Domex 380YP/XP	0,12	0,40	1,2	0,03	0,025	Al+Nb
Domex 420YP/XP	0,12	0,40	1,2	0,03	0,025	Al+Nb
Domex 490XP	0,12	0,40	1,7	0,03	0,01	Al+Nb

4.3.2 Alluminio

Per quanto riguarda l'alluminio il processo produttivo dell'azienda "Visani Horse Shoes" è il seguente:

- a) Si parte da una lastra (lamiera o foglio) di spessore calibrato. Per "calibrato" si intende lo spessore del prodotto finito che si otterrà;

b) Disegno del ferro da ottenere al CAD/CAM. Questo consente di fornire alla macchina utensile una sequenza di comandi atti alla lavorazione della lamiera di alluminio per l'asportazione del truciolo. Dal processo di lavorazione, infatti, risulta del truciolo, ovvero uno scarto di materiale che inevitabilmente incidereà sul costo di PF (prodotto finito);

Secondo questa serie di passaggi si può utilizzare qualsiasi tipo di alluminio già presente in commercio. Preferibilmente la scelta ricade su quelle leghe che presentano discrete proprietà meccaniche. Tali caratteristiche sono necessarie per compensare l'eccessiva usura e gli stress meccanici. Una lega molto usata è la Al 5080.

Il ciclo produttivo della ditta *Fifpe S.r.l* è il seguente:

A. L'azienda acquista rotoli di vergella di *Fe360* (vedi tabelle precedenti) in diversi diametri, a seconda poi della sezione del prodotto finito, presso le Acciaierie fornitrici di materie prime. Queste bobine vengono poi stoccate nel magazzino Materie Prime in attesa di lavorazione (Fig.13). Il costo



Fig.13
Materie prime Fe360.

della materia prima è di circa 550 euro/tonnellata e la bobina pesa all'incirca 1300/1400 Kg. Le variazioni sono in base al diametro scelto.

B. La vergella viene posizionata su un supporto che la pone in rotazione per consentirne lo srotolamento progressivo (vedi figura 14);

C. La vergella, tramite un treno di rulli raddrizzatori (Figura 15), subisce un processo di raddrizzatura.



Fig.14
Vergella su supporto di srotolamento.

D. La vergella viene poi riscaldata in un *forno ad induzione* da 150 kW fino a raggiungere una temperatura di circa 1200°C.

Il *riscaldamento ad induzione* è una tecnica usata per fornire calore rapido e controllato in molte situazioni produttive dove siano richieste saldature, o più genericamente, variazioni delle proprietà fisiche dei metalli e di ogni altro materiale elettricamente conduttivo. Il processo consiste

nello sfruttare le correnti elettriche indotte nel materiale per generare calore. Nonostante i principi elementari dell'induzione siano noti da tempo, soltanto grazie alla moderna tecnologia elettronica dei componenti solidi, il riscaldamento ad induzione è potuto diventare un metodo davvero semplice ed economico per le innumerevoli applicazioni di incollaggio, trattamento termico, saldatura e prove sui materiali.

I componenti base di un sistema di riscaldamento ad induzione sono un generatore di corrente alternata, una bobina induttrice (o "induttore" con struttura spirale) e un "carico" (ovvero il materiale che deve essere riscaldato) (Fig.16). Il generatore fornisce la corrente alternata che attraversa la bobina, generando un campo magnetico al suo interno. Avvicinando un carico, esso viene percorso dalle cosiddette correnti parassite indotte dal campo magnetico che producono un preciso, localizzato e controllabile aumento di temperatura nel materiale, senza alcun contatto fisico con la bobina.



Fig.15
Treno di rulli raddrizzatori.



Fig.16
Induttore spirale e carico.

E. La bobina viene in fine tranciata e cade per gravità all'interno di una pressa piegatrice che conferisce una preforma al ferro di cavallo.

F. L'operatore a questo punto afferra manualmente il preformato e lo pone sotto un bilanciere a vite, da max 500 tonnellate, modulabili in base alla sezione del materiale. Viene effettuata la stampa, controstampo e poi un'ulteriore pressa elimina l'eccesso di bava.



Fig.17

Pressa piegatrice in funzione.

G. Successivamente, un secondo operatore si occupa della realizzazione delle barbette.

Tutta questa sequenza di operazioni è riferita alla produzione di ferri anteriori, per la produzione dei ferri posteriori si passa ad una zona limitrofa con un layout di macchine pressoché analogo. Le sequenze di lavorazione sono pressa poco le medesime. L'unica differenza riguarda l'allocazione delle barbette che, da una per i ferri anteriori, diventano due laterali per i ferri posteriori. Il ciclo arriva a produrre un ferro ogni 9 secondi.

Per quanto riguarda la realizzazione dei ferri in Alluminio, le lastre di partenza sono larghe 200/250 mm e lunghe circa 3000mm. Queste vengono tranciate e poi riscaldate con un forno a metano. L'alluminio infatti ha un punto fusorio inferiore rispetto all'acciaio ed il forno a metano è sufficiente per provvedere al riscaldamento della lastra. Il ciclo risulta tuttavia più lento ed è possibile ottenere un PF ogni quindici secondi.

Il prodotto finito ed ancora prima lo stampo stesso, sviluppato in questo caso internamente, richiede una progettazione secondo i modelli CAD/CAM. Lo stampo viene prodotto tramite una macchina ad elettroerosione che sagoma lo stampo stesso. La macchina riesce a compiere il suo ciclo in circa due ore.



Fig.18
Macchina per elettroerosione
(non in funzione).



Fig.19
Sagoma ritagliata con elettroerosione.

Caratteristiche della lavorazione per elettroerosione:

- Possibilità di lavorare metalli molto duri (acciai speciali, acciai rapidi, metalli duri, ecc...), o induriti con trattamenti termici o chimici (temprati, carburati, ecc...). Infatti, la durezza del materiale da lavorare ha un'influenza secondaria per quanto riguarda la velocità d'asportazione o l'energia da utilizzare nella lavorazione;
- Possibilità di lavorare il pezzo creandovi qualsiasi figura geometrica o volumetrica. Ciò è dovuto alla particolarità che l'elettroerosione non necessita di un utensile rotante. È possibile ottenere spigoli netti, creare nervature e cavità con forme o profili impossibili da realizzare con altre tecnologie;
- Velocità di lavorazione inferiore rispetto alle altre tecnologie ad asportazione di truciolo;
- Elevata usura dell'utensile. Un valore tipico può essere 1-5%; cioè l'usura di 1-5 mm³ di utensile ogni 100 mm³ di materiale asportato;
- Rugosità più o meno pronunciata, a seconda del grado di finitura, delle superfici lavorate. Questa è dovuta alla creazione di micro-crateri per effetto dell'azione elettroerosiva (vedi sotto principio fisico);

Funzionamento

L'azione di lavorazione si attua avvicinando un utensile (l'elettrodo) al materiale da lavorare (il pezzo), il tutto in un ambiente riempito da un dielettrico liquido. L'elettrodo viene alimentato con polarità positiva rispetto al pezzo, in quanto il materiale caricato negativamente subisce un'erosione superiore.

Quando elettrodo e pezzo sono sufficientemente vicini, tra i due si innescano delle scariche che erodono il pezzo in modo complementare rispetto alla forma dell'elettrodo. La scelta del materiale dell'elettrodo e il controllo delle caratteristiche delle scariche permettono di ottenere che l'erosione dell'elettrodo (usura dell'utensile) sia molto minore dell'erosione del pezzo (lavorazione). Man mano che il pezzo viene eroso, l'elettrodo viene fatto avanzare, fino al completamento della lavorazione. Durante la lavorazione, l'elettrodo non entra mai in contatto con il pezzo; ciò creerebbe un cortocircuito invece delle scintille che sono la causa dell'erosione.

Nella lavorazione non vengono creati normali trucioli: i residui della lavorazione (sfridi) assumono l'aspetto di microscopiche palline di metallo che si disperdono nel dielettrico.

La presenza di un dielettrico è fondamentale soprattutto perché rimuove gli scarti di lavorazione e raffredda elettrodo e pezzo.

Principio fisico

L'elettroerosione lavora sulla capacità delle scariche elettriche di erodere i materiali. Nel nostro caso si parla di elettroerosione *a filo*; in questa applicazione, un filo conduttore teso è usato come elettrodo per tagliare o profilare il pezzo da lavorare.

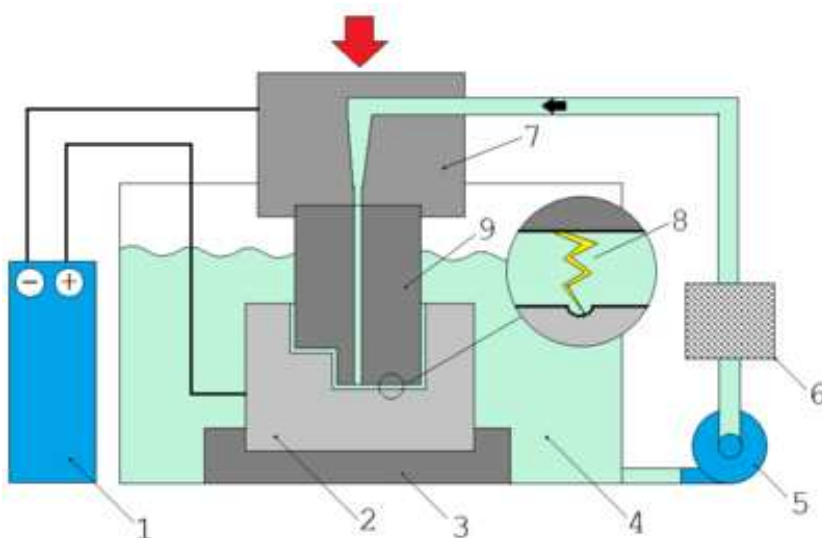


Fig.20

Schema dell'elettroerosione.

1. Generatore di scariche (DC)
2. Pezzo(+)
3. Portapezzo
4. Fluido dielettrico
5. Pompa
6. Filtro
7. Portautensile(-)
8. Scarica
9. Utensile

(fonte: Wikipedia)

Il filo (immagazzinato in una bobina) viene cambiato di continuo durante la lavorazione, in quanto, essendo sottoposto all'usura delle scariche e allo stress di dilatazione, finirebbe per spezzarsi spesso, interrompendo la lavorazione.

Infine lo stampo viene lavorato in un centro di lavoro a tre assi (in figura), che da la vera e propria forma allo stampo, il tutto in circa due ore e mezza.



Fig.21

Centro di Lavoro multiasse.

Capitolo 5

Valutazione del soggetto da ferrare

È fondamentale valutare la conformazione del cavallo.

Per conformazione si intende la struttura fisica del cavallo data dalla lunghezza delle ossa dello scheletro, dalla loro angolazione, ecc. Dalla conformazione dipende la distribuzione del peso del cavallo e del suo movimento. Senza una valutazione accurata della struttura fisica del soggetto e del suo movimento non è possibile procedere ad una corretta ferratura.

La scelta ottimale presupporrebbe una valutazione dell'equide sia a riposo che in movimento. La prima fase è volta alla determinazione degli appiombi e dei difetti di atteggiamento, come il sovrapporre il piede ad un altro, ecc. È opportuna la valutazione dello stato di conservazione dello zoccolo in termini di forma e consistenza. Un'altra fase invece presuppone di far muovere il cavallo su un terreno pianeggiante, osservandolo da tutti e quattro i lati. Va valutata infatti la **fase di propulsione**. Questa fase si esplica con la valutazione di come il soggetto in esame alza i piedi, o come si dice in gergo "stacchi da terra". Si osserva quindi dove il nodello trova il punto di massimo sforzo durante lo stacco. Risulta quindi importante identificare se i movimenti di levata e appoggiata sono regolari. I difetti strutturali di tipo genetico non si possono modificare, ma si possono correggere e prevenire gli effetti dannosi che da essi possono derivare.

5.1 Valutazione degli appiombi

Un cavallo fermo in piedi, come già citato, con un peso distribuito in modo uniforme, carica sugli anteriori un valore equivalente al 60-65% del proprio peso.

Per **appiombi** (Figura 1) si intendono le linee direttrici degli arti che partono da un centro di sospensione e arrivano ad un centro di appoggio, dividendo l'arto in due parti uguali. Per-

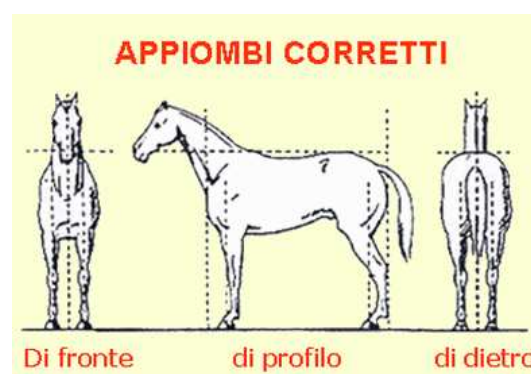


Fig.1

Appiombato Corretto.

(Fonte: whhynotclubhouse.altavista.org)

tanto un appiombamento normale si riscontra quando ogni regione dell'arto è divisa regolarmente in due parti dalla linea di appiombamento. In realtà per essere precisi ogni gamba ha un proprio appiombamento e se il cavallo presenta delle asimmetrie, tali però da non causare problemi, si cerca di non interferire con la naturale conformazione del soggetto.

5.1.1 Valutazione arti anteriori

Visione frontale.

In condizioni normali gli arti si presentano verticali e con le punte degli zoccoli orientate in avanti. Tracciando una linea verticale dalla punta della spalla al centro dell'articolazione scapolo-omerale (Figura 2), questa non è altro che l'articolazione della spalla e dividerà l'arto in due parti uguali, terminando al centro dello zoccolo. È utile ricordare che le articolazioni sono organi giunzionali tra capi ossei, interconnessi tramite i tessuti connettivi. La distanza tra i due zoccoli deve essere la medesima intercorrente tra gli avambracci (Figura 3) sotto al petto. Le regioni dell'arto non allineate alla citata verticale sa-

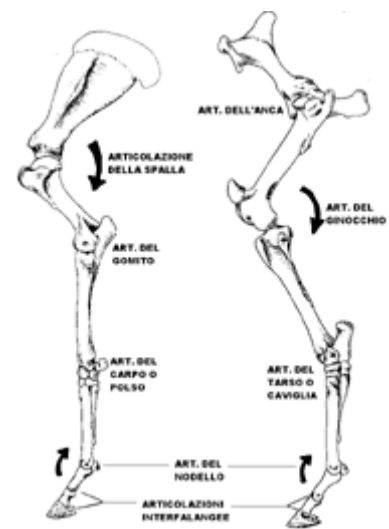


Fig.2
Articolazione scapolo-omerale.

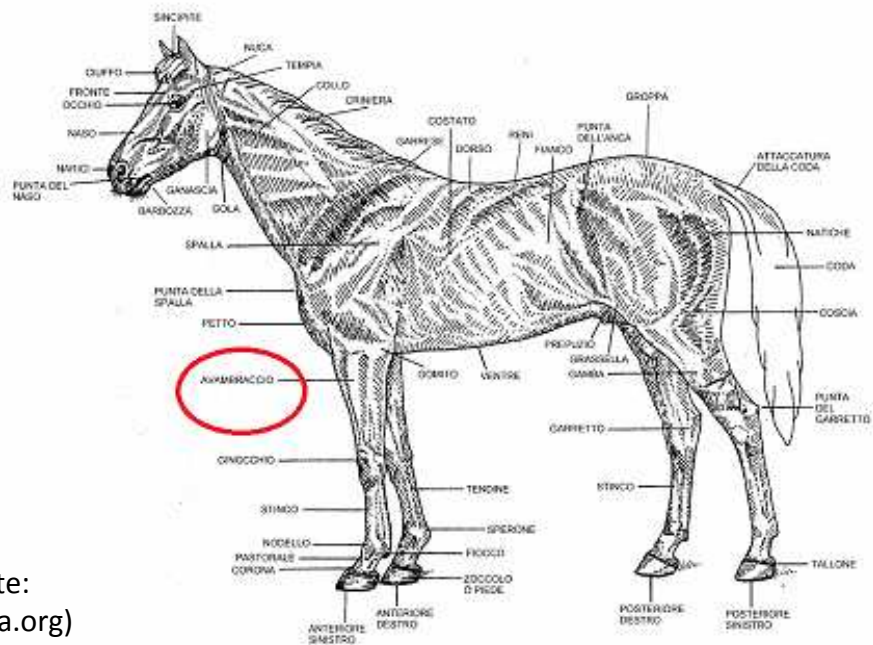


Fig.3
Dettaglio avambraccio. (Fonte: equihorselovecavalli.altavista.org)

ranno sottoposte a maggiori sollecitazioni con relative conseguenze a carico dei legamenti collaterali

Molte volte il soggetto esaminato presenta dei cosiddetti “**Difetti di Appiombo**”, come elencato sotto.⁹

1. Conformazione a base stretta: I piedi si presentano in posizione ravvicinata e la linea partente dalla spalla cade sull'esterno del piede. (Figura 4 a lato).

Questa conformazione è da attribuire a cavalli con cassa toracica ampia e muscolatura frontale ben sviluppata, per esempio i cavalli di razza Quarter Horse.

L'esterno dell'arto sopporta lo sforzo maggiore, poiché la parte laterale è sottoposta a tensione costante. Questa conformazione causa patologie quali: mollette articolari, ossificazione delle cartilagini del piede, osteoartriti. In quasi tutti i casi, questa conformazione porta il cavallo a caricare più peso sulla parte esterna dello zoccolo, sia che il piede si presenti cagnolo o mancino.

2. Conformazione a base larga (o aperto sul davanti): i piedi sono in posizione divaricata e la linea di appiombo della spalla cade all'interno del piede. Questa conformazione è riscontrabile nei cavalli con cassa toracica stretta. Anche qui il soggetto è predisposto allo sviluppo di mollette articolari, all'ossificazione delle cartilagini e alla osteoartrite. In molti casi si accompagna allo spostamento delle punte verso l'esterno (*mancinismo*) con la conseguente maggior usura del margine interno del piede. La parte interna dell'arto risente dello sforzo maggiore con conseguente scarico del peso nella parte interna dello zoccolo, sia con i piedi cagnoli (vedi punto successivo), che mancini.

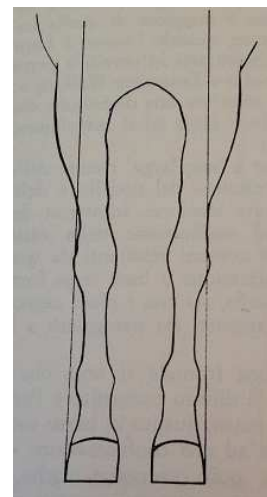


Fig.4
Conformazione a base stretta.

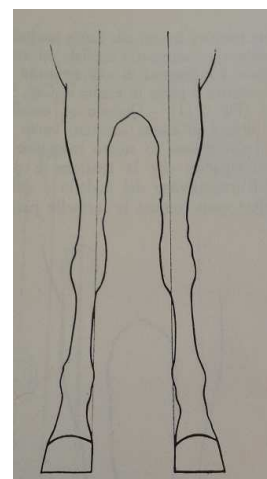


Fig.5
Conformazione a base larga.

⁹ O.R. Adams: "Le malattie degli arti del cavallo e problemi di ferratura".

3. Cagnolismo: ad un'osservazione frontale si nota che le punte sono rivolte l'una verso l'altra. È un difetto congenito e l'arto può essere ruotato tanto in alto alla sua origine al petto, quanto in basso sotto al nodello. In genere il cagnolismo si accompagna alla conformazione a base stretta o anche, in taluni casi, alla conformazione a base larga.



Fig.6

Steadys Chex cavallo da Reining con cagnolismo bilaterale.

Quando il cavallo affetto da cagnolismo si muove i piedi tendono a "falciare". In genere il piede si stacca dal terreno facendo perno esternamente alla punta ed atterra sempre sul lato esterno del piede. L'immagine a lato (figura 7) mostra il cavallo che "falcia". Questo difetto di andatura si accompagna al cagnolismo;



Fig.7

Cavallo che falcia.

4. Mancinismo: ad un esame frontale le punte dei piedi tendono ad allontanarsi l'una dall'altra. Questo stato è solitamente congenito e più spesso è determinato da arti ruotati all'esterno dalla loro origine in basso. Può essere associato sia ad una conformazione a base larga, sia a base stretta.

Parimenti alla conformazione del cagnolo, il mancinismo può essere controllato o parzialmente corretto tramite la ferratura. Durante la fase di sospensione il piede compie un arco verso l'interno.

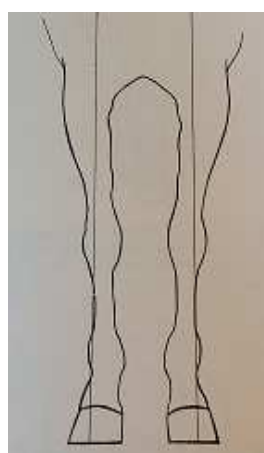


Fig.9

Mancinismo e conformazione a base stretta.

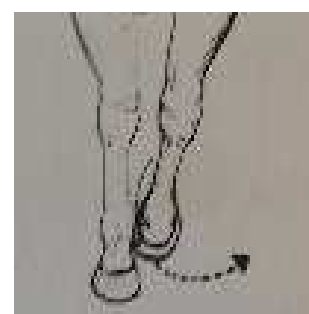


Fig.8

Arco durante la fase di sospensione.

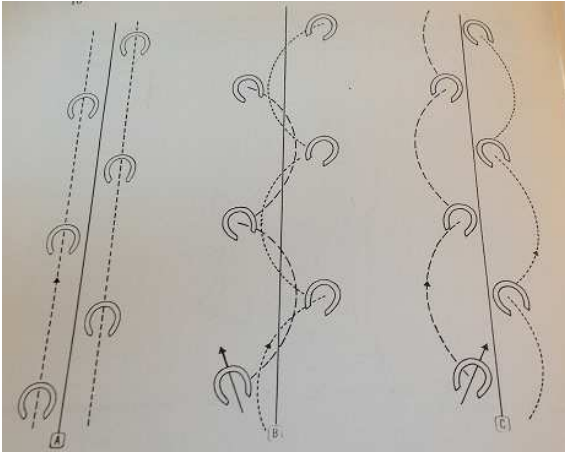


Fig.10

Tracce normali e con difetti di appiombio.

Da sinistra: traccia normale, traccia di un cavallo affetto da mancinismo, traccia di un cavallo affetto da cagnolismo.

5. Incrociamento: alcuni cavalli, specialmente quelli conformati a base stretta mancini, tendono a collocare un piede anteriore direttamente innanzi all'altro. Ciò rappresenta un difetto di andatura molto grave con incesciamento. Dopo che il piede ha compiuto un arco interno, esso atterra più o meno direttamente innanzi al piede anteriore opposto;
6. Deviazione posteriore del carpo (ginocchio da vitello o da montone): la deviazione posteriore dell'articolazione carpica (ginocchio) non consente carichi di lavoro consistenti. Questa conformazione indebolisce le strutture legamentose e tutte quelle associate al carpo (vedi figura 12A);
7. Deviazione anteriore del carpo (ginocchio arcuato): si tratta di una deviazione anteriore del carpo, che però causa minori disturbi rispetto al caso precedente (vedi figura 12B).
8. Deviazione mediale delle articolazioni del carpo (ginocchio valgo o da bue): è rappresentata dalla deviazione in senso mediale delle articolazioni carpali con conseguente affaticamento delle formazioni anatomiche collegate al carpo (Fig.13B);

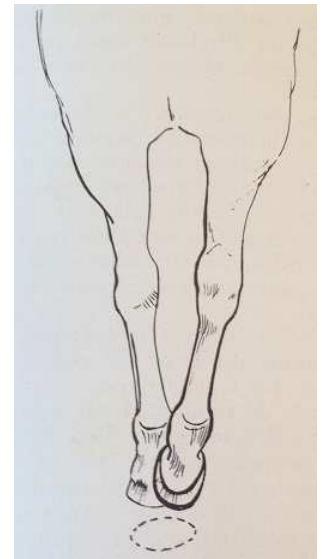


Fig.11

Incrociamento.

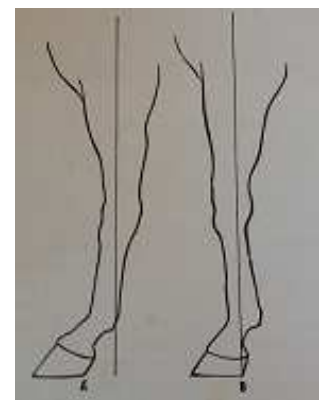


Fig.12

A sinistra deviazione posteriore del carpo, a destra deviazione anteriore del carpo.

9. Deviazione laterale delle articolazioni del carpo (ginocchio varo o arcato all'infuori): le articolazioni carpiche guardano l'esterno. Questa conformazione può essere accompagnata alla base stretta-cagnolismo. È causa di un sovraccarico a livello legamentoso, osseo e di altre formazioni anatomiche collaterali (Fig.13A)

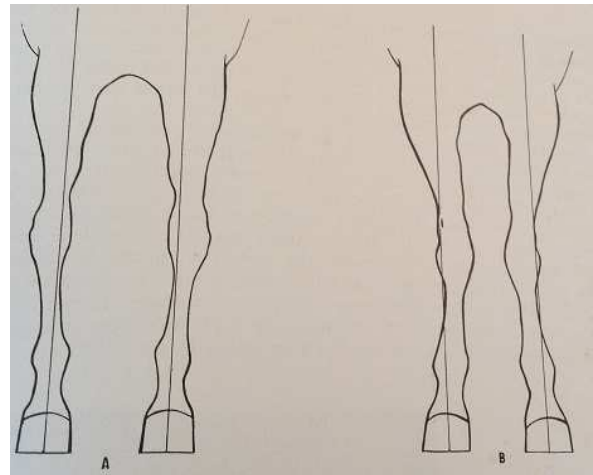


Fig.13

A: Ginocchio Varo
B: Ginocchio Valgo.

