



UNIVERSITÀ DEL PIEMONTE ORIENTALE

SCUOLA DI MEDICINA

DIPARTIMENTO DI MEDICINA TRASLAZIONALE

Corso di Laurea Magistrale a ciclo unico in Medicina e Chirurgia

Tesi di Laurea

**IL TRATTAMENTO TEMPORANEO NELLE FRATTURE-
LUSSAZIONI DI CAVIGLIA: “FISSATORE ESTERNO
VERSUS STIVALETTO GESSATO”**

Relatore:

Prof. Mario RONGA

Correlatore:

Dott. Vito DE TULLIO

Candidato:

Vincenzo NAIMOLI

Matricola 20047715

Anno Accademico 2023/2024

INDICE

INTRODUZIONE	p. I
PRIMO CAPITOLO.	
L'ANATOMIA DELLA CAVIGLIA	
1.1. Le ossa della caviglia	p. 1
1.1.1. <i>La tibia</i>	p. 1
1.1.2. <i>La fibula</i>	p. 2
1.1.3. <i>L'astragalo</i>	p. 2
1.1.4. <i>Il calcagno</i>	p. 3
1.1.5. <i>Il navicolare</i>	p. 4
1.2. Le articolazioni e i legamenti della caviglia	p. 4
1.2.1. <i>Articolazione tibiotarsica</i>	p. 4
1.2.2. <i>Articolazione talocalcaneonavicolare</i>	p. 7
1.2.3. <i>Articolazione sottoastragalica</i>	p. 8
1.3. La biomeccanica della caviglia	p. 8
1.3.1. <i>La flessione plantare</i>	p. 9
1.3.2. <i>La flessione dorsale</i>	p. 9
1.3.3. <i>La pronazione</i>	p. 10
1.3.4. <i>La supinazione</i>	p. 10
SECONDO CAPITOLO.	
L'EPIDEMIOLOGIA E LA CLINICA DELLE FRATTURE DI CAVIGLIA	
2.1. L'epidemiologia delle fratture	p. 12
2.2. La fisiopatologia e la classificazione delle fratture	p. 14
2.3. La diagnosi delle fratture	p. 26
2.3.1. <i>Il management iniziale</i>	p. 26
2.3.2. <i>L'imaging della frattura di caviglia</i>	p. 27
2.3.3. <i>L'imaging postriduzione</i>	p. 34
TERZO CAPITOLO.	
IL TRATTAMENTO DELLE FRATTURE DI CAVIGLIA	
3.1. Il trattamento delle fratture di caviglia nel trauma ad alta energia	p. 39
3.2. Il trattamento delle fratture trimalleolari	p. 40
3.3. Il trattamento delle fratture di caviglia nell'anziano	p. 42
3.4. Il trattamento delle fratture-lussazioni di caviglia	p. 48
3.5. Il trattamento mininvasivo in pazienti con elevato rischio di complicanze	p. 56

3.6. Il trattamento della frattura-lussazione di Bosworth	p. 59
3.7. Il trattamento della frattura del malleolo posteriore	p. 62
3.8. Il trattamento temporaneo con splint o fissatore esterno	p. 65
3.9. La chirurgia in two steps nella frattura-lussazione di caviglia	p. 65

QUARTO CAPITOLO.

LE COMPLICANZE DELLE FRATTURE DI CAVIGLIA

4.1. La sindrome compartimentale nel piede	p. 68
4.1.1. <i>La fisiopatologia della sindrome compartimentale</i>	p. 70
4.1.2. <i>La diagnosi della sindrome compartimentale</i>	p. 71
4.1.3. <i>Il management terapeutico della sindrome compartimentale</i>	p. 74
4.2. Le complicanze nelle fratture di caviglia del paziente diabetico	p. 75
4.3. La patogenesi e il management delle infezioni correlate alle fratture	p. 77
4.3.1. <i>Il meccanismo fisiopatologico e la prevenzione delle infezioni</i>	p. 80
4.3.2. <i>La diagnosi delle infezioni</i>	p. 82
4.3.3. <i>Il trattamento delle infezioni</i>	p. 86
4.4. La gestione del ritardo di guarigione delle ferite post-chirurgiche	p. 97
4.5. Gli effetti sulla perfusione sanguigna causati dalle compressioni esterne dei trattamenti terapeutici	p. 98

QUINTO CAPITOLO.

DAMAGE CONTROL IN FISSATORE ESTERNO *VERSUS* STIVALETTO GESSATO NELLE FRATTURE-LUSSAZIONI DI CAVIGLIA

5.1. Materiali e metodi	p. 101
5.2. Risultati	p. 102
5.3. Discussione	p. 104

CONCLUSIONI	p. 107
--------------------	--------

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	p. 108
------------------------------------	--------

INTRODUZIONE

Le fratture di caviglia sono frequenti nella popolazione generale. Possono essere gestite con un trattamento conservativo, mediante una riduzione ravvicinata e applicazione di un gesso o di una stecca oppure con un trattamento chirurgico con riduzione aperta e fissazione interna (ORIF).

Quando si verifica un trauma ad alta energia o quando è presente un modello di frattura instabile, ad esempio frattura trimalleolare, è preferibile un trattamento ritardato. I traumi ad alta energia di solito si verificano in scenari come incidenti automobilistici o motociclistici, cadute da un'altezza di almeno tre metri, impatto di auto-pedoni o biciclette. Secondo la letteratura, in queste situazioni, quando si preferisce il trattamento chirurgico, è consigliabile attendere circa sette-dieci giorni prima di eseguire l'ORIF definitivo, in modo che i tessuti molli possano migliorare e siano pronti a sopportare l'insulto chirurgico.

Nelle fratture-lussazioni della caviglia il trattamento chirurgico è il trattamento preferito. Queste hanno spesso un quadro di frattura instabile o sono causate da un trauma ad alta energia; Inoltre, presentano lesioni significative delle strutture ossee e dei tessuti molli della caviglia. In tale contesto clinico è necessaria una riduzione chiusa temporanea, che può essere eseguita con l'applicazione di un fissatore esterno o di uno stivaletto gessato, il tutto per consentire ai tessuti molli di essere pronti per il trattamento definitivo.

Per questo motivo, con riferimento al presente lavoro, nel primo capitolo si descriverà l'anatomia della caviglia in generale per poi focalizzarsi sulle articolazioni associate, in particolar modo quella tibiotarsica. In aggiunta, verrà analizzata la biomeccanica della caviglia utile per comprendere al meglio il meccanismo fisiopatologico di base delle fratture-lussazioni.

Nel secondo capitolo verranno descritte l'epidemiologia e la clinica delle fratture di caviglia, analizzando nel dettaglio i meccanismi fisiopatologici, le classificazioni chirurgiche e l'*imaging* specifico, ciò necessario per ottenere un corretto approccio diagnostico-terapeutico.

Nel terzo capitolo verranno analizzati i diversi trattamenti chirurgici delle fratture di caviglia considerando sia gli approcci temporanei sia quelli definitivi nei più svariati contesti clinici.

Il quarto capitolo sarà dedicato alle complicanze più frequenti delle fratture di caviglia con i rispettivi approcci clinico-terapeutici da seguire.

Infine, nel quinto capitolo verrà descritto lo studio svolto nella S.C. di Ortopedia e Traumatologia dell'AOU di Alessandria riguardante il trattamento temporaneo delle fratture-lussazioni di caviglia.

In generale, l'obiettivo dello studio è quello di determinare il tasso di complicanze delle riduzioni temporanee chiuse delle fratture-lussazioni di caviglia trattate con fissatore esterno o stivaletto gessato. Inoltre, si confrontano le due tecniche in termini di complicanze, di *timing* necessario per il trattamento definitivo e di esiti funzionali, intesi come ritorno alle normali attività quotidiane dei pazienti all'ultimo follow-up, svolto dopo almeno sei mesi dal trattamento.

PRIMO CAPITOLO

L'ANATOMIA DELLA CAVIGLIA

1.1. Le ossa della caviglia

La caviglia è un complesso osseo, costituito dall'epifisi distale della tibia e della fibula, dall'astragalo e in misura minore dal calcagno e dall'osso navicolare. Di seguito verranno descritte nel dettaglio tutte le componenti della caviglia appena menzionate.

1.1.1. La tibia

La tibia è un osso lungo e pari che, insieme al perone, costituisce lo scheletro della gamba. È formata da tre porzioni^[1]:

- 1) *Epifisi prossimale*: in rapporto con il femore mediante i condili omonimi che sono parte integrante della complessa articolazione del ginocchio.
- 2) *Diafisi*: costituita da tre facce e tre margini. La faccia mediale si presenta convessa e corrisponde alla porzione cutanea della gamba. La faccia posteriore è rilevante per la linea del muscolo soleo e infine la faccia laterale si presenta concava avvicinandosi all'epifisi prossimale e convessa verso l'epifisi distale. Il margine anteriore è costituito da un rilievo definito "tuberosità tibiale", punto d'inserzione del legamento patellare. Il margine mediale è poco rilevante. Infine, il margine laterale in cui s'inserisce la membrana interossea.
- 3) *Epifisi distale*: porzione deputata a costituire l'articolazione tibiotarsica. Presenta un prolungamento osseo mediale definito "malleolo mediale". La faccetta inferiore ha una superficie cartilaginea concava in senso anteroposteriore e divisa in due versanti da una cresta sagittale, che si articola con la troclea del talo. Tale superficie articolare prosegue sulla faccetta laterale del malleolo che si articola con la faccetta mediale del talo. A livello del malleolo mediale è presente un solco omonimo punto d'inserzione dei muscoli flessori. Sulla faccetta laterale dell'epifisi distale della tibia è presente l'incisura fibulare, rivestita da cartilagine per l'articolazione con la fibula.

1.1.2. La fibula

La fibula, nota anche come “perone”, è un osso lungo e pari che partecipa alla formazione dello scheletro della gamba. Si presenta più esile della tibia e le è posta lateralmente. È costituita da tre porzioni^[1]:

- 1) *Epifisi prossimale*: si articola mediante l’apice della testa con il condilo laterale della tibia.
- 2) *Diafisi*: formata da tre facce e tre margini. La faccia laterale si presenta liscia. La faccia mediale è costituita dalla cresta mediale, che prosegue con il margine interosseo. La faccia posteriore si presenta maggiormente convessa nei pressi dell’epifisi prossimale e piana a livello dell’epifisi distale. I margini della fibula sono molto acuti, quello mediale è definito interosseo perché dà inserzione alla membrana omonima.
- 3) *Epifisi distale*: si caratterizza per la formazione del malleolo laterale, che si articola medialmente sia con l’incisura fibulare tibiale sia con la faccetta laterale dell’astragalo. La superficie articolare del malleolo è più estesa del rispettivo malleolo mediale della tibia. Posteriormente alla faccetta articolare, è visibile la fossa del malleolo laterale utile per l’inserzione del legamento talofibulare posteriore. Inoltre, sulla faccia laterale del malleolo è presente il solco malleolare per il passaggio dei tendini dei muscoli peronieri.

1.1.3. L’astragalo

L’astragalo, chiamato anche “talo”, è un osso breve dalla forma complessa. Ha un ruolo rilevante nel trasmettere il peso del corpo sul piede^[1].

Non presenta alcuna inserzione tendinea ed è rivestito principalmente da cartilagine ialina utile per formare le diverse articolazioni della caviglia^[2].

Si descrivono tre porzioni:

- 1) *Testa*: ha una forma convessa che si articola sia con l’osso navicolare sia con la faccia anteriore del calcagno^[1].
- 2) *Collo*: è un segmento ristretto che presenta rugosità e diversi piccoli fori vascolari. Si articola con la porzione media del calcagno^[1].
- 3) *Corpo*: superiormente è costituito dalla troclea, che presenta sul piano frontale un’inclinazione di circa 9°^[2].

Si articola anteriormente sia con i malleoli laterale e mediale sia con la tibia e il perone, formando l'articolazione talocrurale. La faccia posteriore è formata da due tubercoli, il mediale e laterale; insieme formano il processo posteriore del talo. Tra questi due tubercoli è presente il solco utile per il passaggio del tendine del muscolo flessore lungo dell'alluce. Il tubercolo laterale, in alcuni soggetti, forma un osso separato definito come "osso trigono". Nella superficie inferiore è presente un'ampia faccetta articolare posteriore che è separata da quella media mediante una profonda depressione, definita "solco del talo". Quest'ultimo, insieme a quello corrispondente del calcagno, forma il seno del tarso^[1].

1.1.4. Il calcagno

Il calcagno è un osso breve ed è il più voluminoso del tarso. Si presenta con una forma allungata in senso anteroposteriore e si articola, superiormente, con il talo e, anteriormente, con il cuboide. È costituito da^[1]:

- 1) Una *porzione posteriore* è presente la tuberosità calcaneare importante per l'inserzione del tendine d'Achille, risultato della fusione del tendine dei muscoli gastrocnemi e soleo. Inferiormente, la tuberosità presenta due processi, il laterale e il mediale. In alcuni casi, il processo mediale può protrudere in avanti formando lo sprone calcaneale.
- 2) La *faccia inferiore* è liscia e presenta, anteriormente, il tubercolo del calcagno.
- 3) Nella *porzione superiore* sono presenti le tre faccette articolari per l'astragalo, ossia quella posteriore, media e anteriore. Tra le facce media e posteriore è visibile il solco del calcagno, che insieme al solco del talo, concorre a formare il seno del tarso. La faccia articolare media corrisponde alla superficie superiore di una sporgenza ossea presente sulla faccia mediale del calcagno, definita "sostentacolo del talo". Al di sotto di questa sporgenza è presente il solco per il tendine del muscolo flessore lungo dell'alluce.
- 4) La *faccia laterale* del calcagno, all'unione tra il terzo anteriore e i due terzi posteriori, presenta la "troclea fibulare", un rilievo di forma arrotondata. Sottostante alla troclea vi è il solco per il tendine del muscolo peroniero lungo.
- 5) La *faccia anteriore* presenta un'ampia faccetta articolare per il cuboide.

1.1.5. Il navicolare

Il navicolare, definito anche come “scafoide”, è un osso breve e ovalare che si posiziona anteriormente all’astragalo e posteriormente ai tre cuneiformi.

La faccetta posteriore si articola con l’astragalo mentre quella anteriore si articola con i tre cuneiformi. Inoltre, presenta nella porzione mediale la tuberosità navicolare importante per l’inserzione del muscolo tibiale posteriore^[1].

1.2. Le articolazioni e i legamenti della caviglia

La caviglia è un complesso articolare definito *diartrosi*, ossia in grado di garantire ampi movimenti nello spazio. È costituita da tre articolazioni^[1]:

- 1) Articolazione tibiotarsica, detta anche talocrurale;
- 2) Articolazione talocalcaneonavicolare;
- 3) Articolazione sottoastragalica, nota anche come talocalcaneale.

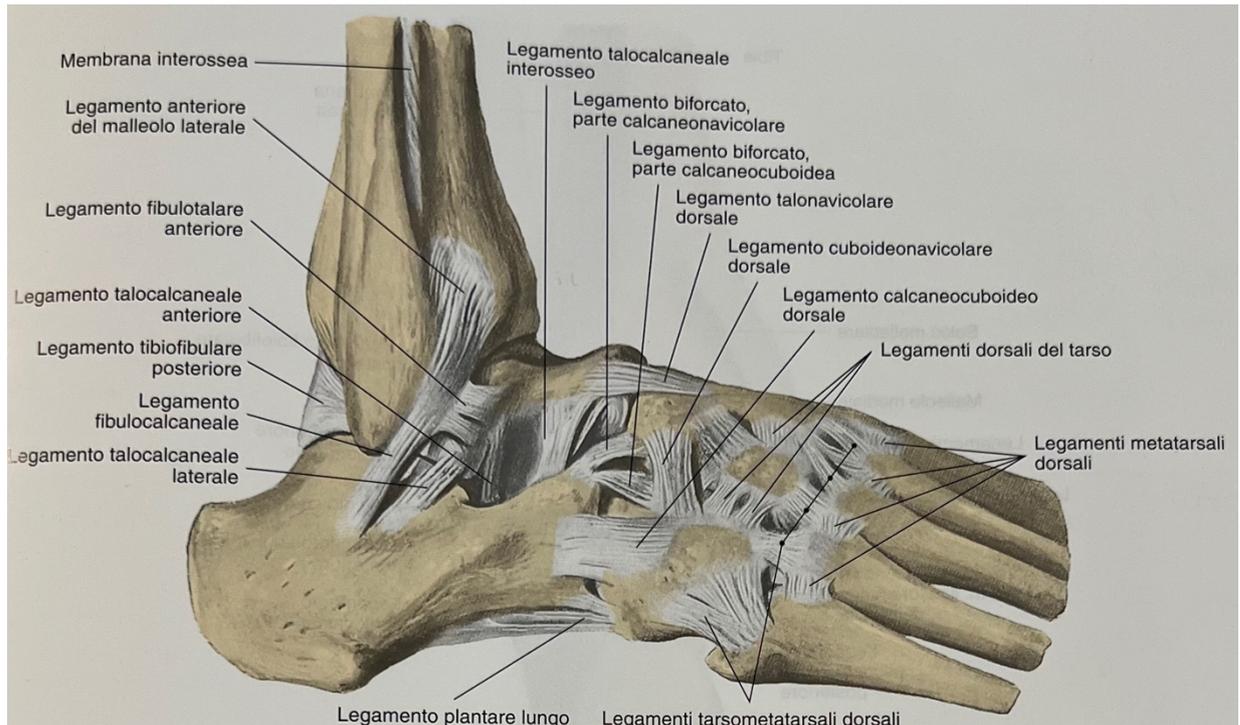
1.2.1. Articolazione tibiotarsica

L’articolazione tibiotarsica, come è possibile osservare dalle figure sottostanti (Figura 1 e Figura 2), è definita come un “ginglino angolare”, cioè in grado di effettuare movimenti angolari perpendicolari all’asse di rotazione dell’articolazione.

Consente movimenti di flessione sia plantare sia dorsale del piede.

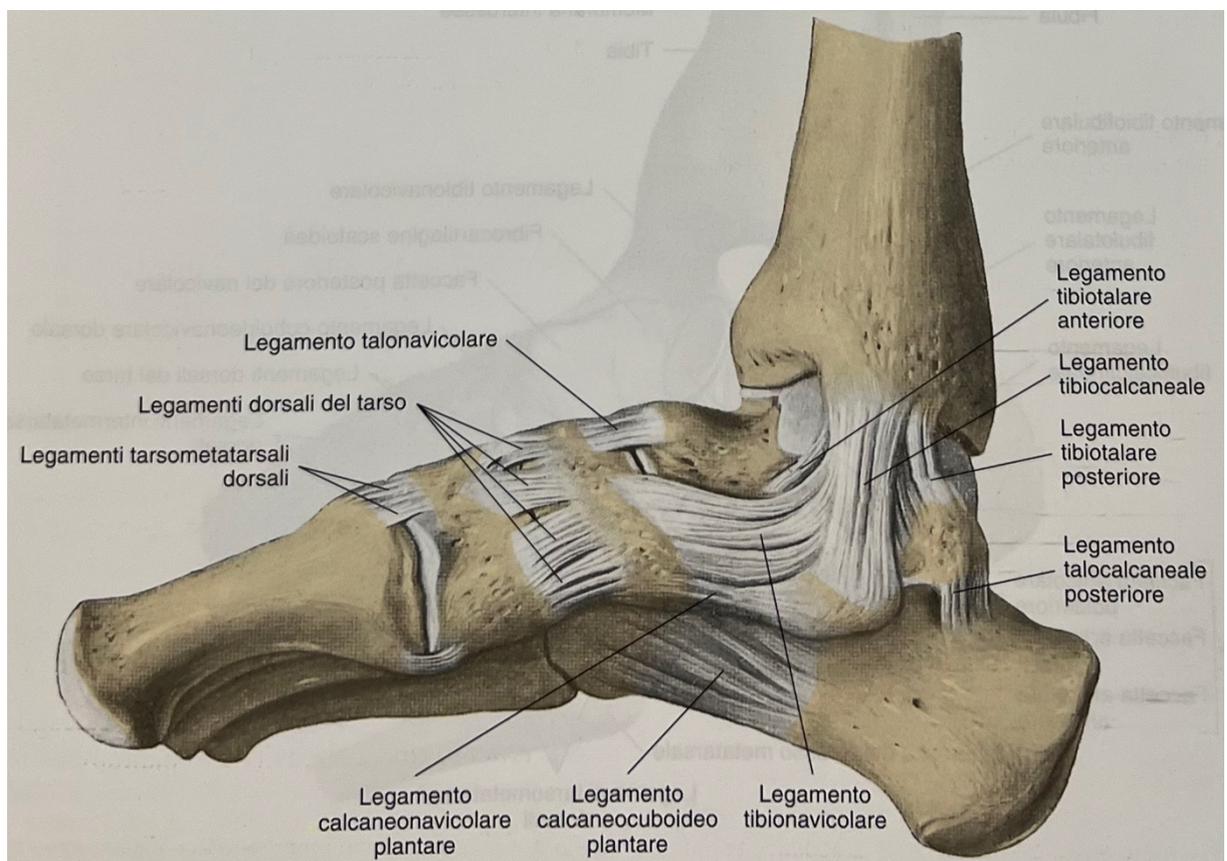
Inoltre, nella flessione plantare l’individuo è in grado di effettuare anche movimenti laterali; ciò non effettuabile in flessione dorsale^[1].

Figura 1. Articolazione tibiotarsica di destra. I mezzi di fissità sono visti dal lato esterno



Fonte: [1] Anastasi et al., 2006, Trattato di Anatomia Umana, Edi-ermes, Milano, p. 251.

Figura 2. Articolazione tibiotarsica di destra. I mezzi di fissità sono visti dal lato interno



Fonte: [1] Anastasi et al., 2006, Trattato di Anatomia Umana, Edi-ermes, Milano, p. 251.

Partecipano a questa articolazione la tibia distale, l'estremità distale del perone e l'astragalo. Nello specifico, la tibia insieme al perone forma il cosiddetto "mortaio tibiofibulare" che essendo concavo andrà ad articolarsi con la faccia superiore dell'astragalo.

Tibia e fibula sono unite dall'articolazione tibiofibulare distale in cui il malleolo laterale della fibula si articola con l'incisura fibulare della tibia. L'articolazione è rinforzata dai legamenti tibiofibulari anteriore e posteriore.

L'articolazione tibiotarsica, essendo una diartrosi, è costituita dalle superfici articolari, dalla capsula articolare, dalla cavità articolare e infine dai legamenti di rinforzo.

Più nel dettaglio, le *superfici articolari* sono^[1]:

- faccetta articolare inferiore della tibia;
- faccetta articolare del malleolo mediale, posizionata sulla porzione laterale del malleolo;
- faccetta articolare del malleolo laterale, posizionata sulla porzione mediale del malleolo;
- troclea, facce malleolari laterali e mediali dell'astragalo che si articolano rispettivamente con le faccette descritte in precedenza.

La *capsula articolare* è una componente fibrosa che avvolge i capi articolari e, allo stesso tempo, utile a formare la cavità articolare, contenente il liquido sinoviale con funzione lubrificante per l'articolazione. Presenta due strati: quello più profondo definito come "membrana sinoviale" e quello superficiale definito come "membrana fibrosa".