10. Ginocchia legate: è una cattiva conformazione che inibisce la libertà di movimento (Fig.14B);

11. Staccato sotto le ginocchia: lo stinco appare staccato dal ginocchio, in posizione arretrata (Fig.14A). Questa condizione è indice di una struttura debole.

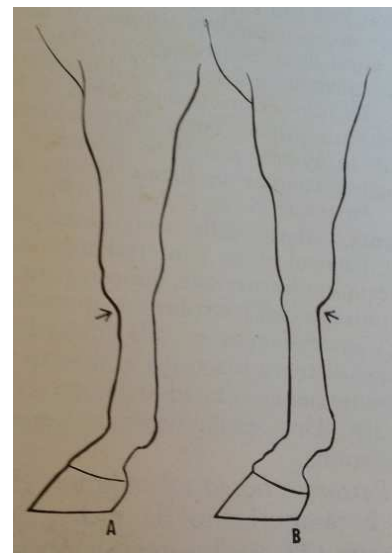


Fig.14

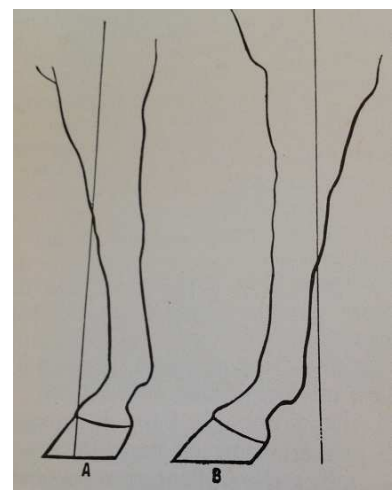
A: Staccato sotto le ginocchia
B:Ginocchia legate.

12. Sotto di sé anteriormente: è una deviazione nella quale l'intero arto anteriore, dal gomito in basso è arretrato rispetto alla sua linea di appiombamento (Fig.15A). Con questo difetto la base di appoggio risulta accorciata, con sovraccarico degli arti anteriori. Complessivamente il tutto si traduce in un eccessivo logoramento di ossa, legamenti e tendini. Vi è una diminuzione della velocità e il cavallo è soggetto all'incespicamento;

13. Disteso anteriormente (Fig.15B) è la condizione opposta a quella appena descritta. Tutto l'arto anteriore risulta portato in avanti, quando il cavallo è esaminato lateralmente;

Fig.15

A :Sotto di sé
B:Disteso anteriormente.



Visione laterale.

14. Pastorale corto e dritto: un cavallo con questa conformazione è predisposto all'artrite, alla malattia navicolare e ad altre patologie. Spesso questa conformazione si trova in soggetti con base stretta-cagnolismo ed è per lo più presente nel cavallo con arti corti, con potente muscolatura del tronco e degli arti (Fig.16B);
15. Pastorale lungo e dritto: predispone alla lesione del nodello e a livello navicolare. Le sollecitazioni sono simili al caso precedentemente citato (Fig.16C).

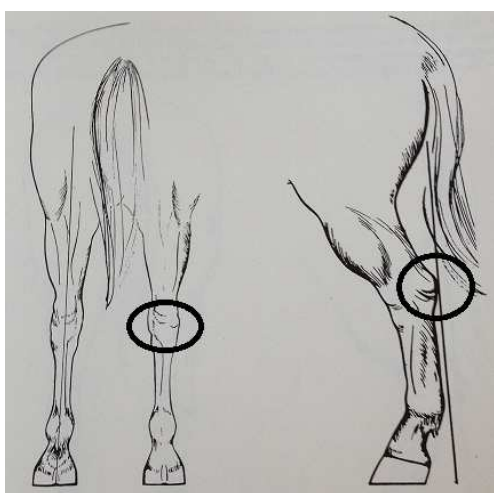


Fig.17 – Garretti.

5.1.2 Arti Posteriori

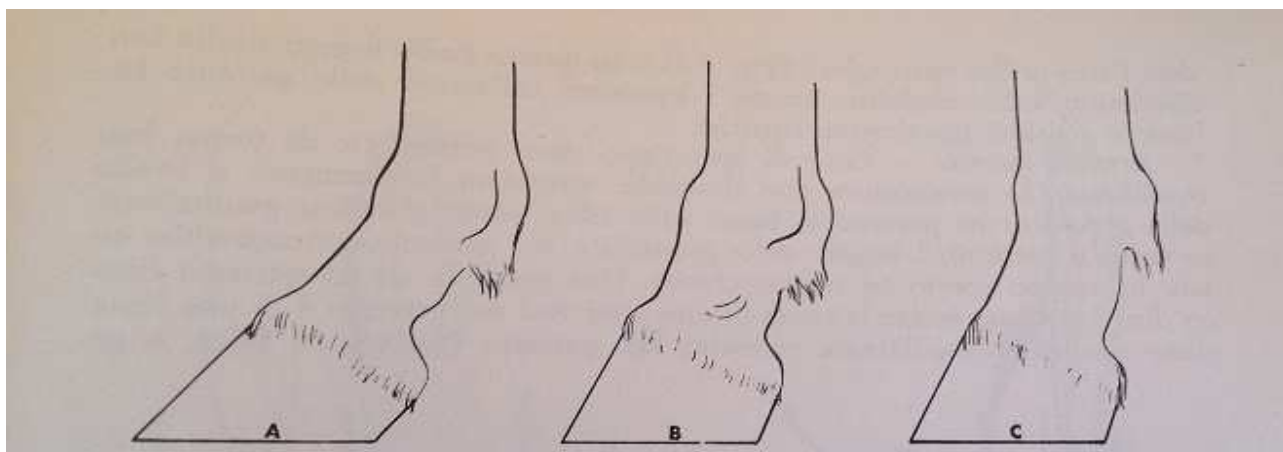
È importante conoscere la conformazione dell'arto posteriore, anche se le zoppie sono meno frequenti che nell'arto anteriore. Visto posteriormente i garretti dovrebbero essere larghi abbastanza da sostenere il peso dell'animale.

In figura 17 (a lato) sono mostrati degli arti posteriori normali. Sulla sinistra la visione frontale mostra come la gamba sia divisa in due parti uguali da una linea che parte dalla tuberosità ischiatica. Sono evidenziati i garretti. Sulla destra gli arti posteriori a conformazione normale sono visti lateralmente.

Sono evidenziate i garretti. Sulla destra gli arti posteriori a conformazione normale sono visti lateralmente.

Fig.16

- A: pastorale normale
- B: pastorale corto e dritto
- C: pastorale lungo e dritto.



In figura 18 è cerchiato l'osso dell'ischio, componente dell'osso iliaco con ilio e pube. La tuberosità ischiatica è la parte posteriore dell'ischio.

I difetti di appiombo relativi agli arti posteriori sono elencati di seguito.

Base stretta o chiuso dietro: questa conformazione è più evidente in cavalli pesantemente muscolati ed è determinante di un eccesso di sollecitazioni sui settori laterali dell'arto (ossa, legamenti e giunture). I piedi possono essere cagnoli o normali. Questo tipo di conformazione è spesso associata ad un incurvamento degli arti o ad una condizione in cui i garretti sono molto distanziati. Gli arti possono essere abbastanza dritti fino ai garretti e quindi deviati in dentro. La figura 19 compara l'apertura dei garretti di una conformazione a base ristretta (a sinistra) e una conformazione normale (a destra). Si nota come la distanza tra i garretti nella figura di sinistra risulti maggiore rispetto alla distanza segnata nella figura a destra.

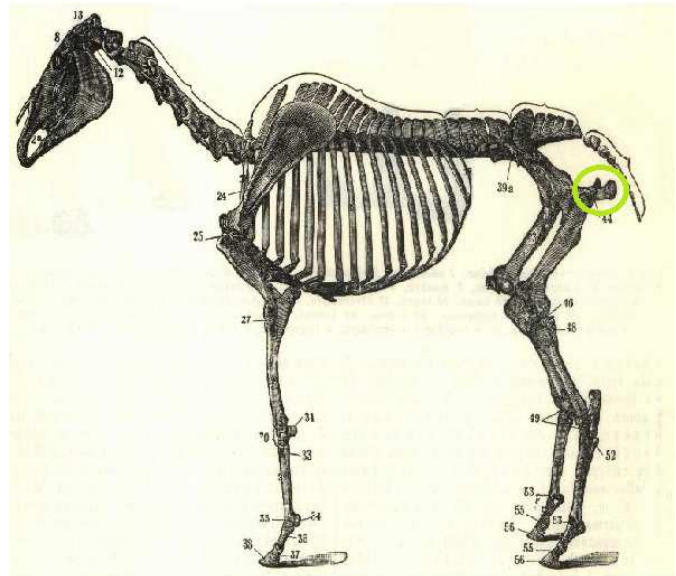


Fig.18
Dettaglio dell'ischio. (Fonte: Wikipedia).

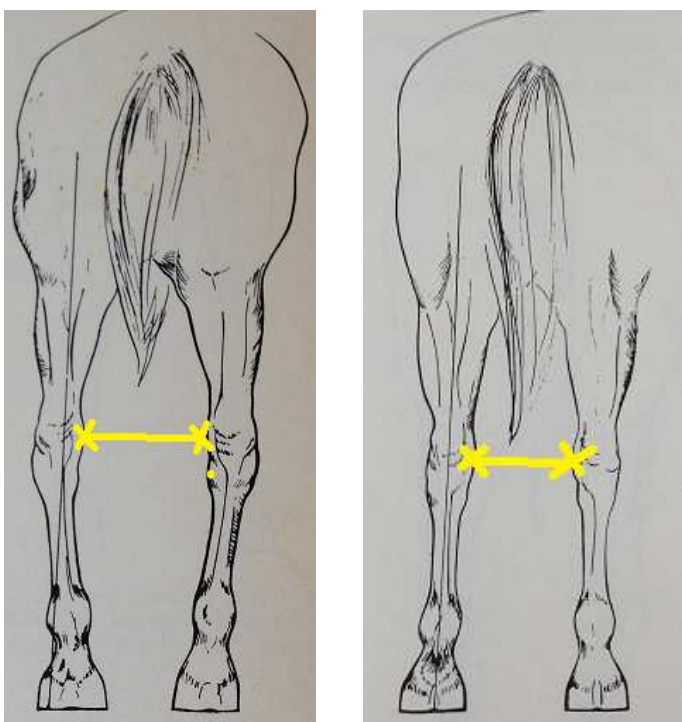


Fig.19
Comparazione tra garretti a base ristretta a sinistra e normali a destra.

Base larga o aperto dietro: Questa conformazione è rara nell'arto posteriore e si presenta, nella forma più comune con i garretti vaccini.(Fig.20)

Questa conformazione difettosa è caratterizzata dal fatto che gli arti sono conformati a base stretta fino ai garretti, mentre da questo settore fino ai piedi la base diventa larga. I garretti risultano troppo vicini, con le punte rivolte l'una verso l'altra ed i piedi sono molto distanziati tra loro. Visto di lato, il cavallo può presentare il *garretto a falce*. (Fig.21 a sinistra)

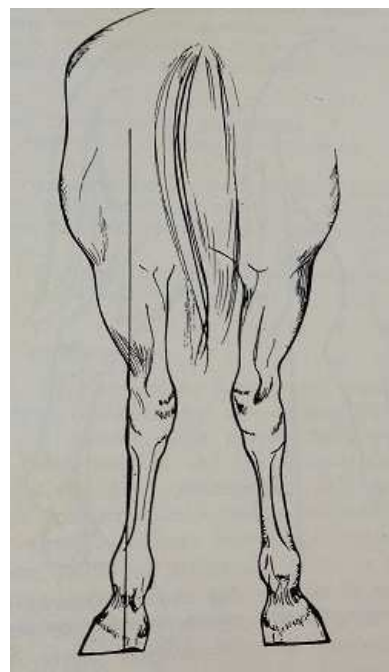


Fig.20
Garretti vaccini.

In figura 21 è mostrata la comparazione tra un garretto a falce (a sinistra) e un garretto normale (a destra). Tale conformazione fa sì che il garretto sia sottoposto a maggior tensione, specie a livello legamentoso.

Arti eccessivamente dritti o posteriore dritto (Fig.22): Questo provoca molta tensione a livello articolare e l'arto è più facilmente traumatizzabile da un lavoro pesante.

Fig.21

Comparazione tra garretti a falce e garretti normali.

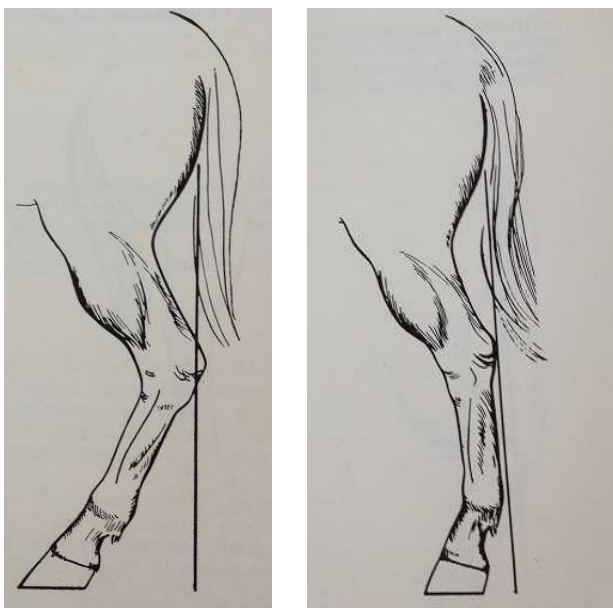


Fig.22

Posteriore dritto.



Sotto di sé posteriormente (Fig.23): Visto di lato l'intero arto è situato troppo in avanti o sono presenti i garretti a falce. Una linea perpendicolare, abbassata a partire dall'anca, tocca il terreno a livello del tallone, o addirittura dietro il tallone, invece di collocarsi nel mezzo del piede.



Fig.23
Sotto di sé posteriormente.

Disteso posteriormente (Fig.24): l'arto intero è spostato all'indietro quando viene osservato lateralmente. Una linea perpendicolare, abbassata all'articolazione dell'anca, invece di raggiungere il terreno a metà tra la punta e il tallone del piede, come per l'appiombamento normale, viene a trovarsi spostata verso la punta del piede o anteriormente a questa.



Fig.24
Disteso posteriormente.

5.2 Valutazione dell'asse del pastorale e del piede

5.2.1 Allineamento corretto

Per dare una definizione semplificata dell'asse del pastorale si potrebbe dire che si tratta di una ideale linea dritta che passa dal centro della punta e divide il piede a metà. Nel deambulare, il cavallo con un appiombamento corretto e con una conformazione normale degli assi del pastorale, risulta muovere gli anteriori in allineamento col corpo. La punta è spinta ben avanti e il piede è appoggiato in terra piatto.

Per quanto riguarda l'angolazione, la gradazione ottimale tra l'asse del piede (**asse digitale**) e i talloni, nel caso di piede anteriore, dovranno essere tra i 45° e i 50°.

Nel caso di piede posteriore, la punta è maggiormente concava rispetto al piede anteriore, il fettone è più piccolo e l'inclinazione va dai 50 ai 55°.

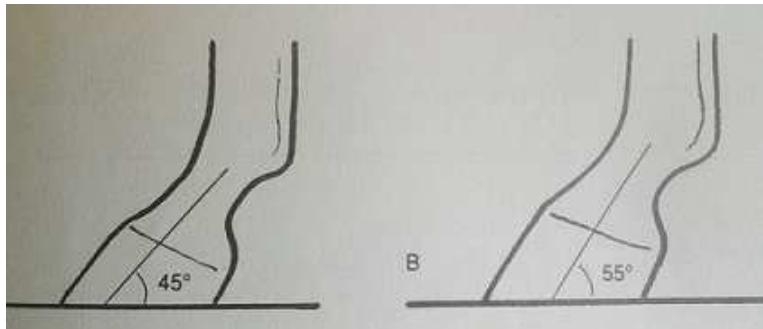


Fig.26

Asse digitale dell'arto anteriore e posteriore.

5.2.2 Deviazioni dallo standard: Talloni Sfuggenti

Se invece l'asse digitale è spezzato all'indietro a livello dell'articolazione interfalangea distale i talloni risultano molto bassi. Si può anche definire come una mancanza di muraglia a livello dei talloni o un eccesso di muraglia in punta; nell'ultimo caso questo difetto d'appiombò è correggibile con il pareggio. (Fig.27-b)

Con **talloni sfuggenti** s'intende una mancanza di parallelismo tra la muraglia dorsale e l'inclinazione dei talloni (Fig.27-c). Benché spesso associato a talloni bassi, ne differisce per il fatto che può presentarsi senza che l'asse digitale sia spezzato e *non* è correggibile con il semplice pareggio.

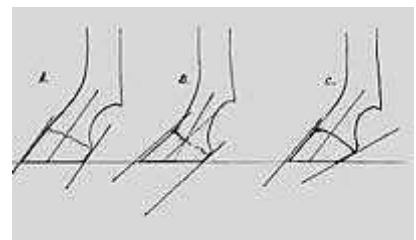


Fig.27

Angolazione Talloni

A: talloni normali;

B: Talloni bassi;

C: Talloni sfuggenti.

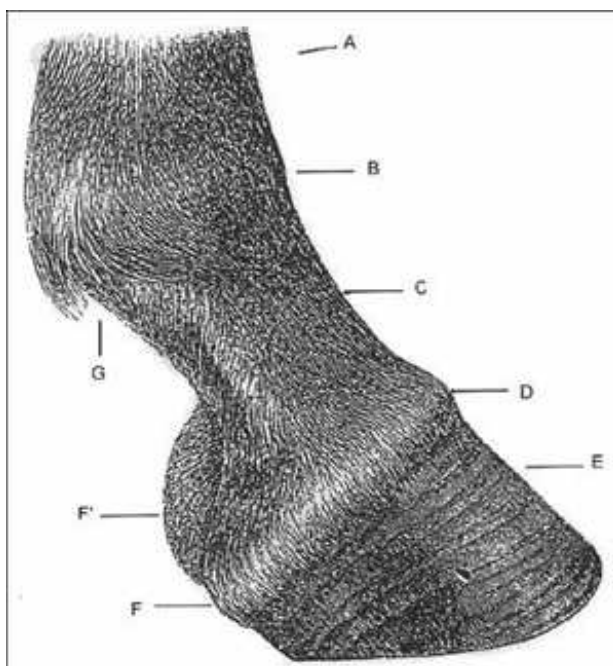


Fig.25

A: stinco

B: nodello o nocca

C: pastoia o pastorale

D: muraglia

F: glomi

G: barbeta

(Fonte: sito web *il portale del cavallo*)

Caso Reale.

Cavallo con talloni sfuggenti e mancinismo

Il soggetto in questione ha 3 anni (Fig. 28). Ha affrontato carichi di lavoro consistenti fino a Novembre 2015, mentre invece affronterà carichi di lavoro molto leggeri fino a gennaio 2016. Il cavallo è affetto da *mancinismo* soprattutto a livello di anteriore sinistro.

Presenta inoltre talloni sfuggenti (Fig.27-c) e piede avanzato. Dato l'affaticamento dei legamenti sospensori 10(Fig.29). La ferratura per i periodi di allenamento intenso prevedeva l'utilizzo di un ferro comodo sui talloni, con binda del ferro più larga in punta e più stretta ai talloni ed una rullatura (smussatura) su tutto il ferro, maggiormente accentuata nella zona delle mammelle. Questo per favorire uno stacco laterale, agevolando la condizione di mancinismo, e mediale del piede.

Inoltre come si nota in figura la rullatura arriva all'altezza dei fori, così da portare le pressioni del cavallo il più vicino possibile al *centro di equilibrio statico del piede*, il quale varia rispetto al tipo di appoggio fornito dal ferro (vedi figura 30).



Fig.28
Caso reale.

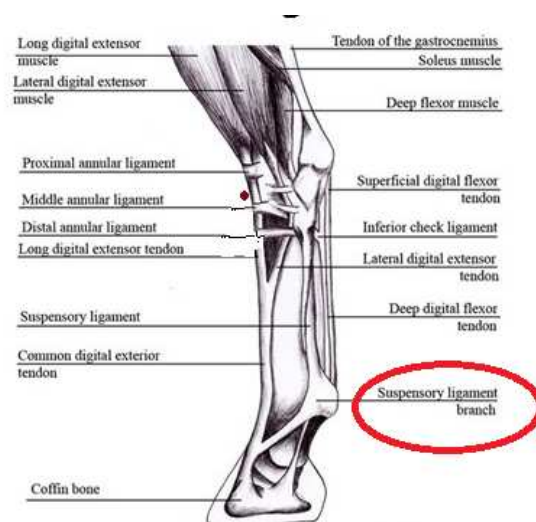


Fig.29
Dettaglio legamento sospensore.

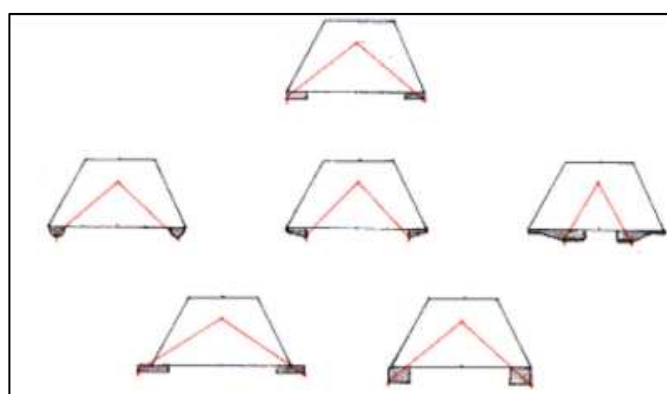


Fig.30
Centri di Equilibrio statico del piede in base all'appoggio.

¹⁰ Il legamento è un tessuto connettivo che tiene assieme due o più strutture anatomiche, ad esempio due segmenti ossei)- Wikipedia.it-

Le figure 31,32,33 mostrano la fase di posizionamento del ferro in esame. Viene innanzitutto identificato il primo punto di appoggio del piede al suolo utilizzando un calibro per valutare la distanza precisa tra il punto di appoggio e l'esterno della muraglia. Tale accorgimento consente di non sovraccaricare le muraglie (pareti esterne del piede), le quali rimangono di conseguenza molto più integre. Data la minor pressione esercitata su di esse, il peso del cavallo viene scaricato nella zona più vicina al centro di equilibrio del piede .



Fig.31

Calcolo del punto di appoggio con il calibro.



Fig.32

Sovrapposizione del ferro alla suola.



Fig.33

Centraggio del ferro con dettaglio sull'effettivo primo punto di appoggio del piede.

I ferri in esame sono in alluminio (Fig.34), per sfruttare le sue proprietà di leggerezza e di deformazione secondo la naturale struttura del cavallo – sportivo.



Fig.34
Ferri in Alluminio.



Visto il periodo di riposo previsto per circa 1 mese e l'affaticamento del soggetto al livello della parte caudale del piede, si è optato per un ferro chiuso (pianella).

Fig.35

Immagine della pianella utilizzata
A sinistra la faccia poggianti sul terreno, a destra la faccia a contatto con lo zoccolo.

Il ferro in esame è stato lavorato a freddo utilizzando un disco lamellare allo zirconio. Con questo strumento è stata ulteriormente rullata la punta e la zona dei talloni. In riferimento alla figura 36 (a lato) la cerchiatura mostra l'angolazione creata a livello dei talloni. L'arrotondamento del ferro nella zona caudale è stato eseguito per correggere la tendenza del cavallo ad appoggiare prima il tallone durante la camminata (Fig.37-1). L'angolo palmare del cavallo è stato inoltre abbassato di circa 2 gradi.

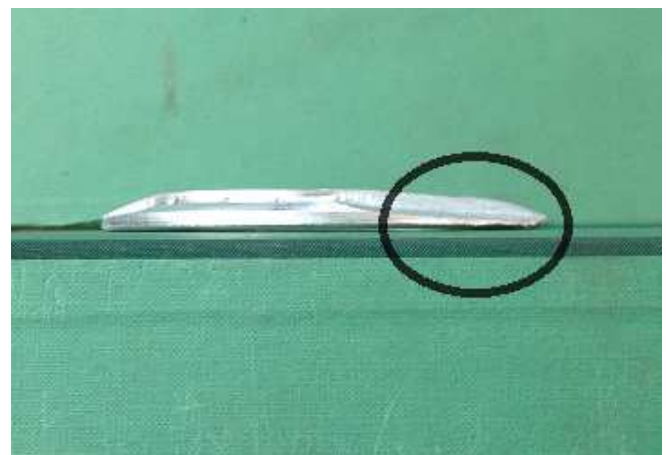


Fig.36
Dettaglio dello smusso prodotto sul ferro.

Questo perché il piede con inclinazione minore facilita un atterraggio più omogeneo e l'ulteriore rullatura in punta facilita lo stacco del piede. In questo modo si cerca di evitare lo scivolamento dei talloni mantenendo l'arrivo del piede al suolo più centrale (Fig.37).

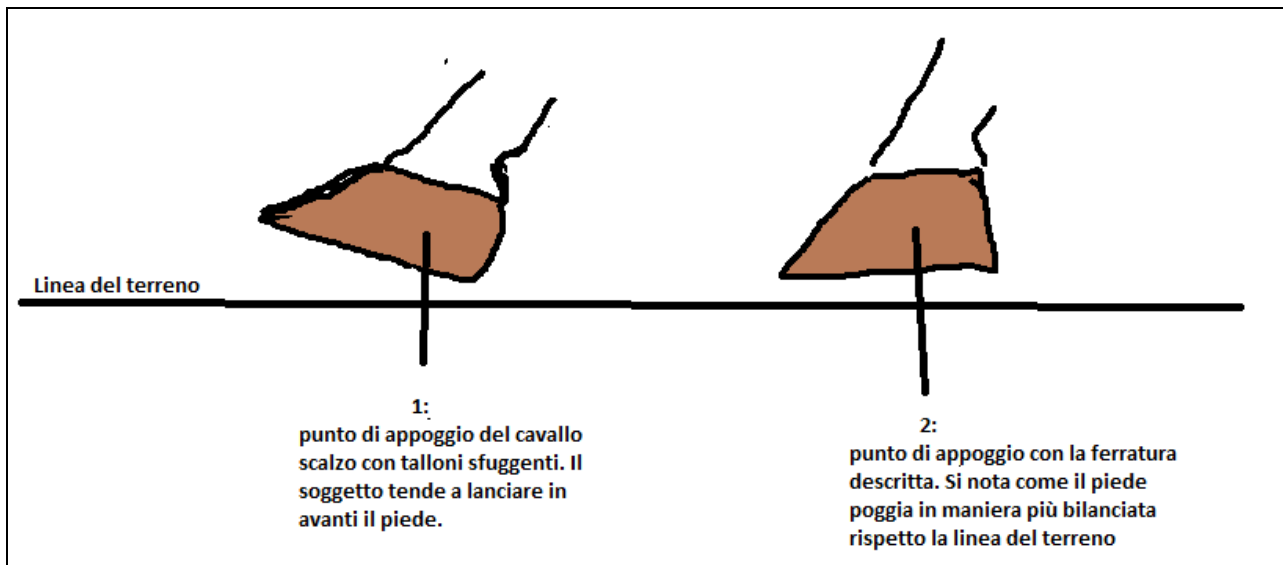


Fig.37

Schema di appoggio del piede prima e dopo l'applicazione della piastrina.

Si noti come la ferratura in esame è frutto di una valutazione che considera:

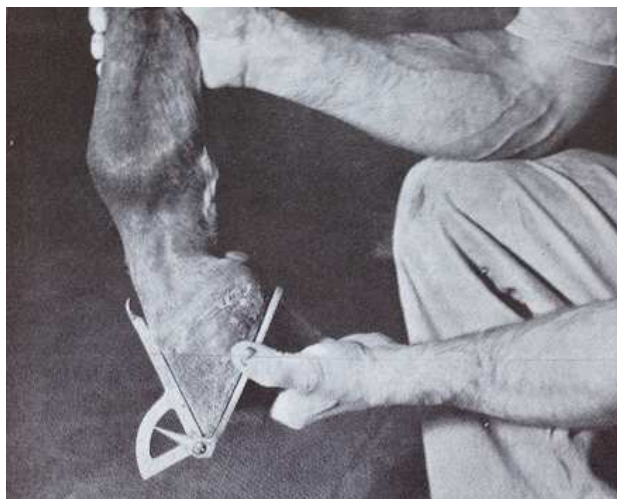
- Struttura morfologica del soggetto: mancinismo, carpo ruotato, schinelle;
- Condizioni fisiche in loco: affaticamento tendineo e a livello dei talloni;
- Carico di lavoro previsto: leggero.

Fig.38

Utilizzo del podogniometro.

Ovviamente non si può stabilire una ferratura sulla base di canoni rigidi, ma bisogna considerare una molteplicità di fattori, come visto nel caso appena sviluppato.

Inoltre è doveroso ricordare che per un'ottimale valutazione dei gradi è in uso il **Podogniometro** (Fig.38 a lato).



Questo permette un'efficace verifica del rapporto costante fra superficie dorsale e palmare del piede. Altre angolazioni sono sintomo di ferrature e pareggi sbagliati o conformazioni strutturali da correggere.

Quindi dall'elenco delle principali caratteristiche di valutazione di appiombo si riesce a comprendere come sia complessa la definizione di una mappa strutturale del soggetto da ferrare.

Non meno importante è la valutazione dell'andatura.

5.3 L'Andatura

È importante valutare come il cavallo si muove alla varie andature: passo, trotto e galoppo. È inoltre fondamentale riuscire a distinguere le anomalie di andatura causate da una sofferenza, dovuta ad incidente o altre problematiche sfocianti in zoppia, da quelle provocate da un difetto di appiombo.

La zoppia si manifesta con falcata corta dell'arto dolente che, solitamente, è maggiormente visibile al trotto. Le anomalie di andatura sono invece dovute a difetti di conformazione. Un cavallo con arti normo-conformati muoverà le gambe in allineamento col corpo. La punta avrà direzione dritta e il piede appoggerà a terra piatto.

Difetti di conformazione agli arti modificano le andature. Come menzionato sopra, si può manifestare l'andatura "da cagnolo" o "da mancino", le quali si presentano con un movimento rotatorio del piede. Un altro difetto consiste nell'andatura incrociata, ovvero un movimento trasversale di un arto verso l'interno. I difetti di conformazione danneggiano le prestazioni del cavallo.

Importantissima è l'osservazione dell'usura del ferro per capire la distribuzione del peso del soggetto in esame. Quando il ferro è uniformemente consumato, significa che la ferratura in essere è ottimale.

Capitolo 6

Scelta del Ferro

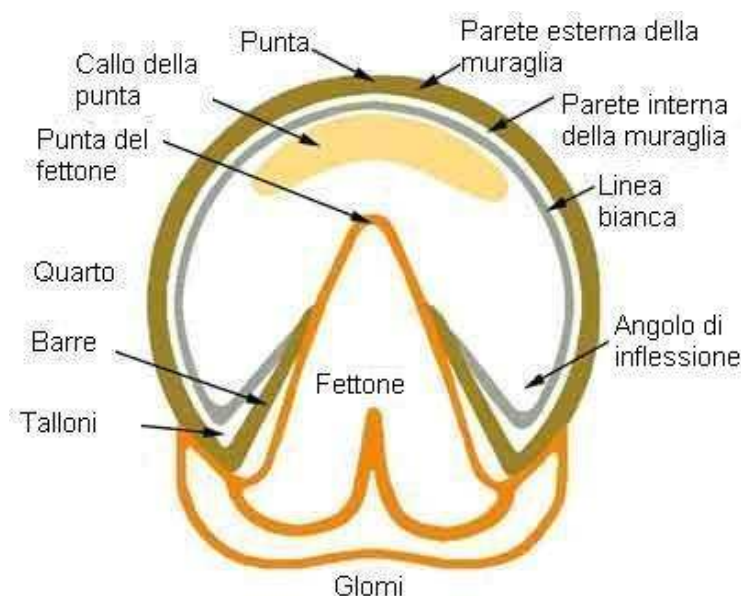
6.1 Requisiti di base per la ferratura standard

Valutata la conformazione strutturale del soggetto in esame, è opportuno passare alla scelta del ferro. Si consideri, innanzitutto, una ferratura standard. Si vedrà successivamente una sezione trattante le patologie e le ferrature ad esse associate.

Una premessa è doverosa in quanto il tipo di ferro varia a seconda dei casi specifici e del tipo di lavoro che il cavallo va ad affrontare. Tuttavia sono necessari dei requisiti di base per tutti i modelli: La figura 1 mostra in dettaglio le dimensioni essenziali che caratterizzano un modello standard di ferro di cavallo. È opportuno ricordare che la larghezza (o ampiezza) del ferro è proporzionale alla porzione di appoggio del piede e che lo spessore è in relazione alla sua misura. Se lo spessore è eccessivo, il piede risulta oltremodo sollevato da terra. Questo va ad interferire con la normale pressione del fettone (vedi figura 2 sotto);



Fig.1
Dimensioni principali del Ferro.



Per mantenere l'equilibrio del piede il ferro dovrà avere lo spessore uniforme.

Una punta troppo spessa comporterà una maggiore sollecitazione dei tendini flessori.

Fig.2
Dettaglio della zona del fettone.
Fonte: alexbrollo.com.

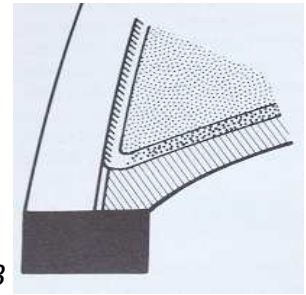
6.1.1 La superficie superiore del ferro e le sue varietà

La superficie superiore del ferro o sedile è quella a contatto con lo zoccolo. Possiamo distinguerne diverse varietà, come:

- **Sedile piatto semplice a spessore uniforme**(Fig.3) che garantisce una solida base sia per gli anteriori che per i posteriori;

Fig.3

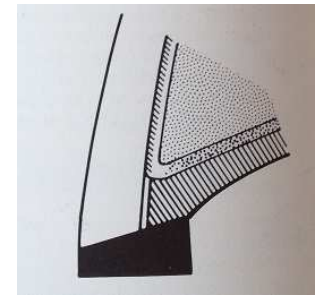
Sedile piatto semplice a spessore uniforme.



- **Sedile con inclinazione eccentrica** (Fig.4): serve per aumentare l'espansione del piede;

Fig.4

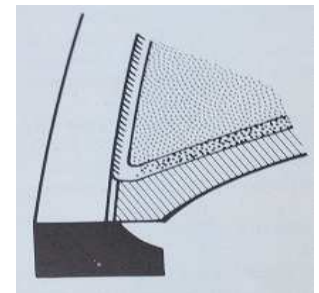
Sedile con inclinazione eccentrica.



- **Superficie seduta** (Fig.5): ha il margine interno inclinato per diminuire la pressione ai bordi della pianta.

Fig.5

Superficie seduta.



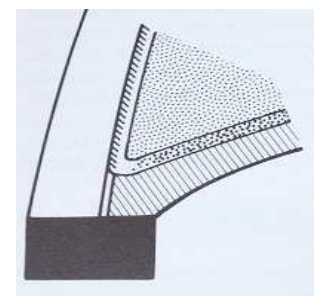
6.1.2 La superficie inferiore del ferro e le sue varietà

La superficie **inferiore** del ferro è invece quella che poggia sul terreno e che deve essere pensata in relazione alla presa d'appoggio che la stessa garantisce, al livello di usura e al sostegno degli zoccoli. Lo troviamo, nelle sue varietà, come :

- **Il ferro a pesta piena** (Fig.6): ha la superficie inferiore piatta e livellata, interrotta solamente dai fori per i chiodi;

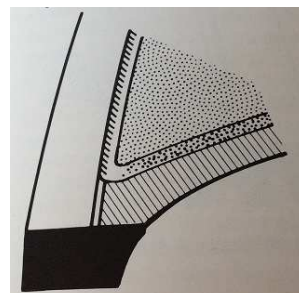
Fig.6

Ferro a pesta piena.



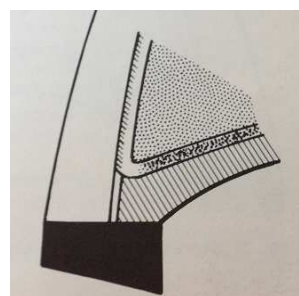
- **Il ferro concavo** (Fig.7): presenta il margine interno della superficie inferiore inclinato. Questo risulta essere più leggero, pur mantenendo la stessa larghezza della superficie superiore;

Fig.7
Ferro concavo.



- **Il ferro convesso** (Fig.8): ha il margine interno della superficie inferiore più spesso di 0,6 cm. Questo tipo di ferro è usato per i soggetti che consumano con rapidità la ferratura;

Fig.8
Ferro convesso.



- **Il ferro scanalato** (Fig.9): ha un solco intorno alla superficie inferiore che crea due rilievi. Questa caratteristica aumenta la presa e previene lo scivolamento, ma non si calza altrettanto bene come un ferro a pesta piena. I fori per i chiodi vengono aperti nel solco, perciò le teste dei chiodi risultano appoggiare solo su due lati. Nei ferri fabbricati a partire da una barra di ferro pieno la scanalatura solitamente non si estende intorno alla punta e ai talloni, perché ciò priverebbe la ferratura di resistenza dove questa è necessaria.

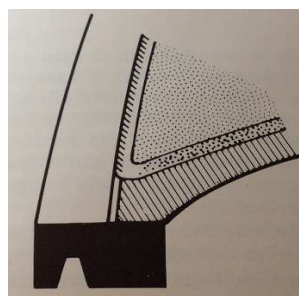
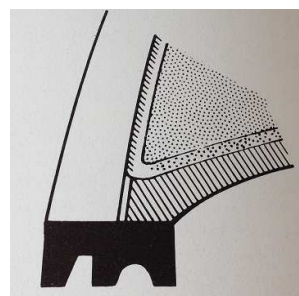


Fig.9
Ferro scanalato.

- **Ferro da strada** (Fig.10): presenta due solchi paralleli intorno alla superficie creando tre rilievi. I fori per i chiodi sono praticati nel solco più esterno.

Fig.10
Ferro da strada.



6.2 Influenza del peso del Ferro

6.2.1 Esempio concreto

Il peso del ferro è molto importante: più è leggero e migliori saranno le prestazioni dell'animale. Non si deve prescindere però dall'importanza dell'applicazione e dall'utilizzo finale. Infatti questo ultimo aspetto viene troppe volte trascurato. Il ferro di un cavallo da tiro pesa circa 2,2 kg; perciò, se il cavallo compie circa 30 passi al minuto, questi dovrà essere in grado di sollevare un peso virtuale di 66 kg per gamba. In totale parliamo di un peso di 264 kg per i quattro arti. È chiaro che come per tutti i settori dove le prestazioni sono essenziali (basti pensare all'industria aerospaziale, Automotive, sportivi professionisti) anche il peso del singolo ferro è importante. Come si può pensare, ad esempio, di richiedere ad un corridore il massimo della velocità facendogli calzare uno scarpone da sci? È un paragone che farà sicuramente sorridere, ma se vogliamo equiparare il cavallo sportivo ad un qualsiasi atleta, si conviene che il peso delle sue "scarpe" risulti di fondamentale importanza.

Continuando con l'esempio, se il cavallo da tiro lavora per una media di 4 ore giornaliere al passo, questo avrà sollevato la bellezza di 60 tonnellate.

Se poi - ingegneristicamente parlando - si considera che questa massa extra, ovvero la ferratura, equivale ad un carico su un'estremità di una leva (l'arto equino), si comprende facilmente il dispendio energetico e l'affaticamento degli arti dell'equino.

6.2.2 Il ferro di cavallo assimilabile ad un carico assiale

Si ipotizzi l'arto equino come una **trave soggetta a trazione** mostrata in Fig.11. Si consideri inoltre che la tensione del filo - ovvero la forza che fa in modo che il filo trasmetta le forze a trave e peso - sia trascurabile. In tal caso il filo è come non esistesse e il peso è come se fosse direttamente attaccato alla trave. Allo stesso modo si può considerare l'arto equino (trave) e il peso (ferro).

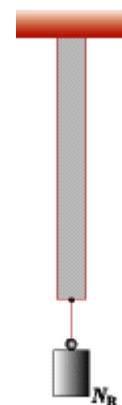


Fig.11

Trave soggetta a carico assiale.

Fonte: webalice.it

Ovviamente il ferro non è posizionato propriamente sotto l'arto, ma questo è l'esempio che più si avvicina alla reale meccanica del cavallo.

Perché tutto risulti più chiaro, bisogna aggiungere che la trazione è uno sforzo normale (σ_n) positivo. Lo sforzo normale è uno sforzo che agisce in maniera perpendicolare a una data superficie.

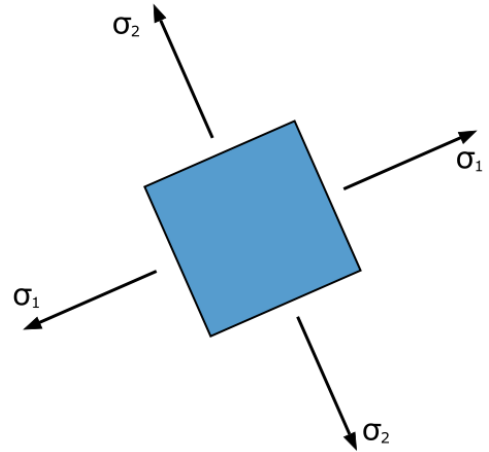


Fig.12

Sforzo normale. (Fonte: Wikipedia)

Come ogni sforzo esso viene definito fisicamente come una forza per unità di area ed è quindi misurato con le stesse unità della pressione.

Ad esempio in **Pascal (Pa)**: $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$.

In generale viene definito considerando la componente della forza perpendicolare alla superficie (N) e dividendo tale valore per l'area della superficie (sezione).

In figura 13 è utile osservare il diagramma di **tensione-deformazione (σ - ϵ)** con:

- Tensione : $\sigma = F/A$;
- Deformazione del materiale:
 $\epsilon = \delta L/L$.

Seguendo il ragionamento, data una forza normale $F_n > 0$ relativamente alla direzione della normale alla sezione generica a cui è applicata di area A, si definisce sforzo a trazione la grandezza σ data da:

- $\sigma_n = (F_n / A) > 0$

Un esempio classico di trazione può essere quello di una corda tirata ai suoi estremi, in equilibrio statico. Da ricordare il legame fra tensione σ e deformazione ϵ ottenuto sperimentalmente per il materiale impiegato: **$\sigma = E\epsilon$ (legge di Hooke)**.

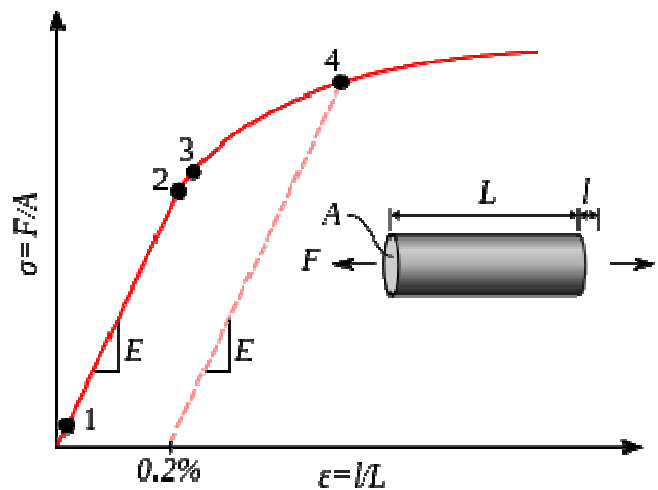


Fig.13

Diagramma tensione deformazione.

La formula che fornisce l'estensione della corda in seguito allo sforzo di trazione F_n è data da: $\delta L = \sigma L / E$

- E viene chiamato modulo di elasticità del materiale (o modulo di Young);
- ϵ è la deformazione unitaria;
- L è la lunghezza del provino, in questo caso la lunghezza della corda;
- δL è l'allungamento del provino a causa della trazione.

In questo modo possiamo considerare un arto del cavallo con attaccato il ferro da “portare”. Le tensioni e deformazioni sono da attribuire a tutte le componenti tendinee, legamentose, ossee, cartilaginee, muscolari, ecc che compongono l’arto e sono assimilabili alle fibre del materiale proprie della trave. Pertanto più il carico di trazione è elevato secondo la forza F (peso del ferro) maggiori sono le problematiche da gestire in termini di “**distorsione delle fibre della trave-arto**”.

Un altro punto importante nel **diagramma tensione-deformazione** è il valore dello **snervamento Y (yield strenght)**. Lo snervamento è il valore della tensione associata ad una **deformazione plastica irreversibile**. Con quest’ultimo termine si indica una deformazione che non scompare alla fine di una data sollecitazione, cosa che invece avviene con una tensione al di sotto di “ Y ” definita **deformazione elastica** (punto 4 in Fig.13). Nel caso in esame la deformazione plastica nel cavallo potrebbe corrispondere ad una lesione. Si può perciò comprendere come la forza F legata al peso del ferro contribuisce alla definizione del carico di snervamento e quindi del limite di deformazione elastico-plastica.

Tutto quanto sopra addotto fa giungere alla conclusione che - anche dal punto di vista ingegneristico - bisogna porre grande attenzione al peso dei ferri.

6.4 Parti del ferro

Conclusa l’analisi metallurgica, si può procedere con la valutazione del ferro, a cominciare dalla scanalatura.

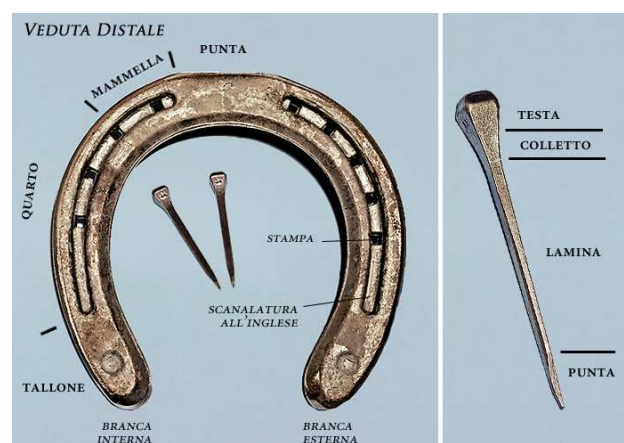


Fig.14
Veduta distale di Ferro e chiodo.
Fonte:portale veterinario.org

Questa pratica ha come obiettivo la creazione di un solco per una successiva elaborazione dei fori per i chiodi.

6.4.1 Scanalatura

La scanalatura ha una profondità ottimale posta tra la metà e i due terzi dello spessore del ferro. Il solco, nella fabbricazione artigianale del ferro ex novo, viene creato utilizzando un apposito strumento detto “scanalatore”. Si possono distinguere le seguenti tipologie di solco

- Completo: quando la scanalatura si estende da tallone a tallone;
- Parziale: quando la scanalatura copre solo la parte comprendente i fori (come in Fig.14) detta scanalatura all’inglese;

È importante che il solco mantenga uniformità e angolazione corretta. Se questo non viene garantito potrebbe non essere possibile effettuare l’apertura dei chiodi.

6.4.2 Stampe (fori per i chiodi)

Relativamente alla scanalatura bisogna considerare che all’interno della stessa devono essere alloggiati le stampe atte al passaggio dei chiodi. Come visto nella sezione trattante la produzione automatizzata dei ferri di cavallo, i fori sono praticati con uno stampo e rifiniti tramite punzonatura. L’utilizzo di uno stampo dà il nome al processo detto “stampaggio”. Lo stampaggio dei metalli in generale (l’acciaio nel caso del ferro di cavallo) consiste nel processo di trasformazione plastica o deformazione di pezzi metallici lavorati tramite pressione per ottenere un prodotto finito, operando la trasformazione di un materiale o pezzo grezzo. I macchinari atti ad eseguire lo stampaggio metalli possono essere presse classiche o presse a bilanciere, che eseguono il processo dopo che il materiale è stato riscaldato ad una temperatura di circa 1200°C tramite forni ad induzione. Tale processo viene chiamato “stampaggio a caldo” dove il materiale subisce un riscaldamento. Esiste anche la variante chiamata “stampaggio a freddo” dove il pezzo non viene portato ad alcuna temperatura definita. Il processo di stampaggio dei metalli si basa sulla deformabilità del metallo stesso che viene costretto ad assumere la forma desiderata mediante forte pressione od urto, con l’ausilio di attrezzature (stampi) e di macchinari idonei a for-

nire lo sforzo necessario. La punta dello stampo ha la stessa forma della testa del chiodo, mentre il punzone ha la forma del colletto (vedi Fig.14).

La punta dello stampo penetra ripetutamente sulla superficie del ferro fino a forarlo quasi completamente. In prossimità della punta i fori hanno maggiore angolazione per adattarsi alla forma della suola, mentre in prossimità dei talloni i fori sono molto più dritti. Bisogna porre attenzione all'inclinazione dei fori perché questo condiziona il grip del chiodo che verrà poi inserito. Successivamente il foro stampato viene rifinito con la punzonatura. Il ferro, tramite soluzioni automatizzate o manuali, viene poi ribaltato e la punzonatura eseguita nuovamente al fine di eliminare eventuali bave o residui di truciolo. Tutto questo secondo una procedura standard. Altre varianti possibili sono comunque previste ed attualmente adottate. Da notare che, per far sì che i chiodi non scivolino all'interno delle stampe, ci deve essere uno scostamento che permette di far sporgere il chiodo di 0.3 cm a fine inserimento.

Il ferro anteriore conta 7 stampe, di cui 3 sul ramo interno e 4 sul ramo esterno.

Questa è la disposizione ottimale delle stampe stesse. Infatti una diversa spaziatura indebolirebbe il ferro. Tuttavia il numero di stampe varia anche in relazione alla dimensione del ferro.

6.4.3 Chiodi

I chiodi da ferratura sono prodotti quasi tutti industrialmente. Questi sono eseguiti in **acciaio dolce** e si presentano con una superficie liscia. Si ricordi che gli **acciai dolci** hanno un contenuto di carbonio compreso tra lo 0,15% e lo 0,25% e sono considerati gli acciai più comuni e meno pregiati. Infatti il basso contenuto di carbonio conferisce duttilità. La duttilità si può definire come “la misura della deformazione plastica che un materiale può subire senza rompersi”.



Fig.15

Chiodi. Fonte: mustad.com

Per capire esattamente come si comporta un materiale duttile è sufficiente una semplice immagine (vedi figura 16).

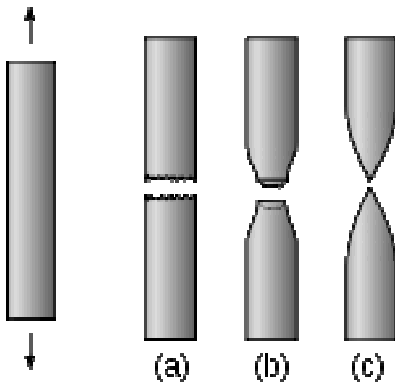


Fig.16

Tipi di rottura di una barretta metallica sottoposta a trazione: (a) Rottura fragile (b) Rottura duttile (c) Rottura altamente duttile.