La capsula è fissata sui margini della cartilagine articolare dell'astragalo e sui contorni del mortaio.

Inoltre, per garantire i movimenti di flessione è più sottile sia posteriormente sia anteriormente mentre si presenta rinforzata sui lati dai legamenti.

I legamenti che completano l'articolazione tibiotarsica sono il^[1]:

- legamento collaterale mediale;
- legamento collaterale laterale.

Il *legamento collaterale mediale*, definito anche "deltoideo" ha una forma triangolare, in cui la base s'inserisce alla superficie ossea dell'astragalo sfioccandosi in altri quattro fasci e l'apice s'inserisce al malleolo mediale della tibia.

La base del triangolo, citato prima, è costituita da quattro fasci che si dividono in due anteriori e due posteriori. I primi definiti legamento tibionavicolare che s'inserisce sull'osso omonimo,

e legamento tibiotalare anteriore che s'inserisce sul collo dell'astragalo; i due posteriori invece sono il legamento tibioalcaneale che s'inserisce sul sustentacolo del talo e il tibiotalare posteriore che si fissa sulla porzione mediale dell'astragalo.

Il *legamento collaterale laterale* si sfiocca in altri tre legamenti^[1]:

- legamento talofibulare anteriore che si fissa sulla faccetta laterale dell'astragalo;
- legamento talofibulare posteriore che s'inserisce nella porzione posteriore dell'astragalo
- il legamento calcaneofibulare che s'inserisce sulla porzione laterale del calcagno.

L'ultima componente dell'articolazione talocrurale, oltre alle superfici articolari e capsula articolare, è la *cavità articolare*. Essa ha la funzione di contenere la sinovia, con funzione lubrificante. La lubrificazione di tale articolazione può essere di due tipi^[1]:

- *Idrodinamica*: si avrà un'interposizione di liquido tra i capi articolari. Tipica situazione in cui l'articolazione è sottoposta ad un carico minimo.
- *Elastodinamica*: tipica di una situazione con aumento del carico sull'articolazione.

1.2.2. Articolazione talocalcaneonavicolare

L'articolazione talocalcaneonavicolare è definita come un'"enartrosi", sicché le due componenti che ne fanno parte una è convessa e l'altra è concava.

Nello specifico, la porzione convessa è costituita dalla testa dell'astragalo, mentre quella concava dalle faccette articolari anteriore e media del calcagno unite alla faccetta articolare del navicolare.

È una articolazione estremamente mobile nello spazio. Infatti, permette movimenti di rotazione sia mediale sia laterale del piede, ossia di prono-supinazione.

I mezzi d'unione sono rappresentati dalla capsula articolare e dai legamenti di rinforzo. La membrana fibrosa si fissa sui margini delle superfici articolari e, posteriormente, raggiunge il collo del talo.

I legamenti di rinforzo di tale articolazione sono molteplici^[1]:

- *Legamento talonavicolare dorsale*: origina dal collo dell'astragalo e s'inserisce sulla porzione dorsale dell'osso navicolare.

- *Legamento calcaneonavicolare*: costituisce la parte mediale del “legamento biforcato”, il quale si porta dalla porzione dorsale del calcagno alla faccia dorsale del navicolare e dell’osso cuboide.
- *Legamento calcaneonavicolare plantare*: origina dalla faccetta plantare del calcagno e s’inserisce sulla faccetta plantare del navicolare.

1.2.3. Articolazione sottoastraglica

L’articolazione sottoastraglica è una diartrosi, come le precedenti, più precisamente “ginglino laterale o trocoide” in cui partecipano una porzione convessa e ovalare, ossia la faccetta articolare del calcagno e una concava e ovalare costituita dalla faccetta articolare dell’astragalo.

Insieme all’articolazione talocalcaneonavicolare permette di effettuare movimenti di prono-supinazione del piede.

I mezzi d’unione di unione sono rappresentati dalla capsula articolare e da alcuni legamenti di rinforzo. La capsula fibrosa è lassa e circonda le superfici articolari.

L’articolazione talocalcaneale è stabilizzata da una serie di legamenti^[1]:

- *Legamento talocalcaneale laterale*: origina dalla faccetta laterale dell’astragalo e s’inserisce sulla faccetta laterale del calcagno.
- *Legamento talocalcaneale mediale*: congiunge le faccette mediali del calcagno e dell’astragalo.
- *Legamento talocalcaneale posteriore*: origina dal tubercolo laterale della porzione posteriore dell’astragalo e s’inserisce sulla porzione superiore del calcagno.
- *Legamento talocalcaneale interosseo*: origina nel solco dell’astragalo e s’inserisce in quello del calcagno, il tutto occupando il seno del tarso.

1.3. La biomeccanica della caviglia

L’articolazione talocrurale, *in primis*, insieme alle altre articolazioni minori della caviglia permettono di effettuare diversi movimenti. In particolar modo, flessione sia plantare sia dorsale del piede e prono-supinazione dello stesso. L’asse di rotazione varia in relazione al grado di dorsi-flessione/flessione plantare, ciò determina movimenti complessi del talo sul piano sagittale, coronale e frontale^[2].

Il range fisiologico di movimento sul piano sagittale è di 13-33° di dorsiflessione e di circa 23-56° di flessione plantare. Inoltre, questi movimenti sul piano sagittale si associano anche a quelli trasversali, ossia rotazione interna e/o esterna, e coronali, ossia di varismo e valgismo^[2].

1.3.1. La flessione plantare

La flessione plantare del piede è garantita da tre muscoli: plantare, gastrocnemio e soleo; gli ultimi due formano un unico complesso definito “muscolo tricipite della sura”. Tutti sono innervati dal nervo tibiale, ramo principale del nervo ischiatico, quest’ultimo costituito dalle fibre dei rami L4-L5 e S1-S2-S3^[1]. Nello specifico,

- *Il muscolo plantare*: è un lungo e sottile muscolo rudimentale, posto tra il gastrocnemio e il soleo. Origina dal condilo laterale del femore e dalla faccia posteriore della capsula articolare del ginocchio, profondamente al capo laterale del gastrocnemio. S’inserisce sulla faccia mediale del calcagno; in alcuni casi si fonde con il tendine calcaneale.
- *Il muscolo tricipite della sura*: è una voluminosa massa muscolare costituita dai più superficiali capo mediale (origina dall’epicondilo mediale del femore e dalla capsula articolare del ginocchio e s’inserisce sulla faccia posteriore del calcagno) e capo laterale del muscolo gastrocnemio (origina dall’epicondilo laterale del femore, dal piano popliteo e dalla capsula articolare del ginocchio e s’inserisce sulla faccia posteriore del calcagno), cui si aggiunge il muscolo soleo, più profondo, che origina dalla testa e faccia posteriore della fibula, linea muscolo soleo della tibia e arcata fibrosa (tra la testa della fibula e linea del muscolo soleo) e s’inserisce sulla faccia posteriore del calcagno.

1.3.2. La flessione dorsale

La flessione dorsale del piede è garantita da quattro muscoli: tibiale anteriore, estensore lungo dell’alluce, estensore lungo delle dita e peroniero anteriore. Innervati dal nervo peroniero profondo, ramo del nervo ischiatico^[1].

- *Il muscolo tibiale anteriore*: è posto a ridosso della faccia laterale della tibia. È di forma prismatico-triangolare e, con un lungo tendine si porta al margine mediale del piede. Origina dalla faccia laterale della tibia, dalla membrana interossea e dalla faccia crurale. In corrispondenza della parte inferiore della gamba, continua con un robusto tendine, che passa profondamente ai retinacoli superiore e inferiore dei muscoli estensori. S’inserisce sull’osso cuneiforme mediale e sul primo metatarso.

- *Il muscolo estensore lungo dell'alluce*: è situato profondamente, tra il tibiale anteriore e l'estensore lungo delle dita. Origina sul terzo medio della faccia mediale del perone. S'inscrive sulla faccia dorsale della base della falange distale dell'alluce.
- *Il muscolo estensore lungo delle dita*: è un robusto muscolo appiattito, posto tra i muscoli tibiale anteriore ed estensore lungo dell'alluce. Origina dal condilo laterale della tibia e dalla testa e margine anteriore della fibula. S'inscrive sulla faccia dorsale delle falangi intermedie e distali.
- *Il muscolo peroniero anteriore*: è più il laterale dei muscoli anteriori e occupa la metà inferiore della gamba. Origina sulla faccia mediale della fibula e membrana interossea. S'inscrive sulla base distale del quinto metatarso.

1.3.3. La pronazione

La pronazione del piede è garantita da tre muscoli: muscolo peroniero lungo e breve e l'estensore lungo delle dita. I muscoli peronieri sono innervati dal nervo peroniero superficiale, mentre il muscolo estensore lungo delle dita dal nervo peroniero profondo^[1].

- *Il muscolo peroniero lungo*: è un muscolo allungato che si trova superficialmente nella faccia laterale della gamba. Origina dalla testa e faccia laterale della fibula. S'inscrive sul primo cuneiforme e sulla base del secondo metatarso.
- *Il muscolo peroniero breve*: è posto profondamente al peroniero lungo. Origina sul terzo medio e faccia laterale della fibula. S'inscrive sulla base del quinto metatarso.
- *Il muscolo estensore lungo delle dita*: origina dal condilo laterale della tibia e dalla testa e margine anteriore della fibula. S'inscrive sulla faccia dorsale delle falangi intermedie e distali.

1.3.4. La supinazione

La supinazione del piede è determinata da sette muscoli: tibiale anteriore, estensore lungo dell'alluce, estensore lungo delle dita, peroniero anteriore, tibiale posteriore, flessore lungo delle dita e flessore lungo dell'alluce. I primi quattro innervati dal nervo peroniero profondo e i restanti dal nervo tibiale^[1].

- *Il muscolo tibiale anteriore*: origina dalla faccia laterale della tibia e membrana interossea. S'inscrive sul primo cuneiforme e sul primo metatarso.
- *Il muscolo estensore lungo dell'alluce*: origina sul terzo medio della faccia mediale del perone. S'inscrive sulla faccia dorsale della base della falange distale dell'alluce.
- *Il muscolo estensore lungo delle dita*: origina dal condilo laterale della tibia e dalla testa e margine anteriore della fibula. S'inscrive sulla faccia dorsale delle falangi intermedie e distali.
- *Il muscolo peroniero anteriore*: origina sulla faccia mediale della fibula e membrana interossea. S'inscrive sulla base distale del quinto metatarso.
- *Il muscolo tibiale posteriore*: è il più profondo dei muscoli posteriori della gamba ed è situato in una posizione intermedia rispetto ai flessori lunghi. Origina dalla faccia mediale della fibula e faccia posteriore della tibia. S'inscrive sulla tuberosità navicolare e sulla superficie plantare dei cuneiformi.
- *Il muscolo flessore lungo delle dita*: è il più mediale dello strato profondo dei muscoli posteriori della gamba. Origina dalla faccia posteriore della tibia e s'inscrive sulle falangi distali del quarto e quinto dito.
- *Il muscolo flessore lungo dell'alluce*: è posto profondamente, nella superficie posteriore della gamba, lateralmente agli altri muscoli profondi. Origina dalla faccia posteriore e margine laterale del perone e s'inscrive sulla falange distale dell'alluce.

SECONDO CAPITOLO

L'EPIDEMIOLOGIA E LA CLINICA DELLE FRATTURE DI CAVIGLIA

2.1. L'epidemiologia delle fratture

Le fratture di caviglia, di cui si è osservato un'importante e progressivo incremento negli ultimi decenni secondo i più recenti dati epidemiologici a disposizione ^[2], sono tra le più frequenti negli Stati Uniti, con un'incidenza di 4,22 su 10.000 persone l'anno ^[3]. Si tratta di lesioni comuni degli arti inferiori e spesso richiedono un trattamento chirurgico, rappresentando circa il 9% di tutte le fratture. Questa incidenza nella popolazione adulta è aumentata del 300% negli ultimi 30 anni ^[4]. Inoltre, si considerano come infortuni comuni riscontrati dai professionisti ortopedici, con oltre un quarto di milione che si verificano ogni anno negli Stati Uniti ^[5].

In generale, le fratture della caviglia rappresentano le fratture intrarticolari più frequenti rispetto alle altre articolazioni principali del corpo ^[6], coinvolgendo prevalentemente i giovani-adulti, con una maggior predominanza nel sesso maschile. Inoltre, si ha un maggior tasso di fratture nella popolazione bianca rispetto alle altre ^[3].

Di converso, le donne anziane mostrano modelli di frattura più complessi rispetto ad altri gruppi demografici ^[7]. Infatti, con l'invecchiamento della popolazione, il tasso di fratture della caviglia, per questa componente della popolazione, è in aumento, portando a maggiori ricoveri ospedalieri e incremento dei costi di gestione. Al riguardo e al fine di contenere tale incremento, il sistema sanitario americano si sta orientando verso un modello di pagamento combinato in cui le complicanze non possono essere rimborsate ^[8].

Nella popolazione traumatologica, circa il 60% delle fratture della caviglia sono classificate come lesioni da supinazione e rotazione esterna, secondo Lauge-Hensen; al contrario, le lesioni da adduzione in supinazione e l'abduzione in pronazione sono relativamente rare ^[9].

Circa il 67% delle fratture della caviglia sono unimalleolari, quelle bimalleolari rappresentano circa il 25% delle fratture di caviglia; infatti, sono più frequenti rispetto a quelle trimalleolari che presentano un range di incidenza compreso tra il 5-10% ^[6,10].

Il meccanismo mediante cui si verifica la frattura è molteplice: secondo un ordine di frequenza, vi sono cadute da altezze sostenute o meno, diversi tipi di sport, esercizio fisico, salti e traumi [3]. Questi ultimi, a loro volta, si dividono in due importanti categorie: i primi, a bassa energia, sono spesso legati a sport e/o torsioni dove il meccanismo associato di solito è un monotrauma, ossia inversioni o torsioni, che provocano lesioni isolate da rotazione esterna in supinazione [9]; i secondi, ad alta energia, sono spesso causa di diverse modalità di frattura, ciò dovuto ad un aumentato trasferimento di energia associato all'evento (incidenti automobilistici o motociclistici, cadute da un'altezza di almeno 3 metri, impatto di auto-pedoni o biciclette) [9, 11]. Nella maggior parte dei casi il trauma ad alta energia è correlato ad una situazione di politrauma, soprattutto nella popolazione più giovane. Le lesioni avvengono prevalentemente per adduzione in supinazione o per abduzione in pronazione [9].

Nel paziente politraumatizzato è frequente riscontrare un trauma dell'arto inferiore.

I traumi della caviglia ad alta energia richiedono un *care plan* individuale ottimizzando gli *outcomes* ed evitando le complicanze, tra cui la sindrome compartimentale o infezioni da lacerazioni più o meno gravi.

Le variabili da considerare per un trattamento ottimale sono: classificare la frattura/lussazione, valutare la gravità del coinvolgimento dei tessuti molli e considerare le varie comorbilità del paziente. Si possono avere, quindi, quadri differenti di lesioni, tra cui lussazioni o fratture o, in casi particolari, entrambi [11].

Una percentuale compresa tra l'11 e il 64% di tutte le fratture della caviglia è classificata come lussata da moderata a grave, con fratture-lussazioni e modelli di frattura complessi (ad esempio, fratture bi- e trimalleolari) che dimostrano esiti clinici peggiori rispetto alle fratture semplici [7].

Le fratture-lussazione della caviglia rappresentano dal 21% al 36% di tutte le fratture della caviglia e sono spesso associate a modelli di frattura più complessi e gravi danni ai tessuti molli, con conseguenti esiti clinici peggiori [12].

È stato segnalato che concomitanti lussazioni tibio-astragaliche si verificano in una percentuale compresa tra il 21% e il 36% dei casi di fratture della caviglia.

Lussazioni puramente legamentose della caviglia senza una frattura malleolare associata si verificano, ma sono relativamente rare.

Le lussazioni per frattura della caviglia possono meritare un'attenzione speciale a causa dei tassi più elevati di lesioni aperte, lesioni osteocondrali, mal riduzione articolare, dolore cronico, osteoartrosi post-traumatica ed esiti peggiori riferiti dal paziente rispetto alle fratture della

caviglia non lussate. Questi fattori devono essere considerati durante la valutazione della frattura-lussazione della caviglia, per migliorare la gestione e i risultati dei pazienti [5].

2.2. La fisiopatologia e la classificazione delle fratture

La frattura è un'interruzione della continuità di un osso, determinata da una sollecitazione meccanica esterna superiore ai limiti di deformabilità. Due variabili entrano in gioco nella determinazione di una frattura:

- *L'entità della forza lesiva*: considerato come fattore estrinseco;
- *La resistenza dell'osso*: definito come fattore intrinseco.

Un indebolimento del tessuto osseo di qualsiasi natura rende lo scheletro più suscettibile agli effetti di un trauma [13].

Le fratture della caviglia si verificano spesso mediante meccanismi di rotazione causate da forze esterne trasmesse attraverso il piede, mediante l'astragalo, ai malleoli.

Il tipo specifico di frattura e lesione legamentosa dipende dalla posizione del piede e dalla direzione della forza al momento della lesione.

Questa è alla base della classificazione delle fratture della caviglia secondo Lauge-Hansen.

Le fratture-lussazioni della caviglia si verificano attraverso meccanismi e modelli simili a quelli delle fratture non lussate, ma la persistenza della forza deformante dopo la frattura determina un danno dei tessuti molli con conseguente lussazione dell'astragalo.

A seconda della lesione concomitante, i legamenti che uniscono l'astragalo al retropiede potrebbero essere ancora integri.

Questo processo di lesione può verificarsi mediante meccanismi ad alta o bassa energia a seconda della qualità dell'osso del paziente e dell'integrità dei legamenti.

La lussazione della caviglia senza frattura è rara ed è stato segnalato che si verifica mediante molteplici meccanismi.

Il modello di lesione più comune è una lussazione posteromediale causata dalla massima flessione plantare, carico assiale e inversione della caviglia, che spesso crea una lesione aperta. I fattori predisponenti proposti per le lussazioni della caviglia includono l'ipoplasia malleolare, la lassità legamentosa e precedente lesione legamentosa [5].

Attualmente sono presenti diversi tipi di classificazioni delle fratture malleolari, ognuna delle quali considera variabili differenti.

La prima suddivisione è in relazione al numero di malleoli coinvolti, questo secondo Percival Pott, che però non considera la distinzione tra frattura stabile o instabile [2]:

- 1) *Frattura monomalleolare*: interessa in modo isolato il malleolo mediale (tibiale) o quello laterale (peroneale).
- 2) *Frattura bimalleolare*: coinvolge contemporaneamente sia il malleolo mediale sia quello laterale.
- 3) *Frattura trimalleolare*: coinvolge, oltre ai malleoli laterale e mediale, anche quello posteriore del pilone tibiale.

Ulteriormente, si ha la classificazione di Lauge-Hengen, ossia di tipo eziologico, in cui si considera il meccanismo con cui avviene la lesione (Tabella 1). Si basa sulla posizione del piede al momento del trauma e la direzione della forza meccanica deformante [13]:

- 1) *Frattura in supinazione-extrarotazione*;
- 2) *Frattura in supinazione-adduzione*;
- 3) *Frattura in pronazione-extrarotazione*;
- 4) *Frattura in pronazione-abduzione*;
- 5) *Frattura in dorsiflessione e carico verticale*.

Inoltre, tale classificazione tiene conto della gravità della lesione, distinguendo quattro stadi. Ciò permette di fornire maggiori informazioni sulla stabilità della frattura, perciò, ampiamente utilizzata nelle fratture di caviglia [2].

Tabella 1. Classificazione dettagliata di Lauge-Hansen

CATEGORIA	STADIO
Frattura in supinazione-extrarotazione	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lesione del legamento tibioperoneale anteroinferiore 2. Frattura obliqua/spirale del perone distale 3. Lesione del legamento tibioperoneale postero-inferiore o avulsione del malleolo posteriore 4. Frattura del malleolo mediale o lesione del legamento deltoideo
Frattura in supinazione-adduzione	<ol style="list-style-type: none"> 1. Frattura trasversale del perone distale 2. Frattura verticale della rotazione del malleolo mediale
Frattura in pronazione extrarotazione	<ol style="list-style-type: none"> 1. Frattura del malleolo mediale o lesione del legamento deltoideo 2. Lesione del legamento tibioperoneale antero-inferiore 3. Frattura obliqua/spirale del perone prossimale fino al plafond tibiale 4. Lesione del legamento tibioperoneale postero-inferiore o avulsione del malleolo posteriore
Frattura in pronazione-abduzione	<ol style="list-style-type: none"> 1. Frattura del malleolo mediale o lesione del legamento deltoideo 2. Lesione del legamento tibioperoneale antero-inferiore 3. Frattura trasversale o comminuta del perone prossimale fino al plafond tibiale

Fonte: [14] Abdelgaid S.M, Moursy A.F, Elgebaly E.A.A, Aboelenien A.M., 2018, *Minimally Invasive Treatment of Ankle Fractures in Patients at High Risk of Soft Tissue Wound Healing Complications, The Journal of Foot & Ankle Surgery*, 57(3):557-571. doi:10.1053/j.jfas.2017.11.041

Un'altra classificazione è quella di Denis-Weber, che, a differenza della precedente, è di tipo descrittivo sicché considera la posizione della frattura del malleolo laterale rispetto alla sindesmosi tra tibia e fibula distale, ciò indipendentemente dalla presenza o meno della frattura del malleolo tibiale ^[13]:

- *Tipo A*: frattura sottosindesmosica;
- *Tipo B*: frattura transindesmosica;
- *Tipo C*: frattura sovrainsindesmosica.

Tale classificazione presenta elevata affidabilità inter e intraosservatore, ma allo stesso tempo non adeguata alle fratture bi o trimalleolari [2].

Tuttavia, le classificazioni Lauge-Hansen e Weber non descrivono il livello della frattura del malleolo mediale. Il livello della frattura del malleolo mediale può essere sopracolicolare o collicolare e include fratture del collicolo anteriore, del collicolo posteriore o attraverso il solco intercollicolare [14].

Nell'ambito delle fratture bimalleolari si differenziano i seguenti tipi [13]:

- *Frattura di Dupuytren bassa*: frattura del malleolo laterale e mediale;
- *Frattura di Dupuytren alta*: frattura del terzo medio della fibula e del malleolo tibiale;
- *Frattura di Maisonneuve*: frattura della fibula prossimale associata a frattura del malleolo mediale e lacerazione della membrana interossea.

La ricerca clinica ha permesso di introdurre nuove classificazioni focalizzandosi soprattutto sulle fratture del malleolo tibiale o posteriore.

La classificazione di Herscovici *et al.* permette di valutare e differenziare in quattro tipi le fratture del malleolo mediale mediante *imaging* radiografico anteroposteriore.

Il limite di tale classificazione sono le situazioni in cui si hanno fratture multimalleolari.

Il trattamento chirurgico delle fratture del malleolo tibiale dipende dal grado di spostamento del frammento e dalla stabilità della frattura della caviglia.

Per quanto riguarda le fratture del malleolo posteriore sono presenti tre classificazioni: Haraguchi, quella di Mason e infine Bartonicek.