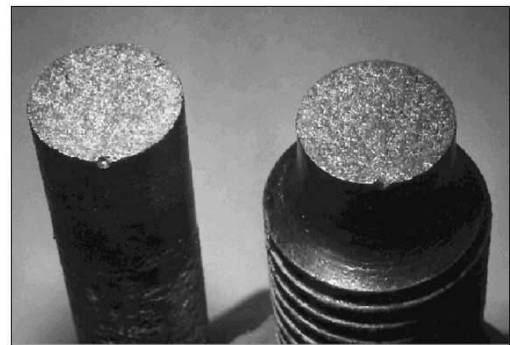
(Fonte: Wikipedia)

Fig.17 (sotto)

Meccanismo di rottura fragile. Fonte: slide player.it

Meccanismo della rottura fragile

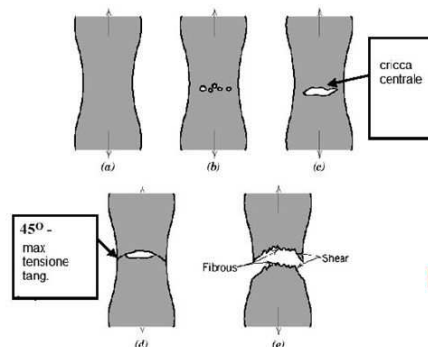
La **rottura fragile** invece rappresenta il cosiddetto “cedimento di schianto” tipica dei materiali fragili tipo vetro, ghisa o ceramica. I bordi di rottura sono netti e il materiale non presenta allungamenti sostanziali nel campo del visibile.



- 1 – pratica assenza di deformazioni plastiche macroscopiche, le due superfici di frattura praticamente si ricompongono
- 2- rottura con propagazione transgranulare o intergranulare

La **rottura duttile** (vedi figura 18) invece mostra una deformazione plastica ingente prima del cedimento effettivo, con conseguente distorsione dei bordi.

Meccanismo della rottura duttile



Rottura coppa-cono transgranulare

Fig.18 (a lato)

Meccanismo di rottura duttile. Fonte: slide player.it.

- 1- Formazione di microvuoti in corrispondenza delle inclusioni non metalliche (solfuri, ossidi ecc.)
- 2- Coalescenza microvuoti a formare una cricca lenticolare centrale (strizione)
- 3- propagazione verso le superfici interne della cricca centrale
- 4- propagazione finale sulla superficie (incl. 45°)

La duttilità dell'acciaio per i chiodi da mascalcia è tale per cui i chiodi stessi possono essere piantati nello zoccolo senza pericolo di spezzarli o torcerli ed al tempo stesso sono in grado di essere lavorati con facilità con gli strumenti da mascalcia.

Il gambo del chiodo deve resistere ad un piegamento ad angolo retto di 4/5 volte senza rompersi.

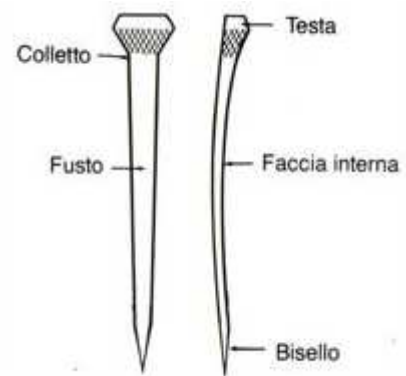


Fig.19

Parti del chiodo.

Fonte: ilportaledelcavallo.it

Le parti essenziali del chiodo sono le seguenti:

- Testa: è a forma di cuneo con la superficie esterna piatta e quell'interna inclinata in direzione del collo. Questa forma si adatta perfettamente alla stampa come spiegato in precedenza. Ciò fa in modo che il ferro mantenga la propria solidità; infatti se non sussistesse tale particolare accorgimento della forma, la ferratura si allenterebbe in conseguenza della progressiva usura.
- Colletto: è la parte che unisce testa e gambo.
- Gambo o Fusto: si estende fino alla punta ed ha larghezza esattamente doppia rispetto allo spessore; presenta una curvatura in lunghezza per assicurare una penetrazione dritta del chiodo.
- Bisello o Punta: risulta smussata nella parte interna.

Più il chiodo è piccolo, più garantirà la presa poiché il singolo chiodo dipende da misura e peso della ferratura.

6.4.4 Barbette

Le barbette sono delle appendici triangolari che trovano collocazione nella punta, ai quarti o ai talloni. Tra i maniscalchi vi è un adagio che recita **“la barbetta si dice che dia alla ferratura la forza di tre chiodi”**. È un rafforzativo della ferratura, quando è doppia è anche contenitiva, cioè contiene i piedi ipertrofici (inispessiti) o fragili. L'altezza della barbetta non deve superare il doppio dello spessore del ferro.

Una barbetta troppo appuntita si deformerà sul piede, danneggiandolo. Se la barbetta è singola, questa verrà posta al centro della punta; se le barbette sono invece due, le stesse verranno collocate ai lati della punta.

Le barbette aiutano la calzata del ferro e trattengono il piede quando vengono inseriti i chiodi.



Fig.20
Dettaglio barbetta.
Fonte: blacksmithitalia.it

6.4.5 Ramponi

Come già spiegato in precedenza i ramponi hanno lo scopo dare una maggiore aderenza al terreno, in condizioni di scivolamento. Dal punto di vista ortopedico i ramponi sollevano i talloni, “sbiancando” il piede sulla punta. Questo ne causa un’usura nettamente maggiore.

6.5 Il Ferro e le varie discipline in dettaglio

Tipologie di ferri standard (in dettaglio)¹¹:

- **Ferro da corsa** (Fig.21): il ferro deve essere il più possibile leggero, ma sufficientemente resistente perché non si storca, pieghi o spezzi. Come già detto per le sue caratteristiche di leggerezza, il materiale privilegiato è l’alluminio.



Fig.21
Ferro da corsa

¹¹ Tutte le foto sono tratte dal catalogo on line della ditta blacksmithitalia.

Il ferro da corsa può presentarsi come modello a singola scanalatura o doppia scanalatura. I talloni sono smussati e i ferri posteriori sono fissati in posizione leggermente arretrata, in modo che in nessun caso il ferro posteriore vada a ferire l'arto anteriore nell'eventualità di un contatto. Il peso di una ferratura completa può oscillare tra i 180 e 240 gr. Le stampe sono assolutamente molteplici e il numero di chiodi generalmente inseriti in questa ferratura ammonta a 6-7 pezzi. I chiodi del tallone sono molto arretrati per evitare che il ferro si pieghi. Per l'allenamento sportivo, si utilizzano anche le versioni più pesanti in acciaio.

- **Ferro da salto ostacoli:** anche questo deve avere caratteristiche di leggerezza, senza però torcersi. Il modello può essere assimilabile a quello da corsa con una singola scanalatura. Il peso per una ferratura completa varia dai 360 ai 480 gr. I ferri possono essere dotati di barbette. Analogamente al caso precedente i ferri posteriori sono arretrati per evitare che il cavallo si ferisca in caso di contatto.
- **Ferro da Trotto (Fig.22):** è pensato per non intralciare la naturale andatura del cavallo. Molto spesso vengono utilizzate ferrature in materiale plastico.



TR-EQ-N - Posteriore con appoggi Rialzato ai tallon
10.00 €



TR-EQ-DF - Anteriore liscio leggero
5.50 €

Fig.22
Ferri da trotto.

- **Ferro da Polo/caccia** (Fig.23): il ferro deve mantenere una buona aderenza al terreno; pertanto il modello più adatto risulta essere il ferro scanalato con superficie piana. Possono essere presenti barbette in punta. Posteriormente possono essere montati dei ramponi per fronteggiare qualsiasi asperità del terreno. Il peso di questa ferratura va dagli 1,5 agli 1,8 kg.



Fig.23 - Ferro da polo.

- **Ferri per cavalli da tiro** (fig.24): I ferri anteriori e posteriori hanno i talloni lunghi per garantire una solida base su cui il piede si può rilasciare. La ferratura può pesare dai 7,2 ai 9 kg.



Fig.24 - Ferri per cavalli da tiro.

- **Ferri per cavalli da monta americana (Reining)**(Fig.25): i ferri anteriori devono sostenere le strutture tendinee il più possibile, mentre i ferri posteriori devono garantire un ottimo scivolamento e mobilità delle anche.



Fig.25 - Ferri per cavalli da Reining.

È utile fare una panoramica sui costi dei PF per evidenziare come, a fronte del costo di una ferratura di circa 100 euro, il costo del prodotto finito sia mediamente di 40 euro. Pertanto la sua incidenza sul costo totale della ferratura risulta essere del 40%. Parliamo di ferrature standard, senza accorgimenti particolari, mentre le ferrature correttive sono più complesse. Infatti, sia l'utilizzo dell'alluminio che la complessità del ferro, ne fanno aumentare il costo.

Capitolo 7

Ferratura Ortopedica

É fondamentale tener presente che una corretta ferratura può prevenire e curare patologie importanti. Basti pensare come una scarpa sbagliata o scomoda causi dolori locali anche a noi esseri umani. Ad esempio, i tacchi alti possono provocare dolori alla schiena o alle gambe, oppure una scarpa troppo stretta può causare vesciche o abrasioni. Inoltre quante volte capita di osservare tacchi consumati maggiormente su un lato? Questo per sottolineare ancora una volta quanto sia importante valutare quale sia la “scarpa giusta” a fronte delle esigenze del singolo. Come per gli umani sono state inventate le scarpe ortopediche, così pure nel mondo equestre ne si sperimenta l’esigenza. L’innovazione e la modernità sono incalzanti; sono studiate soluzioni, materiali, forme, adattabilità sempre più specifiche, volte a rendere maggiormente performanti gli “atleti a quattro zampe”. Con i controlli antidoping sempre più serrati, gli allenamenti incalzanti e le strutture fisiche non sempre ottimali, è opportuno focalizzare l’attenzione alle soluzioni offerte dalla ferratura correttiva.

Anche in questo campo appare evidente come i risultati finora ottenuti siano il frutto anche della collaborazione di ingegneri appassionati. Ancora una volta, vediamo con piacere che l’ingegneria si insinua nell’ambito equestre, con le sue soluzioni innovative e all’avanguardia. Durante la descrizione di alcune soluzioni correttive, si affronteranno casistiche reali relative a cavalli noti e le cui problematiche sono state risolte con l’utilizzo della ferratura correttiva.

Come già detto i ferri possono essere considerati, all’occorrenza, come delle scarpe ortopediche per la trattazione di problematiche, quali traumi e lesioni dell’arto. In questo modo, adottando una ferratura particolare, viene ridotta la pressione localmente, dove necessario.

7.1 Valutazione dell'anatomia e fisiologia tramite Biomeccanica e Biocinetica

Per discutere delle conseguenze del nostro appiombamento difettoso, dobbiamo analizzare l'anatomia e la fisiologia¹². In particolare dobbiamo considerare la **Biomeccanica e la Biocinetica**, che descrivono le **leve, le forze ed il movimento della "macchina" equina**.

7.1.1 Biocinetica

Partendo da un esempio per risalire al concetto desiderato si valuti un piede con talloni troppo bassi e una punta di conseguenza troppo lunga. Questa presenta un movimento alterato durante la fase di appoggio. Solitamente, durante questa fase, dovrebbero poggiare dapprima i talloni e successivamente la punta. Nel caso in esame invece, è la punta - anziché i talloni - a venire per prima in contatto con il terreno. Pertanto il distacco del piede dal terreno viene ritardato. Di conseguenza la fase d'appoggio si sposta indietro rispetto al corpo del cavallo.

7.1.2 Biomeccanica

In termini Biomeccanici si avranno le conseguenze qui elencate:

- La lunghezza della leva che va dalla punta del piede alla proiezione verticale delle articolazioni interfalangee e metacarpo falangea viene aumentata (vedi figura 1);

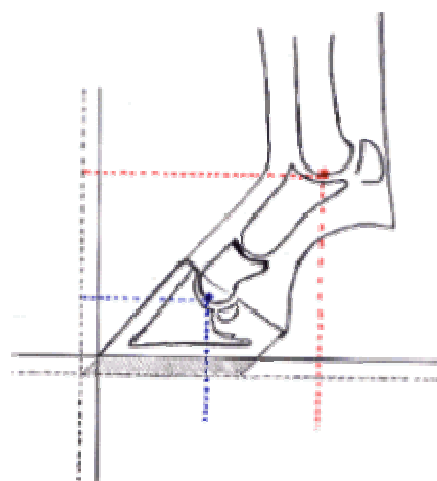


Fig.1
Schema del piede.

¹² Hans Castelijns-Mascalcia.net.

- Le strutture flessorie vengono sollecitate disarmonicamente. La scatola cornea e con essa la terza falange, diventando più oblique, mettono sotto maggior tensione il tendine flessore profondo. Questo comporta una verticalizzazione del pastorale con diminuzione della tensione sul tendine flessore superficiale e sul legamento sospenditore del nodello. Da notare che l'angolo acuto distale che descrive il flessore profondo aumenta la pressione a livello di borsa del navicolare.

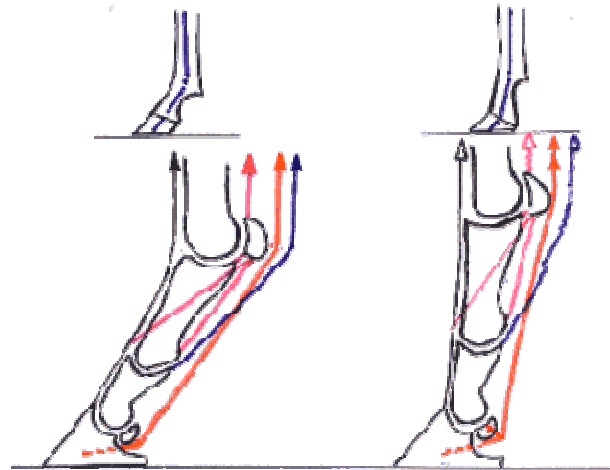


Fig.2

Dettaglio strutture flessorie:

- In rosso: tendine flessore profondo;
- In blu tendine flessore superficiale;
- In rosa legamento sospenditore;
- In nero tendine estensore.

- Cambiano i rapporti intra-articolari. La seconda falange, verticalizzandosi rispetto alla terza, si rapporta maggiormente con la faccia articolare del navicolare, che a sua volta può cedere meno verso il basso a causa dei suoi legamenti collaterali che lo collegano prossimalmente alla estremità della prima falange.

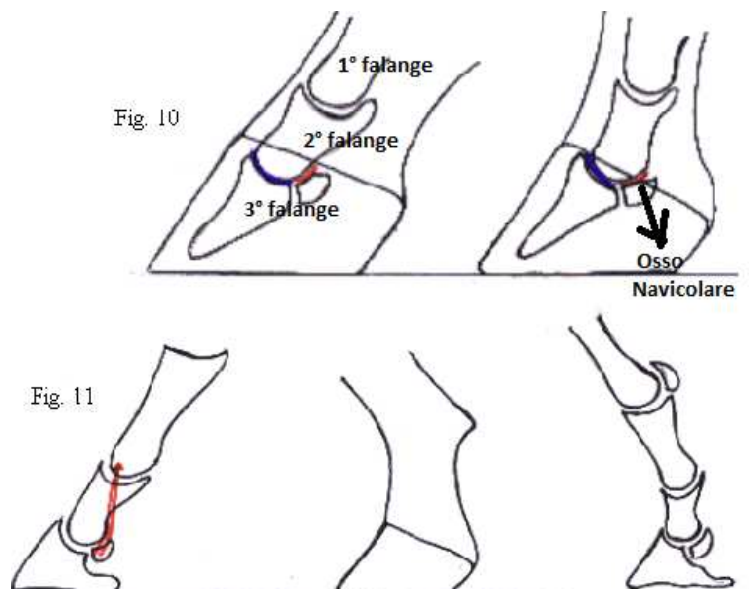


Fig.3 Dettaglio rapporti intra-articolari.

La fase dell'appoggio in cui tutti questi fattori si sommano a dare maggior stress a livello navicolare si trova appena prima del distacco del piede dal terreno.

- Contusioni e microtraumi. La minor lunghezza dei talloni, accompagnata da barre deboli e da un fettone sovravviluppato, espone tutte le strutture palmari del piede a più contusioni e microtraumi; così si avranno più facilmente sobbattiture agli angoli di inflessione ma anche ripercussioni a livello della borsa sinoviale del navicolare.

- Stress laminare. La lunghezza eccessiva della punta causa stress laminare sull'ingranaggio dermocheratofilo nella parte dorsale della mura-

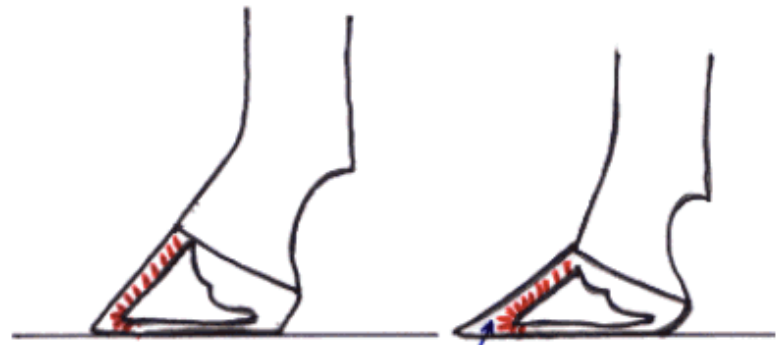


Fig.4

Dettaglio stress laminare.

- glia specialmente quando si assiste alla formazione di una muraglia dorsale concava non più parallela al dorso della terza falange. Essendo come ricordato prima, la tensione del flessore profondo sulla terza falange già aumentata, non è raro vedere distacchi laminari in punta, con fenomeni di onicomicosi o tarlo da microrganismi opportunisti o addirittura qualche caso di laminite.
- Sovraccarico a livello di corona. I talloni eccessivamente bassi portano ad un sovraccarico a livello della corona nella parte posteriore del piede e la conseguenza è una crescita minore di quella parte dello zoccolo e l'instaurarsi di un ciclo vizioso

7.1.3 Rimedi

Possibili ferrature correttive:

1) *Ferro ad uovo (pianella)*: un miglioramento della base d'appoggio della parte posteriore del piede si può avere con l'uso di ferri ad uovo. Questo ferro consente un minor sprofondamento dei talloni nel terreno.

2) *Ferro rovesciato*: si va oltre il ferro ad uovo usando un ferro rovesciato con o senza barbette laterali. Al vantaggio d'una base d'appoggio aumentata a livello della parte posteriore del piede, si somma quello d'una estrema facilitazione dello stacco in punta. Tale soluzione offre inoltre il vantaggio di permettere un modico consumo dello zoccolo in punta durante l'intervallo tra due ferrature.

3) *Ferri rialzati ai talloni*: l'asse digitale si può ripristinare artificialmente con ferri rialzati ai talloni e con ferri piatti più cunei o solette cuneiformi. È anche possibile combinare il ferro a uovo con un rialzo dei talloni, o tramite suolette interposte, o tramite l'uso di ferri ad uovo a talloni rialzati in lega (per questioni di peso).

4) *Ferro a cuore*: È utilizzato in casi di indebolimento dei talloni o comunque, in tutti i casi in cui il fettone, o più in generale la parte caudale del piede richieda un sostegno maggiore.



Fig.5
Ferro a cuore.

7.1.4 Conclusione

Per concludere, è necessario ricordare che non esiste una ricetta standard per correggere con la ferratura questi difetti, ma si dovranno valutare una serie di metodi e di tecniche, a seconda del singolo cavallo o addirittura del singolo piede!

7.2 Casistiche più comuni per l'impiego della Ferratura Ortopedica

7.2.1 Sobbattitura

Solitamente le sobbattiture si manifestano a livello di arto anteriore. Questo probabilmente perché l'anteriore, come già spiegato sostiene circa il 65% del peso totale. È sostanzialmente una contusione a livello di angolo di inflessione (vedi figura 6)

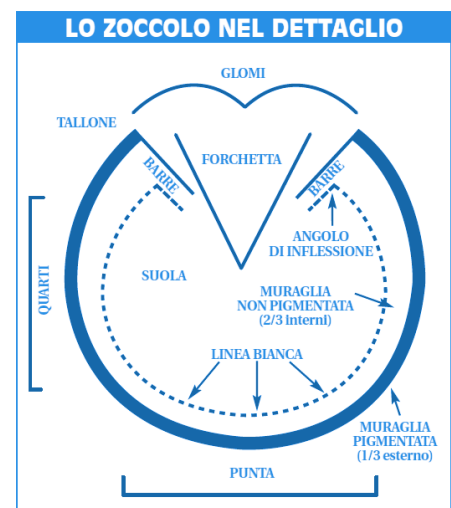


Fig.6
Dettaglio zoccolo.
Fonte: mascalciacongu.com.

Cause

Tale contusione è sintomo di un'eccessiva pressione a livello dei talloni che premono sull'angolo di inflessione. La causa principale è dovuta ai corpi esterni: la sobbattitura si verifica generalmente quando un cavallo si traumatizza calpestando un corpo estraneo troppo sporgente. Ciò provoca una compressione della suola con conseguente infiammazione dei tessuti che si trovano all'interno del piede. La sobbattitura può risultare in un semplice ematoma che però viene complicato dal fatto che la "scatola" cornea che costituisce lo zoccolo impedisce al sangue raggrumato di fuoriuscire. Possiamo equiparare la fattispecie al caso in cui **"noi umani" ci schiacciamo un'unghia**. La differenza sta nel fatto che il cavallo vi poggia sopra in ogni momento e ciò gli causa dolore anche quando sta fermo. Inoltre lo zoccolo del cavallo non è trasparente come le nostre unghie e questo fatto impedisce di rilevare prontamente la presenza della sobbattitura. In ogni caso un'ispezione può essere effettuata mediante una apposita tenaglia dalle "pinze" arrotondate per non rischiare di ferire l'animale. Comprimendo la suola con la tenaglia nell'area interessata, il cavallo reagirà al dolore. Il maniscalco può intervenire praticando un'apertura nella suola affinché il sangue raggrumato fuoriesca. Nei casi in cui i ferri vengono lasciati troppo a lungo senza essere sostituiti, può succedere che i talloni provochino una pressione sulla suola, a livello di angolo di inflessione. Questo succede per esempio se le estremità finali del ferro vanno a comprimere i talloni. Oppure può verificarsi nel caso di piedi molto consumati e quindi "corti".



Fig.7

Utilizzo tenaglia tastatrice per rilevamento sobbattitura.

Ferratura possibile

La soluzione a questo problema a livello di ferratura consiste nell'adoperare una "Pianella" (Fig.8). Questo è sostanzialmente un ferro normale giuntato ai talloni.

Questo tipo di ferratura è utilizzata anche nei casi in cui il cavallo abbia talloni deboli o eccessivamente bassi:

- "Talloni troppo bassi" significa un asse digitale spezzato all'indietro. Si possono anche definire come una mancanza di muraglia a livello dei talloni o un eccesso di muraglia in punta; nell'ultimo caso questo difetto d'appiombò è correggibile con il pareggio. (Fig.9 -b);
- Per "Talloni sfuggenti" s'intende una mancanza di parallelismo tra la muraglia dorsale e l'inclinazione dei talloni (schema 1c). Questo implica che i tubuli cornei che scendono giù dalla corona siano inclinati ad un angolo maggiore con il terreno in punta, piuttosto che ai talloni. In questo caso non è sufficiente il semplice pareggio (Fig.9-c).



Fig.8
Pianella.

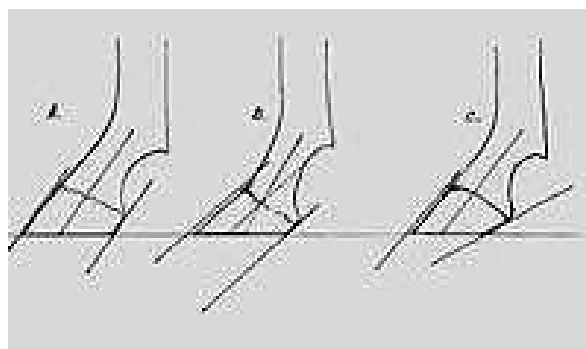


Fig.9

Da sinistra:

- (a) Talloni normali;
- (b) Talloni troppo bassi;
- (c) Talloni sfuggenti.

7.2.2 Cheratoma

È un tumore che si sviluppa al di sotto dello zoccolo e si origina a livello cellulare. Dopo la rimozione chirurgica del tumore, deve seguire una ferratura terapeutica (a volte dopo un'ingessatura iniziale). Questa deve dare sostegno alla parte integrale dello zoccolo e all'osso del piede, per evitare che questo si sposti all'indietro rispetto alla scatola cornea (zoccolo).

La ferratura utilizzata richiede l'impiego di un ferro piatto a copertura totale - per impedire l'eccesso di pressione in punta - e con talloni bassi.

7.2.3 Laminite

Risulta forse una delle patologie più gravi che possono affliggere il soggetto.

È un'inflammazione del derma podale, ovvero le lamine che uniscono la scatola cornea all'osso del piede (cerchiate in Fig.11). Questo comporta la perdita della solida unione tra scatola cornea e osso del piede (Fig.10).

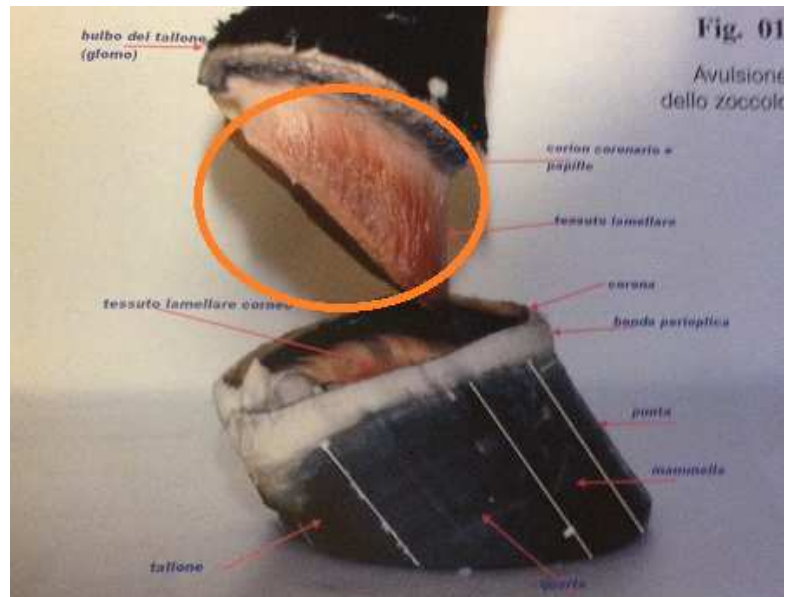


Fig.10
Dettaglio tessuto lamellare.



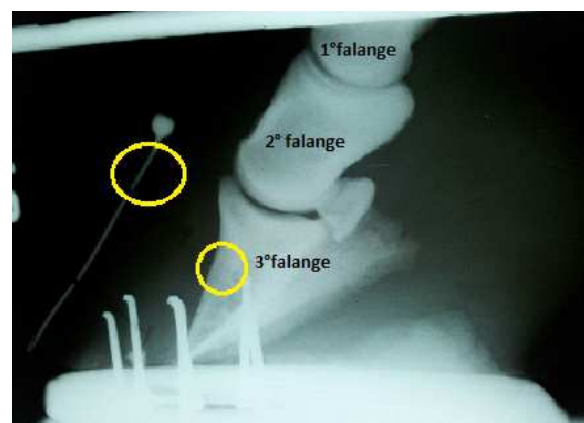
Fig.11 (a sinistra)
Scollamento della suola.



Fig.12(a lato)
cavalla
con laminite bilaterale
(ad entrambi gli arti).

Fig.13(sotto)
Radiografia di un cavallo laminitico.

La necrosi (morte dei tessuti) delle lamine ha come conseguenza secondaria lo **spostamento della III^a falange**. La radiografia (Fig.13) mostra come la rotazione della terza falange compromette il parallelismo con la parete (entrambe cerchiate in giallo).



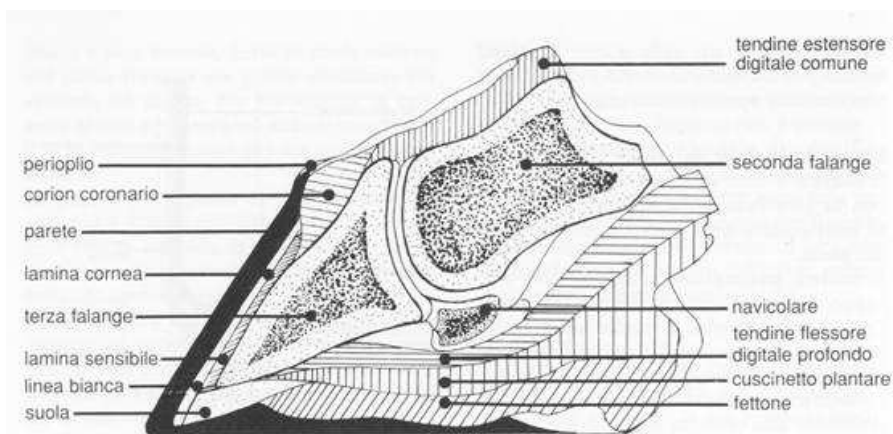


Fig.14
Sezione del piede equino

In casi molto gravi la terza falange può arrivare a sfondare la suola.

Cause

Una causa frequente è dovuta alla circolazione nel sangue di tossine batteriche dovute a problematiche di alimentazione. Il soggetto colpito da questa patologia presenta piedi estremamente caldi (sintomo delle lamine infiammate) e tenderà di alleggerire gli arti anteriori caricando il peso sulle zampe posteriori.



Fig.15
Cavallo affetto da laminite.
(Fonte: naturalhorseworld.com)

Un cavallo affetto da laminite cronica poggerà il peso sul tallone e il piede girerà sulla punta. Inoltre, la muraglia risulta visibilmente cerchiata e altri sintomi sono presenti.



Fig.16
Cavallo affetto da laminite cronica
Fonte: cavallo scalzo.it

Caratteristiche meccaniche dell'apparato di sospensione laminare

Come si può vedere bene dalla prima figura posta sotto le lamine hanno una struttura orientata spazialmente e il loro comportamento "sotto carico" varierà in relazione alla direzione delle forze applicate. Nel caso specifico la capacità di resistenza alla trazione sarà massima per forze perpendicolari alla superficie interna della muraglia, mentre il minimo si troverà in corrispondenza di forze applicate parallelamente al piano lungo la direzione di crescita della muraglia. Queste peculiarità, determinate dalla struttura fisica delle lamine, spiegano immediatamente per quale ragione sia importante ricercare un angolo palmare il più basso possibile ed assicurare sempre il fisiologico atterraggio di talloni. L'angolo palmare della terza falange è individuato dal prolungamento della linea tangente alla superficie della terza falange e dalla linea del suolo in proiezione latero-laterale. Una variazione di tale angolo di due o tre gradi indica la presenza di forze di trazione anomale da parte del DDFT (tendine flessore profondo delle falangi) sulla terza falange.

Da questo semplice grafico appare subito evidente come l'angolo palmare influisca sulla distribuzione dei carichi applicati alle lamine. All'aumentare dell'angolo, la componente parallela alla muraglia aumenterà d'importanza, mentre quella perpendicolare andrà via via calando.

Come detto sopra, invece, la componente più importante per la resistenza della struttura lamellare è la componente ortogonale alla muraglia (parete dello zoccolo).

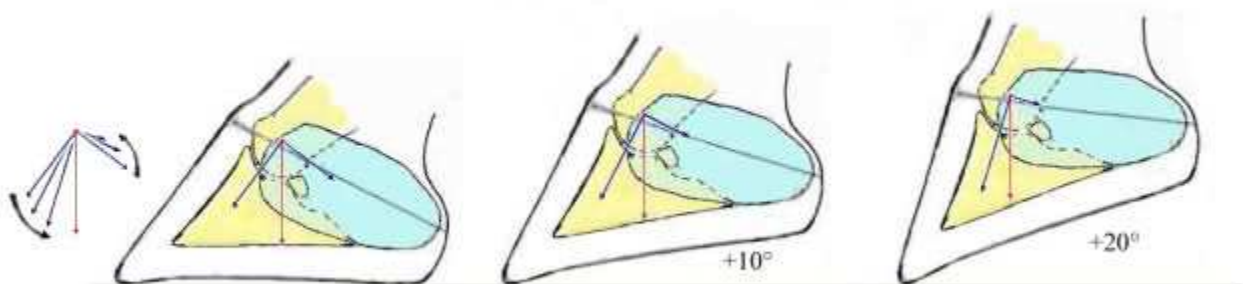


Fig.17
Variazioni dell'angolo palmare.

Analogamente, la **scomposizione delle forze** nel caso di un atterraggio di talloni sarà più favorevole che nel caso di un atterraggio piatto. Infatti, in un atterraggio di talloni, come si vede in figura, vediamo che la componente ortogonale “resistente” si equivale alla componente parallela alla muraglia, offrendo così alle lamelle una buona resistenza a trazione.

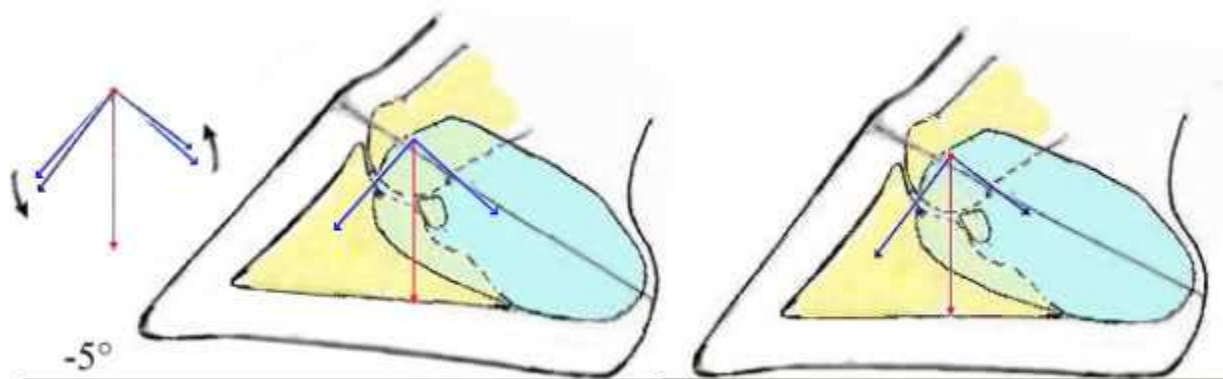


Fig.18
Scomposizione delle forze.

Ferratura correttiva possibile

Vista la limitata possibilità di intervento dal punto di vista veterinario, tutte le speranze sono riposte in una corretta scelta della ferratura. Una ferratura **possibile** in questi casi risulta essere un *ferro a tavola*. Questa tipologia di ferro ha lo scopo di allontanare la pressione dalla suola, ovvero un ferro con spessore doppio ai quarti e arrotondato in corrispondenza di punta e talloni. In realtà, è difficile definire la ferratura ideale o ottimale. Infatti, ogni casistica può presentare una variante specifica che tiene conto della gravità della patologia e della struttura dell'animale. Alcuni, per citare una corrente opposta, sostengono che in questi casi sia meglio lasciare il cavallo totalmente sferrato. Le soluzioni sono varie e tutte da prendere in considerazione.

Caso Reale

Esempio pratico: trattazione di laminite in un cavallo andaluso “**Maradona**”.

Nota: il cavallo è esaminato ad un anno dal riscontro della patologia. Il soggetto viene esaminato e trattato con il supporto del dottor **Fulvio Vindrola** e del maniscalco **Carlo Vercesi**. Maradona è affetto da laminite che interessa l’anteriore sinistro con scollamento della suola.



Fig.19
Maradona.



Fig.20
Prima radiografia di Maradona.

In Fig.20 è mostrata la prima radiografia fatta. Si nota la rotazione della terza falange, non più parallela alla muraglia. Il

persistere del dolore e della mancata formazione della suola ha portato alla decisione di recidere il tendine flessore profondo. Questo agendo sulla terza falange la faceva ruotare con acutizzazione della patologia.

Il tendine flessore profondo è annesso alla terza falange ed è stato reciso perché non trascinasse l’osso.

In Fig.20 è mostrata la prima radiografia fatta. Si nota la rotazione della terza falange, non più parallela alla muraglia. Il

persistere del dolore e della mancata formazione della suola ha portato alla decisione di recidere il tendine flessore profondo. Questo agendo sulla terza falange la faceva ruotare con acutizzazione della patologia.

Il tendine flessore profondo è annesso alla terza falange ed è stato reciso perché non trascinasse l’osso.

Dopo un anno di trattamento la suola comincia lentamente a riformarsi.

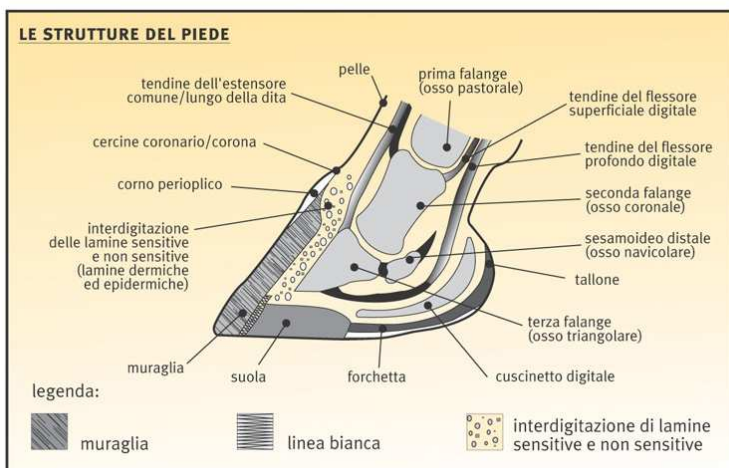


Fig.21(a lato)
Struttura del piede equino.
Fonte: ilportaledelcavallo.it.

Il ferro preesistente era completamente chiuso e scavato internamente con fresa a controllo numerico per lasciar passare aria a livello della suola. Il cavallo presenta dolore sull'arto sinistro e tenta di scaricarne il peso il più possibile. Si può notare infatti come il piede sinistro sembri essere quasi senza peso (Fig.19).



Fig.22

Ferro tolto al momento della visita, vista della faccia inferiore poggiante al suolo.



Fig.23

vista della faccia superiore poggiante sulla suola.

Il ferro in questione è prodotto dalla ditta Colleoni Srl. Il ferro in esame inoltre esiste in versioni distinte con spessore uniforme o, per esempio, maggiore a livello di talloni. In Fig.24 si vede il ferro prodotto che porta ancora i segni di scavo della fresa a controllo numerico. La parte centrale è cava per permettere l'alleggerimento della suola e fornire un cuscinetto d'aria che aiuta l'aerazione della zona dolente.



Fig.24

Ferro prodotto industrialmente.

Nel caso in esame, vista la recisione tendinea e la non necessità di alleggerire il carico a livello di flessore profondo, si è optato per il ferro a spessore uniforme. Sferrato il cavallo, la suola è apparsa dolente, cerchiata e di consistenza legnosa. Il soggetto presentava notevoli difficoltà nella volta (curvatura) fino a sollevare completamente l'arto dolente.

Dopo una attenta valutazione, la scelta è ricaduta sui ferri "Rock and Roll" (Fig.26) con l'aggiunta di una soletta in plastica rigida (Fig.25). Il funzionamento in dettaglio è chiaramente esplicitato nella prossima sezione "Navicolite".



Fig.25
Soletta in plastica prima del taglio.

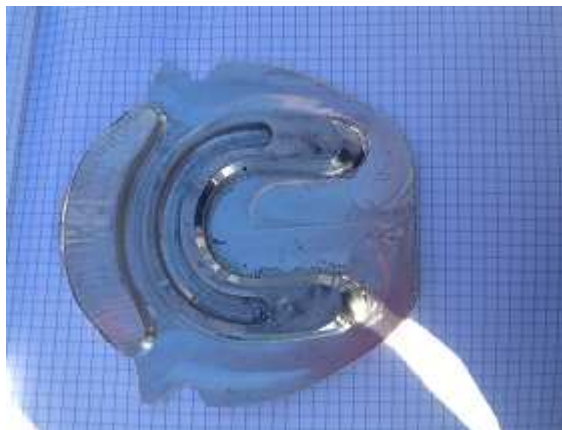


Fig.26
Rock and Roll utilizzato.

Fig.27
Unione della soletta tagliata con semplice
forbice e inchiodata al ferro scelto.



Il generico cavallo affetto da laminite presenta dolore a circa 1 cm dalla fine del fettone idealmente in corrispondenza della 3° falange. È necessario quindi alleggerire la parte di suola situata in tal corrispondenza, lasciando passare **aria** tra il ferro e la suola stessa. A livello di glomi e fettone quindi viene applicato un sostegno applicando del materiale bi componente, simile a quello utilizzato per le impronte dentarie (Fig.28), mentre la punta è lasciata libera.

Fig.28
Applicazione del materiale bi componente
tipo per impronta dentaria.





Si nota come vi è uno strato **“aerato”** tra la suola e il ferro (Fig.29). La soletta funge da sostegno al fettone e le barbette mantengono saldo il **“Rock and Roll”**. Il ferro è rullante, ovvero favorisce lo stacco del piede in tutte le direzioni così da non sovraccaricarlo.

Fig.29
Ferratura finale.

I chiodi utilizzati per la ferratura sono del tipo PG2 con testa piatta (Fig.30) che rimangono quasi allo stesso livello del ferro (tipici per questo tipo di ferratura).

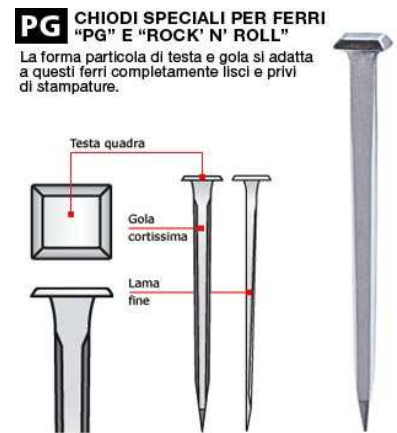


Fig.30
Chiodo PG. Fonte:nonsolocavallo.it.

Il risultato finale è mostrato nella figura sottostante.



Fig.31
Ferratura ultimata.

7.2.4 Navicolite

Si presenta innanzitutto come infiammazione della borsa navicolare (navicular bursa in figura 32), posta tra il tendine flessore profondo e l'osso navicolare

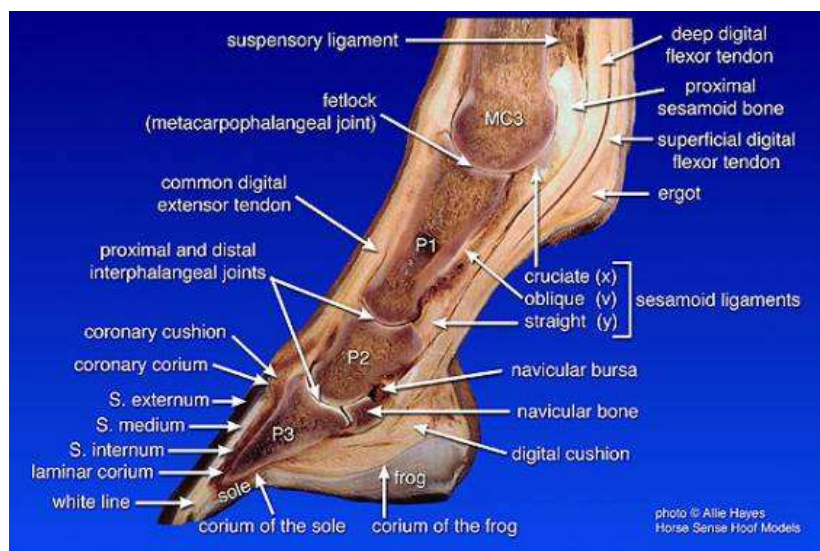


Fig.32

Arto equino sezionato.

Fonte: alpitrek.com

Con il progredire della malattia, si sviluppano lesioni degenerative ed erosive della fibro-cartilagine sulla superficie tendinea dell'osso, con conseguente distruzione dell'osso sotto-

stante. La **navicolite** è una degenerazione dell'osso navicolare e purtroppo non esiste alcun metodo in grado di fermare la progressione della malattia. Questa degenerazione porta al blocco dei vasi sanguigni del piede, causando danni al piede e soprattutto dolore. Come già sottolineato, durante il movimento dell'arto la prima parte che tocca terra è il tallone, poi il fettone che comprimendosi distribuisce il peso su tutta la pianta; il cuscinetto plantare si estende comprimendo le cartilagini della terza falange che a loro volta si dilatano bloccando i vasi sanguigni, creando così un ottimo cuscinetto ammortizzatore. In questa fase di compressione il navicolare, data la sua posizione centrale, è l'osso che più viene sollecitato, quindi il più esposto al pericolo della "frantumazione". Il navicolare ha funzione molto importante nell'assorbimento del peso in quanto risulta la parte più resistente ed è per questo che il peso del cavallo viene scaricato in gran parte su di esso. Quindi, il navicolare oltre a ricevere sollecitazioni dovute al contatto col terreno (sollecitazione provenienti dal basso) è anche sollecitato dal peso stesso dell'animale (sollecitazione dall'alto). Il soggetto colpito da questa patologia cercherà di caricare il peso sulla punta dell'arto. La patologia in esame è molto comune nei cavalli sportivi, oggigiorno.

Cause

Le cause sono: genetiche, da affaticamento, terreni duri di lavoro, ecc. Per quanto riguarda la patologia in sé, questa risulta incurabile. Quindi capiamo come gli studi, anche a livello ingegneristico per studiare nuovi materiali, distribuzioni delle forze, nuove geometrie del ferro, ecc contribuiscono non solo al miglioramento delle performance dell'atleta-cavallo, ma ne garantiscono una salute migliore.

Ferratura possibile

La ferratura in questo caso è estremamente importante. Il materiale privilegiato è **l'alluminio**. Questo infatti si presta alle complesse geometrie ortopediche per curare la patologia in esame e le sue caratteristiche di leggerezza preservano l'arto dolente da carichi aggiuntivi inutili, come abbiamo visto nella trattazione dell'arto ferrato come una trave soggetta a trazione.

I **ferri in lega** hanno anche altre proprietà interessanti:

- offrono una presa migliore su terreni duri o scivolosi (grip);
- sono minori le vibrazioni ad alta frequenza generate al momento del contatto del piede con il suolo e trasmesse all'arto;
- Il loro più facile consumo permette un veloce modellamento della ferratura da parte del cavallo, facilitando lo stacco del piede nel punto più congeniale a quel particolare arto o permettendo un maggior consumo di una delle branche del ferro se questa corrisponde ad una parte del piede lasciata troppo lunga per errore d'interpretazione dell'appiombio. Queste proprietà diventano ancora più interessanti se si confrontano con quelle dei ferri di ferro, pre-stampati industrialmente, che hanno una maggiore durezza rispetto a quelli del passato, forgiati a mano da materia prima molto più "dolce". Inoltre, sia per il procedimento di fabbricazione (tempera), che per l'alto contenuto di carbonio nella materia prima reperibile industrialmente, i ferri industriali, salvo rare eccezioni, sono diventati molto acciaiosi e perciò meno in grado di disperdere l'energia meccanica dell'impatto su terreni duri, molto scivolosi e di lento consumo.

Un'ottima soluzione adottata oggi riguarda l'utilizzo di *ferri basculanti multidirezionali*. (Fig.33) o Rock and Roll.

I ferri terapeutici a basculamento multidirezionale (nel titolo chiamati **Rock and Roll** che significa dondola - *oscilla e rulla*, già visti nel paragrafo trattante l'Alluminio) facilitano lo stacco del piede dal terreno in tutte le direzioni (Fig.34).

Dall'aspetto decisamente non tradizionale e con un metodo di posa che prevede la perfetta centratura del ferro sotto il centro dell'articolazione interfalangea distale (l'articolazione composta da III, II falange e navicolare), questi ferri hanno dimostrato nella pratica clinica di essere un validissimo aiuto terapeutico per le patologie articolari degenerative, quali per esempio la sindrome navicolare.

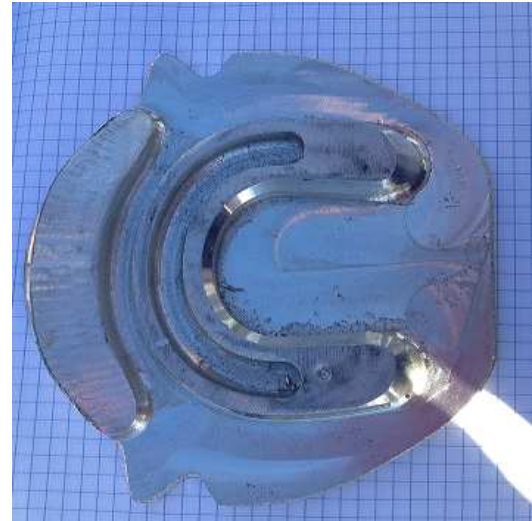


Fig.33
Rock and Roll.

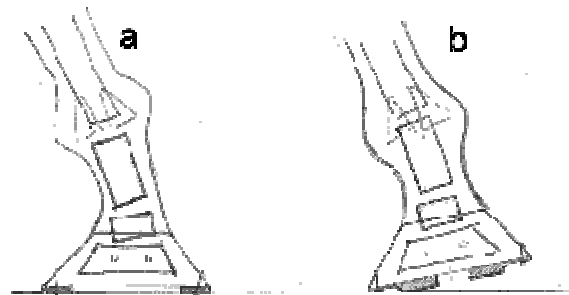


Fig.34

Rappresentazione schematica del meccanismo d'azione del ferro a basculamento multidirezionale, quando il cavallo descrive una volta stretta su terreno compatto.

- a) con una ferratura tradizionale;
- b) con un ferro a B.M.D.

Analogia fisica : il Rock and Roll e il Moto Circolare.

Si è menzionato come l'utilizzo di un **ferro rullante** ed in particolare il **Rock and Roll** aiuti la mobilità e lo stacco del piede. Si provi a posizionare davanti a sé un ferro a spessore uniforme classico ed accanto un ferro rullante (con arrotondamenti). Apparentemente le variazioni di spessore paiono trascurabili.

Si poggia poi un dito ai bordi dell'uno e dell'altro. Il ferro rullante si muoverà sotto l'azione della pressione con un'oscillazione, mentre il ferro a spessore uniforme resterà fermo. Ora si immagina come il dito possa rappresentare una minima parte del carico del piede equino. Si ipotizzi di analizzare poi un cavallo/atleta soggetto a carichi di lavoro consistenti, il quale lavora sfruttando il moto circolare, per esempio un cavallo da Reining, addestrato principalmente sul lavoro in volta (cerchi al galoppo, spin, ecc). Lo Spin (Fig.36) è una manovra che prevede la rotazione del cavallo su sé stesso, il quale fa perno sugli arti posteriori.



Fig.35 (a sinistra)

Fig.36 (a destra)

A sinistra cerchi al galoppo, rider Sara D'Imperio,
A destra manovra dello spin, rider Nicola Brunelli
cavallo Gunners litl Streak.

Si assimili il piede ferrato come un corpo che compie una traiettoria circolare (Fig.37). Dal punto di vista strettamente fisico, un corpo che si muove di moto circolare uniforme è soggetto alla accelerazione centripeta, che è sempre diretta verso il centro di rotazione:

$$a_c = v^2 / r \left[m / s^2 \right]$$

dove:

- v = velocità periferica;
- r = raggio.