Haraguchi basa la sua classificazione sull'*imaging* TC sezione trasversale del malleolo posteriore. Invece Mason ha modificato la precedente indicando maggiori dettagli sia sulla gravità sia sul meccanismo patologico della frattura.

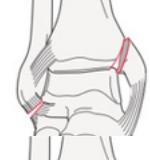
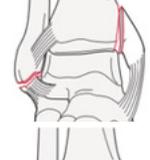
Infine, la classificazione di Bartonicek si basa sempre su *imaging* TC, ma tiene conto anche della stabilità dell'articolazione tibiotarsica e l'integrità dell'incisura peroneale.

Tutte queste classificazioni non ci permettono però di classificare al meglio la frattura trimalleolare [2].

Il sistema di classificazione AO/OTA (*Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen/Orthopaedic Trauma Association*) è quello più completo e classifica le fratture malleolari (44) in tipo A, B e C (Tabelle 2-4), oltre ad avere per ognuno altri tre

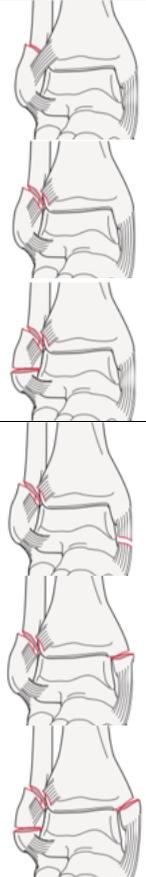
sottogruppi (es. A1, A2, A3 ecc.) ^[15,16]. È ampiamente riconosciuto, facile da utilizzare nella pratica clinica e fornisce importanti informazioni sul tipo di frattura trimalleolare con particolare attenzione al perone, ciò utile per un'appropriata scelta terapeutica. La configurazione del malleolo posteriore non è considerata in tale classificazione ^[2].

Tabella 2. Fratture malleolari (44) tipo A

CATEGORIA	TIPOLOGIA	SOTTOGRUPPO	NOME FRATTURA	IMMAGINE TRIDIMENSIONALE
44A – Lesione infrasindesmotic	<i>44A1 – Frattura della fibula isolata</i>	44A1.1	Rottura del legamento collaterale laterale	
		44A1.2	Frattura da avulsione della punta del malleolo laterale	
		44A1.3	Frattura trasversale del malleolo laterale	
	<i>44A2 – Frattura del malleolo mediale</i>	44A2.1	Rottura del legamento collaterale laterale	
		44A2.2	Frattura da avulsione della punta del malleolo laterale	
		44A2.3	Frattura trasversale del malleolo laterale	

44A – Lesione infrasindestmotica	<i>44A3 – Frattura posteromediale</i>	44A3.1	Rottura del legamento collaterale laterale	
		44A3.2	Frattura da avulsione della punta del malleolo laterale	
		44A3.3	Frattura trasversale del malleolo laterale	

Tabella 3. Fratture malleolari (44) tipo B

CATEGORIA	TIPOLOGIA	SOTTOGRUPPO	NOME FRATTURA	IMMAGINE TRIDIMENSIONALE
44B – Lesione transindesmotica	<i>44B1 – Frattura della fibula isolata</i>	44B1.1(*)	Frattura semplice del perone	
		44B1.2(*)	Rottura della porzione anteriore della sindesmosi	
		44B1.3(*)	Frattura della fibula a cuneo o pluriframmentaria	
	<i>44B2 – con lesione mediale</i>	44B2.1(*)	Rottura sia del legamento deltoideo sia della sindesmosi anteriore	
		44B2.2(*)	Frattura del malleolo mediale e rottura della sindesmosi anteriore	
		44B2.3(**)	Frattura a cuneo o pluriframmentaria della fibula associata a lesione mediale	

44B – Lesione transindesmotica

44B3 – con lesione mediale e frattura del bordo posterolaterale, definito come frammento di Volkmann

44B3.1(*)

Frattura semplice con rottura del legamento deltoideo

44B3.2(*)

Frattura del malleolo mediale semplice

44B3.3(*)

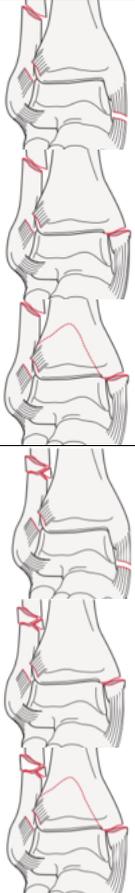
Frattura della fibula a cuneo o pluriframmentaria associata a frattura del malleolo mediale



(*) Inoltre, nel tipo 44B è possibile aggiungere altre caratteristiche per meglio specificare la frattura malleolare ovvero, la presenza o meno di: Frattura del tubercolo di Tillaux-Chaput; Frattura da avulsione di Wagstaffe-Le Fort; Sindesmosi instabile.

(**) Ciò è importante considerarlo nei sottogruppi da 44B1.1 a 44B1.3, da 44B2.1 a 44B2.2 e da 44B3.1 a 44B3.3. Invece nel sottogruppo 44B2.3 bisogna considerare la possibilità di: Rottura del legamento deltoideo; Frattura del malleolo tibiale; Instabilità della sindesmosi.

Tabella 4. Fratture malleolari (44) tipo C

CATEGORIA	TIPOLOGIA	SOTTOGRUPPO	NOME FRATTURA	IMMAGINE TRIDIMENSIONALE
44C – Lesione sovrasin-desmosica	<i>44C1 – Frattura diafisaria semplice del perone</i>	44C1.1(*)	Rottura del legamento deltoideo	
		44C1.2(*)	Frattura del malleolo mediale	
		44C1.3(*)	Frattura sia del malleolo mediale sia di quello posteriore	
	<i>44C2 – frattura a cuneo o pluriframmentaria del perone diafisario</i>	44C2.1(*)	Rottura del legamento deltoideo	
		44C2.2(*)	Frattura del malleolo mediale	
		44C2.3(*)	Frattura sia del malleolo mediale sia di quello posteriore	

**44C – Lesione
sovrasin-desmosica**

*44C3 – lesione
della porzione
prossimale del
perone*

44C3.1(**)

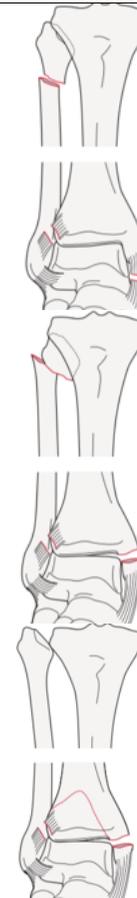
Lesione del lato mediale

44C3.2(**)

Accorciamento e lesione del lato mediale

44C3.3(**)

Lesione del lato mediale e frattura del
malleolo posteriore



(*) Nel tipo 44C bisogna tener conto anche della stabilità/instabilità della sindesmosi, in particolare nei sottogruppi: da 44C1.1 a 44C2.3.

(**) Invece nei sottogruppi da 44C3.1 a 44C3.3 bisogna considerare la presenza o meno di: Frattura del collo della fibula; Lussazione prossimale dell'articolazione tibio-peroneale; Rottura del legamento deltoideo; Frattura del malleolo mediale.

La classificazione di Gustillo-Anderson è il sistema più consolidato e più conosciuto in chirurgia per definire le fratture esposte.

Secondo Gustillo i quattro fattori chiave che predispongono alle complicanze delle fratture esposte sono:

- 1) Danno importante dei tessuti molli con problemi correlati all'esposizione ossea;
- 2) Grave contaminazione della ferita;
- 3) Vascolarizzazione compromessa;
- 4) Instabilità della frattura.

La classificazione prevede tre tipologie:

- *Tipo 1*: frattura aperta con una ferita lunga meno di 1cm e pulita; Stato vascolare normale.
- *Tipo 2*: frattura esposta con una lacerazione maggiore di 1 cm senza danni estesi ai tessuti molli, lembi o avulsioni; Stato vascolare normale.
- *Tipo 3*: frattura segmentale esposta, frattura aperta con danno esteso ai tessuti molli o amputazione traumatica.
 - *3A: adeguata copertura dei tessuti molli di un osso fratturato nonostante la presenza di estese lacerazioni o lembi dei tessuti molli o trauma ad alta energia indipendentemente dalle dimensioni della ferita. Questo sottogruppo ha un tasso d'infezione del 4,4% senza necessità di amputazione. Lo stato vascolare è normale.
 - *3B: lesione estesa dei tessuti molli con stripping periostale ed esposizione ossea. Tale situazione spesso è associata ad una massiccia contaminazione. Ha un tasso d'infezione del 52% e di questi il 16% con necessità d'amputazione. Necessitano di copertura con lembo.
 - *3C: frattura esposta associata a lesione arteriosa che richiede riparazione. Tasso d'infezione del 42% e di questi tutti necessitano di amputazione.

In relazione al tipo di frattura esposta il trattamento sarà differente.

Nel tipo 1 e 2 si effettua uno sbrigliamento precoce e adeguato, seguito dalla chiusura della frattura esposta, mentre nel tipo 3 la chiusura viene eseguita non subito ma in uno step successivo, cioè associato al trattamento antibiotico profilattico e tecniche specifiche di riduzione temporanea della frattura ^[17].

Le fratture esposte di caviglia associate a traumi ad alta energia di tipo 1 secondo la classificazione di Gustillo-Anderson possono essere chiuse principalmente dopo la cura locale della ferita. Tuttavia, queste lacerazioni traumatiche spesso dovrebbero essere lasciate aperte in attesa delle procedure di copertura dei tessuti molli piuttosto che una chiusura primaria ritardata per ridurre al minimo le complicanze infettive ^[11].

2.3. La diagnosi delle fratture

La diagnosi delle fratture di caviglia si basa su una completa valutazione clinica associata ad una valutazione strumentale.

La valutazione clinica è costituita da una corretta anamnesi e un completo esame obiettivo. Dopodiché è utile effettuare una valutazione strumentale per meglio classificare e definire la frattura e/o lussazione.

2.3.1. Il management iniziale

La gestione iniziale delle fratture di caviglia comprende un'anamnesi approfondita, focalizzandosi sul meccanismo della lesione, che può fornire importanti informazioni sui potenziali modelli di lesione.

L'ispezione, all'esame obiettivo, deve includere una valutazione neurovascolare e una valutazione dei tessuti molli definendo eventuali segni di ferite esposte, *pallor* cutaneo e gonfiore, ecc.

Fino a un terzo delle lussazioni da frattura della caviglia si presentano come lesioni aperte, con incidenze più elevate riportate nelle lussazioni della caviglia senza frattura.

Le fratture-lussazioni della caviglia grossolanamente identificabili devono essere ridotte il più presto possibile per diminuire il rischio di comorbidità neurovascolari e/o cutanee, per allentare la tensione dei tessuti molli, per ridurre il tempo di conflitto cartilagineo e per prevenire il ritardo dell'intervento chirurgico se indicato.

Inoltre, poiché possono verificarsi fratture e lussazioni della caviglia in un contesto di traumi ad alta energia, la valutazione dell'intero corpo dovrebbe essere sempre condotta ove opportuno.

Le radiografie pre-riduzione possono aiutare a identificare evidenti lesioni concomitanti ed escludere traumi che possono simulare deformità da frattura-lussazione della caviglia, comprese fratture distali della tibia e lussazioni sottoastragaliche.

Tuttavia, i tentativi di riduzione temporanea non devono essere ritardati nel caso i tessuti molli siano a rischio.

La riduzione viene comunemente eseguita con un blocco intrarticolare o con sedazione cosciente nel pronto soccorso.

La riduzione classica eseguita avviene mediante la “manovra di Quigley”, che comprende la flessione del ginocchio per rilassare il complesso gastrocnemio-soleo, la rotazione esterna della gamba, l’adduzione del piede e la supinazione.

Dopo la riduzione, viene applicata una stecca corta o un gesso in base al tipo di frattura, al paziente, all’urgenza chirurgica e alle preferenze del chirurgo.

La riduzione chiusa ha solitamente successo; tuttavia, i tessuti molli possono bloccare i tentativi di riduzione.

Un'unica variante di frattura irriducibile fu descritta per la prima volta da Bosworth nel 1947 in cui il frammento prossimale dell’asta del perone viene incarcerato sulla cresta ossea posterolaterale della parte distale della tibia ^[5].

2.3.2. L’imaging della frattura di caviglia

La radiografia nelle proiezioni latero-laterali insieme a quella specifica per il mortaio tibio-fibulare rappresenta il gold standard per la diagnosi e follow up delle fratture di caviglia.

La rigorosa applicazione dei criteri classificativi di Weber, mediante l’*imaging* radiografico, e il controllo visivo diretto della riduzione della lesione sindesmotic consentano al chirurgo di prevenire la maggior parte delle mal riduzioni clinicamente impattanti.

La scansione TC viene eseguita per ottenere una valutazione tridimensionale della condizione anatomica patologica con l’intento d’identificare se presenti o meno indicazioni al trattamento chirurgico, oltre che alla pianificazione dello stesso.

La TC è essenziale nel preoperatorio; in particolar modo nelle situazioni di:

- fratture malleolari con sindesmosi instabile;
- avulsioni ossee;
- fratture che coinvolgono il malleolo posteriore;
- fratture di tipo supinazione-adduzione con sospetto coinvolgimento del *plafond* mediale;
- fratture a spirale della parte distale della diafisi tibiale;
- fratture transitorie della caviglia negli adolescenti.

Inoltre, la TC preoperatoria rappresenta lo standard per un corretto approccio chirurgico in tutte le fratture articolari dell'arto inferiore.

La diagnosi delle fratture malleolari si effettua mediante radiografie standard nelle proiezioni latero-laterali e antero-posteriori. Quest'ultima è eseguita posizionando il piede del paziente ruotato internamente, la cosiddetta "*mortise view*" specifica per la caviglia.

La sola radiografia è considerata nella maggior parte dei casi sufficiente nelle fratture malleolari isolate e in molte di quelle bimalleolari.

Invece, l'*imaging* TC preoperatorio è di fondamentale importanza nei casi di fratture della caviglia con coinvolgimento del malleolo posteriore, della sindesmosi tibiofibulare oppure nelle fratture con coinvolgimento del *plafond* tibiale.

Con la sola radiografia è complesso riuscire a comprendere sia il meccanismo della lesione sia quantificare il danno osseo e legamentoso della frattura.

Diversi studi affermano che la classificazione di Lauge-Hensen, classificazione eziologica, ricavata mediante il solo utilizzo della radiografia della caviglia, non è affidabile né per la descrizione del meccanismo che ha causato la frattura né in grado di prevedere la sequenza delle lesioni sia ossee sia legamentose.

Tutto ciò ampiamente valutato con la TC, RMN o valutazione chirurgica.

Da ciò si evince che l'*imaging* TC ci permette di migliorare la valutazione del meccanismo patologico alla base delle fratture in modo pianificare al meglio il trattamento e nella Tabella successiva (Tabella 5) vengono descritte alcune caratteristiche delle fratture malleolari ^[6].

Tabella 4. Alcune caratteristiche radiologiche delle fratture malleolari

CARATTERISTICA DELLA FRATTURA	SPECIFICHE RADIOLOGICHE
Fratture del malleolo posteriore	<p>Nelle fratture della caviglia il coinvolgimento anche del frammento posteriore è associato ad una prognosi peggiore.</p> <p>Per definire nel dettaglio le caratteristiche del malleolo posteriore è necessaria l'<i>imaging</i> TC, che ci permette di definire il numero, le dimensioni e le caratteristiche dei bordi dei frammenti del malleolo, l'eventuale presenza di frammenti depressi e/o intercalari, il possibile coinvolgimento dell'incisura oppure l'estensione mediale. Queste informazioni guidano il chirurgo verso il corretto trattamento.</p> <p>La radiografia in questo caso serve a poco siccome non permette di determinare le dimensioni dei frammenti della frattura malleolare, dato importante per la pianificazione del trattamento chirurgico.</p>
Fratture della caviglia con lesione sindesmotic	<p>L'<i>imaging</i> TC consente una maggiore accuratezza nel rilevare le lesioni sindesmotiche sia in presenza sia assenza di fratture di caviglia, soprattutto nei casi con diastasi ≤ 3 mm, spesso non rilevabili alla radiografia. La scansione TC assiale bilaterale consente di valutare la traslazione anteroposteriore, rotazione o accorciamento della diafisi distale della fibula oltre ad indicare l'esatta dimensione e posizioni delle avulsioni ossee.</p>
Impatto del plafond tibiale mediale	<p>Le fratture malleolari di tipo supinazione-adduzione si presentano come fratture infrasindesmotiche stabile del perone (Weber tipo A) al primo stadio della lesione.</p> <p>Però a causa della continua forza di adduzione, si determina una frattura malleolare mediale, identificata come stadio due.</p> <p>Inoltre, questo meccanismo porta al coinvolgimento anche del plafond tibiale mediale, identificando così uno stadio tre.</p> <p>In questo caso l'<i>imaging</i> TC dovrebbe essere impiegato per escludere un'occlusione del plafond tibiale, però nel caso in cui il tutto s'identificasse con la radiografia non sarebbe necessario effettuare la TC.</p>
Fratture malleolari in presenza di fratture tibiali distali	<p>A causa del meccanismo rotatorio della lesione, le fratture spirali della tibia distale spesso sono associate a fratture malleolari.</p> <p>L'<i>imaging</i> TC in associazione alla tradizionale radiografia ha permesso di meglio caratterizzare queste lesioni, che richiedono in seguito trattamento chirurgico.</p> <p>Il problema principale in queste situazioni è il non individuare con l'<i>imaging</i> una frattura malleolare occulta ciò porterebbe un rischio intraoperatorio importante, ossia quello di avere uno spostamento del frammento in seguito all'introduzione del chiodo endomidollare.</p> <p>Quindi dinanzi ad una frattura tibiale distale è bene sempre studiare bene anche le porzioni malleolari.</p>
Fratture transitorie della caviglia negli adolescenti	<p>L'<i>imaging</i> TC è il gold standard al fine di una corretta diagnosi e pianificazione preoperatoria.</p>

Nello specifico, i pazienti con fratture transitorie della tibia distale e fratture scomposte di tipo tre e quattro secondo Salter-Harris (fratture che coinvolgono la cartilagine d'accrescimento) dovrebbero essere sottoposti ad *imaging* TC per ottenere una migliore diagnosi e trattamento.

Il problema in queste situazioni è la maggiore esposizione alle radiazioni ionizzanti rispetto alla radiografia tradizionale in una fascia d'età a maggior rischio di complicanze associate.

In primis maggior rischio d'insorgenza di neoplasie radio indotte.

Però è importante sottolineare come la dose media efficace per l'*imaging* della caviglia è pari a circa 0.07 mSv; valore dieci volte inferiore rispetto alla TC del torace o addome con valori che si attestano intorno ai 5 mSv.

Per ridurre ulteriormente la dose d'esposizione alla TC è possibile limitare le dimensioni della regione corporea scansionata e utilizzare il controllo automatico dell'esposizione, senza dover perdere informazioni essenziali sia per la diagnosi sia per il corretto approccio chirurgico.

Imaging 3D intraoperatorio

La Fluoroscopia 3D intraoperatoria permette di individuare e correggere immediatamente la mal riduzione delle fratture, riducendo la necessità di un secondo intervento di revisione.

Di solito, per le fratture malleolari con rotture sindesmotiche, la fluoroscopia 3D viene eseguita dopo che la fluoroscopia 2D descrive una corretta riduzione anatomica.

I limiti della fluoroscopia 3D intraoperatoria sono molteplici e comprendono: l'aumento dei costi associati all'intensificatore d'immagine 3D e un tavolo operatorio completamente radiotrasparente; la mancanza di confronto con il lato illeso; risoluzione inferiore rispetto all'*imaging* TC postoperatoria.

L'*imaging* 3D e la scansione TC postoperatoria sono utili per rilevare mal riduzioni e altre situazioni che potrebbero non essere individuate con l'*imaging* radiografico, in seguito alla fissazione interna delle fratture di caviglia.

Questo perché presentano un'ottima risoluzione permettendo una valutazione morfologica e articolare migliore.

L'*imaging* 3D intra- e postoperatorio viene eseguito per rilevare precocemente eventuali incongruenze intrarticolari di un'articolazione essenziale con la finalità di ridurre le complicanze tardive.

Il riscontro di un disallineamento bisogna trattarlo immediatamente per evitare incongruenze articolari e/o instabilità sindesmotiche croniche, le quali sarebbero la causa di una possibile artrosi post-traumatica della caviglia.

In una situazione di una frattura con coinvolgimento articolare, bisognerebbe ridurla anatomicamente con uno spostamento residuo o step-off < 2 mm per ridurre al minimo il rischio di artrosi.

Diversi studi sulla biomeccanica articolare hanno evidenziato che uno spostamento laterale dell'astragalo di circa un mm rispetto alla parte illesa provoca un'importante redistribuzione del peso all'interno dell'articolazione della caviglia con conseguente aumento del rischio di artrite post-traumatica.

Le fratture associate ad un movimento di pronazione hanno una maggior probabilità di avere una mal riduzione sindesmotic, come dimostrato nelle immagini TC postoperatorie. Diversi studi suggeriscono che una corretta riduzione sindesmotic non può essere ottenuta in modo affidabile mediante l'*imaging* radiografico tradizionale o fluoroscopia 2D, di conseguenza la TC in questi casi è di notevole importanza.

Nelle fratture di caviglia, associate all'instabilità sindesmotic, le situazioni maggiormente evidenziate sono la mal rotazione o la traslocazione antero-posteriore dell'epifisi distale del perone rispetto alla tibia.

Inoltre, è possibile che corpi estranei, protrusioni dell'impianto intrarticolare o inclusioni delle articolazioni marginali passino inosservati mediante radiografia ^[6].

L'intervallo tibioperoneale anteriore misurato sulle radiografie in proiezione latero-laterale è un importante fattore per quantificare l'integrità sindesmotic e la corretta posizione sagittale della fibula all'interno dell'incisura.

Tali misure sono affidabili per rilevare un eventuale mal riduzione antero-posteriore dell'epifisi distale del perone, il cut off di riferimento sono i 2 mm a partire dal lato illeso.

Pur avendo una buona affidabilità, come appena detto, la misurazione della rotazione è complessa da effettuare nella pratica clinica.

La fluoroscopia 2D non è in grado di rilevare rotazioni esterne del perone al di sotto dei 30°; al contrario una mal rotazione interna di 10° del perone è rilevabile con buona affidabilità.

Sicuramente una visualizzazione diretta della sindesmosi è molto utile, associata alla radiografia, per ridurre al minimo la mal riduzione.

Per evitare lo spostamento antero-posteriore, l'allineamento del tubero anteriore del perone (frammento di Wagstaffe) e della tibia (frammento di Chaput) dovrebbe essere valutato direttamente e le avulsioni ossee dovrebbero essere fissate anatomicamente.

Vi è attualmente un notevole consenso sul fatto che la correzione di una cattiva riduzione clinicamente rilevante della caviglia dovrebbe essere eseguita il prima possibile dopo essere stata rilevata, ciò per evitare l'instabilità cronica e/o artrosi post-traumatica [6].

Esistono numerose applicazioni dell'*imaging* TC con il potenziale di migliorare il trattamento e i risultati dopo una frattura malleolare.