Su ogni corpo di massa m soggetto ad accelerazione agisce una forza F uguale a: $F = m \times a$

Perciò, la forza F che agisce su un corpo di massa m che muove con moto circolare uniforme è: $F = \frac{m \times v^2}{r}$

Questa forza viene definita **forza centripeta** (Fig.38) e la sua direzione coincide in ogni istante con quella dell'accelerazione centripeta. Quando un corpo muove lungo una traiettoria circolare, agisce continuamente su di esso una spinta rivolta verso l'esterno, che tende ad allontanarlo dal centro di rotazione. Questa è la **Forza centrifuga** (Fig.38), che si genera per reazione alla forza centripeta, ha la sua stessa intensità ma verso opposto. La Forza centrifuga F_c è direttamente proporzionale alla massa m del corpo in movimento circolare, al quadrato della sua velocità v, ed è inversamente proporzionale alla misura del raggio della traiettoria circolare percorsa, secondo l'espressione,

- $m = \frac{F_c \times r}{v^2};$

- $r = \frac{m \times v}{F_c};$

- $v = \sqrt{\frac{F_c \times r}{m}}$

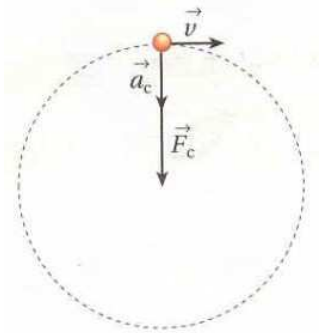


Fig.37
Moto circolare.

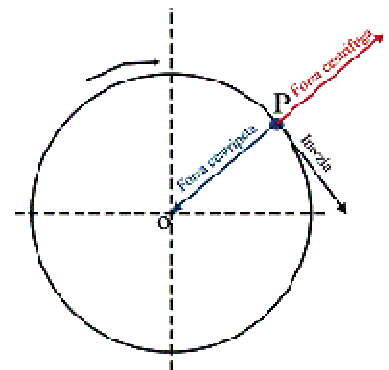


Fig.38
Forze nel moto circolare.

Nel caso specifico il piede equino in visione frontale può essere rappresentato con le rispettive forze, come in Fig.39.

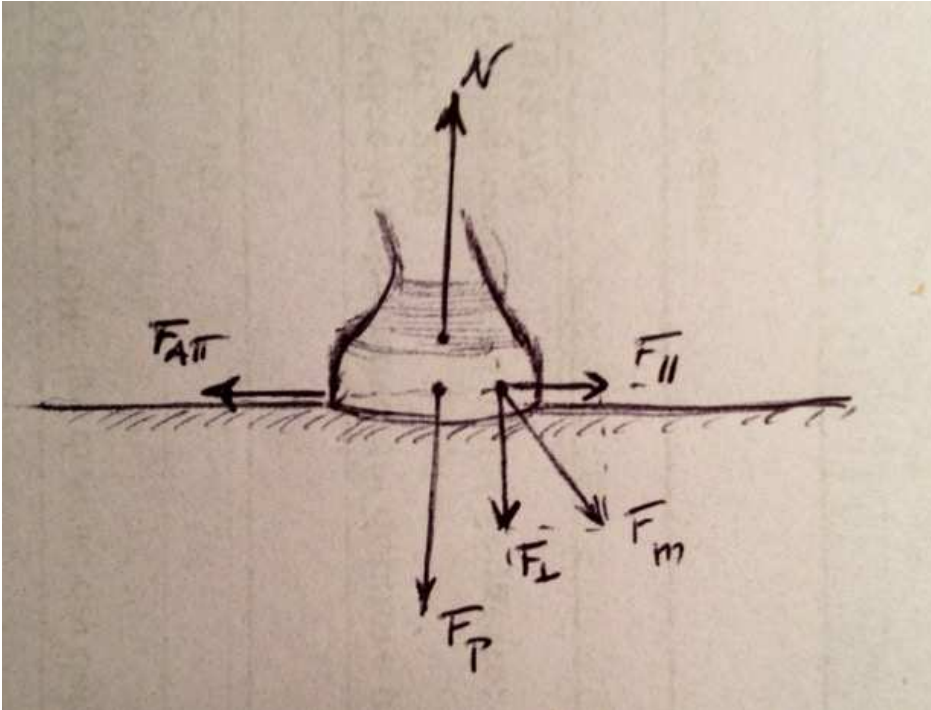


Fig.39
Schematizzazione delle forze nel piede equino.

Il terreno esercita una reazione normale (N) pari alla somma della forza peso (F_p) e della componente verticale (F_{\perp}) della forza muscolare (F_m). Al contempo la componente orizzontale di quest'ultima ($F_{//}$), che farebbe slittare l'appoggio verso l'esterno (Forza centrifuga), induce il terreno ad esplicare anche una forza d'attrito (F_{att}) uguale e contraria ad essa. All'equilibrio tra tutte queste forze sia in direzione orizzontale che verticale, la forza d'attrito statico tra il terreno e lo zoccolo funge da forza **centripeta** del moto consentendo dunque il cambio di direzione. Le forze lungo l'asse verticale, quindi N , F_p e F_{\perp} , possono essere trascurate in quanto non danno contributo al moto. Pertanto, il Rock and Roll agevola i movimenti laterali e, più genericamente, multi direzionali, diminuendo sostanzialmente le sollecitazioni laterali e agevolando lo stacco del piede durante la curvatura. In questo modo, **risulta più semplice il contrasto della forza centrifuga.**

7.2.5 Setola



Fig.40
Setola discendente.

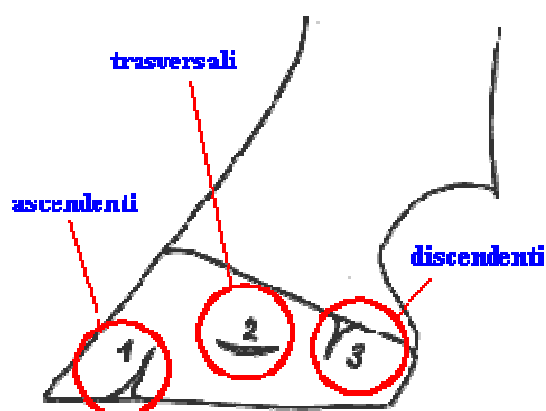


Fig.41
Tipologie di setole.

Le setole sono **fratture della scatola cornea, dello zoccolo del cavallo** e come per le fratture scheletriche variano per tipo, gravità e cure.¹³

Per descrivere una setola bisogna indicare innanzi tutto se è :

- **ascendente**: si formano più facilmente in zoccoli di consistenza debole, in piedi lasciati troppo lunghi (in termini di lunghezza dell'unghia) o ancora per l'uso di chiodi con lama troppo grossa o infissi troppo a "magro" nella muraglia. Se la setola *ascendente* è consistente si può anche aiutare a stabilizzare la muraglia adiacente con l'uso di barbette;
- **discendente**: possono avere anche loro come causa un trauma esterno in corona, sono destinate ad allungarsi in senso distale con la crescita dello zoccolo.;
- **trasversale**: le cause sono traumi in corona, se ampie e nella porzione di zoccolo dove normalmente s'applicano i chiodi, possono essere riparate con resine.

Questa patologia viene trattata **rimuovendo la pressione all'estremità libera delle setole e a immobilizzarne i margini**. Sostanzialmente, la regola generale per il trattamento delle setole, vuole che sia tolto il **carico** dalla regione della setola.

¹³ Articolo "L'insidie delle setole" Cavallo Magazine n° 159 Febbraio 2000, Hans Castellijns.

La pressione è determinata dalla forza applicata (Newton) per unità di superficie (mm^2)

$$P = F/A$$

La forza altro non è che la massa in gioco espressa in chilogrammi per l'accelerazione gravitazionale $g=9,81 \text{ m/s}^2$. La forza applicata, nel caso in esame, è pari al peso dell'equino per l'accelerazione gravitazionale. Quest' ultima, in parole povere ci tiene "con i piedi per terra", nel senso che ci mantiene "attratti" verso il centro della terra. La forza in esame non può essere modificata, in quanto il peso e il valore di g sono costanti. La superficie invece può essere "manipolata". Come detto sopra la trattazione della setola consiste nel diminuire la pressione all'estremità libera delle setole. Questo è possibile aumentando la superficie interessata dalla setola.

Esempio applicativo

Si consideri un caso generico di setola ascendente ai "quarti" (Fig.42):

La freccia (Fig.42) indica il punto di concentrazione della F (in questo caso rivolta in senso opposto perché corrispondente alla reazione), dove di fatto ha origine la cricca. La superficie di scarico è molto piccola (cerchiata in giallo), pertanto la pressione all'estremità libera della setola è elevata, secondo la relazione $P = F/A$. Risulta

pertanto opportuno aumentare la superficie per ridurre la pressione. Si interviene scavando la muraglia (Fig.43) in modo da aumentare la "superficie di scarico della setola" Ciò è possibile attraverso la creazione di uno zufolo (vedi mezzaluna gialla in figura 43).

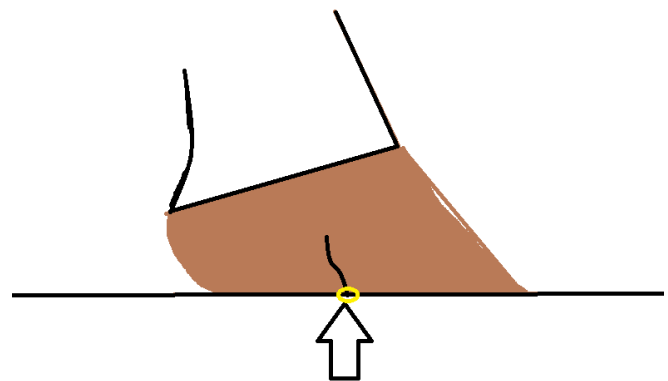


Fig.42
Esempio applicativo.

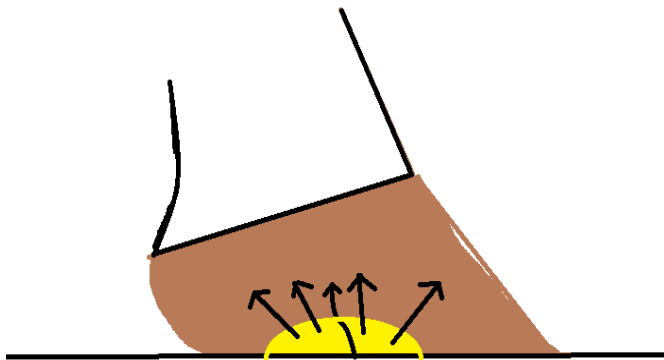


Fig.43

Scavo della setola: la mezzaluna gialla rappresenta la sezione scavata "A", secondo la formula $P = F/A$.

In questo modo, riprendendo la formula della pressione $P = F/A$, la superficie è stata aumentata. Pertanto la pressione, a parità di F , diminuisce in maniera sostanziale.

Al contrario, per quanto riguarda le setole ai talloni, è possibile calzare un ferro a "G" (Fig.44) che serve a scaricare il peso dalla regione della setola, sostenendo la parte del fettone (in giallo).



Fig.44

Applicazione della ferratura correttiva con utilizzo del ferro a "G".

L'alternativa comprendente il ferro a "G" è una possibilità. Altre ferrature probabili per questa problematica sono il ferro a cuore o il ferro a pianella. Dopo aver praticato lo zuffolo e prima di calzare il ferro, è opportuno suturare la setola al fine di favori-

re la crescita di corno sano (Fig.45).

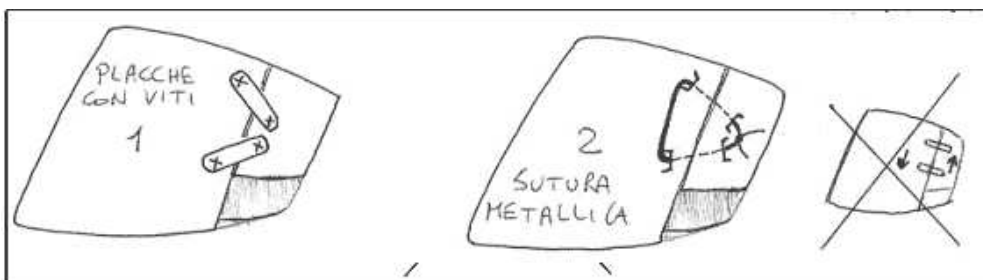


Fig.45

Sutura della setola.

Possono essere usati diversi metodi: con piattine a due o più fori, con filo d'acciaio, con chiodi (metodo russo), colla, filo di rame, placca di acciaio (Fig.46).



Fig.46(sopra)

Placca di acciaio utilizzata nella sutura delle setole.

Fig.47(a destra)
Setola discendente
suturata con viti e filo
di acciaio.



7.2.6 Tarlo

Il soggetto della figura 48 è affetto da tarlo con **distaccamento della muraglia**. Il tarlo è un fungo che, scavando gallerie nel piede del cavallo, crea lo stacco della muraglia delle lamine del vivo. La propagazione funginea può infatti arrivare a deteriorare le lamine con conseguente non funzionamento della scatola cornea. Il tutto può provocare una rotazione della terza falange, non tenuta più in posizione dalle lamine deteriorate dal fungo. Questa rotazione avviene conseguentemente ad un azione meccanica, di fatto può ricordare l'effetto causato dalla laminite. Si manifesta esternamente con un cedimento della muraglia. Per parlare di soluzione correttiva il tarlo deve essere ad uno stadio avanzato. In casi di scoperta del tarlo ad uno stadio iniziale, la ferratura, generalmente, non viene modificata.



Fig.48

Soggetto affetto da tarlo.

Cause del Tarlo

Le cause del tarlo sono molteplici. Possiamo attribuirne la colpa alla sporcizia che rimane troppo tempo a contatto con la suola del piede, essendo impregnata di urina e di acidi amoniaci, che sviluppa il letame, favorisce l'insorgere di funghi e altre patologie dannose per il piede del cavallo.

Ferratura Possibile.

Nel caso in figura il tarlo risulta esteso in maniera tale da richiedere una ferratura ortopedica. Può essere utilizzato un ferro a pianella, a cuore o un Rock and Roll (Fig.49). Questi ferri, come già spiegato, aiutano a togliere pressione dalla muraglia e aiutano la distribuzione del peso e delle pressioni, come già discusso per la laminite.



Fig.49
Ferratura possibile in un soggetto affetto da tarlo.

Capitolo 8

L'attrezzatura da Mascalcia

Ora che si ha un'idea più chiara di materiali, modelli e geometrie del ferro si può passare a vedere come questi ferri vengano manipolati e applicati utilizzando gli strumenti da mascalcia. Come intuibile anche questi strumenti sono essenziali per la corretta ferratura e il benessere del cavallo. Anche per questi componenti è stato eseguito un attento studio dei materiali e dell'applicabilità.

8.1 Martello da Ferratura

Il peso varia dai 300 ai 500 gr in base al modello e al manico. Ne esistono varie tipologie. La funzionalità è quella di piantare i chiodi, torcere e piegare le punte, togliere i chiodi, ecc. Presenta un lato curvo a forma di artiglio chiamata penna e un lato un lato più grande chiamata testa. I materiali usati per la parte della "testa" possono essere ferro acciaio, mentre la parte del manico può essere in legno, per esempio frassino, oppure in materiale polimerico. Il suo costo può variare dai 20 ai 150 euro mediamente.¹⁴



Fig.1
Martello da ferratura.

8.2 Incassino

Questo attrezzo è prodotto in acciaio forgiato ed è lungo circa 15 cm. La parte terminale prende la forma di uno scalpello. Questo, viene utilizzato assieme al martello per tagliare o eliminare le ribattiture prima di rimuovere la ferratura. La parte appuntita è adoperata per rimuovere i chiodi spezzati e per ripulire le stampe. Il suo costo può variare dai 16 ai 40 euro mediamente.



Fig.2
Incassino.

¹⁴ Nota: tutte le immagini relative all'attrezzatura da mascalcia sono scaricate dal catalogo on-line della ditta Fifpe com.

8.3 Tenaglie per la ribattitura.

Sono delle pinze che devono avere le ganasce costantemente affilate. Sono utilizzate per rimuovere il ferro dallo zoccolo, estrarre i chiodi e piegare le ribattiture. Il suo costo può variare mediamente dai 50 ai 250 euro.



Fig.3

Tenaglie per la ribattitura.

8.4 Coltellaccio

È utilizzato per abbassare la crescita eccessiva dello zoccolo e viene utilizzato combinandolo col martello da ferratura. Richiede abilità nell'utilizzo in quanto può provocare danni alla parte viva del piede. In foto la lama è curva per seguire la conformazione della suola. Essa è prodotta con acciaio forgiato ed esiste in varie versioni, per esempio con lama dritta o lama stretta, che ne modificano il costo e l'utilizzo. Il costo varia mediamente dai 15 ai 30 euro.



Fig.4

Coltellaccio.

8.5 Tenaglia da pareggio

A differenza dalla tenaglia da ribattitura la ganascia presenta una parte affilata ed una piatta. È più sicura da utilizzare rispetto al coltellaccio, e svolge la stessa funzionalità di quest'ultimo. La parte piatta viene posizionata a contatto con la parete esterna dello zoccolo, mentre la parte affilata serve per il taglio. Il materiale utilizzato è l'acciaio che può essere poi cromato. Il costo varia mediamente dai 40 ai 100 euro.



Fig.5

Tenaglia da pareggio.

8.6 coltello inglese

È costituito da una lama di acciaio curva e piatta, con la curva che ripiega verso l'interno per maggiore sicurezza. Il manico può essere sia di corno, che di legno.



Fig.6

Coltello Inglese.

Serve sostanzialmente per sondare il piede, ripulire e pareggiare lo zoccolo. Anche questo strumento, esiste in varie versioni con lama con tagliente bilaterale, lama curva, concava, ecc. Il costo varia dai 15 ai 30 euro.

8.7 Raspa

Deve essere abbastanza lunga e larga da permettere di avere una superficie di appoggio uniforme. Il modello standard ha una lunghezza di circa 40 cm, con una faccia metà a grana grossa e metà a grana fine e margini dentellati. Il lato con la grana grossa è utilizzato per rimuovere la parete in eccesso, per il livellamento delle superficie di appoggio e per la rifinitura delle ribattiture dei chiodi. Il lato a grana fine serve maggiormente per le rifiniture, ovvero rifinire la ferratura, limare la parte del piede in corrispondenza dei talloni, ecc. Il costo varia dai 20 ai 40 euro, mediamente.



Fig.7,Raspa.

8.8 Pinza per ribattitura o “Tirachiodi”

È uno strumento pensato per piegare i chiodi da ribattere. Il loro costo va dai 50 ai 200 euro.



Fig.8
Tirachiodi.

8.9 Incudine

È fatto in *ferro battuto* ed è composto da un corpo quadrato e da un “becco arrotondato”. Il *ferro battuto*, come abbiamo già citato il ferro battuto è stato il primo tipo di acciaio ad essere scoperto probabilmente ottenuto, casualmente, come sottoprodotto della produzione del rame. La faccia della superficie di lavoro misura 60X15 cm e presenta una lamina d'acciaio sopra di essa per saldare e stirare il ferro. Il becco, invece serve per curvare il ferro e dar forma alla ferratura. Il costo è mediamente attorno ai 500 euro.



Fig.9
Incudine.

8.10 Podogoniometro

Già citato in plurime occasioni, attraverso questo strumento è possibile certificare la normalità o meno dell'asse del piede che, per gli anteriori si ritrova in un valore che oscilla fra i 45° e i 50°, e che per i posteriori è compreso fra i 50° e i 55°.



Fig.10
Podogoniometro.

8.11 Forgia

La forgia può essere di due tipi: fissa o trasportabile e possono essere a carbone, gas, propano, induzione elettrica, ecc. La forgia serve per riscaldare il ferro di cavallo e poterlo modellare. Oggigiorno, hanno un ingombro limitato e permettono un facile e rapido riscaldamento.

In figura 11 è presentato un modello recente di forgia. È una forgia a gas che rapidamente arriva ad una temperatura di 1450° che permette la modellazione del ferro in pochissimi minuti. Si noti la compattezza e la modernità rispetto all'ingombro delle storiche forge a gas "Alcosa" (figura 12).



Fig.11
Forgia trasportabile moderna.
Fonte: catta festa.it



Fig.12
Forgia Alcosa.

Utilizzo degli strumenti:

Il ferro può essere sagomato a freddo o a caldo utilizzando incudine e forgia. Il ferro usurato da sostituire viene rimosso con il *levachiodi* (Fig.13) e la *tenaglia per la ribattitura* (Fig.3). Il levachiodi si infila tra il chiodo piegato e la parete esterna del piede del cavallo raddrizzando il chiodo (piegato in precedenza per la ribattitura per conferire grip al piede). Questo perché, quando il ferro viene tolto attraverso la tenaglia per sferrare, il chiodo non produce danni al piede in quanto in linea con il foro già fatto in precedenza.

Diversamente, senza quest'operazione la sferratura sarebbe molto più difficile con la possibilità di creare danni alla parete del piede. Poi, il piede viene pareggiato e sagomato tramite il *coltello inglese*(Fig.6)e *coltellaccio* (Fig.4) per scavare il piede tagliando la suola e modellando il fettone. La suola viene scavata fino al punto in cui si vede il distacco della crescita tra suola e parete, indice del punto di taglio con la tenaglia da pareggio (Fig.5).Il tutto viene rifinito con la *raspa* (Fig.7),sia sotto il piede che lungo tutto l'asse esterno del piede. A questo punto si controlla con il podogniometro (Fig.10) la gradazione del piede. Si passa poi alla chiodatura del ferro, alla ribattitura e alla finitura esterna del piede mediante la raspa. Si passa alla ribattitura usando *martello* (Fig.1) e *tenaglia da ribattitura o block*.

La **ribattitura** consiste nel conferire maggior grip al chiodo. Questo, una volta inserito nel piede viene ripiegato su sé stesso poggiando parallelo alla parete esterna del piede. Il chiodo prende la forma di un uncino. A questo punto poggiando la tenaglia sulla parte ripiegata del chiodo, si martella la testa tramite il martello da mascalcia. Questo fa sì che il chiodo sia intrappolato tra due forze contrarie, le quali conferiscono maggior tenuta prima dell'operazione di taglio e tiraggio chiodi.



Fig.13
Levachiodi.



Fig.14
Operazione di ribattitura.

Il chiodo viene tagliato all'apice della curvatura, viene creata l'incassatura utilizzando l'*incassino* (Fig.2) o la *raspa* che produce una lacuna o leggero gradino appena sotto il chiodo. Questo alloggiamento permette il successivo utilizzo della *tirachiodi* (Fig.8), il quale sfruttando il nuovo alloggiamento incassa la parte rimanente del chiodo tranciato.

Si può quindi procedere con la rifinitura utilizzando la **raspa** dalla parte fine, smussando le sporgenze rimanenti dalla tranciatura dei chiodi. Come ultimo step è possibile rifinire tutto il piede utilizzando la raspa a circa 45°.



Fig.15
Utilizzo della raspa.

Capitolo 9

Soluzione Innovativa

La perdita del ferro di cavallo durante la sessione di lavoro può essere una situazione abbastanza comune. Nel caso in cui il ferro non venga ritrovato o sostituito per unghia troppo danneggiata, mancanza di strumentazione, o impossibilità di intervento di un professionista è utile una *soluzione di ripiego*. È una soluzione che permette di preservare il piede, ma non di sostenere sessioni di lavoro che apporterebbero notevoli sollecitazioni alla vite senza fine e comprometterebbero ulteriormente l'integrità dell'unghia. Dal punto di vista ingegneristico è possibile valutare un *passepourtout*, nel caso in esame valutato per piede anteriore, che adattandosi alla morfologia di plurime misure dello zoccolo preservi lo stesso nell'attesa dell'intervento dei maniscalchi. A seguito della perdita del ferro è infatti necessario:

- preservare l'integrità dell'unghia rimasta;
- mantenere il sostegno al piede;
- evitare l'esposizione ad ulteriori danneggiamenti;

Inizialmente, si era pensato ad un progetto per piede anteriore di passepourtout aperto e componibile. Si pensava di mantenere la parte in punta costituita da due branche incernierate al centro, mentre le code avrebbero fatto parte di un kit dove sarebbero state di svariate misure, per consentire di coprire varie lunghezze (vedi Fig.1/ Fig.2).

Fig.1
Passepourtout aperto
con code intercambiabili.

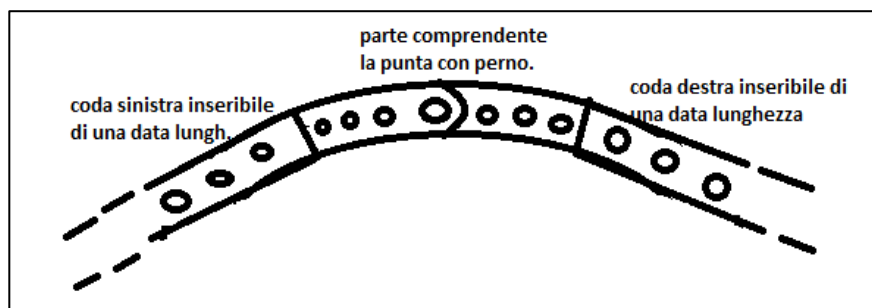
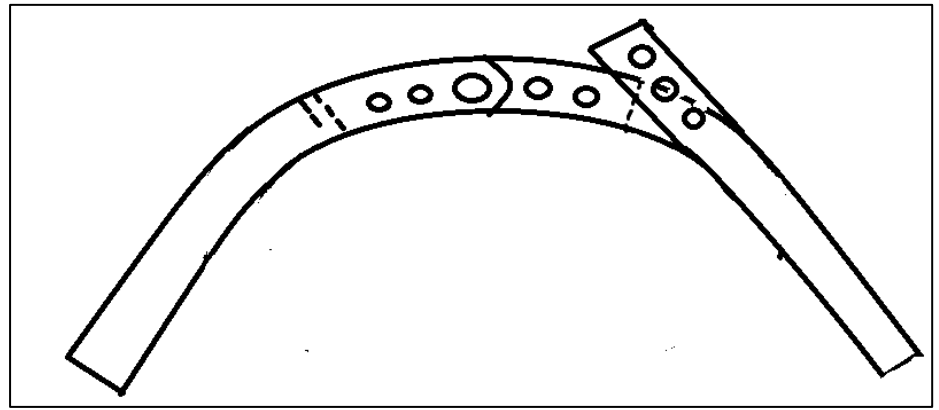


Fig.2
Dettaglio della coda
inseribile nella parte
della punta mobile
con perno.



Tuttavia, nonostante questo progetto fosse valido, sono sorti alcuni problemi. Innanzitutto le code andrebbero fissate allo zoccolo con chiodi e martello. Questa operazione richiede delle *abilità tecniche che non tutti hanno*. Pertanto, questa risulterebbe essere una soluzione di nicchia e avrebbe applicabilità assai limitata. Inoltre, a fronte di un intervento esperto, a questo punto sarebbe più conveniente conservare una copia dei ferri di cavallo, pratica già frequente in molte scuderie, per poter direttamente *riferrare* il soggetto in caso di perdita del ferro stesso.

Vista pertanto la soluzione troppo complessa e che avrebbe richiesto competenze tecniche professionali non così comuni, si è voluta cercare una nuova soluzione per tutti coloro che non possiedono suddette abilità tecniche. Questo per poter comunque realizzare il progetto di creare una soluzione modulabile e regolabile nel caso di perdita del ferro.

Si consideri il piede anteriore in visione aerea come una forma circolare. Il piede andrà serrato e centrato utilizzando le barbette. Per capire in che modo garantire la condizione ottimale di centraggio ed equilibrio si pensi ad un mandrino. Il mandrino è un dispositivo meccanico, installato su una macchina utensile, su cui può essere montato un autocentrante, il quale permette di serrare e tenere fermo qualsiasi pezzo di forma circolare, quadrata o esagonale avente un determinato diametro, allo scopo di poter eseguire su/con esso un certo tipo di lavorazione. Nel linguaggio comune però il termine "mandrino" è spesso usato come sinonimo di "autocentrante"(vedi Fig.3) .



Fig.3
Mandrino autocentrante
da tornio.

Le forze applicate per il serraggio sono poste a 120° . Questo garantisce l'*isostaticità* del sistema (vedi figura 4 a lato).¹⁵ L'*isostaticità*, nell'ambito della "Scienza delle costruzioni" e della Meccanica, indica che un generico corpo nello spazio possiede un numero di gradi di vincolo pari al numero dei suoi *gradi di libertà*. La Scienza delle Costruzioni studia gli effetti prodotti dalle forze che sollecitano una costruzione (struttura) e determina le condizioni cui devono soddisfare le diverse parti di questa affinché possano sopportare tali forze. Le diverse parti delle strutture possono essere sollecitate da forze di varia natura:

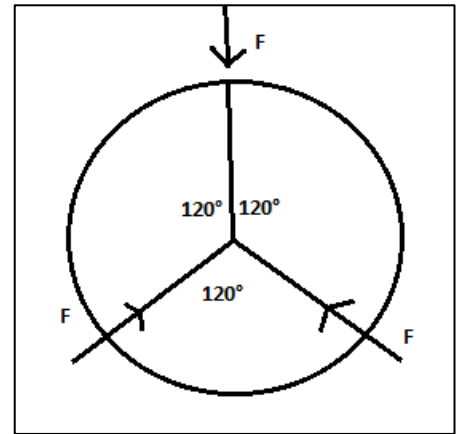


Fig.4
Forze di serraggio poste a 120° .

- *carichi permanenti*: forze che agiscono continuamente e senza variazioni; dovuti al peso proprio delle strutture o al peso di sovrastrutture gravanti su di esse.
- *Carichi accidentali*: forze agenti non continuamente e con intensità variabile.
- *Forze concentrate*: quando agiscono su punti isolati della superficie del corpo e ripartite quando agiscono su zone estese di essa.

Le varie parti di una costruzione sono vincolate tra loro e al suolo. Ogni singola parte, o gruppo di esse, si dice *labile* se i vincoli sono insufficienti, *isostatica* se sono strettamente sufficienti e *iperstatica* se sono sovrabbondanti. Le costruzioni devono essere iperstatiche o isostatiche.

Nel nostro caso per mantenere il sistema più equilibrato possibile si è deciso per una soluzione isostatica. Le varie parti del ferro sono state assimilate a travi, mentre i rivetti e la vite senza fine costituiscono i vincoli.

I vincoli, secondo la Scienza delle Costruzioni, si possono distinguere per il numero di movimenti che sono atti ad impedire. Se si considera un sistema piano, cioè un corpo generico C (o un sistema di corpi) tendente a muoversi soltanto parallelamente ad un dato piano, un vincolo può essere semplice, doppio o triplo.

¹⁵Odone Belluzzi "Scienza delle Costruzioni", Zanichelli 1977

- *Semplice*: quando impedisce un solo movimento: il tipo più comune è l' *appoggio semplice*;
- *Doppio*: quando impedisce due movimenti. È costituito da una *cerniera fissa*, che impedisce ogni traslazione e consente la rotazione intorno ad un punto A generico. Perciò la reazione ha momento nullo rispetto ad A, poiché il momento M è pari alla forza F per il braccio b. In questo caso il braccio è nullo.
- *Triplo*: quando impedisce tre movimenti, cioè tutti i movimenti nel piano. È costituito dall' *incastro*.

Valutando le componenti modulari desiderate come travi di una struttura è necessario stabilirne i gradi di libertà.

Ciascuna trave appartenente ad un sistema ha tre libertà di movimento; se le travi sono n si avranno $3n$ gradi di libertà. Ad esempio una cerniera interna collegante due travi toglie a ciascuna due libertà di movimento, ed è perciò un vincolo doppio. Se si hanno i incastri, c cerniere e a appoggi semplici, il sistema è isostatico se risulta:

$$3i+2c+a=3n$$

Se invece il primo membro risulta maggiore del secondo, il sistema è iperstatico; se risulta minore è labile.

La struttura da realizzare prevede la presenza di tre barrette poste a 120° come detto in precedenza per la condizione autocentrante dei mandrini.

Il posizionamento di una vite senza fine nella zona dei talloni permette il serraggio di questo passepartout senza necessità di chiodi. I vincoli tra le branche del ferro devono consentire la pura rotazione, quindi il vincolo in esame sarà la cerniera. La vite senza fine è considerata come un incastro, bloccando infatti il movimento.

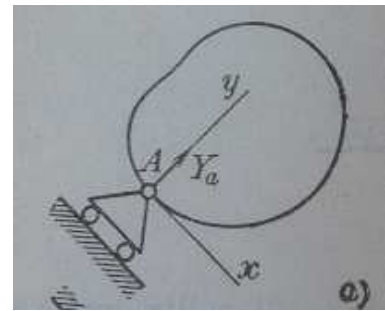


Fig.5
Appoggio semplice.

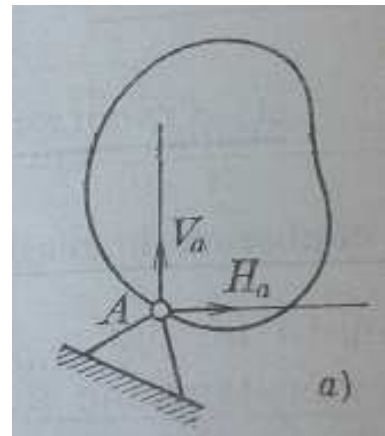


Fig.6
Cerniera.

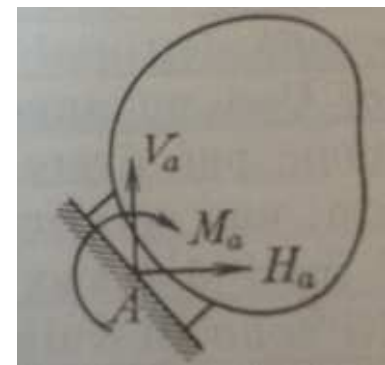


Fig.7
Incastro

Perché la struttura risulti isostatica lo schema del ferro di cavallo è il seguente:

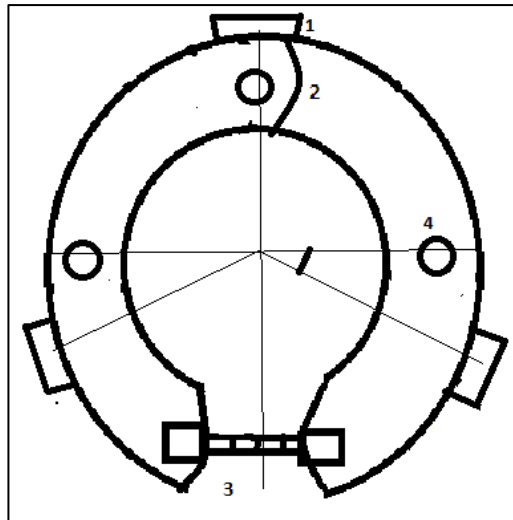


Fig.8

Struttura passerpartout: 1.Barbetta ribattibile; 2.Branca generica;3. Semplice vite; 4.Cerniera.

Secondo questa struttura $i=2$ (vite senza fine), $a=0$, $c=3$ e $n=4$, pertanto:

$$(3 \times 2) + (2 \times 3) = (3 \times 4)$$

Vale pertanto la condizione di isostaticità della struttura.

Poiché questa struttura è pensata per rimanere il più possibile in condizione di staticità, dovendo solamente supportare la struttura “cavallo” in piccolissimi movimenti all’interno del suo spazio abitativo “box”, si posso quindi valutare le “Equazioni Generali di equilibrio”. Questo perché in un sistema di travi (o nel nostro caso parti del ferro di cavallo) si devono cercare le reazioni dei vincoli. A tal fine si utilizzano appunto le *Equazioni Generali* di equilibrio del sistema. Queste pongono le forze orizzontali, verticali e i momenti associati tutti pari a 0.

$$\left\{ \begin{array}{l} F_x = 0; \\ \sum F_y = 0; \\ M = 0 \end{array} \right.$$

Di seguito si propone la struttura schematizzata del passepartout:

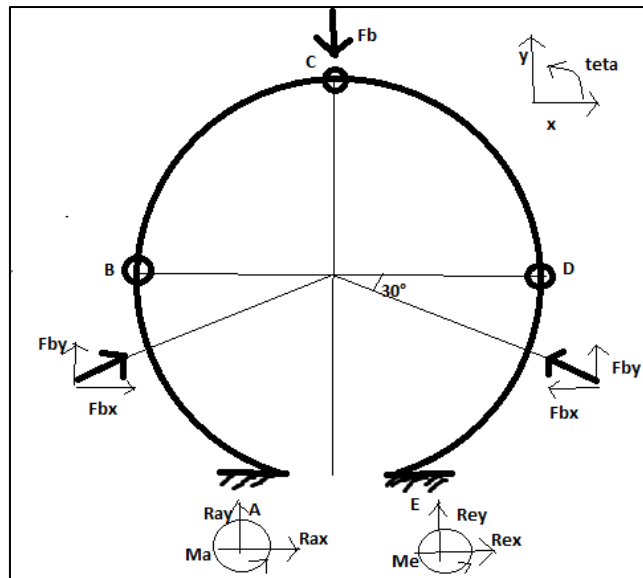


Fig.9
Scomposizione delle forze

Siano:

- F_b = forza esercitata dalla barbetta;
- F_{by}/F_{bx} le componenti rispettivamente verticale e orizzontale di tale forza rispetto al sistema di riferimento tracciato in figura;
- R_{ay} = reazione vincolare lungo l'asse Y dell'incastro A;
- R_{ax} = reazione vincolare lungo l'asse X dell'incastro A;
- R_{ey} = reazione vincolare lungo l'asse Y dell'incastro E;
- R_{ex} = reazione vincolare lungo l'asse X dell'incastro E;
- M_a = momento angolare rispetto l'incastro A;
- M_e = momento angolare rispetto l'incastro E;

Si valuti l'equilibrio del sistema considerando:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_x = 0; \\ \sum F_y = 0; \\ M = 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{bx} - F_{bx} + R_{ax} + R_{ex} = 0; \\ 2F_b \sin 30 - F_b + R_{ay} + R_{ey} = 0; \\ M_B(sx) = M_A + R_{ax} * y_{AB} + R_{ay} * x_{AB} + F_{by} * x_{BF} + F_{bx} * y_{BF} = 0 \\ M_D(dx) = M_E + R_{ex} * y_{DE} + F_{by} * x_{DE} - R_{ey} * x_{DE} - F_{bx} * y_{DF} = 0 \end{array} \right.$$

dove

- X_{BF} è la distanza in x tracciata tra la cerniera B e il punto di applicazione della forza F_b ;
- Y_{BF} è la distanza in y tracciata tra la cerniera B e il punto di applicazione della forza F_b ;
- $X_{BA}=X_{DE}$ per la simmetria della struttura;
- $Y_{BA}=Y_{DE}$ per la simmetria della struttura;
- $X_{BF}=X_{DF}$ per la simmetria della struttura;
- $Y_{BF}=Y_{DF}$ per la simmetria della struttura;

$$\begin{cases} X_A = -X_E \\ 2Fb \cdot \frac{1}{2} - Fb + R_A + R_E \\ Ray * x_{AB} = -M_A - Rax * y_{AB} - Fby * x_{BF} - Fbx * y_{BF} \\ Ray * x_{AB} = M_E - Rax * y_{AB} - Fby * x_{BF} - Fbx * y_{BF} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_A = -X_E \\ R_A = -R_E \\ -M_A - Fby * x_{BF} = M_E - Fby * x_{BF} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_A = -X_E \\ R_A = -R_E \\ -M_A = M_E \end{cases}$$

Questo significa che le reazioni in corrispondenza della vite senza fine identificata nello schema con l'incastro sono uguali e contrarie.

Pertanto sussistono le condizioni di equilibrio statico della struttura.

Valutazione quantitativa

Le forze "laterali" che agiscono sulla barbetta sono stimabili come le componenti orizzontali della forza muscolare del cavallo durante un qualsiasi movimento.

Se portiamo questa considerazione al caso in esame, dove il passepartout permette limitati movimenti del cavallo nel suo box in attesa dell'intervento del maniscalco, si può ipotizzare un'accelerazione di 1 m/s^2 . Le forze laterali sulle barbette in una qualsiasi direzione sono: $F_b = 150 \text{ (Kg arto anteriore)} * 1(\text{m/s}^2) = 150 \text{ N}$.

Nei piccoli movimenti laterali ciascuna barbetta deve sostenere la forza muscolare necessaria alla traslazione in una qualunque direzione.

La barbetta “regge” se l’attrito statico è in grado di esplicare una forza superiore a tale valore.

Si consideri nuovamente lo schema di scomposizione delle forze e si ipotizzi un movimento laterale del cavallo che da fermo carica il peso sulla destra per effettuare uno spostamento verso sinistra.

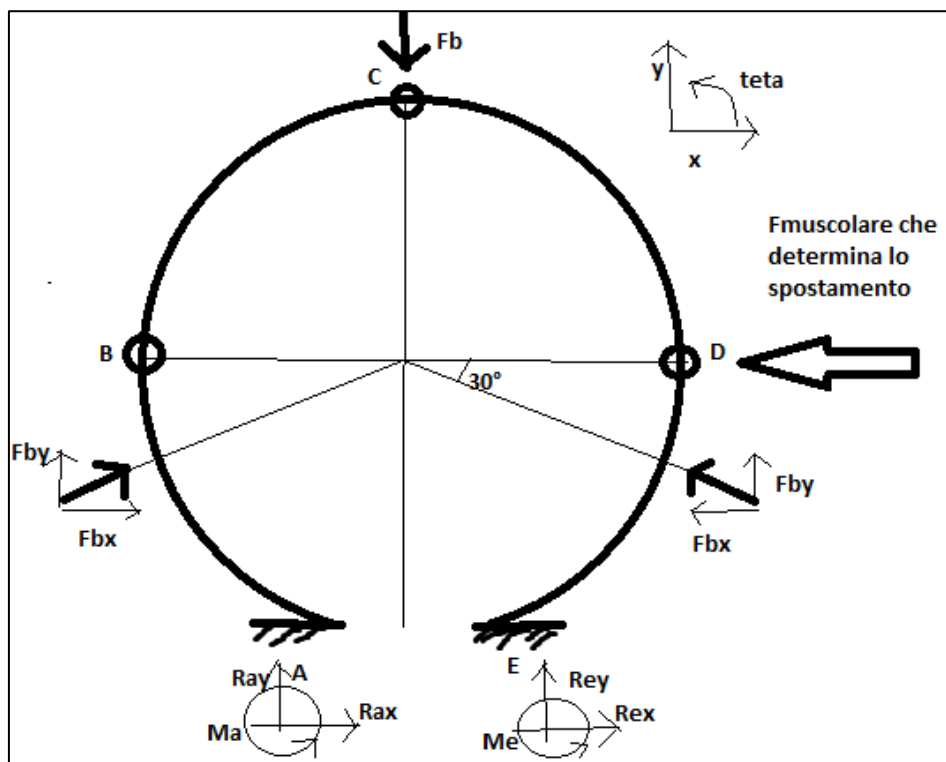


Fig.10
Schema di scomposizione delle forze con F concentrata.

Si consideri per simmetria che la forza muscolare del cavallo possa essere rappresentata come una forza concentrata a livello dello snodo D.

Per piccoli movimenti si può stimare che la reazione normale che genera movimento si concentri sulla barbetta sotto lo snodo D. Le altre due barbette risultano quindi scariche.

Si calcolino le reazioni vincolari su tutti i vincoli:

$$\begin{cases} F_x = 0; \\ \sum F_y = 0; \\ M = 0 \end{cases}$$

Nota: sia la F_{ext} la forza muscolare valutata in precedenza di 150 N in figura.

$$\left\{ \begin{array}{l} Rax + Re x - Fbx - Fext = 0 \\ Ray + Re y + Fby = 0 \\ M_B(sot) = 0 = Ray * x_{AB} + Rax * y_{AB} + M_A \\ M_B(sop) = Fby * x_{BF} - Fbx * y_{BF} + Re y * x_{BE} + Re x * y_{BE} + M_E = 0 \\ M_D(sot) = -Re y * x_{DE} + Re x * y_{AB} + M_E - Fby * x_{DF} - Fbx * y_{DF} \\ M_c(dx) = -Fext * y_{CD} + Fby * x_{CF} - Fbx * y_{CF} + Re y * x_{CE} + Re x * y_{CE} + M_E \end{array} \right.$$

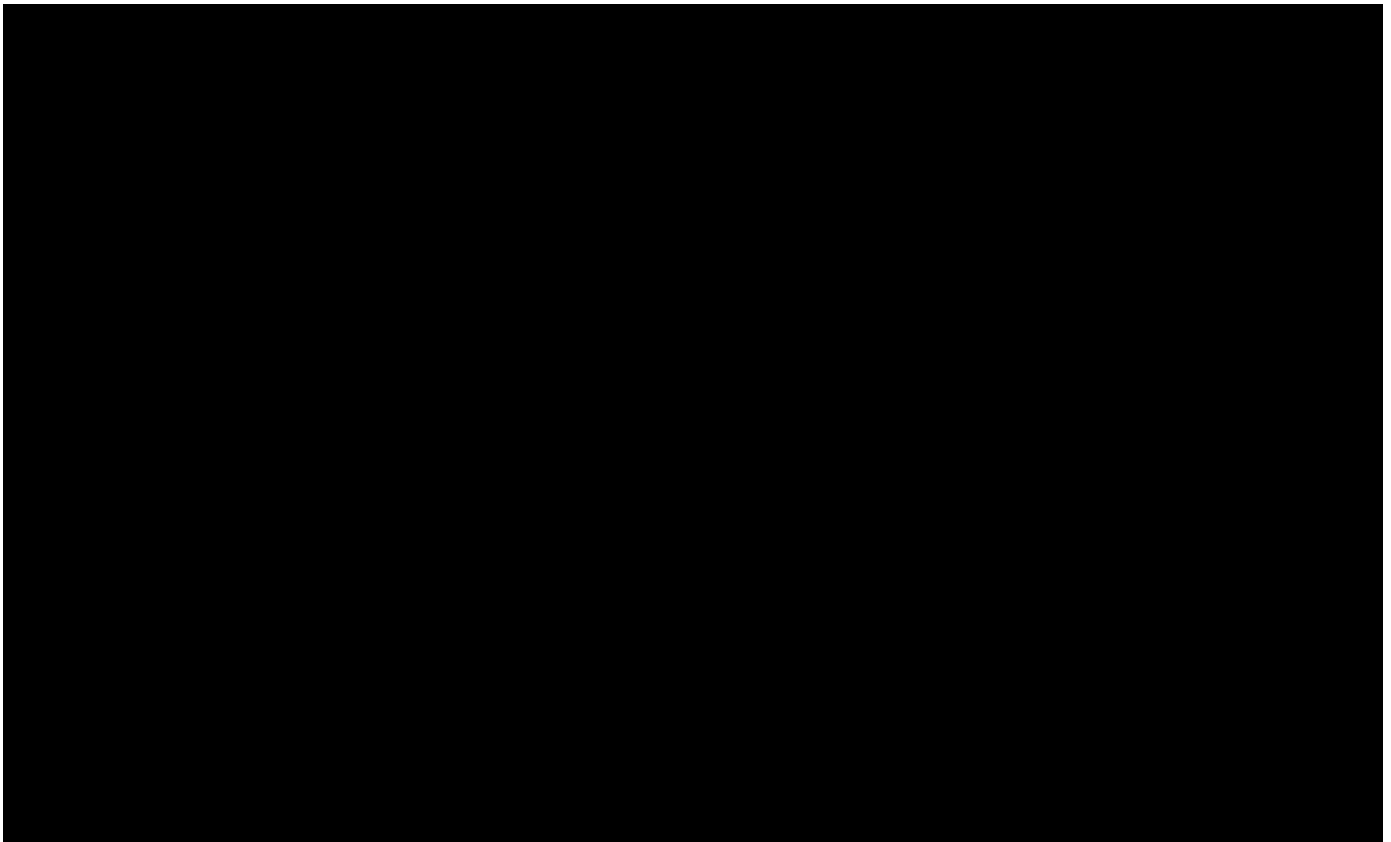
$$\left\{ \begin{array}{l} Rax = Fext + Fbx - Re x \\ Ray = -Fby - Re y \\ 0 = (Fext + Fbx - Re x) * y_{AB} + (-Fby - Re y) * x_{AB} + M_A \\ M_E = Re y * x_{DE} - Re x * y_{AB} + Fby * x_{DF} + Fbx * y_{DF} \\ 0 = Fby * x_{BF} - Fbx * y_{BF} + Re y * x_{BE} + Re x * y_{DE} - Re x * y_{AB} + Fby * x_{DF} + Fbx * y_{DF} \\ 0 = -Fext * y_{CD} + Fby * x_{CF} - Fbx * y_{CF} + Re y * x_{CE} + Re x * y_{CE} + Re y * x_{DE} - Re x * y_{AB} + Fby * x_{DF} + Fbx * y_{DF} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Rax = Fext + Fbx - Re x \\ Ray = -Fby - Re y \\ Fby(x_{BF} + x_{DF}) + Re y(x_{BE} + x_{DE}) = 0 \\ () \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Rax = Fext + Fbx - Re x \\ Ray = -Fby - Re y \\ Re y = \frac{-Fby(x_{BF} + x_{DF})}{(x_{BE} + x_{DE})} \\ 0 = -Fext * y_{CD} + Fby * x_{CF} - Fbx * y_{CF} + \left[\frac{-Fby(x_{BF} + x_{DF})}{(x_{BE} + x_{DE})} \right] * (x_{CE} + x_{DE}) + Re x * y_{CE} - Re x * y_{AB} + Fby * x_{DF} + Fbx * y_{DF} \\ () \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 Rax = Fext + Fbx - Re x \\
 Ray = -Fby - Re y \\
 Re y = \frac{-Fby(x_{BF} + x_{DF})}{(x_{BE} + x_{DE})} \\
 Re x = \frac{Fext * y_{CD} + Fby[(x_{BF} + x_{DF}) / (x_{BE} + x_{DE}) * (x_{CE} + x_{DE}) - (x_{CF} + x_{DF})] - Fbx(y_{DF} - y_{CF})}{(y_{CE} - y_{AB})} \\
 M_A = - \left[Fext + Fbx - \left(\frac{Fext * y_{CD} + Fby[(x_{BF} + x_{DF}) / (x_{BE} + x_{DE}) * (x_{CE} + x_{DE}) - (x_{CF} + x_{DF})] - Fbx(y_{DF} - y_{CF})}{(y_{CE} - y_{AB})} \right) \right] \\
 *y_{AB} + (Fby + Re y) * x_{AB} \\
 M_E = \left(\frac{-Fby(x_{BF} + x_{DF})}{(x_{BE} + x_{DE})} \right) * x_{DE} - \left\{ \frac{Fext * y_{CD} + Fby[(x_{BF} + x_{DF}) / (x_{BE} + x_{DE}) * (x_{CE} + x_{DE}) - (x_{CF} + x_{DF})] - Fbx(y_{DF} - y_{CF})}{(y_{CE} - y_{AB})} \right\} \\
 *y_{AB} + Fby * x_{DF} + Fbx * y_{DF}
 \end{array} \right.$$

Questi sistemi di equazioni permettono di trovare il valore delle reazioni vincolari. Di seguito si propone una tabella che mostra l'andamento del sistema al variare della Fext e delle distanze in x e y data la modularità del modello.



I valori trovati al variare dell'apertura del modello e della forza muscolare in esame permettono di valutare il valore delle reazioni vincolari e come essi vincolino la scelta della vite senza fine.