Nelle patologie del piede e della caviglia la presenza della naturale forza di gravità ha un ruolo cruciale nella corretta valutazione e definizione dell'allineamento osseo [18].

Questo è il motivo per cui, nel passato, le radiografie standard hanno rappresentato il gold standard nella prima valutazione del piede, essendo un importante completamento dell'esame obiettivo per la maggior parte delle patologie osteoarticolari.

Tuttavia, sono presenti una serie di bias legati all'*imaging* radiografico come ad esempio la sovrapposizione, la rotazione e quelli legati all'operatore.

Di conseguenza per superarli, sono stati effettuati diversi tentativi volti a simulare le condizioni di carico fisiologico durante la tomografia computerizzata, in quanto essa permette di raccogliere importanti informazioni sulle lesioni ossee, calcificazioni e stato della articolazione.

Sfortunatamente questi metodi sono viziati dalla mancanza di contrazione attiva dell'apparato muscolare e dalla variabilità delle condizioni in cui viene applicato il carico.

Di conseguenza l'utilizzo TC tradizionale non si è mai diffuso notevolmente nella pratica clinica.

Negli ultimi anni, un numero crescente di studi ha evidenziato l'importanza della tomografia computerizzata a fascio conico (WBTC) nella valutazione della patologia del piede e della caviglia. Questa nuova tecnologia ha permesso di superare i limiti intrinseci correlati alle radiografie bidimensionali:

- Bias di sovrapposizione;
- Bias associato all'operatore;
- Bias di rotazione.

Inoltre, è in grado di ottenere immagini che riproducono perfettamente l'anatomia delle ossa e articolazioni in un paziente in posizione eretta fisiologica; il tutto con una bassa dose d'esposizione alle radiazioni.

Quindi, la WBTC ha consentito di ottenere immagini simili alla TC classica, ma in posizione eretta del paziente superando i limiti correlati sia al carico sia alla contrazione muscolare.

Diversi autori hanno documentato i vantaggi dell'utilizzo della WBCT nelle diverse patologie del piede-caviglia: piede piatto, piede cavo-varo, lesioni sindesmiche, instabilità della caviglia e condizioni patologiche dell'avampiede.

Inoltre, sono presenti diversi software in grado di calcolare misurazioni 3D, nota come biometria 3D, che ha come variabile il volume anziché il piano bidimensionale.

Esiste un notevole numero di misurazioni specifiche per le varie porzioni del piede che mostrano un'eccellente affidabilità intra- e interosservatore. Esiste un buon consenso sui parametri analizzati a livello della caviglia, in particolar modo sulle misurazioni topografiche della sindesmosi tibioperoneale distale. Queste con elevata affidabilità interosservatore.

Le misure tenute in conto sono le seguenti ^[18]:

- 1) Distanza tra il punto più anteriore della tibia e la porzione di fibula più vicina all'incisura;
- 2) Distanza tra il punto più posteriore della tibia la porzione di fibula più vicina all'incisura;
- 3) Distanza più breve tra tibia e perone nel punto medio dell'incisura;
- 4) Distanza più breve dalla bisettrice della linea che congiunge i punti più anteriori e più posteriori dell'incisura al punto più anteriore del perone;
- 5) Distanza più breve dalla bisettrice della linea tra il punto più anteriore e posteriore dell'incisura e il punto più posteriore del perone;
- 6) la distanza più breve dalla perpendicolare della linea tra i punti più anteriore e posteriore dell'incisura, tracciata dal punto più anteriore dell'incisura al punto più anteriore del perone.

Inoltre, anche se con minor affidabilità, si può considerare la misurazione dell'inclinazione dell'astragalo che oscilla tra $2,4^\circ \pm 0,84$ e $0,91^\circ \pm 1,12$.

Tali misurazioni pur avendo una buona affidabilità potrebbero essere attualmente non essere considerati un vero riferimento per la pratica clinica.

2.3.3. L'imaging postriduzione

Le radiografie anteroposteriori, laterali e del mortaio tibio-fibulare devono essere ottenute dopo la riduzione per determinare la sua adeguatezza, per il processo decisionale chirurgico e per la pianificazione chirurgica.

Potrebbero essere necessarie visualizzazioni multiple per visualizzare correttamente il modello di frattura a causa della radioopacità del materiale utilizzato nel gesso o nella stecca. Nonostante l'uso di routine, le radiografie non forniscono una valutazione adeguata della lesione articolare, del coinvolgimento malleolare posteriore, delle dimensioni della lesione osteocondrale (*OCLs*), dei corpi mobili intrarticolari o della cattiva riduzione.

Le lesioni osteocondrali sono presenti fino al 79% in tutte le fratture della caviglia, non vengono visualizzate dalle radiografie fino al 50% dei casi.

Per questo motivo è necessario avere anche immagini trasversali postriduttive avanzate con l'utilizzo della tomografia computerizzata, TC, o della risonanza magnetica, MRI, per identificare meglio lesioni concomitanti associate a fratture-lussazioni della caviglia o per identificare possibili lesioni iatrogene della cartilagine durante la riduzione chiusa.

Gli studi suggeriscono che l'*imaging* avanzato (TC o MRI) può fornire una migliore valutazione delle lesioni concomitanti associate a fratture-lussazioni della caviglia e influenzare la pianificazione chirurgica.

La risonanza magnetica, tuttavia, può sovrastimare la reale entità della lesione intrarticolare in un contesto acuto a causa dell'edema osseo.

Studi recenti suggeriscono che l'aspetto dell'osso subcondrale alla TC può fornire una migliore valutazione della lesione osteocondrale rispetto alla RMN.

Nonostante la comprovata utilità, l'uso dell'*imaging* trasversale preoperatorio (TC o MRI) e dell'artroscopia per le lussazioni da frattura della caviglia rimangono comunque operatore dipendente.

In definitiva, la valutazione clinica e l'*imaging* postriduttivo guidano il trattamento incruento o operativo delle fratture-lussazioni della caviglia.

Il trattamento chirurgico si concentra sui principi del ripristino dell'anatomia nativa della caviglia, ma può richiedere considerazioni particolari per affrontare lesioni concomitanti dei

tessuti molli, coinvolgimento malleolare posteriore, OCL, corpi mobili intrarticolari e malriduzione [5].

TERZO CAPITOLO

IL TRATTAMENTO DELLE FRATTURE DI CAVIGLIA

La riduzione e stabilizzazione scheletrica della frattura, insieme al salvaguardare il più possibile l'articolazione coinvolta, sono i principali cardini su cui si fonda la chirurgia ortopedica.

Ciò è importante, ancor di più negli eventi traumatici, per evitare lesioni di continuo più o meno gravi dei tessuti molli. Infatti, fratture scomposte o importanti lussazioni articolari non trattate provocheranno inevitabilmente danni sia cutanei sia vascolo-nervosi. Inoltre, ciò induce un progressivo danno delle superfici condrali con conseguente formazione di artrosi post-traumatiche ^[11].

È particolarmente evidente nelle lesioni del piede e della caviglia che l'importanza dei tessuti molli e la loro attenta manipolazione non devono essere sottovalutate dal chirurgo. Non ci sarà guarigione ossea senza tessuti molli sani. La ricostruzione anatomica delle articolazioni e la fissazione stabile sono solo una parte del trattamento molto complesso.

La ricostruzione anatomica spesso richiede approcci estesi e stripping dei tessuti molli.

In caso di condizioni critiche dei tessuti molli, le procedure standard devono essere modificate. Dopo lesioni da schiacciamento, fratture esposte o se il paziente ha appena sviluppato condizioni problematiche dei tessuti molli dopo contusioni cutanee a tutto spessore, l'intervento chirurgico deve essere ridotto al minimo nella fase iniziale. La trazione convenzionale mediante un perno calcaneare, o meglio ancora, mediante l'uso di un fissatore esterno, può ridurre al minimo ulteriori lesioni dei tessuti stessi. La singola trazione del calcagno mediante un perno di Steinmann o un filo di Kirschner non sempre fornisce una stabilità sufficiente e una riduzione indiretta dei frammenti della frattura. I tessuti molli possono peggiorare ulteriormente e rendere impossibile la riduzione aperta secondaria e la fissazione interna. I pazienti con traumi multipli sono particolarmente inadatti alla trazione calcaneare a lungo termine. È possibile ottenere una maggiore stabilità mediante l'uso di un fissatore esterno. Non sono necessari impianti interni ingombranti. I fili di Kirschner e le viti (meglio viti cannulate) possono mantenere la riduzione articolare con mezzi chiusi. Per mantenere l'allineamento assiale, il fissatore esterno spesso deve rimanere in sede come dispositivo di neutralizzazione durante il periodo di consolidamento. In questo modo è possibile una migliore cura della pelle ^[19].

La maggior parte delle fratture sono trattate in modo conservativo con un tutore o un gesso.

Le indicazioni all'intervento chirurgico sono ben definite.

Il trattamento chirurgico è indicato quando la congruenza articolare o la stabilità della caviglia, nell'*imaging* radiografico in proiezione specifica per il mortaio tibioperoneale, sono compromesse.

Poiché la caviglia è soggetta ad osteoartrosi causata da mal unione post-traumatica e/o danno cartilagineo, preservare la congruenza della caviglia è di notevole importanza.

La stabilità della caviglia dopo una frattura è spesso descritta utilizzando la classificazione di Lauge-Hensen, la quale permette di tener conto sia del meccanismo del trauma sia della stabilità determinata dalle lesioni ossee e legamentose nonché di scegliere, successivamente, l'approccio terapeutico opportuno ^[9].

Le fratture di caviglia possono essere gestite con un trattamento conservativo, mediante riduzione ravvicinata e applicazione di un gesso o di una stecca in casi fortemente selezionati; oppure con un trattamento chirurgico, ossia riduzione aperta e fissazione interna (ORIF) ^[2].

La riduzione aperta e fissazione interna (ORIF) è considerata il cardine del trattamento per le fratture malleolari instabili ^[7]. Questo per ripristinare la normale anatomia e, in definitiva, prevenire o cercare di ridurre al minimo il rischio d'artrosi post-traumatica ^[20].

Sebbene l'ORIF immediato sia raccomandato in ambito acuto, le lesioni concomitanti dei tessuti molli possono compromettere l'esito clinico a lungo termine a causa dell'aumento del rischio di complicanze.

Per ridurre il rischio di problemi ai tessuti molli, è obbligatoria la riduzione immediata mentre l'ORIF può essere posticipata fino alla scomparsa del gonfiore e al consolidamento dei tessuti molli ^[7].

Nella maggior parte dei casi, il trattamento definitivo per le fratture della caviglia è la riduzione a cielo aperto e fissazione interna (ORIF).

Ciò è particolarmente vero nelle fratture con lussazione primaria dell'articolazione superiore della caviglia con conseguente perdita di congruenza delle superfici dell'articolazione tibio-astragalica; tuttavia, il gonfiore post-traumatico dei tessuti molli impedisce l'esecuzione immediata della terapia definitiva.

In tali pazienti, ottenere una riduzione precoce e un'immobilizzazione temporanea della frattura fino a quando non sia possibile eseguire il trattamento chirurgico definitivo è fondamentale nella gestione primaria della frattura.

Ciò è spesso ottenuto mediante l'applicazione di una stecca per la parte inferiore della gamba o di un gesso bivalve e la successiva dimissione del paziente, con una nuova presentazione programmata per un intervento chirurgico dopo la diminuzione del gonfiore dei tessuti molli.

Tuttavia, questa forma di gestione temporanea della frattura potrebbe non essere appropriata in ogni caso poiché le fratture della caviglia sono spesso instabili su più piani. Di conseguenza, la lussazione secondaria dopo riduzione chiusa e immobilizzazione con stecca delle fratture della caviglia è stata descritta da Matson *et al.*, che hanno riportato una perdita di riduzione (LOR) nel 43% dei pazienti dopo riduzioni chiuse principalmente riuscite.

La LOR non solo porta a più dolore ma aumenta potenzialmente il rischio di complicanze dovute alla contrattura dei tessuti molli e alle lesioni osteocondrali.

Inoltre, la ridotta diminuzione del gonfiore prolunga il tempo necessario all'intervento chirurgico definitivo. Di conseguenza, soprattutto nelle fratture della caviglia principalmente lussate, sono state studiate alternative all'immobilizzazione temporanea con stecche.

È presente un rischio più elevato di perdita secondaria di riduzione nel trattamento temporaneo con un gesso bivalve rispetto alla fissazione esterna a intervalli per le fratture-lussazioni della caviglia unimalleolare.

La presenza di una frattura del malleolo posteriore non ha, in questo caso, un'influenza significativa sulla perdita di tasso di riduzione nell'immobilizzazione con gesso.

I chirurghi dovrebbero considerare l'applicazione della fissazione esterna intervallata nel trattamento primario delle lussazioni della frattura unimalleolare della caviglia con ulteriori fratture malleolari posteriori [21].

Quando si verifica un trauma ad alta energia o quando è presente un modello di frattura instabile, ad esempio una frattura trimalleolare, è preferibile un trattamento ritardato [2,11].

Il trattamento standard ORIF è associato ad un tasso di complicanze che varia dal 5 al 40%. Questo dovuto al fatto che il sottile spessore cutaneo dei malleoli mediale e laterale può predisporre i pazienti a complicanze della ferita postoperatoria, come ad esempio infezioni superficiali o condizioni ancor più gravi come la necrosi cutanea [10].

3.1. Il trattamento delle fratture di caviglia nel trauma ad alta energia

Il successo di cura dell'arto inferiore gravemente traumatizzato è spesso basato su un approccio terapeutico tempestivo e adeguato alla presentazione.

Ciò per evidenziare che un'assistenza precoce al paziente non per forza vuol dire trattamento completo fin da subito, ma avere un approccio multistep.

Nel caso di una lesione stabile sarà sufficiente l'utilizzo dei tutori per stabilizzare la frattura, mentre nelle lesioni più complesse il fissatore esterno avrà maggior efficacia.

In caso di frattura esposta, prima ancora di ridurre e stabilizzare la frattura, occorre effettuare uno sbrigliamento e irrigazione fisiologica per ridurre il rischio delle complicanze settiche. L'approccio in questi casi da eseguire consiste nel trattamento antibiotico empirico associato a richiamo antitetanico.

Nei traumi ad alta energia l'approccio graduale è la strategia gestazionale migliore per avere poi ottimi risultati successivamente, dando notevole importanza alla cura e gestione dei tessuti molli coinvolti.

In un contesto acuto di frattura di caviglia da trauma ad alta energia, un trattamento definitivo immediato può essere causa di complicanze postoperatorie devastanti. *In primis* si può avere a livello della ferita chirurgica aree di necrosi cutanea a spessore variabile con franca deiscenza della linea di sutura. Questi ultimi eventi potrebbero essere precursori di una condizione settica notevole.

L'approccio multistep/graduato prevede nella fase iniziale che la deformità scheletrica viene ridotta e stabilizzata provvisoriamente. Dopodiché, risolto il gonfiore acuto dei tessuti molli, verrà eseguito il trattamento definitivo con l'obiettivo di ripristinare anatomicamente le lesioni ossee e articolari.

Il chirurgo dopo le cure iniziali può sviluppare un piano preoperatorio personalizzato e dettagliato del paziente, eseguibile nel momento in cui le condizioni sistemiche e locali saranno migliorate^[11].

3.2. Il trattamento delle fratture trimalleolari

Nelle fratture trimalleolari di caviglia abbiamo diverse procedure chirurgiche da seguire, utili per ripristinare la funzione anatomica dell'articolazione.

In generale, nella maggior parte dei casi, le fratture trimalleolari sono trattate chirurgicamente, essendo queste fortemente instabili. Per una corretta classificazione e pianificazione operativa è essenziale un *imaging* TC.

Dalle ultime evidenze cliniche, il coinvolgimento del malleolo posteriore ha ottenuto maggior rilievo, tanto da essere un parametro importante per indirizzare verso il trattamento chirurgico.

A seconda delle caratteristiche della frattura, la gestione e le tempistiche per l'intervento definitivo possono differire notevolmente. Ad esempio, le fratture trimalleolari lussate della caviglia dovrebbero essere ridotte il prima possibile in modo da ristabilire la congruenza articolare ed evitare le lesioni dei tessuti molli circostanti.

Quando ci si trova in una situazione in cui sono presenti delle gravi lesioni dei tessuti molli, sindrome compartimentale o fratture esposte con o senza coinvolgimento vascolare oppure lesioni nervose, è necessario effettuare un trattamento chirurgico d'emergenza.

Escludendo la situazione d'emergenza appena citata, è presente ancora una certa controversia riguardo al preciso timing dell'intervento chirurgico per le fratture trimalleolari chiuse della caviglia. Ciò da un minimo di alcune ore fino a diversi giorni di ritardo per ridurre al minimo il gonfiore dei tessuti molli [2]. Di seguito verrà descritto l'approccio chirurgico delle fratture trimalleolari, analizzando le diverse modalità terapeutiche per ciascun malleolo coinvolto.

1) *Il trattamento del malleolo laterale:*

Per quanto riguarda il malleolo laterale si effettua un approccio standard comunemente utilizzato nella routine quotidiana. Si effettua un'incisione laterale a livello della fibula distale, si riduce la frattura e si fissa con una vite cefalica e una placca laterale.

Oltre alla placca laterale standard la fissazione può essere effettuata con una placca antiscivolo posterolaterale, questa con maggior efficacia e stabilità soprattutto nei pazienti osteoporotici. Tra le complicanze di questa placca posterolaterale da ricordare è la lesione del tendine peroneale, con immediata necessità di rimozione. Però questa complicanza sembra essersi ridotta da ultimi studi clinici condotti [2].

Una frattura obliqua della fibula distale può essere ridotta e fissata con una placca di sostegno posteriore sfruttando un accesso posterolaterale. Invece, nelle fratture comminute potrebbero necessitare un approccio laterale separato [6].

2) *Il trattamento del malleolo posteriore:*

Il trattamento del malleolo posteriore presenta delle indicazioni controverse. L'estensione e lo spostamento del frammento malleolare sono state delle variabili importanti per l'indicazione al trattamento chirurgico. Più precisamente, uno spostamento superiore ai 2 mm o il coinvolgimento di 1/3 o 1/4 della superficie articolare sull'*imaging* radiografico.

Oggi si tende ad utilizzare delle classificazioni più precise ottenute con l'utilizzo TC, come quella di Bartonicek.

L'approccio chirurgico che si effettua ha come obiettivo ripristinare la superficie articolare e le dimensioni del pilone tibiale, oltre a ristabilizzare il legamento tibioperoneale posteriore.

La strategia terapeutica possibile è la riduzione aperta e fissazione interna, eseguite in modo diretto o indiretto. Questo ultimo approccio, indicato in situazioni con frammenti singoli, grandi e composti del malleolo posteriore, prevede la riduzione transfibulare e la fissazione con viti anteroposteriori.

La riduzione del malleolo posteriore avviene mediante legamentotassi e fissato con un morsetto. In seguito, si esegue *imaging* radiografico che ci conferma la corretta riduzione; dopodiché si procede con la fissazione mediante viti anteroposteriori.

Invece, la riduzione diretta del malleolo posteriore può avvenire con un approccio posterolaterale o posteromediale. Il primo indicato nelle fratture con diametro piccolo e con la presenza di frammenti intercalari, nello specifico le fratture di tipo 2 e 3 secondo Mason.

L'approccio posterolaterale permette, oltre la riduzione aperta e la fissazione interna delle fratture del malleolo posteriore, il trattamento delle fratture peroneali distali.

L'approccio posteromediale è indicato nelle fratture con frammento posteromediale che coinvolge il malleolo tibiale.

Nelle fratture trimalleolari la fissazione diretta del frammento posteriore garantisce un miglior outcome clinico [2].

Le fratture caratterizzate da un unico grande frammento posterolaterale possono essere ridotte in modo affidabile mediante un approccio transfibulare e fissato con viti antero-posteriori.

Oltre a definire al meglio il tipo di frattura è bene tener conto sempre dello stato dei tessuti molli, della qualità dell'osso e delle eventuali lesioni dei malleoli laterale e mediale [6].

3) Il trattamento del malleolo mediale:

L'approccio chirurgico prevede un accesso diretto anteromediale o mediale, che permette di visualizzare meglio la frattura riducendola e fissandola con placche e viti, oltre ad ispezionare la superficie articolare.

Tali approcci, essendo estensibili, aumentano il rischio di danno ai tessuti molli, della vena grande safena o dei nervi. Questo ha portato negli ultimi anni al maggior utilizzo delle tecniche mininvasive ed esclusivamente percutanee [2].

3.3. Il trattamento delle fratture di caviglia nell'anziano

Le fratture di caviglia sono la terza lesione muscolo-scheletrica più comune nella popolazione anziana. Infatti, l'incidenza e la gravità sono in continuo aumento con l'avanzare dell'età.

La gestione ortopedica di tali lesioni rimane difficile a causa della vulnerabilità dei tessuti molli circostanti, della malattia vascolare periferica e della ridotta mineralizzazione ossea.

Inoltre, mobilità, equilibrio e propriocezione compromessi portano a strategie di riabilitazione impegnative.

Gli obiettivi della gestione delle fratture della caviglia negli anziani sono più complessi rispetto a quelli della popolazione più giovane.

Bisogna porre attenzione al mantenimento dell'autonomia funzionale per consentire le attività della vita quotidiana, facilitare la riabilitazione e promuovere il carico precoce per evitare l'allettamento del paziente.

La sfida operatoria e l'insulto chirurgico per ottenere una riduzione anatomica devono essere valutati rispetto alle complicanze associate alla fragilità.

Pertanto, per i pazienti con capacità funzionale limitata, fattori di rischio per scarsi esiti postoperatori o artrosi della caviglia accertata, si raccomanda un allineamento coronale e sagittale stabile e indolore che non necessariamente raggiunge una vera riduzione anatomica o

ricostruzione del mortaio della caviglia ^[22]. Di seguito verranno descritte le diverse fasi del processo diagnostico-terapeutico riguardanti le fratture di caviglia nei pazienti anziani.

Fase 1: la valutazione del paziente ^[22]

I pazienti anziani con frattura di caviglia richiedono un approccio multidisciplinare che includa cure orto-geriatriche.

Dal punto di vista clinico si deve prestare maggiore attenzione a due comorbidità frequenti, ossia il diabete e la malattia vascolare periferica. Quest'ultimi con un grande impatto negativo sull'*outcome* terapeutico.

La valutazione della frattura della caviglia diabetica consiste in un'anamnesi approfondita per stabilire il meccanismo, i tempi della lesione (la presentazione ritardata può implicare l'insorgenza di neuropatia), l'adesione al trattamento diabetico comunitario, l'anamnesi di fumo e altri fattori di rischio cardiovascolare.

L'esame clinico deve individuare specificamente i segni di neuropatia autonoma, inclusa la pelle secca o ulcerata, le caratteristiche dell'artropatia di Charcot e/o le ferite aperte.

La valutazione neurologica e vascolare è fondamentale. Ciò consiste in una valutazione validata della sensibilità utilizzando l'Ipswich Touch Test o un monofilamento Semmes-Weinstein standardizzato da 10 g.