Realizzazione del modello

Per realizzare il modello si sono utilizzati due ferri anteriori standard Sx7 per Quarter Horse (vedi figura 11), di cui si riportano di seguito le specifiche commerciali¹⁶ :

Misura	Altezza	Larghezza	Binda	Peso
4x0	113	110	18x7	225
3x0	116	118	18x7	240
2x0	124	124	18x7	270
0	130	130	18x7	280
1	135	135	18x7	300
2	140	140	19x7	315

Come spiegato nello schema teorico precedente per creare lo snodo si ha la necessità di lavorare con due ferri, i quali opportunamente sagomati si sovrappongono fino a creare il prodotto finito. Innanzitutto in corrispondenza della punta i ferri sono stati tagliati utilizzando un flessibile creando l'alloggiamento per lo snodo. Per fare ciò i due ferri, opportunamente tagliati sono stati dimezzati in spessore, in modo che, sormontandoli, creassero un unico ferro di spessore s.(vedi figura 12)



Fig.12
Taglio e dimezzamento spessore utilizzando il flessibile.



Fig.11
Modello Sx7 standard senza barbette.

¹⁶ Specifiche tratte dal catalogo on line del sito www.fifpe.it

I due ferri sono stati sagomati in corrispondenza di dove sono stati tagliati, per evitare che durante la rotazione lo snodo scoprisse le rimanenze del taglio. In corrispondenza degli snodi i ferri sono stati forati e fissati con ribattini in ferro(vedi figura 13 a lato).

Il ribattino è stato tranciato a filo con lo spessore per non sporgere e quindi non creare interferenza alla struttura (vedi figura 14).

Allo stesso modo sono stati lavorati i rami del ferro per creare l'alloggio alle rimanenti cerniere.



Fig.13

Smussamento e foratura.



Fig.14 (sx)

Tranciatura ribattino in punta.



Fig.14 (dx)

Tranciatura code.

Fatto questo il risultato finale ottenuto è il seguente:



Fig.15

Ferro con le tre cerniere.

A questo punto rimangono da saldare le barbette ad una distanza, come valutata in precedenza di 120° e i dadi per alloggiarvi la vite. Sono presenti in commercio delle barbette sfuse pronte per la saldatura, che evitano di doverle forgiare a mano. Per questa operazione è stata utilizzata una saldatrice ad elettrodo (vedi figura 16).



Fig.16

Saldatura barbette mediante saldatrice ad elettrodo.

Terminata la lavorazione sulle barbette, si procede alla saldatura dei dadi. Il dado situato in prossimità della testa della vite non è filettato ma solo forato (cioè la vite non fa presa). L'avvitamento pertanto avviene in corrispondenza dell'altro dado e "tira" tra questa filettatura e la testa della vite. In alternativa si può utilizzare un cilindretto filettato alle due estremità, da una parte con filettatura destrorsa e dall'altra sinistrorsa (ragionamento speculare per i dadi). Girando questo perno, infatti, la vite si serra in entrambi i dadi, ruotando in un senso (avvicinamento dei dadi) e si allenta ruotando in senso opposto.

Il ferro infine è stato verniciato per conferire uniformità estetica al prototipo (vedi figura 17).



Fig.17

Prodotto ultimato e verniciato.

APPENDICE 1

Modello quantitativo: Influenza del peso del ferro

Si consideri un cavallo in posizione statica, rappresentato da elementi di geometria elementare (Fig.1). In posizione di equilibrio la forza peso $F_p = m \times g$ viene completamente bilanciata dalla reazione normale N del terreno. In tal caso la massa del ferro di cavallo non grava in alcun modo sulla struttura del cavallo in quanto questo è fermo rispetto al sistema di riferimento. Si può considerare il sistema composto da cavallo e ferro che viaggiano "assieme". Per muoversi la muscolatura del cavallo deve esercitare una forza che va a distribuirsi proporzionalmente sul cavallo e sul ferro. Ovvero si può pensare che la forza muscolare che da origine al moto traslatorio, sia scomposta in due componenti come mostrato in figura a lato:

$$F_{motrice} = F_m + F_f$$

In termini più precisi la forza muscolare (F_m) agisce sul terreno (vincolo) la cui reazione R produce il moto, secondo relazione $F_m = R$.

Per stimare queste forze, si prende in considerazione un soggetto che si muova con andatura media di 3,6 Km/h (1 m/s), ovvero al "passo corto".

A questa andatura, si può pensare che il cavallo riparta da fermo dopo ogni passo, in modo tale che la forza muscolare generi una piccola accelerazione: questa allora fa passare la velocità da 0 a 2 m/s ad ogni falcata. Compiendo un passo al secondo, l'accelerazione è dunque pari a 2 m/s^2 .

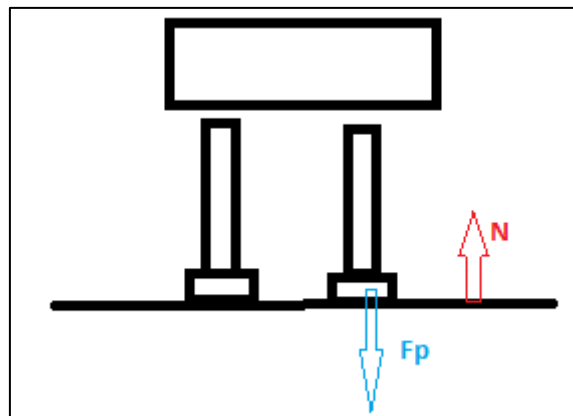


Fig.1

Schema cavallo con geometria elementare.

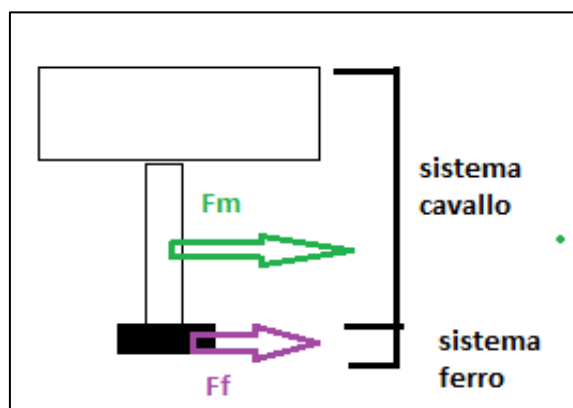


Fig.2

Sistema cavallo e sistema ferro.

Supponendo ora di considerare la sola componente traslatoria di arto e ferro, senza quindi prendere in considerazione il sollevamento dell'arto, si può calcolare la forza necessaria al moto per ciascun arto.

La massa media di un cavallo (prendendo come taglia media un cavallo da salto ostacoli) è 500 kg. Come riportato precedentemente il treno anteriore sopporta il 60% della massa totale del cavallo. Pertanto gli arti anteriori supportano $500 \times 60 / 100 = 300 \text{ Kg}$. Ogni arto sorregge quindi 150 Kg, considerando un cavallo senza cavaliere o attrezzatura da equitazione. Tale equipaggiamento non può essere ignorato: un cavaliere ha una massa media di 75 Kg, la massa della sella è di circa 10 Kg, e da ultimo finimenti, paracolpi, ginocchiere, paraglomeri, ecc aggiungono un altro chilo al conteggio.

Questo peso extra, a differenza del peso dell'animale, viene distribuito in maniera equivalente su tutti e quattro gli arti. Pertanto ciascun arto sarà gravato da $(75 + 10 + 1) / 4 = 21,5 \text{ Kg}$ in più.

Supponendo allora una ferratura classica per peso e dimensioni, ciascun ferro (in Fe360/S235JR) ha una massa di 0,3 Kg.

La forza necessaria al moto è dunque:

$$F_m = m \times a = (150 + 21,5) \times 2 = 343 \text{ N}$$

$$F_f = (0,3 \times 2) = 0,6 \text{ N}$$

$$F_{\text{tot}} = F_m + F_f = 343,6 \text{ N}$$

Si vede come per il semplice moto traslatorio la componente legata al peso del ferro sia poco rilevante ($< 0,2\%$).

Si ponga ora attenzione al sollevamento dell'arto durante il moto (Fig.3). Il cavallo durante le andature si muove di moto oscillatorio. La cassa toracica e quindi il suo centro di massa oscilla relativamente poco, pertanto si può dire che la velocità del centro di massa "G" del corpo del cavallo (esclusi gli arti) sia costante in direzione orizzontale.

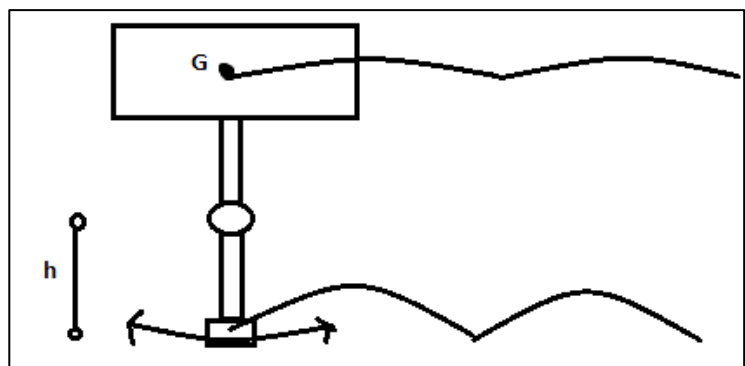


Fig.3

Schema sollevamento dell'arto con moto oscillatorio.

La parte dell'arto maggiormente interessata dall'oscillazione, risulta la parte al di sotto dell'articolazione del ginocchio. Per meglio intendere si tratta della regione comprendente lo stinco. Ipotizzando sempre la massa di un cavallo medio pari a 500 Kg, la documentazione statistica veterinaria ripartisce il 52% del peso nelle viscere e il 48% del peso nella carcassa. Le zampe, costituiscono il 25% del peso della carcassa con gli anteriori che coprono il 42% del peso e i posteriori il 58%.

Pertanto:

- Massa cavallo: $M= 500\text{Kg}$;
- Viscere: $V= 52\% M=260\text{Kg}$;
- Carcassa: $\text{Carc}=48\% M= 240\text{Kg}$;
- Zampe: $Z= 25\% \text{Carc}= 60\text{Kg}$;
- Anteriori: $A_n = 42\% Z= 25,2 \text{ Kg}$ (12,6 Kg per singolo arto);
- Posteriori: $P_s = 58\% Z= 34,8 \text{ Kg}$ (17,4 Kg per singolo arto);

Sostanzialmente la parte di arto appena sotto la spalla non compie grandi oscillazioni, mentre è la parte appunto dello stinco a basculare maggiormente. La forza muscolare deve pertanto compiere un lavoro atto a contrastare la forza peso relativa a questa porzione di arto. Si può calcolare il lavoro L dovuto alla presenza del ferro (come per gli umani sollevare la scarpa con il piede se il piede non è scalzo).

$L = m \times g \times h$, dove m è la massa del ferro, g è l'accelerazione gravitazionale e h l'estensione verticale della falcata.

Sulla base dei dati presenti in letteratura si può ipotizzare:

- $h=30\%$ lunghezza gamba al passo;
- $h=40-50\%$ lunghezza gamba al trotto;
- $h > 50\%$ lunghezza gamba al galoppo;

Si ipotizzi di utilizzare il ferro in classico Fe360 (S235JR) con $m=0,3\text{Kg}$ e di valutare il cavallo alla sua andatura intermedia, ovvero il trotto (la lunghezza della gamba di un cavallo di taglia media è di un metro).

Il lavoro sarà $L_f = 0,3 \times 9,81 \times 0,5 = 1,47 \text{ J}$.

Si ipotizzi invece l'utilizzo di un ferro in alluminio con $m=0,15\text{Kg}$.

$L = 0,15 \times 9,81 \times 0,5 = 0,74 \text{ J}$ (ovvero la metà rispetto al lavoro calcolato precedentemente).

La componente relativa alla traslazione del ferro non viene influenzata dal peso del ferro stesso. Quest'ultimo influenza invece il sollevamento dell'arto.

Il lavoro che i muscoli (L_m) del cavallo devono sostenere è pertanto:

$$L_A(\text{arto}) = m \times g \times h = (4 \text{ Kg}) \times (9,81 \text{ m/s}^2) \times (0,5/2 \text{ m}) = 9,8 \text{ J}.$$

Si considera m come la massa relativa alla porzione dello stinco e dello zoccolo (la stima è pari ad un terzo della massa totale dell'arto, ossia $m = 4 \text{ Kg}$), mentre l'escursione del baricentro di questa porzione di arto è pari a $\frac{1}{2} h$.

L'influenza del peso del ferro Fe360 (S235JR) su un arto anteriore diventa:

$$\frac{L_F}{L_A} = \left[\frac{1.47J}{9.8J} \right] = 0.15,$$

ovvero influisce per il 15% dello sforzo complessivo.

Si consideri ora l'utilizzo di un ferro in Alluminio generico di massa 0,15Kg, il lavoro in tal caso diventa:

$$L = 0,15 \times 9,81 \times 0,5 = 0,74 \text{ J}.$$

Analogamente a quanto sviluppato sopra risulta che l'influenza del peso del ferro (Al) è data da $(0,735/9,8) = 0.75$: ovvero il 7.5%, esattamente la metà del caso precedente.

Si riportano nella seguente tabella i dati ottenuti dal modello riportato in questo capitolo, variando alcuni parametri. Si noti come l'utilizzo di un ferro in Alluminio dimezzi sempre lo sforzo di sollevamento.

	Fe360	Fe360	Fe360	Al	Al	Al
Mcav(Kg)	500,00	400,00	600,00	500,00	400,00	600,00
Mvisc(Kg)	260,00	208,00	312,00	260,00	208,00	312,00
Mcarc(Kg)	240,00	192,00	288,00	240,00	192,00	288,00
Mgambe	60,00	48,00	72,00	60,00	48,00	72,00
Mant(Kg)	12,60	10,08	15,12	12,60	10,08	15,12
Mpost(Kg)	17,40	13,92	20,88	17,40	13,92	20,88
Mcavaliere(Kg)	75,00	80,00	85,00	75,00	80,00	85,00
Mattrezzatu(Kg)	1,00	1,50	1,00	1,00	1,50	1,00
Msella(Kg)	10,00	15,00	8,00	10,00	15,00	8,00
Mextra(Kg)	21,50	24,13	23,50	21,50	24,13	23,50
acc media (m/s ²)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Msosten ant(Kg)	150,00	120,00	180,00	150,00	120,00	180,00
Fmtrasl(N)	343,00	288,25	407,00	343,00	288,25	407,00
Ffertrasl(N)	0,60	0,60	0,60	0,30	0,30	0,30
hpasso(m)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
htrotto(m)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
hgaloppo(m)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Lmfesoll(J)	1,47	1,47	1,47	0,74	0,74	0,74
Mstinco (Kg)	4,00	6,00	5,00	4,00	6,00	5,00
Lmartsoll(J)	9,80	14,70	12,25	9,80	14,70	12,25
%infl fe	15,02	10,01	12,01	7,51	5,01	6,01

APPENDICE 2

Modello quantitativo: Il ferro “Rock and Roll”

Si consideri un cavallo ferrato anteriormente con ferri “Rock and Roll” e si prenda in considerazione in particolare l’arto destro (Fig.1). Si supponga ora invece che il soggetto in questione sia stato ferrato con una *ferratura standard in Fe360* (S235JR) e debba effettuare una svolta a sinistra. Per compiere tale movimento la forza muscolare, che in questo caso determina lo spostamento laterale, sarà rivolta da sinistra verso destra, mentre la reazione (attrito) che si genera di conseguenza produrrà l’effettivo movimento (Fig.1- Fig.2). Durante la svolta tutte le strutture flessorie (legamenti, articolazioni, tendini, ossa, ecc) saranno soggette a sforzo. Si noti in particolare la reazione dell’*osso navicolare* a questo movimento (Fig.2).

La forza motrice è la reazione (attrito) che realmente fa muovere il cavallo ed è la risposta alla componente parallela della forza muscolare. La somma della componente ortogonale della forza muscolare e la forza peso danno origine alla reazione normale N (reazione staticamente ortogonale al terreno che va a scaricarsi sul navicolare) secondo la formula:

$$\mathbf{N} = \mathbf{F}_p + \mathbf{F}_{ort}$$

La forza peso ovviamente mantiene il cavallo “ancorato” al terreno e la componente ortogonale della forza muscolare aumenta l’attrito potenziale (esplicabile dal vincolo). La forza muscolare (reazione vincolare) va a scomporsi in una direzione orto-

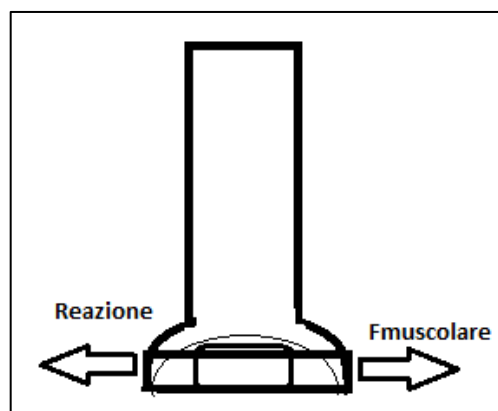


Fig.1
Schema arto con geometria elementare ferrato con Rock and Roll (visione posteriore).

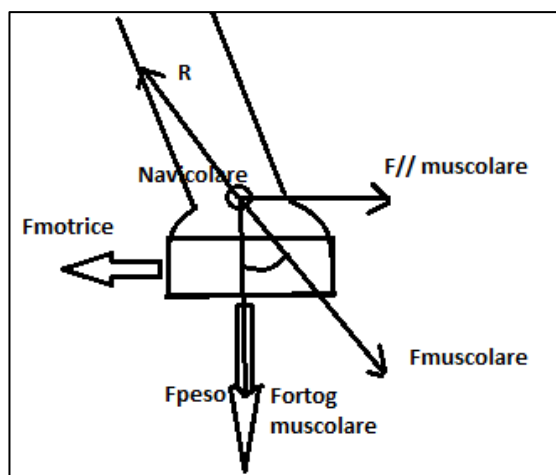


Fig.2
Dettaglio sollecitazione osso navicolare con ferratura standard.

gonale assorbita dal terreno e in un'altra componente che crea lo sforzo laterale sul navicolare ($F_{//}$).

La normale N genera la forza di attrito (con μ coefficiente di attrito del terreno):

$$F_{att} = \mu_{statico} * N$$

la quale corrisponde alla massima forza di attrito.

Il "fulcro" su cui si distribuiscono tutte queste forze è l'osso navicolare

È necessario che la $F_{//} = F_{muscol} * \sin\theta$ sia sufficientemente intensa per consentire la rotazione naturale dell'arto. Si noti poi che la F_{muscol} cresce al diminuire del raggio di curvatura. Questo andamento risulta lineare per angoli piccoli, ovvero per $\theta \approx 0$, ovvero $\sin\theta \approx \theta$.

La F_{muscol} funge da forza centrifuga e la reazione corrispondente costituirà la componente centripeta. La forza centrifuga (e centripeta) è pari a :

$$F_c = \frac{m * v^2}{R}$$

Dove:

- m corrisponde alla massa distribuita sull'arto pari a circa 170 Kg (arto + peso extra visto in precedenza);
- R è il raggio di curvatura e considerando un arena di diametro 20 m (misura std il raggio è pari a 10 m)
- v è la velocità con cui si muove il cavallo, che si può valutare come:
 - $v = 1$ m/s al passo;
 - $v = 10$ m/s durante uno spin;
 - $v = 15$ m/s

Per cui lo sforzo puro che sposta lateralmente il cavallo e *che agisce sostanzialmente sull'osso navicolare* è dato da:

$$F_{//} = F_c = \frac{170 * 15^2}{10} = 3825 \approx 4000N$$

Si confronti il valore trovato con la pura Forza peso:

$$F_p \approx 1700N$$

Si valuti ora la forza muscolare per un ipotetico $\Theta=10^\circ$:

$$F_m = \frac{F_{//}}{\sin \vartheta} \approx \frac{4000}{\sin 10} \approx 23kN$$

Tale forza è più grande di 13,5 volte rispetto alla forza peso e rappresenta la forza muscolare “reale” considerando l’angolo di flessione dell’arto.

Si supponga ora di considerare la medesima casistica, ma con cavallo ferrato con Rock and Roll.

Come spiegato precedentemente in diverse sezioni il Rock and Roll favorisce lo stacco multi direzionale del piede. È come se ,semplificando il modello fino all’estremizzazione, la parte poggiate costituisse una semisfera.

Questo modello potrebbe essere considerato un “Toy Model” che aiuta a capire il funzionamento del Rock and Roll.

Si consideri lo schema semplificato del Rock and Roll come in figura 4

In questo caso il piano d’appoggio è sempre ortogonale al terreno ,in questo modo in qualunque direzione si vada a premere il vincolo è in grado di esercitare una reazione vincolare esattamente opposta. Pertanto,non vi è più la necessità di scomporre la forza muscolare. Questo perché la F_m (o R) che effettivamente crea il movimento costituisce già la reazione normale al terreno. Non vi sono pertanto forze laterali che influenzano il sistema scaricandosi sul navicolare

In conclusione nel caso in esame la componente $F_{//}$ passa da 4000 N a valore 0



Fig.3
Visione frontale Rock and Roll.

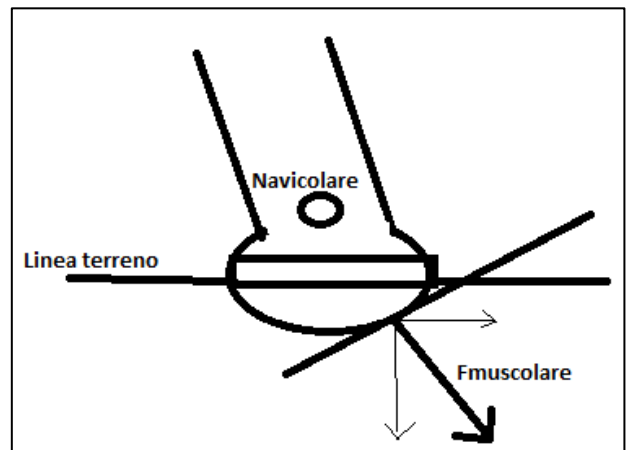


Fig.4
Schema ferratura Rock and Roll.

Bibliografia

Volumi consultati:

- Di Francesco, Luciano: *Il piede del cavallo. Aspetti pratici della sua biomeccanica* (Tabula, 2013).
- Blasio, Vincenzo: *La scuola italiana nell'arte di ferrare. Mascalcia e tecniche di ferratura equina* (Equitare, 2013).
- Hickman, John: *Come ferrare il cavallo* (Editoriale Olimpia, 1989).
- Nassau, Rob Van: *Hoof Problems* (Quiller Publishing Ltd, 2007).
- Adams, O.R.: *Le malattie degli arti del cavallo e problemi di ferratura* (Edagricole, 1975).

Siti consultati:

- Blacksmith Italia : www.blacksmithitalia.it
- Cattafesta: www.cattafesta-c.it
- Arcostruzioni meccaniche: www.arcostruzionimeccaniche.it
- Visani Horseshoes: www.visanihorseshoes.it
- Portale on-line: www.mascalcia.net
- www.mywaymedia.it
- Portale: www.nonsolocavallo.it per l'utilizzo delle immagini
- FIFPE: www.fifpe.it
- Portale: www.ilportaledelcavallo.it
- www.riproduzionistoriche.com
- www.scaligeri.com
- Portale didattico Veterinaria dell'Università di Bolgna: www.portaledidattivovet.org
- www.slideplayer.it
- Ambrell Group: www.ambrell.com
- www.maniscalcomori.it
- Portale on-line Istituto di Istruzione Superiore "Da Vinci" di Torre di Trapani: www.isdavincitorre.eu

- www.wikipedia.org
- www.alpitrek.com
- www.dituttodipiu.altavista.org
- www.masalciacongu.com
- www.mustad.com
- www.alexbrolo.com
- www.webalice.it
- www.archeo.it
- www.tempestitalia.com
- www.forestools.eu
- www.news.directindustry.it

Ringraziamenti

Ringrazio sentitamente per la loro disponibilità, pazienza e collaborazione:

- Prof. Guido Berti per la lungimiranza e l'affiancamento durante tutta questa *“stesura fuori dagli schemi”*;
- Maurizio Maraschin e Nadia Gottardo per la rilettura e l'assistenza continua;
- Carlo Vercesi, esperto maniscalco, per le casistiche reali proposte e l'affiancamento negli argomenti di mascalcia;
- Dottor Fulvio Vindrola per le nozioni di veterinaria e l'affiancamento ai casi reali;
- Michele Pellegrini, esperto maniscalco, per l'affiancamento negli argomenti di mascalcia;
- Filippo Riva per la collaborazione nella stesura degli argomenti fisici e il supporto durante l'intero corso di laurea;
- Alberto Ferrara per il supporto continuo e la consulenza professionale di addestratore;
- Walter e Flavio Pregno per l'utilizzo dei contenuti;
- Maria De Toni, Angela Catelan, Iginio Mognon, Mario Maraschin, Italo Gottardo per il loro affetto;
- Marcello Ferrara e Silvana Nota per il supporto giornalistico;
- Enea Zappella, CEO Blacksmith Italia, per l'utilizzo delle immagini;
- GianMaria Cattafesta per l'utilizzo delle immagini;
- Davide Visani, per l'utilizzo dei contenuti;
- HANS CASTELIJNS D.V.M. – Certified Farrier equine podiatry consult per l'utilizzo dei contenuti ;
- Sara D'Imperio, Nicola Brunelli, Barbara Fantoni, Michele Masi, per l'utilizzo delle immagini;
- Giuseppe Rizzo, per l'utilizzo dei contenuti;
- Mastro Maniscalco Fiorenzo Mori;
- Giuseppe Cuomo per l'utilizzo delle immagini;
- Alexia Ferrante per i dati utilizzati nei modelli quantitativi;

- Claudio Cattani per le rifiniture prototipali;
- Coffe , Ninja e Petite per aver studiato con me.