I test vascolari al letto del paziente sono eseguiti con ecografia Doppler non invasiva utilizzata per calcolare "The ankle-brachial pressure index" (ABPI).

Il flusso arterioso all'arto distale può essere ulteriormente valutato con l'angio-TC.

Una valutazione recente dell'emoglobina glicata, HbA1C, fornisce una valutazione obiettiva del controllo della glicemia a lungo termine ed è un utile predittore delle complicanze postoperatorie.

Fase 2: il management iniziale ^[22]

Bisogna effettuare una tempestiva riduzione delle fratture scomposte della caviglia con appropriate tecniche di analgesia e sedazione.

Inoltre, effettuare un gesso di Parigi con la caviglia mantenuta con un plantare, evitando una postura equina, aiuterà a mantenere un'adeguata riduzione della frattura limitando al minimo il rischio di necrosi da pressione dei tessuti molli e/o di contratture del tendine di Achille.

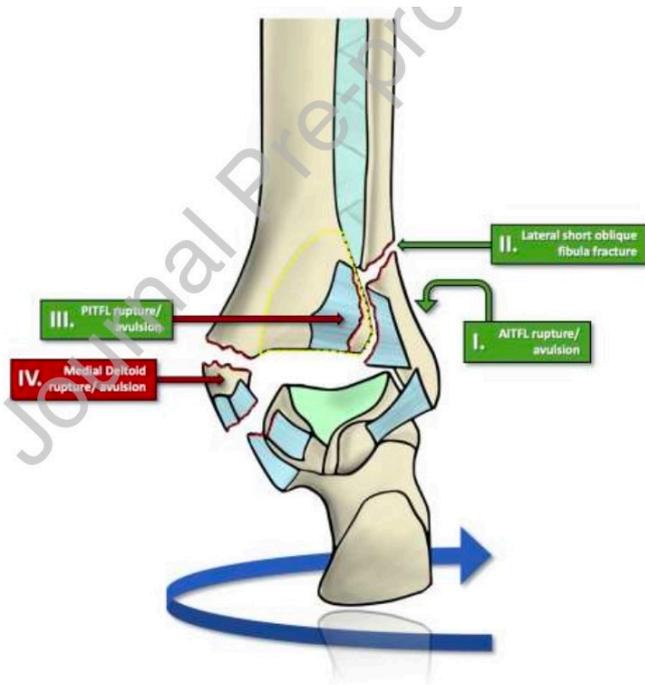
Una riduzione soddisfacente deve essere confermata con ripetute proiezioni radiografiche laterali e del mortaio della caviglia.

Un'ortesi, ad esempio uno stivaletto gessato, può essere il metodo di immobilizzazione ideale se la frattura è stabile.

La stabilità, garantita dal legamento deltoideo profondo funzionalmente competente, può essere valutata mediante radiografie in carico, in modo da distinguere le lesioni da rotazione esterna in supinazione "SER" di stadio due o stadio quattro, consentendo così uno stato precoce di carico completo, ciò ben analizzato nella Figura 3.

L'uso delle visualizzazioni con stress gravitazionale può sovrastimare l'apertura dello spazio libero mediale e l'instabilità clinicamente rilevante.

Figura 3. Meccanismo di lesione nelle rotazioni esterne in supinazione, classificazione di Lauge-Hansen



Fonte: [22] Pearce O, Al-Hourani K, Kelly M., *Ankle fractures in the elderly: Current concepts. Injury.* 2020;51(12):2740-2747. doi:10.1016/j.injury.2020.10.093.

Fase 3: il trattamento conservativo [22]

In diverse situazioni si preferisce la gestione conservativa rispetto al trattamento chirurgico perché spesso i pazienti anziani presentano diverse comorbidità, le quali determinano un tasso di rischi e complicanze superiori ai benefici.

Il trattamento conservativo è un processo dinamico che può iniziare con lo splintaggio nella fase iniziale. L'uso di gessi o ortesi non è privo di rischi. Se applicati senza una cura meticolosa, possono causare ulcerazioni e piaghe da decubito.

Il “close contacting casting” (CCC) può fornire un'alternativa più sicura. Questo mira a creare una vestibilità “aderente” anatomicamente sagomata con un'imbottitura minima che consente di distribuire più uniformemente i tipici punti di pressione di contatto su tutta la parte inferiore della gamba. Inoltre, fornisce una stabilità biomeccanica ottimale, riducendo il rischio di complicanze cutanee, oltre a consentire ai pazienti di sostenere il peso.

Fase 4: il trattamento chirurgico [22]

L'osso osteoporotico e le fratture gravemente comminute della caviglia rappresentano una sfida nel raggiungimento di una riduzione anatomica stabile mediante tecniche di riduzione a cielo aperto e fissazione interna (ORIF).

I rischi di cedimento della struttura metallica e di estrazione delle viti sono complicanze riconosciute che possono essere aggravate dalla scarsa compliance a regimi di carico limitato. Si sostiene che l'ORIF sia un metodo di trattamento accettabile. L'evoluzione delle placche di bloccaggio peroneale ad angolo fisso ha contribuito a superare le difficoltà biomeccaniche quando si cerca di stabilizzare l'osso osteoporotico.

Questi dispositivi hanno spesso un profilo più ingombrante, che potrebbe ostacolare la chiusura senza tensione dei tessuti molli e sono più costosi.

Inoltre, l'ORIF della caviglia richiede un'incisione più ampia, la rottura dei tessuti molli e il coinvolgimento del periostio, che può compromettere l'unione dei frammenti e aumentare il rischio di complicanze dei tessuti molli e infezione della ferita.

Spesso ci si trova in situazioni con fratture pluriframmentate e con osso gravemente osteoporotico. In queste circostanze la tecnica trans-sindesmotica, “tibia-pro-peroneale”, fornisce un'opzione sicura ed efficace per il fissaggio superiore delle strutture metalliche con l'applicazione di più viti corticali trans-sindesmotiche triple o quad-corticali attraverso la placca peroneale.

Studi biomeccanici hanno riportato un aumento della resistenza alla torsione, all'angolazione rotazionale e alla forza prima del fallimento della fissazione.

Le opzioni di posizione della placca peroneale includono diretta laterale, posterolaterale e diretta posteriore (fornendo un ruolo antiscivolo). La fissazione laterale diretta può sopraffare la fragile pelle sovrastante portando alla rottura della ferita, con la fissazione distale che spesso

raggiunge solo la fissazione monocorticale con viti per evitare la penetrazione nel canale laterale dell'articolazione della caviglia.

La posizione della placca posterolaterale può superare questa limitazione e rappresenta un costrutto biomeccanico superiore. Una placca posteriore diretta antiscivolamento dimostra di essere superiore in termini di torque al cedimento e alla rigidità rispetto alla placca di bloccaggio posizionata lateralmente, sebbene questa tecnica sia considerata più impegnativa.

Le viti di compressione della spongiosa malleolare mediale possono essere ottenute per via percutanea o attraverso una piccola incisione mediale per facilitare la riduzione anatomica. La qualità dell'osso adulto più giovane fornisce un'area densa di materiale spongioso in corrispondenza della cicatrice fisiaria, che consente la compressione.

La zona sottocorticale della corteccia tibiale lontana, la fissazione bi-corticale o l'utilizzo di viti con una lunghezza di filettatura maggiore possono fornire opzioni per la fissazione stabile del malleolo mediale nell'osso osteoporotico.

Nella *frattura neuropatica* della caviglia gli obiettivi del trattamento rimangono invariati. Meccanismi sensoriali protettivi insufficienti spesso significano che i pazienti non possono conformarsi ai protocolli postoperatori di carico limitato.

I principi del trattamento chirurgico possono quindi richiedere tecniche di fissazione più rigide (tecnica tibia-pro-peroneale o chiodo del retro piede), una prolungata durata in assenza di carico e un frequente follow-up ambulatoriale per monitorare eventuali complicanze della ferita e della fissazione.

L'incidenza delle *fratture esposte* della caviglia è relativamente rara, vi è un'incidenza più elevata nelle donne di età superiore ai 60 anni a causa del deterioramento multifattoriale correlato all'età della caviglia, alla qualità dei tessuti e l'"invecchiamento della pelle".

I principi di gestione rimangono gli stessi, con la prevenzione delle infezioni, la promozione della guarigione delle fratture e l'ottimizzazione della funzione essenziale. Il miglior algoritmo chirurgico per questi pazienti dovrebbe includere la minimizzazione degli episodi chirurgici, la fissazione stabile della struttura per consentire un precoce controllo del peso e copertura definitiva della ferita o chiusura primaria il più presto possibile. Un adeguato sbrigliamento tempestivo articolare è essenziale per qualsiasi frattura esposta. Nella stragrande maggioranza dei casi le lesioni si verificano a bassa energia, con l'insulto dei tessuti molli che si verifica sulla parte mediale della frattura di caviglia. È possibile utilizzare metodi avanzati per ottenere la chiusura primaria o la copertura dei tessuti molli in un'unica seduta o in modo graduale dopo lo sbrigliamento e la fissazione. Questi sono influenzati dalla funzione dell'apporto arterioso all'arto inferiore (arterie tibiale anteriore, tibiale posteriore e peroneale), in base all'angiografia

TC preoperatoria e alla posizione e dimensione del difetto. Questi includono innesti di pelle divisa e lembi muscolari locali e liberi. L'infezione rimane un grande rischio e nei difetti di grandi dimensioni intorno alla caviglia i lembi liberi possono essere l'unica opzione praticabile. Ciò è particolarmente evidente nelle lesioni di tipo IIIB di Gustilo-Anderson.

In alcuni pazienti i lembi liberi non sono adatti. Le fratture esposte in pazienti con alcune comorbilità preesistenti, inclusi forti fumatori, diabete scarsamente controllato o grave malattia vascolare periferica, possono rappresentare un pericolo per gli arti con alti tassi di amputazione nonostante le tecniche chirurgiche contemporanee e meticolose.

Fase 5: il timing dell'intervento ^[22]

Indipendentemente dalla modalità di fissazione o stabilizzazione, la conservazione dei tessuti molli è fondamentale per evitare complicazioni della ferita potenzialmente pericolose per l'arto. La tempistica dell'intervento chirurgico è ampiamente presa in considerazione, con linee guida nazionali e letteratura a supporto dell'intervento precoce.

Fase 6: la riabilitazione postoperatoria e lo stato di carico ^[22]

L'importanza di riportare i pazienti anziani fragili al pieno carico deve essere sempre un fattore fondamentale da tener in considerazione.

Siccome l'immobilizzazione prolungata ha un impatto dannoso sulla componente tissutale, sulla forza muscolare e sulla capacità aerobica, la mobilizzazione precoce è essenziale per le necessità riabilitative in corso di questa popolazione fragile.

Inoltre, le restrizioni sul carico e con contatto delle dita dei piedi comportano aumenti significativi di dispendio energetico, necessario per mantenere l'integrità delle strutture di fissaggio.

La decisione sull'immediato carico completo ("soportare un peso sufficiente per facilitare la riabilitazione che consenta la funzione indipendente") è un calcolo rischio-beneficio incentrato sul migliore interesse per il paziente.

L'uso di metodi di fissazione come placche di bloccaggio ad angolo fisso e l'uso supplementare di scarponcini fissi alla caviglia dopo l'intervento per ridurre le forze di rotazione sull'arto inferiore possono aiutare a facilitare il successo del trattamento.

3.4. Il trattamento delle fratture-lussazioni di caviglia

Le fratture articolari o soprattutto le fratture-lussazioni necessitano di una ricostruzione e stabilizzazione anatomica precoce per consentire cure funzionali successive, portando a risultati migliori.

Una lunga immobilizzazione causerà perdita di funzionalità e scarsi risultati. Soprattutto nelle fratture del pilone, fratture tibiali distali che coinvolgono il plafond tibiale, risultati eccellenti sono stati ottenuti dopo riduzione a cielo aperto e fissazione interna (ORIF).

Sir John Charnely affermò che “nel caso di fratture intrarticolari si potevano aspettarsi buoni risultati solo dopo il ripristino anatomico e la libertà di movimento articolare, che richiedevano entrambi la fissazione interna”^[19].

La frattura-lussazione della caviglia è relativamente rara e rappresenta una lesione significativa, in cui oltre alle strutture ossee fratturate, sono coinvolti anche i tessuti molli circostanti^[20].

Sebbene la lesione dei tessuti molli consenta di trattare la maggior parte di queste fratture con riduzione a cielo aperto e fissazione interna (ORIF) in acuto, vi sono alcune che richiedono un trattamento definitivo ritardato.

Nelle caviglie in cui i tessuti molli non consentono un trattamento acuto definitivo, si prevede la guarigione di questi e nello stesso tempo si fornisce un corretto allineamento con una stecca o un fissatore esterno fino all'intervento chirurgico definitivo^[23].

Nel momento in cui si ha una situazione d'importante coinvolgimento dei tessuti molli, il miglior trattamento da eseguire nelle fratture-lussazioni è quello di evitare l'ORIF in acuto e preferire un trattamento multistep, ritardando quello definitivo.

Condiviso da molti è gestire la frattura-lussazione della caviglia con riduzione chiusa associata a stecca o fissatore esterno e un follow up ambulatoriale in attesa del ripristino dei tessuti molli.

Sebbene questo è efficace nella maggior parte dei casi, si ha una piccola percentuale in cui ciò determina una perdita della riduzione chiusa effettuata^[24].

Tuttavia, le fratture-lussazioni della caviglia possono comportare una perdita di riduzione, che non solo causa dolore e insoddisfazione nel paziente, ma può anche portare a ulteriori complicazioni cutanee, lesioni osteocondrali, tempi di attesa più lunghi per la fissazione definitiva, difficoltà nell'intervento chirurgico definitivo e nella riduzione e contrattura dei tessuti molli^[23].

Tutto ciò, probabilmente, contribuisce al tasso circa tre volte più elevato di complicanze maggiore nelle fratture-lussazioni rispetto alle fratture semplici di caviglia.

L'immobilizzazione temporanea con tutore delle fratture-lussazioni delle caviglie può predisporre i pazienti ad un maggior rischio di complicanze rispetto al fissatore esterno. Questo fa sì che è preferito il fissatore esterno nelle situazioni in cui non è possibile eseguire nell'immediato il trattamento chirurgico ORIF [24].

Rispetto alle fratture semplici della caviglia, le fratture-lussazioni (AFD) richiedono un trattamento più complesso perché la riduzione primaria aperta e fissazione interna (ORIF) è spesso ostacolata dal gonfiore post-traumatico dei tessuti molli.

Sebbene i casi indicati per un intervento chirurgico d'urgenza a causa di fratture esposte o compromissione neurologica/vascolare siano spesso trattati con fissazione esterna che copre la caviglia (ExFix), il trattamento primario per i casi con gonfiore dei tessuti molli da moderato a grave dovrebbe includere una riduzione chiusa immediata seguita da immobilizzazione.

Opzioni d'immobilizzazione primaria per gli AFD includono strutture in gesso di Parigi, come stecche per la parte inferiore della gamba e gessi sotto il ginocchio, con questi ultimi che forniscono maggiore stabilità.

Negli ultimi anni, gli studi hanno riportato una perdita secondaria di riduzione, LOR, compresa tra il 25% e il 50% in caso di immobilizzazione con splint rispetto allo 0-4% per il trattamento ExFix.

Di conseguenza, diversi autori hanno suggerito di espandere l'indicazione di ExFix come trattamento standard per AFD selezionati.

Nei casi di AFD derivanti da trauma di supinazione, rotazione esterna o abduzione di pronazione secondo la classificazione Lauge-Hansen, soprattutto nel contesto di un'ulteriore frattura quale quella del malleolo posteriore, dovrebbe essere presa in considerazione l'applicazione primaria della fissazione esterna per ridurre il rischio di perdita secondaria di riduzione [12].

Un fissatore esterno ottiene una riduzione e una fissazione stabile attraverso la trazione assiale e la conseguente ligamentotassi. A parte il rischio di infezione del tratto del perno, questo tipo di fissazione richiede un intervento chirurgico aggiuntivo.

Sebbene un gesso possa fornire una ritenzione sufficiente in modo non invasivo, la ritenzione si ottiene tramite pressione esterna che comporta il rischio di ulteriori danni ai tessuti molli e rende più difficile il monitoraggio degli stessi.

Con la diminuzione dell'edema e del gonfiore, l'adattamento del gesso si riduce con il conseguente rischio di perdere la riduzione nel tempo.

Temporizzare l'immobilizzazione con gesso è un'opzione sicura e praticabile per quelle fratture-lussazioni della caviglia in cui l'ORIF precoce non è possibile. La dimensione del frammento malleolare posteriore è un importante predittore della perdita di riduzione in un gesso, con il 22,5% identificato come valore limite per la dimensione critica del frammento posteriore. Pertanto, un ex-fix provvisorio primario in quei pazienti con un frammento malleolare posteriore che si avvicina a un quarto della superficie articolare tibiale distale sembra appropriato ^[7].

La fissazione esterna come modalità è un'opzione di stabilizzazione versatile e minimamente invasiva che dovrebbe essere sempre considerata.

In quanto dispositivo di trazione temporaneo, il fissatore esterno può contribuire a condizionare i tessuti molli e, se la riduzione chiusa fosse sufficiente, potrebbe rimanere in sede per il trattamento definitivo. Il fissatore esterno può essere utilizzato come dispositivo di distrazione intraoperatoria e come strumento utile per la riduzione, che può rimanere in sede come immobilizzazione temporanea. La fissazione esterna del calcagno in gesso consente, invece, una migliore cura della pelle e dei tessuti molli e presenta anche i suoi vantaggi come dispositivo di compressione esterna minimamente invasivo in indicazioni specifiche per l'artrodesi, soprattutto nei casi infetti ^[19].

Il fissatore esterno è utilizzato nella maggior parte delle fratture-lussazioni di caviglia a bassa energia, tanto è vero che la manipolazione chiusa e l'immobilizzazione rappresentano il gold standard.

In situazioni con lesioni più gravi, il fissatore esterno rappresenta un approccio temporaneo al successivo intervento definitivo, utile per avere un recupero completo dei tessuti molli prima di effettuare il trattamento conclusivo.

Esistono chiari vantaggi e indicazioni per l'utilizzo di tale fissatore nella gestione dei traumi ad alta energia della caviglia.

Il fissatore esterno garantisce un miglior allineamento dei frammenti ossei interessati e delle rispettive articolazioni, riducendo le possibili complicanze vascolo-nervose e cutanee, così favorendo una guarigione precoce.

Nei pazienti con diverse comorbilità è possibile considerare l'approccio con fissatore esterno anche come trattamento definitivo e non come step intermedio prima dell'intervento conclusivo [11].

Di seguito verranno analizzati i possibili approcci chirurgici nel trattamento delle fratture-lussazioni di caviglia.

1) I Fissatori esterni convenzionali [19]:

Nelle fratture dell'astragalo, delle fratture-lussazioni o di altri problemi dei tessuti molli intorno all'articolazione della caviglia, esistono le seguenti opzioni per il posizionamento dei perni:

- tibia e l'astragalo/calcalcagno;
- tibia, calcagno e transmetatarso;
- tibia e alla base del primo e del quinto metatarso.

Si inizia con il posizionamento del perno tibiale. In alcuni casi, è già presente un perno di Steinmann calcaneare dal tentativo primario di ottenere migliori condizioni dei tessuti molli e un migliore allineamento della frattura mediante la semplice trazione.

Questo perno può essere incorporato nel fissatore esterno o sostituito con una vite di Schanz con filettatura centrale, fornendo una "presa" migliore nell'osso.

In una seconda fase della procedura, la riduzione aperta limitata e la fissazione mediante viti o placche consentono un'osteosintesi interna stabile dopo il condizionamento dei tessuti molli.

È importante essere consapevoli che in determinate condizioni un intervento chirurgico secondario sarà impossibile; pertanto, la procedura primaria deve essere la migliore possibile.

Per la *fissazione tibiale* vengono utilizzate viti di Schanz da 4,5 o 5,0 mm. Si utilizza la punta da 3,2 mm. Questi perni sono disponibili come Selldrill anche in versione autoperforante e monocorticale.

La parte antero-mediale dell'asta tibiale si trova appena sotto la pelle e può essere ben palpata. Dopo un'incisione profonda e l'allargamento del tessuto sottocutaneo effettuato delicatamente con delle forbici, si praticano dei fori perpendicolari utilizzando i centrapunte.

Il perno distale non deve essere posizionato troppo vicino alla zona della frattura o alla superficie articolare.

Speciali centrapunte aiutano a impiantare le viti di Schanz senza ulteriori danni alla pelle circostante. Le incisioni da punta non dovrebbero essere troppo piccole; in caso contrario, aumenta il rischio di infezione da pin trac o osteite.

Entrambe le viti devono avere una buona presa bicorticale e la loro tenuta deve essere controllata manualmente. Attraverso un'attenta perforazione con frese affilate è possibile

evitare danni termici all'osso e danni corticali completi alla corteccia anterolaterale ripida della tibia. Collegando entrambe le viti di Schanz con un'asta in carbonio radiotrasparente e morsetti universali, è possibile utilizzarle come punti di fissaggio per le aste di distrazione mediale e laterale.

Nello scheletro del piede esistono diverse opzioni per il posizionamento dei perni a seconda della situazione locale relativa alla frattura, alle condizioni dei tessuti molli e ai piani per ulteriori procedure.

Per quanto riguarda il *fissatore calcagno/astragalo* nella maggior parte dei casi, si utilizza un perno filettato centralmente che viene posizionato nella parte postero-plantare del calcagno.

I fili centrali impediscono lo spostamento del perno ed evitano irritazioni alla pelle.

Il perno deve essere inserito medialmente per evitare lesioni all'arteria tibiale posteriore.

Il suo posizionamento dovrebbe essere perpendicolare al suolo in modo che la successiva mobilizzazione non sia problematica.

Il secondo perno per il fissaggio stabile del telaio viene posizionato a seconda della situazione locale.

Quanto più ci si avvicina alla frattura o all'articolazione lesionata, tanto maggiore è la stabilità garantita. Successivamente la chirurgia a cielo aperto può, tuttavia, essere compromessa da siti di perno infetti vicino all'imminente incisione cutanea.

La prima possibilità è quella di posizionare il secondo chiodo con filettatura centrale nel collo dell'astragalo, situato molto vicino alle articolazioni astragalo-navicolare e sottoastragalica anteriore ad alto rischio di artrite iatrogena. Collegando i due perni tramite morsetti universali e aste in carbonio si ottengono maniglie funzionali su entrambi i lati del piede per applicare una sorta di distrazione su ciascun piano. Sotto controllo radiografico vengono controllati l'allineamento assiale e la riduzione chiusa dei frammenti della frattura. Collegando le aste tibiale e del piede utilizzando morsetti asta-asta e aste in carbonio radiotrasparenti di lunghezza adeguata, l'articolazione della caviglia viene fissata in posizione neutra per evitare la successiva perdita di dorsiflessione e contrazione dei tessuti molli, che potrebbe portare ad una cattiva riduzione.

Una capacità di deambulazione soddisfacente può essere raggiunta solo con l'articolazione della caviglia in posizione neutra. Di solito è sufficiente un'asta di trazione su ciascun lato, ma se si desidera maggiore stabilità e un grado di distrazione più elevato, è possibile applicare un'asta a ciascuna vite di Schanz, per un totale di quattro aste a ponte.

La *fissazione calcagno/transmetatarsale* è utile per colmare e stabilizzare più articolazioni del piede, in particolare le articolazioni Chopart e Lisfranc. È consigliato un perno con filettatura centrale.

Tuttavia, non è facile raggiungere tutti i metatarsi e può verificarsi la frattura di uno di questi. Questa procedura inizia identificando la base mediale del primo osso metatarsale, praticando un'incisione longitudinale e allargando i tessuti molli mediante dissezione smussa. È consigliato perforare il foro con una punta da 3,2 mm, tenendo i cinque metatarsi con una mano su un unico piano. Ciò consentirà al chirurgo di raggiungerne il maggior numero possibile di metatarsi e di fornire una buona presa per il perno.

Poiché tutti i compartimenti interossei vengono superati, la sindrome compartimentale, le lesioni dei nervi o dei vasi e le fratture ossee possono essere possibili complicazioni.

Il *fissatore del Calcagno unita alla base del primo e quinto metatarso* è un'altra opzione di fissazione tibiotarsale temporanea; consiste nel posizionare una piccola vite di Schanz alla base del primo metatarso e un'altra nel quarto o quinto metatarso per mantenere il piede in una posizione neutra.

Utilizzando uno o più perni posizionati dorso-medialmente, la posizione neutra del piede può essere mantenuta se è collegata a un fissatore esterno preesistente nella tibia, soprattutto nelle lesioni combinate della parte inferiore della gamba. Queste situazioni si riscontrano spesso in pazienti con lesioni multiple.

Se un secondo perno non viene posizionato alla base del quinto metatarso, nella maggior parte dei casi l'avampiede risulterà in qualche modo supinato.

L'uso di un solo perno è quindi consigliato solo nelle situazioni in cui l'articolazione della caviglia deve essere fissata temporaneamente in una posizione neutra per proteggere i tessuti molli. Nella maggior parte di questi casi, i fisioterapisti possono aprire questa fissazione quotidianamente per la mobilizzazione articolare intermedia se le altre strutture lesionate consentono un'assistenza postoperatoria funzionale.

Se è necessaria una trazione più forte e una migliore stabilizzazione, è possibile utilizzare quattro aste a ponte per l'articolazione della caviglia.

In tale situazione, vengono montate aste dalla fissazione tibiale a ciascun punto di stabilizzazione del telaio sullo scheletro del piede, in modo che siano in posizione quattro aste a ponte invece di due singole. Le viti di Schanz nello scheletro del piede dovrebbero comunque essere collegate tramite un'asta aggiuntiva su ciascun lato per ottenere una situazione stabile e

meno micromovimenti nel piede, che potrebbero causare l'allentamento dei perni e la successiva infezione del pin trac o l'osteomielite del calcagno.

2) L'artrodesi della caviglia ^[19]:

Nei casi settici, che si verificano raramente dopo la riduzione a cielo aperto e/o la fissazione interna di fratture-lussazioni della caviglia, possono essere necessarie procedure precoci di rimozione del metallo e di salvataggio.

In molti casi, la fissazione esterna è l'unica alternativa per ottenere una situazione stabile in caso di cattive condizioni della pelle.

Poiché le fratture potrebbero non essere ancora guarite e potrebbe verificarsi una ridislocazione, l'artrodesi precoce potrebbe essere l'ultima opzione per ottenere in futuro un arto stabile, non infetto e caricabile.

In questi casi, può essere utile utilizzare viti di Schanz con filettatura centrale nella tibia e posizzarle dalla parte mediale a quella laterale della tibia senza fissazione del perone. Per ridurre la tensione cutanea può essere utile resecare la parte distale o il frammento del perone, consentendo un facile accesso al plafond tibiale e la cupola dell'astragalo per la resezione delle superfici articolari per ottenere piani che accelerano la guarigione dell'artrodesi.

Ciò elimina la necessità di un ulteriore approccio centrale o anteromediale sull'articolazione della caviglia, che comprometterebbe ulteriormente i tessuti molli attorno alla caviglia e potrebbe portare alla necrosi cutanea, rendendo necessario il trasferimento dei tessuti vascolarizzati.

Nel retropiede, un perno sarà posizionato perpendicolarmente all'osso del calcio attraverso l'astragalo. Utilizzando lo speciale dispositivo di distrazione/contrazione dell'AO, che può essere utilizzato con le bielle regolate, è possibile applicare una compressione adeguata alle superfici articolari precedenti.

Occorre prestare attenzione ad un controllo esatto e regolare della compressione. Sarà necessario regolare settimanalmente la compressione in regime ambulatoriale. I pazienti sono incoraggiati a camminare con il pieno carico il più presto possibile.

3) Le tecniche percutanee ^[11]:

Nel contesto acuto, sebbene il fissatore esterno sia ampiamente utilizzato nelle principali lussazioni articolari e fratture scomposte, in alcuni casi è necessario utilizzare altre metodologie, ossia le tecniche percutanee con o senza approcci aperti limitati.

Tipica situazione che richiede tale approccio è la lussazione laterale del talo. La testa dell'astragalo si trova medialmente ed è spesso irriducibile con la riduzione chiusa perché il collo del talo spesso rimane intrappolato tra il tendine tibiale posteriore e il flessore lungo delle dita.

La lussazione determina una maggior tensione cutanea oltre ad un maggior rischio di danno delle strutture neuro-vascolari.

In questi casi è bene effettuare l'intervento con riduzione aperta limitata.

L'approccio ai pazienti con frattura-lussazione di caviglia varia a seconda della capacità dei frammenti di perdere la loro riduzione in relazione alle forze muscolari applicate sugli stessi ^[24].

Nelle fratture-lussazioni di caviglia si preferisce il trattamento chirurgico ORIF, essendo queste instabili. Rispetto alle fratture pure di caviglia, le fratture-lussazioni non presentano alcun aumento di complicanze in termini di guarigione della ferita né tantomeno esiti funzionali peggiori.

L'unica variabile a differenziare le due situazioni (frattura *versus* frattura-lussazione) è la scala del dolore nettamente aumentata nelle fratture-lussazioni ^[20].

Dopo che i tessuti molli sono migliorati e guariti mediante le procedure descritte precedentemente, si procede all'intervento definitivo, considerando in modo dettagliato sia la tipologia della lesione sia le comorbilità del paziente.

Un criterio per decidere quando intervenire è la risoluzione del gonfiore dei tessuti, che avverrà sicuramente più rapidamente in pazienti giovani e sani rispetto a quelli anziani e/o con comorbilità.

Inoltre, è importante ricordare che un soddisfacente *outcome* del trattamento definitivo è dettato sicuramente dai corretti approcci attuati in precedenza ^[11].

3.5. Il trattamento mininvasivo in pazienti con elevato rischio di complicanze

Nonostante la frequenza con cui si riscontrano le fratture della caviglia, rimangono aree in cui il trattamento può essere ottimizzato.

I pazienti con fratture complesse, associate a osteopenia o osteoporosi oppure con tessuti molli compromessi a causa della lesione o da altre comorbilità sono soggetti con alti tassi di complicanze.

Si applicano in queste circostanze i principi sviluppati da Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen – Associazione per lo studio della fissazione interna (Fondazione AO, Davos, Svizzera), necessari per ottenere un buon outcome del trattamento delle fratture della caviglia. Tali principi evidenziano la necessità di eseguire un approccio multi-steps:

1. Riduzione accurata della frattura per ripristinare il rapporto anatomico;
2. Fissazione della frattura in base al tipo di frattura;
3. Conservazione dell'apporto sanguigno ai tessuti molli e alle ossa mediante tecniche di riduzione delicate e manipolazione attenta;
4. Mobilizzazione precoce e sicura della parte lesionata e del paziente nel suo complesso.

L'utilizzo della classificazione di Lauge-Hansen aiuta ad ottenere e mantenere un'accurata riduzione delle fratture della caviglia, rispettando così il primo principio AO.

La scelta dello strumento di fissazione dipende dal tipo della frattura, secondo principio AO.

Una frattura trasversale del perone si tratta con una placca di compressione con banda di tensione, una frattura obliqua o a spirale è trattata utilizzando viti interframmentarie e una placca di neutralizzazione, mentre una frattura sminuzzata è trattata utilizzando una placca a ponte.

Nelle fratture di Weber tipo C, bisogna prestare meticolosa attenzione alla dissezione dei tessuti molli per evitare lesioni al nervo peroneale superficiale, in particolare, con l'utilizzo di una placca a sei fori o più grande.

Nella frattura sopracolicolare del malleolo mediale si utilizza una vite cefalica o un filo di tensione; tuttavia, per una frattura verticale saranno necessarie viti cefaliche o una placca antiscivolo.

Nelle fratture collicolari anteriori trasverse si utilizza una vite di compressione per piccoli frammenti; per le fratture oblique è consigliata una fascia di tensione.

Le fratture malleolari posteriori >30% della superficie articolare devono essere fissate con viti da spongiosa parzialmente filettate da 3,5 o 4,0 mm in posizione anteroposteriore o posteroanteriore.

I legamenti della caviglia presentano la stessa importanza della componente ossea nella valutazione della lesione. Uno spazio libero tibioperoneale > 6 mm nelle proiezioni anteroposteriore, AP, e in quella specifica del mortaio e una sovrapposizione tibioperoneale < 6 mm in AP e > 1 mm nella proiezione del mortaio sono indicazioni di una lesione sindesmotic. Una distanza dello spazio libero mediale su entrambe l'*imaging* AP e del mortaio di ≥ 4 mm indica una completa rottura dei legamenti deltoide e sindesmotic.

La dimensione del frammento malleolare mediale è la variabile più importante nel predire la competenza deltoidea, principalmente del legamento posteriore profondo, DPL. Quando questo frammento è largo >2,8 cm, il legamento deltoideo sarà intatto. Tuttavia, quando è largo <1,7 cm, il legamento deltoideo sarà incompetente. Il DPL di solito guarisce sufficientemente senza riparazione, a condizione che sia stata ottenuta una buona riduzione dello spazio articolare mediale, della sindesmosi e del malleolo laterale.

La fissazione intramidollare del perone permette di migliorare la qualità della fissazione della frattura da fragilità.

La complessità delle fratture della caviglia viene amplificata se osservata in pazienti ad alto rischio di complicanze nella guarigione delle ferite dei tessuti molli.

Tra le categorie a rischio ci sono i pazienti con le lesioni dei tessuti, diabetici, fumatori, con malattie vascolari periferiche, malnutriti, alcolisti o che utilizzano in modo cronico i corticosteroidi. Gli effetti di tali comorbilità sulla guarigione delle ferite dei tessuti molli sono ampiamente descritti nella Tabella 6.

Tabella 6. Effetti dei fattori di rischio sulla guarigione delle ferite

FATTORI DI RISCHIO	CAUSE DELLA RIDOTTA GUARIGIONE DELLE FERITE
Malnutrizione e disidratazione	La sintesi compromessa del collagene riduce la resistenza della ferita; la funzione immunitaria compromessa aumenta il rischio d'infezioni; la ridotta attività antiossidante aumenta il danno da radicali liberi; la pelle disidratata diventa anelastica, fragile e più suscettibile alla rottura.
Glucocorticoidi sistemici	Effetti antinfiammatori globali e soppressione delle risposte cellulari delle ferite provoca una guarigione con tessuto di granulazione incompleto e ridotta contrazione.

Fumo	La nicotina grazie ai suoi effetti vasocostrittori riduce il flusso sanguigno nei tessuti; la conseguente ischemia tissutale induce una serie di complicanze come infezioni, rottura della ferita con lembi necrotici, epidermolisi e ridotta resistenza alla trazione.
Alcolismo cronico	Riduce l'angiogenesi della ferita e compromette la fase proliferativa della guarigione della stessa.
Età avanzata	La ridotta sintesi di collagene e l'angiogenesi portano ad un ritardo della riepitalizzazione.
Obesità	L'ipoperfusione e l'ischemia del tessuto adiposo sottocutaneo portano alla formazione di ematomi, sieromi e ulcere venose; la riduzione della somministrazione di antibiotici causa l'infezione della ferita; una maggiore tensione sui bordi della ferita contribuisce alla deiscenza della ferita.
Diabete e malattie vascolari periferiche	L'ipossia, la compromessa angiogenesi e neovascolarizzazione riducono la resistenza immunitaria dell'ospite.

Fonte: [14] Abdelgaid SM, Moursy AF, Elgebaly EAA, Aboelenien AM. Minimally Invasive Treatment of Ankle Fractures in Patients at High Risk of Soft Tissue Wound Healing Complications. *J foot ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg.* 2018;57(3):557-571. doi:10.1053/j.jfas.2017.11.041

A causa del rischio di deiscenza della ferita e di infezione con la riduzione a cielo aperto e la fissazione interna (ORIF) delle fratture della caviglia, in questi pazienti si preferisce effettuare trattamenti mininvasivi.

Inoltre, grazie alla riduzione del danno iatrogeno in queste tecniche, ciò ha consentito una mobilitazione precoce e una rapida riabilitazione, rispettando così il terzo e il quarto principio di AO.

La frattura e/o la lussazione della caviglia possono compromettere il sottile rivestimento dei tessuti molli, aumentando la gravità di una lesione traumatica. L'attenta manipolazione e conservazione dell'involucro dei tessuti molli è di fondamentale importanza.

Recentemente si utilizzano sempre di più le tecniche di osteosintesi mininvasive che minimizzano i danni ai tessuti molli, assicurano il ripristino anatomico dell'articolazione, proteggono l'afflusso di sangue all'estremità della frattura, garantiscono la funzionalità precoce dell'articolazione della caviglia e forniscono risultati clinici soddisfacenti nel trattamento di fratture complesse della caviglia, soprattutto in quelli con tessuti molli di scarsa qualità.

L'approccio chirurgico mininvasivo prevede una riduzione chiusa *in primis*, nel caso in cui fallisse approccio percutaneo. Nei casi in cui fallisse anche quello percutaneo si opterebbe per una riduzione minimamente aperta.

Nel fallimento completo del trattamento mininvasivo, la scelta terapeutica opportuna dipenderà dalle condizioni dei tessuti molli.

Se le condizioni dei tessuti molli lo consentono, è necessario eseguire una riduzione e fissazione formale a cielo aperto. Altrimenti, la frattura dovrebbe essere trattata temporaneamente utilizzando un fissatore esterno, seguito da un ORIF definitivo quando le condizioni della pelle sono migliorate.

Le tecniche di riduzione e fissazione minimamente invasive possono essere applicate in modo sicuro nella maggior parte delle fratture malleolari, a condizione che si abbia una piena comprensione del meccanismo della lesione, geometria della frattura, insieme alla corretta selezione degli strumenti di fissazione.

Queste tecniche evitano le complicanze associate ai metodi convenzionali di riduzione a cielo aperto nei pazienti ad alto rischio di complicanze nella guarigione delle ferite dei tessuti molli [14].

3.6. Il trattamento della frattura-lussazione di Bosworth

La frattura di Bosworth è una frattura-lussazione dell'articolazione della caviglia in cui la porzione fratturata del perone è intrappolata dietro al malleolo posteriore. È una lesione piuttosto rara, che spesso viene trascurata.

Il meccanismo mediante il quale si genera la frattura è la torsione, nello specifico da supinazione-extrarotazione secondo Lauge-Hansen e associata alle fratture di tipo B secondo Weber.

Le fratture-lussazioni di Bosworth sono spesso non riconosciute nell'*imaging* radiografico iniziale. I tipici aspetti radiografici di uno spazio articolare mediale aumentato e della posizione posteriore del perone possono essere interpretati erroneamente e attribuiti erroneamente a proiezioni radiografiche inadeguate.

Tuttavia, anche i chirurghi esperti hanno spesso difficoltà a formulare una diagnosi basata su semplici radiografie. Alcuni metodi di *imaging* radiografico possono essere utili nell'*imaging* iniziale poiché la TC spesso non può essere eseguita immediatamente.

Nei pazienti con sospetta frattura della caviglia devono essere eseguite radiografie standard in proiezione anteroposteriore, laterali, sia oblique sia specifiche per il mortaio.

Aumentare la consapevolezza della variante di Bosworth e delle sue caratteristiche radiografiche, inclusa la sovrapposizione del frammento del perone e della tibia distale nella vista anteroposteriore e lo spostamento posteriore del perone nella vista laterale aiuterebbe a evitare diagnosi errate.

L' "*axilla sign*" è un marcatore radiografico che può essere utilizzato per identificare i pazienti con frattura-lussazione di Bosworth del perone distale nella proiezione specifica del mortaio delle radiografie semplici.

Nelle radiografie è visibile l'"axilla" radiografica del plafond tibiale mediale a causa della rotazione interna della tibia quando il perone è lussato posteriormente alla tibia. Sembra essere associato ad una rottura della parte anteromediale della capsula e ad una rottura del legamento deltoideo, oppure ad una frattura del malleolo mediale.

Inoltre, la misurazione della posizione del perone in relazione al corpo dell'astragalo nelle radiografie oblique esterne fornisce informazioni utili che possono differenziare le fratture di tipo Bosworth da altre fratture bimalleolari riducibili. Il perone è posizionato al centro del corpo dell'astragalo nelle radiografie oblique esterne delle fratture della caviglia di tipo Bosworth.

Il solo *imaging* radiografico spesso non è sufficiente per fare diagnosi di frattura di Bosworth; pertanto, è necessario acquisire anche un *imaging* TC.

La TC, oltre a fare diagnosi, permette di valutare eventuali lesioni associate dei tessuti molli e facilitare il planning operatorio.

La riduzione chiusa viene solitamente tentata in caso di frattura-lussazione della caviglia per ridurre al minimo ulteriori rischi di conflitto cutaneo e necrosi, ma spesso non ha successo nelle fratture-lussazioni di Bosworth.

In alcuni tipi di frattura-lussazione della caviglia, solitamente è facile ridurre manualmente la caviglia. Tuttavia, nelle fratture-lussazioni di Bosworth, la lussazione è piuttosto rigida e di solito non è possibile ottenere una riduzione chiusa soddisfacente della caviglia perché la cresta posterolaterale della tibia può impedire la riduzione anatomica.

Non sono consigliabili una riduzione chiusa forzata della caviglia lussata o tentativi ripetuti, poiché questi possono causare ulteriori traumi ai tessuti molli, soprattutto intorno al perone. Occasionalmente si può tentare una riduzione delicata; tuttavia, è consigliabile che i pazienti vengano sottoposti a un intervento chirurgico d'urgenza.

Rispetto alle fratture universali della caviglia, le fratture-lussazioni di Bosworth presentano una maggiore incidenza di complicanze, tra cui la sindrome compartimentale, la necrosi avascolare dell'astragalo e l'artrosi della caviglia.

Alcuni ricercatori riferiscono che ritardare l'intervento chirurgico possa causare anchilosi della caviglia o avere un effetto sull'articolazione capace di generare una futura artrosi.

Inoltre, i ritardi nella riduzione della caviglia possono provocare una rigidità della caviglia, che può avere patologie capsulari ed extra capsulari.

L'effetto dannoso dell'intervento chirurgico sulla lesione dei tessuti molli associata potrebbe causare problemi con la guarigione della ferita e/o infezione.

La maggior parte dei pazienti ricoverati con frattura-lussazione di Bosworth mostrano spesso un grave gonfiore dei tessuti molli.

Generalmente, l'intervento chirurgico viene ritardato fino alla riduzione del gonfiore nei pazienti con fratture della caviglia. Tuttavia, ritardare l'intervento chirurgico nei casi di frattura-lussazione di Bosworth non ha alcun beneficio e il gonfiore può continuare o peggiorare.

La chirurgia d'urgenza può aiutare a ridurre il rischio di artrosi post-traumatica e una diagnosi accurata prima dell'intervento potrebbe comportare un intervento chirurgico più agevole e preciso. La diagnosi precoce e la riduzione della lussazione della caviglia sono importanti per ridurre al minimo le complicanze successive.

Una diagnosi precoce e precisa e un trattamento precoce sono fondamentali per i pazienti con frattura della caviglia, in particolare quelli con frattura-lussazione di Bosworth ^[25].

La letteratura suggerisce un intervento chirurgico a cielo aperto attraverso un approccio posterolaterale, per sollevare il perone incarcerato dal tubercolo tibiale posteriore e per la fissazione della placca laterale.

Una procedura in due fasi con un fissatore esterno esteso potrebbe essere utilizzata per trattenere l'articolazione ridotta della caviglia.

La fissazione definitiva del malleolo laterale potrebbe avvenire utilizzando una placca bloccante o non bloccante, ma spesso la diastasi richiede una fissazione trans-sindesmotic con due viti quadricorticali, poiché una vite singola o nessuna vite mostra una prognosi sfavorevole e dolore persistente alla caviglia. Le fratture malleolari posteriori necessitano di fissazione con viti di trazione o placca ^[26].

3.7. Il trattamento della frattura del malleolo posteriore

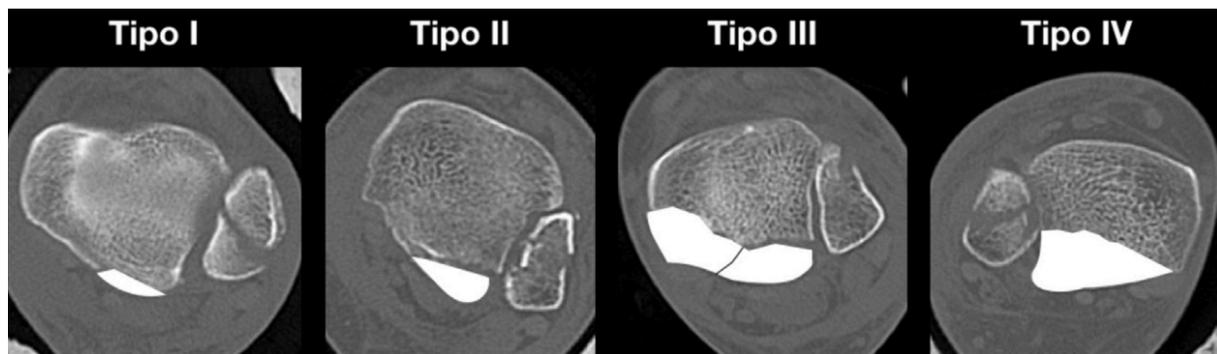
Le fratture della caviglia sono lesioni comuni, rappresentano circa il 9% di tutte le fratture e fino al 7-44% sono associate a fratture del malleolo posteriore.

Earle descrisse per primo la frattura del bordo tibiale posteriore nel 1828. Gli studi suggeriscono che la valutazione con radiografie semplici della caviglia è insufficiente, poiché la tomografia computerizzata, TC, modifica la pianificazione operativa nel 20-44% dei casi.

Una classificazione basata sulla TC, come è possibile osservare dalla Figura successiva (Figura 4), con ricostruzione tridimensionale è attualmente quella più utilizzata, descritta nel 2015 da Bartoníček e Rammelt, che distingue cinque tipi di frattura del malleolo posteriore, PMF [27]:

- *tipo I*: frattura extraincisurale;
- *tipo II*: frattura del frammento posterolaterale;
- *tipo III*: frattura dei frammenti posteromediali e posterolaterali;
- *tipo IV*: frattura del grande frammento triangolare posterolaterale;
- *tipo V*: frattura osteoporotica irregolare.

Figura 4. Classificazione della frattura del malleolo posteriore mediante *imaging* TC



Fonte: [27] Fernández-Rojas E, Herrera-Pérez M, Vilá-Rico J. Posterior malleolar fractures: Indications and surgical approaches. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2023 Mar-Apr;67(2):160-169. English, Spanish. doi: 10.1016/j.recot.2022.10.019. Epub 2022 Nov 9. PMID: 36371071

L'importanza di questa classificazione risiede nelle sue implicazioni prognostiche e terapeutiche poiché consente di determinare l'indicazione chirurgica e il miglior approccio chirurgico in ciascun caso.

Si raccomanda il trattamento conservativo nel tipo I, la chirurgia con approccio posterolaterale nel tipo II e IV, e l'approccio posteromediale o doppio approccio, ossia posterolaterale e mediale con estensione posteromediale nel tipo III.

Ciò, insieme ad una migliore comprensione della normale anatomia e biomeccanica dell'articolazione della caviglia, ha portato ad un cambiamento di paradigma nelle indicazioni per la fissazione interna e anche nei percorsi di approccio che possono essere scelti.

Le indicazioni classiche per la fissazione del PMF erano, in passato, uno spostamento maggiore di 2 mm sulla radiografia laterale e una dimensione del frammento maggiore del 25-30% del plafond tibiale. La logica alla base di questa dimensione era l'apparente aumento del rischio di sublussazione dell'astragalo posteriore e risultati funzionali peggiori [27].

Un cambiamento nel modo di pensare sulla PMF ha inizio nel 2011, in cui diversi autori affermano che l'indicazione per la fissazione dipende oltre che dalla stabilità anche da altri fattori, come [27]:

- *Le dimensioni del frammento*: misurata in relazione alla percentuale del plafond tibiale coinvolto e valutata all'imaging con una proiezione laterale della caviglia.
- *La sublussazione dell'astragalo*.
- *L'osteoartrosi post-traumatica*: è importante considerarla perché le fratture malleolari sono la principale causa di artrosi della caviglia.
- *L'instabilità sindesmotica*: si valuta ricordando che la tuberosità tibiale posteriore sia l'inserzione del legamento tibioperoneale postero-inferiore, che quindi decorre obliquamente e distalmente alla sua inserzione alla sua inserzione.
- *Lo step off intrarticolare*: con valori superiori a 1-2 mm sono indicazione di una fissazione interna.
- *La depressione del plafond*: è definita anche come "*frammento die-punch*", può contribuire alla sublussazione dell'astragalo e/o allo sviluppo dell'osteoartrosi post-traumatica. Quest'ultima sarebbe dovuta ad una redistribuzione del carico verso la regione anteromediale della superficie articolare, che stresserebbe aree di condrociti che normalmente non sono sottoposte a tali carichi.
- *La presenza di frammenti intercalari*: sono considerati fattori indipendenti dai precedenti. Questi frammenti hanno un'incidenza del 43% nella PMF, fino al 70% nelle fratture di Bartonicek di tipo III. La localizzazione più frequente di questi è posterolaterale nel 64% dei casi. Normalmente questi frammenti impediscono la

riduzione anatomica della frattura, pertanto è consigliato rimuovere piccoli frammenti per evitare che agiscano come corpi liberi intrarticolari, ed è raccomandato sintetizzare i frammenti di maggiori dimensioni.

Una volta stabilita l'indicazione per la fissazione del PMF, occorre definire se utilizzare un approccio tradizionale anteriore o un approccio posteriore. Nel primo caso, l'*approccio tradizionale anteriore* nella fissazione del PMF richiede la riduzione indiretta mediante legamentotassi attraverso la dorsiflessione della caviglia e la fissazione con una vite anteroposteriore. I vantaggi di questo approccio sono la possibilità di fissazione della frattura in posizione supina e un approccio minimamente invasivo. Tuttavia, i suoi svantaggi sono la difficoltà di ottenere una riduzione anatomica, l'impossibilità di rimuovere frammenti intercalari o di ridurre la depressione del plafond, la difficoltà di fissazione quando sono presenti piccoli frammenti posterolaterali e il rischio di lesioni alle strutture anatomiche anteriori come la parte anteriore del tendine tibiale, tendine estensore lungo dell'alluce e rami del nervo peroneale superficiale. Per ridurre questo rischio, si raccomanda che il sito di inserimento della vite anteroposteriore sia mediale al tendine tibiale anteriore, con una dissezione meticolosa.

Nel secondo caso, l'*approccio posteriore* ha il vantaggio di consentire una riduzione diretta, e quindi anatomica, una fissazione stabile della placca e vite e la rimozione dei frammenti intercalari. Gli svantaggi di questi approcci sono il rischio di lesioni alle strutture neurovascolari e la difficoltà nel ridurre le fratture quadrimalleolari e le fratture del collicolo anteriore del malleolo mediale in posizione prona.

Il trattamento della PMF richiede una pianificazione chirurgica ottimale che dipende dal tipo di frattura rilevata dalla TC preoperatoria della caviglia, ma dipenderà anche dalle comorbidità del paziente e dallo stato dei tessuti molli.

La fissazione interna di questa frattura è suggerita in presenza di instabilità sindesmotic, step-off intrarticolare maggiore di 1-2 mm, inclusione del plafond tibiale e del frammento intercalare.

Si raccomanda l'approccio posteriore come via di scelta per ottenere la riduzione anatomica della frattura e ridurre la necessità di fissazione trans-sindesmotic. L'uso di un approccio anteriore tradizionale può essere preso in considerazione in presenza di frammenti di grandi dimensioni senza frammento intercalare, step-off o depressione del plafond tibiale [27].

3.8. Il trattamento temporaneo con splint o fissatore esterno

Nelle fratture-lussazioni di caviglia, la riduzione nella stabilizzazione temporanea con uno splint non è così rara. Ciò dovuto a cause multifattoriali.

Lo splint, di solito, si applica quando è presente una caviglia gonfia in seguito ad infortunio; pertanto, potrebbe perdere la sua capacità di mantenere la riduzione man mano che il gonfiore regredisce.

In termini di complicanze cutanee che si potrebbero sviluppare dopo il trattamento definitivo non vi è alcuna differenza tra l'utilizzo dello splint o il fissatore esterno.

Inoltre, è presente un rischio aumentato di ridislocazione delle fratture-lussazioni di caviglia con importante frattura malleolare posteriore. La fissazione esterna è considerata un approccio pratico e veloce, ma al contempo presenta rischi correlati sia ad infezioni del tratto in cui s'inseriscono i perni sia a fratture iatrogene.

L'immobilizzazione con lo splint nelle fratture-lussazioni di caviglia presentano una maggiore frequenza di perdita di riduzione, oltre a maggiori complicanze dei tessuti molli e un periodo di tempo più lungo tra la lesione e il trattamento definitivo. Per ridurre queste possibili complicanze può essere utilizzato il fissatore esterno ^[23].

3.9. La chirurgia in two stages nella frattura-lussazione di caviglia

La riduzione aperta immediata e la fissazione interna sono considerate il trattamento gold standard per le fratture malleolari scomposte, ma il trattamento chirurgico acuto della frattura-lussazione del malleolo non è sempre possibile, a causa delle gravi lesioni dei tessuti molli che ne conseguono. Una grave lesione dei tessuti molli associata a una frattura della caviglia è un fattore importante che influenza la prognosi e il tasso di complicanze postoperatorie.

I tempi dell'intervento definitivo per le fratture della caviglia con lesioni dei tessuti molli sono ancora controversi.

Il bridge temporaneo con un telaio che copre la caviglia, che è un'opzione di trattamento comunemente usata e sicura, ha un ruolo fondamentale nel controllo ortopedico del danno locale in attesa dell'intervento chirurgico definitivo.

In questi casi, l'uso di un fissatore esterno temporaneo consente di ridurre la lussazione della frattura mediante legamentotassi e favorisce la guarigione delle lesioni dei tessuti molli.

La regione della caviglia è soggetta a complicanze a causa del rivestimento sottile e vulnerabile dei tessuti molli. Le più frequenti complicanze riscontrate dopo le fratture della caviglia sono quelle associate alla ferita.

Le lesioni dei tessuti molli che accompagnano le fratture malleolari aumentano il rischio di complicanze infettive della ferita e causano una diminuzione dei punteggi funzionali.

Pertanto, un trattamento adeguato delle lesioni è di cruciale importanza per la corretta pianificazione chirurgica e la tempistica dell'intervento definitivo.

La fissazione esterna temporanea è un'opzione di trattamento comunemente usata e sicura per le fratture della caviglia con gravi lesioni dei tessuti molli fino all'ottenimento della guarigione degli stessi.

La trazione calcaneare è un'opzione di trattamento temporaneo per ottenere l'allineamento in una situazione acuta ma non fornisce una stabilizzazione adeguata. Invece la fissazione esterna fornisce la stabilità della riduzione con legamentotassi, specialmente in una situazione acuta con o senza fissazione interna limitata. I telai che attraversano la caviglia presentano i vantaggi del posizionamento dei perni al di fuori della zona della lesione con la massima compromissione dei tessuti molli, fornendo maggiore stabilità rispetto all'immobilizzazione in un gesso, oltre a consentire ai pazienti di mobilizzarsi senza carico immediatamente dopo l'intervento e una miglior osservazione dei tessuti molli.

Le fratture della caviglia trattate con un fissatore immediato che copre l'intera caviglia sono meno soggette a vesciche, gonfiore e infezioni della ferita postoperatoria.

In studi recenti, le complicanze postoperatorie e il ritardo dovuto a gravi lesioni dei tessuti molli che accompagnano le fratture sono stati identificati come fattori di rischio negativi.

Un intervento chirurgico in due fasi è un'opzione che può essere eseguito in sicurezza in pazienti accuratamente selezionati per il trattamento delle fratture malleolari instabili e lussazioni con lesioni dei tessuti molli ^[4].

QUARTO CAPITOLO

LE COMPLICANZE DELLE FRATTURE DI CAVIGLIA

La deiscenza e l'infezione sono le complicanze più comuni riscontrate durante la gestione delle fratture di caviglia, mentre è stato dimostrato che fattori correlati al paziente, come il diabete, la malattia vascolare periferica e il fumo, hanno un effetto sulle complicanze della ferita. In questo, le lesioni caratteristiche come il meccanismo e la tempistica fino alla riduzione temporanea della frattura svolgono un ruolo importante.

Le fratture-lussazioni della caviglia causano un aumento del danno ai tessuti molli circostanti, sia con la forza richiesta per suscitare la diastasi tibio-astragalica sia con la pressione esercitata dalle protuberanze ossee sui tessuti molli prima della riduzione. Infatti, fino ad un terzo delle fratture-lussazioni si presentano aperte. Con l'aumento delle lesioni dei tessuti molli si determina un incremento del tasso di interventi postoperatori. Le fratture-lussazioni della caviglia presentano un tasso di complicanze maggiori tre volte maggiore rispetto alle fratture standard e, se non trattate tempestivamente, mostrano un tasso di complicanze maggiori dei tessuti molli più elevato rispetto alle fratture standard della caviglia.

Inoltre, in presenza d'infezione è necessario effettuare irrigazione e *debridement* dei pazienti con lussazione della caviglia.

Alcuni studi recenti, tuttavia, non hanno mostrato alcuna associazione significativa tra infezioni postoperatorie e complicanze della ferita quando si confrontano le fratture standard con le fratture-lussazioni. In questi studi si rileva un numero significativo di fratture-lussazioni della caviglia che erano state trattate inizialmente con l'applicazione di fissatori esterni temporanei e intervento chirurgico ritardato. La fissazione esterna è stata raccomandata anche nelle fratture con considerevoli lesioni dei tessuti molli. Attualmente, il ruolo della fissazione esterna nel trattamento delle fratture e delle lussazioni della caviglia non è chiaramente definito e probabilmente richiede una valutazione individuale dei tessuti molli su quando utilizzarlo. Di seguito verranno descritte alcune particolari situazioni cliniche associate alle fratture-lussazioni di caviglia ^[5].

1) Le Lesioni intrarticolari:

L'incidenza delle lesioni osteocondrali (OCL) aumenta con la gravità della frattura della caviglia.

I pazienti con fratture-lussazioni della caviglia presentano un rischio significativamente più elevato di sviluppare OCL rispetto ai pazienti con fratture non lussate.

L'identificazione e il trattamento adeguati delle OCL sono cruciali a causa della loro forte associazione con lo sviluppo dell'osteoartrite post-traumatica.

Le fratture-lussazioni della caviglia sono anche associate a tassi più elevati di coinvolgimento del malleolo posteriore e di corpi mobili intrarticolari che possono richiedere un intervento chirurgico. È stato dimostrato che il coinvolgimento del malleolo posteriore può predire esiti peggiori.

2) La mal riduzione:

Le fratture pluriframmentate, la scarsa qualità dell'osso e gli errori tecnici sono stati tutti associati a un aumento del rischio di cattiva riduzione. È noto che la cattiva riduzione articolare è un fattore importante che influenza gli esiti delle fratture della caviglia trattate chirurgicamente. La mal riduzione articolare postoperatoria è maggiore nei pazienti lussati rispetto a quelli non lussati. Uno studio, tuttavia, che ha valutato le fratture da supinazione in rotazione esterna, SER, ha rilevato che la mal riduzione articolare durante l'intervento chirurgico era significativamente più comune nel gruppo lussato, valutato mediante TC postoperatoria.

L'aumento del tasso di cattiva riduzione è stato postulato come secondario all'aumentata complessità delle lesioni articolari osservate nelle fratture-lussazioni della caviglia.

4.1. La sindrome compartimentale nel piede

La sindrome compartimentale è un'entità clinica caratterizzata dalla sofferenza ischemica dei tessuti contenuti in alcuni compartimenti anatomici a pareti inestensibili, per effetto di un'elevazione della pressione tissutale al suo interno. Tale fenomeno può essere causato da un

aumento del contenuto (emorragia, edema, infiammazione, ecc.) o da una compressione esterna (bendaggi stretti) [13].

Le sindromi compartimentali sono una conseguenza frequente dei traumi e rappresentano un'emergenza chirurgica pericolosa per gli arti. Il 6% dei pazienti con lesioni del piede associate ad incidenti automobilistici sviluppa una sindrome compartimentale. Questo dato è ancora più elevato nei pazienti con lussazione dell'articolazione di Chopart (25%) o lesione di Lisfranc (34%). L'aumento della pressione intracompartimentale provoca danni sia ai muscoli sia al componente vasculo-nervosa.

I pazienti che subiscono traumi ad alta velocità o che registrano lesioni multiple o gravi presentano un elevato rischio di sviluppare la sindrome compartimentale. Nello specifico, nel piede tale sindrome si sviluppa spesso come conseguenza di lesioni da schiacciamento, che inducono gonfiore e aumento della pressione compartimentale. Gli effetti a lungo termine della sindrome non trattata sono stati descritti da Volkmann *et al.* più di un secolo fa. Infatti, il danno permanente dopo sindrome compartimentale non trattata è attualmente noto come "la contrattura di Volkmann".

Il numero dei compartimenti del piede e la loro distribuzione spaziale sono ancora dibattuti, il che porta ad una situazione di eterogeneità nell'interpretazione degli studi esistenti e nella formulazione delle raccomandazioni terapeutiche. Pertanto, è necessaria una definizione anatomica chiara. Attualmente la classificazione di Manoli e Weber, introdotta nel 1990 e che descrive ben nove compartimenti anatomici all'interno del piede, è quella maggiormente utilizzata nella pratica clinica. Per questo studio, gli autori iniettarono gelatina nei campioni di cadaveri per poi essere ulteriormente analizzati successivamente sfruttando la crioconservazione. I diversi compartimenti sono identificati in relazione alla loro posizione [28]:

- 1) *Compartimento mediale*: associato al muscolo adduttore dell'alluce e al flessore breve dell'alluce.
- 2) *Compartimento laterale*: associato al muscolo adduttore e flessore breve del quinto dito.
- 3) *Compartimento superficiale*: associato al muscolo flessore lungo e breve delle dita.
- 4) *Compartimento adduttore*: associato al muscolo adduttore dell'alluce.
- 5) *Compartimento del calcagno*: associato al muscolo quadrato della pianta.
- 6) *Quattro compartimenti interossei*: associati ai muscoli interossei.

4.1.1. La fisiopatologia della sindrome compartimentale

I fattori principali che caratterizzano la sindrome compartimentale sono:

- 1) Lo spazio limitato;
- 2) L'aumento della pressione intracompartimentale.

L'aumento della pressione può essere determinato da ^[28]:

- un aumento delle componenti, come ad esempio il gonfiore muscolare;
- una diminuzione del volume compartimentale;
- un sanguinamento;
- ustioni, intossicazioni, reazioni tossiche o esercizio fisico intenso (queste situazioni sono più rare rispetto alle precedenti).

L'incremento della pressione all'interno del compartimento può superare quella idrostatica capillare, provocando stasi vascolare e conseguente switch metabolico dei muscoli scheletrici, da aerobico ad anaerobico.

L'insufficienza d'ossigeno all'interno dei muscoli può, inoltre, indurre un incremento della permeabilità capillare e avviare così la cascata infiammatoria.

Particolare attenzione dovrebbe essere prestata, oltre ai pazienti con fratture o lesioni, in quelli con coagulopatie o sottoposti a stretta terapia anticoagulante, poiché il sanguinamento potrebbe verificarsi senza alcun trauma apparente.

Inoltre, la presenza dello stravasamento ematico provoca ulteriori danni ai tessuti attraverso vari processi biochimici e cellulari che aggravano l'ischemia tissutale.

La diminuzione del volume compartimentale si osserva in situazioni in cui le ingessature, le bende o le stecche sono troppo strette oppure quando gli arti sono intrappolati da una lesione da schiacciamento.

Il meccanismo fisiopatologico della sindrome compartimentale presenta dei parallelismi con il danno da ischemia-perfusione. Si basa sui disturbi di perfusione, sulla perdita capillare e sulla disfunzione endoteliale, tutti correlati all'attivazione del complemento, accumulo dei radicali liberi, sindrome da risposta infiammatoria sistemica, apoptosi e necrosi.

Secondo la legge di Hagen-Poiseuille, una variazione del diametro vascolare porta ad una variazione di ben quattro volte della perfusione locale.

Con l'aumento della pressione tissutale aumenta la pressione venosa, il che determina una diminuzione del gradiente artero-venoso. Tale situazione è ulteriormente compromessa se il paziente è emodinamicamente instabile.

In combinazione con l'elevata viscosità del sangue, questo ridotto gradiente artero-venoso provoca una circolazione insufficiente nelle regioni colpite.

La perdita capillare provoca quindi la formazione del cosiddetto terzo spazio interstiziale e intracellulare. Inoltre, i prodotti metabolici tossici si accumulano nelle regioni ischemiche e i radicali liberi e il sistema del complemento attivato causano un'ulteriore disfunzione endoteliale. Il tessuto traumatizzato può anche reagire con una reazione infiammatoria locale e un accumulo di leucociti, portando alla sindrome da risposta infiammatoria sistemica.

La sindrome compartimentale da sforzo, ECS, può verificarsi quando la contrazione muscolare ripetitiva provoca ischemia e gonfiore da sforzo, inducendo un aumento della pressione all'interno del compartimento interessato.

Tipicamente, i pazienti affetti da ECS lamentano un aumento del dolore durante l'allenamento, con risoluzione dei sintomi a riposo [28].

I possibili meccanismi che portano alla sindrome compartimentale sono eterogenei e, tra i più noti, vi sono gli incidenti ad alta velocità, fratture del tarso e/o metatarso, lussazioni di Lisfranc o Chopart o lesioni da schiacciamento.

Gli infortuni da schiacciamento sono spesso descritti come la principale causa, seguiti da cadute da altezza considerevole e da incidenti automobilistici.

La localizzazione delle lesioni ossee che portano alla sindrome compartimentale con più frequenza sono quelle del calcagno, seguite dalle fratture di Lisfranc e poi dalle fratture metatarsali e falangee.

Diversi studi recenti evidenziano il rischio di sindrome compartimentale in seguito a distorsioni della caviglia, riduzione aperta o fissazione interna di fratture di caviglia [28].

4.1.2. La diagnosi della sindrome compartimentale

La presenza nell'anamnesi remota di patologie compartimentali è un fattore di rischio per le forme ricorrenti. Di fondamentale importanza è riconoscere precocemente la sindrome compartimentale. L'algoritmo diagnostico da seguire è schematizzato nella Figura 5.

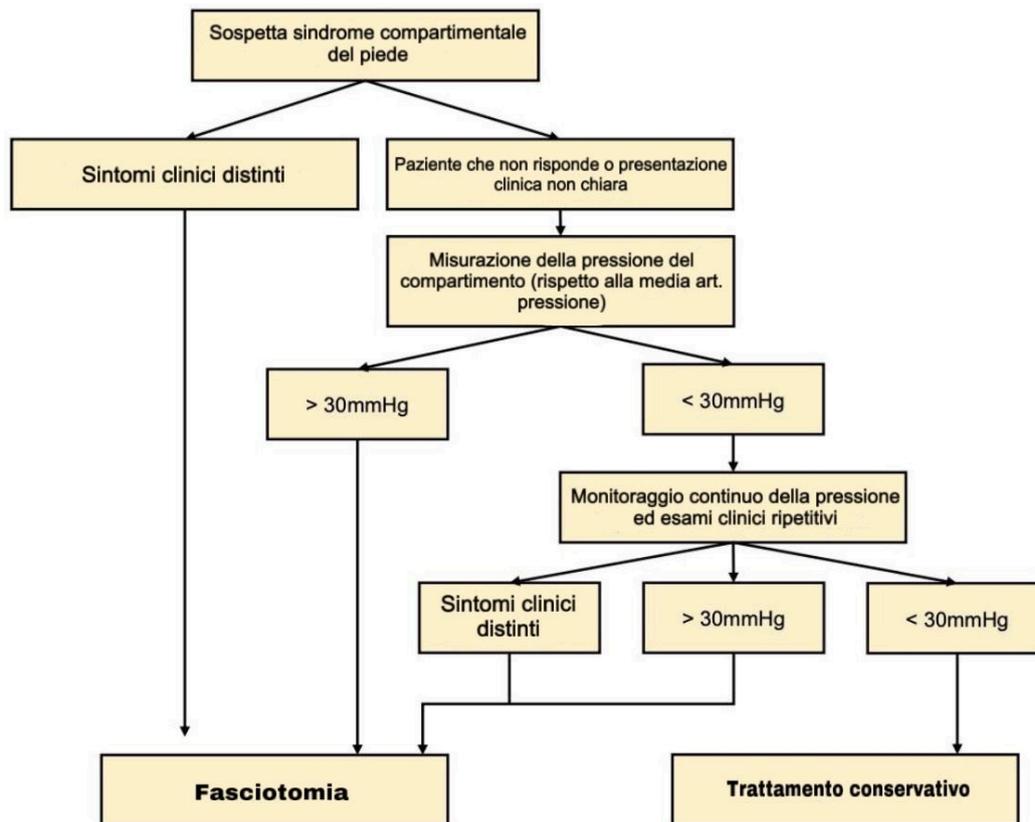
I sintomi clinici d'allarme sono il dolore, parestesie, pallore, paresi e dolore da stiramento. Tra questi, il dolore è sicuramente il più frequente, avendo un'elevata sensibilità e bassa specificità. Nelle situazioni più avanzate si può avere un notevole deficit sensoriale o motorio all'estremità colpita e la cute si presenta con un leggero arrossamento e calore. Inoltre, a differenza di altre lesioni o patologie, l'immobilizzazione dell'arto colpito associata a terapia analgesica non determina alcuna riduzione del dolore. È necessario prestare particolare attenzione ai bambini con lesioni al piede. Questo perché, spesso, le sindromi compartimentali rimangono non diagnosticate a causa dell'imaturità scheletrica poco rilevabile con l'*imaging* radiografico o dell'incapacità dei pazienti a verbalizzare i sintomi. La misurazione della pressione intracompartimentale è considerata il gold standard nella pratica clinica. La stimolazione elettrica non invasiva è una potenziale tecnica diagnostica che dovrebbe consentire di differenziare una parestesia ischemica da una lesione nervosa, ma non è utile nella routine clinica. L'ecografia con mezzo di contrasto è una tecnica di *imaging* funzionale non invasiva; le alterazioni della microperfusione legate all'aumento della pressione intracompartimentale possono essere visualizzate e quantificate attraverso la presenza di microbolle di gas.

La misurazione invasiva della pressione è un modo efficace per misurare la pressione intracompartimentale. S'introduce una cannula nel compartimento muscolare, la cannula è collegata ad un manometro dotato di siringa.

Il clinico può quindi aumentare la pressione con la siringa e misurare la forza richiesta per superare la resistenza compartimentale, pari a quella intracompartimentale.

Inoltre, è presente anche una forma digitalizzata di cannula in grado di fornire i valori pressori senza insufflare la siringa. Si tratta di un dispositivo semplice e rapido da effettuare che ci permette di avere un monitoraggio continuo della pressione in determinate circostanze come la terapia intensiva o in sindrome compartimentale da sforzo ^[28].

Figura 5. Algoritmo diagnostico della sindrome compartimentale del piede



Fonte: [28] Lutter C, Schöffl V, Hotfiel T, Simon M, Maffulli N. Compartment Syndrome of the Foot: An Evidence-Based Review. *J foot ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg.* 2019;58(4):632-640. doi:10.1053/j.jfas.2018.12.026.

Normalmente, le pressioni intracompartimentali sono inferiori a 8 mmHg. L'intervento chirurgico è indicato in caso di elevata pressione complessiva o quando esiste un rapporto alterato tra la pressione compartimentale e la pressione arteriosa (media o diastolica).

Il valore limite della pressione compartimentale è pari a 30-40 mmHg.

Oltre ai valori di pressione assoluta, altri autori descrivono i limiti di pressione massima come pressione compartimentale in relazione alla pressione diastolica; per esempio, pressione sanguigna diastolica – delta P pressione subfasciale inferiore a 20 mmHg.

Se si considerassero i valori della pressione compartimentale in rapporto alla pressione arteriosa media, una discrepanza maggiore a 30 mmHg è considerata patologica.

Per svolgere un'indagine completa si deve includere la misurazione di tutti e nove i compartimenti.

Il compartimento del calcagno normalmente mostra i valori di pressione più elevati e può essere considerato come indicatore generale. Il sito di puntura per le misurazioni del compartimento mediale si trova a 4 cm al di sotto del malleolo mediale. Il compartimento del calcagno può

essere raggiunto inserendo la cannula più in profondità nello stesso sito di iniezione. Le misurazioni del compartimento superficiale vengono effettuate ulteriormente ventralmente e plantarmente. Pertanto, è possibile penetrare il muscolo flessore breve delle dita.

Attraverso il quinto metatarso si può raggiungere il compartimento laterale, mentre i compartimenti interossei si raggiungono dal dorso del piede.

È essenziale misurare la pressione in tutti gli spazi interossei per evitare una sottostima diagnostica. Il restante compartimento adduttore può quindi essere misurato mediante un'iniezione più profonda del dispositivo di misurazione, utilizzando lo stesso punto di ingresso.

Nella diagnosi differenziale con la sindrome compartimentale bisogna considerare:

- le lesioni nervose;
- le lesioni vascolari;
- la claudicatio intermittens;
- le trombosi e/o tromboflebiti;
- le infezioni dei tessuti molli;
- le fratture da stress;
- le sinoviti.

Sebbene una sindrome compartimentale acuta sia relativamente semplice da diagnosticare, una sindrome compartimentale da sforzo rappresenta una sfida diagnostica e può fuorviare i medici. Tipicamente le sindromi compartimentali da sforzo si verificano durante carichi specifici durante lo sport (ad esempio corsa, danza, biathlon); di conseguenza è necessario eseguire misurazioni della pressione intracompartimentale durante queste attività. Viene misurata una pressione di base a riposo e il carico specifico per lo sport viene eseguito ad intensità crescente finché l'atleta non lamenta i sintomi tipici. Le misurazioni vengono quindi eseguite direttamente dopo la fine dell'esercizio e durante il periodo di recupero.

I valori di break-off sono complessi da definire. Si raccomanda una soglia per l'intervento chirurgico pari a 30 mmHg di pressione intracompartimentale durante l'esercizio [28].

4.1.3. Il management terapeutico della sindrome compartimentale

Il primo step per un trattamento sicuro ed efficace di qualsiasi sindrome compartimentale è il suo riconoscimento precoce, in modo da effettuare una rimozione immediata di tutte le bende o i gessi costrittivi. Inoltre, l'arto interessato deve essere disteso o leggermente sollevato fino

ad un'inclinazione massima del 10% al di sopra del livello del cuore del paziente. Ciò per evitare che la differenza di pressione artero-venosa diminuisca e provochi un'ulteriore compromissione della circolazione nella regione interessata. Sebbene il trattamento ottimale sia controverso, la fasciotomia chirurgica è considerata, attualmente, l'approccio più efficace.

Si esegue un'ampia fasciotomia con incisione della pelle e della fascia per tutta la lunghezza del compartimento e la ferita viene coperta con terapia a vuoto o lasciata aperta, eventualmente utilizzano la tecnica del laccio per favorirne la successiva chiusura. Nella sindrome compartimentale acuta, la chiusura primaria della pelle deve essere evitata, poiché può essere indotta una sindrome compartimentale di rimbalzo.

L'edema dei tessuti molli può essere ulteriormente ridotto mediante l'utilizzo della V.A.C. (Vacuum Assisted Closure). Queste non devono avvolgere circonferenzialmente l'arto, poiché ciò può causare un aumento della pressione [28].

La V.A.C. ha un ruolo estremamente importante nel garantire la guarigione delle ferite sia chirurgiche sia traumatiche. Tale tecnica è ideale per la copertura delle ferite traumatiche della caviglia non idonee alla chiusura primaria. Fornisce una terapia a pressione negativa applicata attraverso una spugna che crea un ambiente ideale per la guarigione della ferita. Permette di rimuovere il liquido interstiziale in modo da ridurre l'edema locale, ciò estremamente importante per garantire il corretto funzionamento sia del microcircolo sia del sistema linfatico associato. L'effetto finale è quello di favorire la guarigione della ferita, l'eliminazione di potenziali microrganismi infettivi e la formazione di tessuto di granulazione [11].

4.2. Le complicanze nelle fratture di caviglia del paziente diabetico

La frattura di caviglia e il diabete mellito sono le due patologie più comuni e associate dei centri ortopedici. La frattura della caviglia è una lesione regolarmente affrontata dai chirurghi ortopedici attraverso procedure chirurgiche standardizzate.

Per quanto riguarda il diabete mellito, l'Organizzazione Mondiale della Sanità la definisce come l'epidemia del ventunesimo secolo, con una prevalenza globale del 4–6,5% e un aumento esponenziale negli ultimi decenni.

Il diabete causa gravi complicazioni che influiscono sia sulla salute del paziente sia sulla qualità di vita dello stesso. La patologia diabetica è considerata come un potenziale fattore negativo nel rischio di complicanze per qualsiasi tipo di frattura, ancor di più in quelle della caviglia.

Una frattura di caviglia in un paziente diabetico presenta un rischio aumentato di circa due volte di avere complicanze indipendentemente dal trattamento effettuato.

Nel dettaglio, tali complicanze possono indurre, in alcuni casi, anche all'*exitus* del paziente. Le situazioni più frequenti sono il rischio d'infezione, aumentato di tre volte, la neuroartropatia o la pseudoartrosi aumentati di circa cinque volte e infine le amputazioni o la mortalità con rischio di tre volte maggiore rispetto alla popolazione generale. Le complicanze sono principalmente associate alla malattia diabetica avanzata piuttosto che alla modalità del trattamento effettuato. Tuttavia, alcune complicanze sono più frequenti a determinati trattamenti. Infatti, le infezioni dei tessuti molli sono correlate al trattamento chirurgico, mentre la scarsa guarigione delle fratture è associata al trattamento conservativo.

Esistono divergenze su come il tipo di diabete mellito, la dipendenza dall'insulina e la durata del diabete influenzano le complicanze postoperatorie. Alcuni studi hanno rilevato tassi di complicanze variabili tra il DM di tipo 1 e quello di tipo 2, mentre altre non hanno riscontrato differenze significative tra loro.

Altri predittori specifici di esito sfavorevole o complicanze tardive nella frattura di caviglia in pazienti diabetici sono la presenza di una neuropatia periferica, una patologia vascolare, scarso controllo glicemico o scarsa compliance del paziente.

Oltre alla neuropatia e alla malattia vascolare, altre comorbilità diabetiche come la retinopatia e la nefropatia sembrano essere fattori di rischio per successive complicanze chirurgiche. Inoltre, i cambiamenti di Charcot si verificano più frequentemente nei pazienti che non sono stati diagnosticati o che hanno avuto una diagnosi ritardata o che hanno scarsa compliance al trattamento del diabete. Inoltre, una precedente storia di neuroartropatia di Charcot o una storia di amputazione maggiore è descritta come un indicatore di un rischio significativo di complicanze.

Il protocollo "CAMPA" è utilizzato per individuare precocemente i pazienti diabetici con frattura di caviglia che sono potenzialmente a rischio di sviluppare complicanze.

Inoltre, individuare precocemente questi pazienti a rischio consente di prendere decisioni appropriate sia per il pre- sia per il post-chirurgico, oppure, qualora fosse necessario, indirizzarli tempestivamente ad unità di trattamento altamente specializzate. Questo protocollo è orientato a rilevare pazienti con storia di neuroartropatia di Charcot, con malattia diabetica avanzata o "pazienti diabetici complicati" e pazienti con DM con scarsa compliance.

Nel caso in cui questi pazienti subissero una frattura alla caviglia sarebbero più inclini ad avere complicazioni come infezioni, amputazione o mortalità. Pertanto, è opportuno individuarli il prima possibile per modificare il trattamento o per effettuare controlli più ristretti.

L'acronimo "CAMPA" sta per:

- *Charcot*: per escludere pazienti con segni clinici o radiologici che suggeriscono una neuroartropatia di Charcot precedente o attuale;
- *Anamnesi*: identificazione precoce di segni di malattia diabetica avanzata precedentemente diagnostica o di comorbidità maggiori legate al diabete mellito (insufficienza renale, retinopatia, manifestazioni neurologiche, vasculopatia, amputazione);
- *Monofilamento*: per valutare clinicamente i segni di neuropatia testando la sensibilità del piede con un monofilamento in almeno quattro diversi punti distali.
- *Polsi*: i polsi distali ritmici e simmetrici sono segni di un buon flusso vascolare distale. La mancanza di pulsazioni o l'asimmetria potrebbero costituire un motivo per richiedere una consulenza da parte di un chirurgo vascolare.
- *A1C*: l'emoglobina glicata (HbA1c) è una misura indiretta della compliance del paziente al controllo della glicemia. L'American Diabetes Association (ADA) ritiene che un valore HbA1c inferiore al 7% significhi un buon controllo della glicemia negli ultimi 3 mesi.

Il protocollo "CAMPA" fornisce al chirurgo una lista di controllo adeguata e rilevare la suscettibilità alla frattura della caviglia diabetica a potenziale rischio di complicanze e ottenere migliori *outcomes* clinici. Secondo la bibliografia, qualsiasi frattura in un paziente diabetico riconosciuto "a rischio" dovrebbe essere immobilizzata e senza carico per il doppio del tempo rispetto a una frattura nel non diabetico. Inoltre, è raccomandato aumentare i controlli di questi pazienti nel follow-up. Attualmente sono presenti controversie riguardo all'adeguatezza del trattamento e la tecnica chirurgica da utilizzare, oltre alla gestione ideale del post-chirurgico [29].

4.3. La patogenesi e il management delle infezioni correlate alle fratture

I traumi ad alta energia della caviglia sono spesso associati a lacerazioni traumatiche. Considerando la limitata guaina di tessuto molle che circonda il piede e la caviglia, spesso le ferite sono in stretto rapporto con le fratture lussazioni articolari. Pertanto, effettuare un trattamento tempestivo riduce il rischio d'incorrere in infezioni profonde gravi.

Inoltre, la chiusura della ferita si effettua dopo aver ottenuto una lacerazione pulita e non contaminata in modo da evitare l'insuccesso terapeutico. Questo approccio è tipico di un

paziente in cui la chiusura non pone in tensione i due lembi e soprattutto non presenta comorbilità. In tutti gli altri casi è preferibile effettuare sbrigliamenti seguiti da una chiusura primaria ritardata o da una procedura di copertura ^[11].

L'infezione correlata alla frattura, FRI, è una delle principali complicanze nella chirurgia dei traumi muscolo-scheletrici. Studi recenti mostrano che i costi medi per paziente sono da sei a sette volte più alti nei pazienti infetti rispetto a quelli non infetti. La durata del ricovero è il principale fattore per quanto riguarda i costi sanitari totali ^[30].

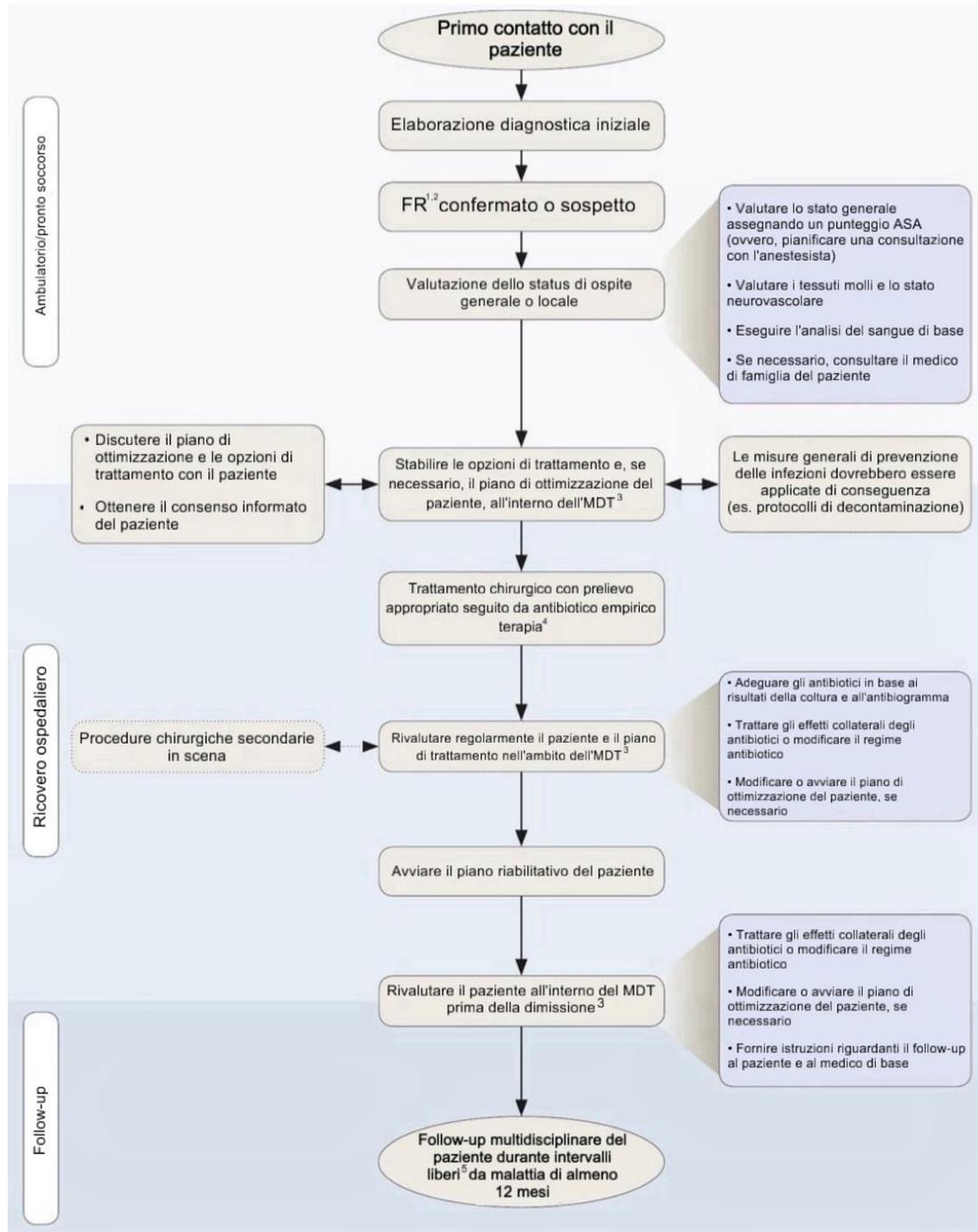
La FRI è una complicanza importante che può determinare una perdita funzionale permanente o addirittura l'amputazione in pazienti altrimenti sani. La prevenzione delle infezioni è estremamente importante per migliorare la prognosi dei pazienti. Nonostante le misure di prevenzione, la FRI si verifica con un tasso di morbilità compreso tra l'1% e il 30% di tutti i traumi ortopedici. Per questi motivi, la standardizzazione della diagnosi e del trattamento è fondamentale per migliorare i risultati, come analizzato nella Figura 6 ^[31].

Sebbene la FRI e l'infezione articolare periprotetica siano infezioni da biofilm correlate all'impianto, le strategie di gestione e trattamento non sono completamente identiche.

La differenza principale sta nel fatto che i dispositivi di fissazione della frattura possono essere rimossi senza perdita di funzione dopo la guarigione ossea, ciò a differenza di una protesi articolare. Dunque, la soppressione antibiotica fino al consolidamento osseo può rappresentare un'opzione curativa nei pazienti affetti da FRI. Inoltre, analogamente all'infezione articolare periprotetica, la FRI può manifestarsi in un'ampia varietà di scenari clinici.

Tuttavia, per la FRI non esistono solo molteplici sedi anatomiche, ma anche molteplici modelli di frattura, diversi gradi di lesione dei tessuti molli e diverse condizioni del paziente (politrauma *versus* trauma isolato) ^[30].

Figura 6. Flowchart diagnostico-terapeutica del paziente con FRI



1 Seguire i criteri diagnostici dettagliati nella definizione consensuale di FRI.
 2 Considerare di indirizzare i casi complessi a centri specializzati dove sia disponibile un team multidisciplinare.
 3 L'ottimizzazione del paziente dovrebbe essere effettuata se possibile e necessario (ad es. consultazione con l'endocrinologo/nutrizionista, cessazione del fumo, esecuzione di test aggiuntivi su indicazione).
 4 Se si sospetta la diagnosi di FRI ma non può essere confermata durante l'intervento, gli antibiotici possono essere sospesi fino alla rivalutazione quando saranno disponibili i risultati della coltura.
 5 La frequenza del follow-up dipende dalle preferenze locali e dall'entità dell'infezione.

Fonte: [31] Metsemakers W-J, Morgenstern M, Senneville E, et al. General treatment principles for fracture-related infection: recommendations from an international expert group. Arch Orthop Trauma Surg. 2020;140(8):1013-1027. doi:10.1007/s00402-019-03287-4.

4.3.1. Il meccanismo fisiopatologico e la prevenzione delle infezioni

La formazione di biofilm sulla superficie di materiale estraneo è cruciale nella patogenesi della FRI. I microrganismi presenti in un biofilm sopravvivono a concentrazioni di antibiotici molto più elevate rispetto a quelli di forma planctonica; pertanto, gli antibiotici applicati sistematicamente nella maggior parte dei casi non raggiungono i livelli terapeutici necessari. Per questo motivo, una gestione efficace della FRI richiede una combinazione di trattamento chirurgico e antimicrobico. La FRI generalmente si verifica in modo esogeno a causa del trauma stesso, ad esempio una frattura aperta, durante l'inserimento del dispositivo di fissazione o durante la guarigione disturbata della ferita o la copertura tardiva dei tessuti molli in caso di fratture esposte. Le infezioni ematogene sono rare. Nella Tabella 7 sono elencati i microrganismi in base alla loro frequenza nel causare infezioni [30].

Tabella 7. La frequenza dei microrganismi nelle infezioni

MICROORGANISMI	FREQUENZA (%)
Stafilococco Aureus	30-42 %
Stafilococchi coagulasi negativi	20-39 %
Enterobatteriacee	14-27 %
Anaerobi	16 %
Streptococchi	11 %

Fonte: [30] Depypere M, Morgenstern M, Kuehl R, et al. Pathogenesis and management of fracture-related infection. *Clin Microbiol Infect Off Publ Eur Soc Clin Microbiol Infect Dis.* 2020;26(5):572-578. doi:10.1016/j.cmi.2019.08.006

Le infezioni polimicrobiche sono frequenti e si verificano principalmente in pazienti con fratture esposte. Il timing è un aspetto importante nella patogenesi della FRI per diversi motivi:

- la maturazione dei biofilm avviene nel corso di diverse settimane e influenza l'efficacia della terapia antimicrobica;
- la guarigione della frattura che porta al consolidamento osseo è fondamentale per la cura dell'infezione e avviene nel corso di settimane o mesi;
- l'entità del coinvolgimento osseo deve essere presa in considerazione quando si sviluppa una strategia di trattamento.

Modelli preclinici hanno dimostrato che nelle prime due settimane dopo la fissazione della frattura, l'osso non mostra segni di osteomielite o osteolisi, nonostante la presenza di batteri sull'impianto, mentre durante le settimane successive si manifestano i segni istologici.

Attualmente molte classificazioni si basano sui tre fattori, citati in precedenza e sul tempo in generale ^[30].

I tassi di infezione dopo la fissazione interna variano dall'1-2% delle fratture chiuse al 30% di quelle aperte. Il rischio di sviluppare una FRI è multifattoriale e dipende dalla localizzazione e dalla gravità della lesione, dall'entità delle lesioni concomitanti, nonché dalla fisiologia dell'ospite. Sono stati identificati diversi fattori di rischio per l'infezione, come il sesso maschile, il diabete mellito, il fumo, i politraumi, le fratture minori delle estremità e gravità della lesione, secondo la classificazione Gustilo-Anderson.

Nei pazienti ad alto rischio, ossia con fratture esposte, è importante considerare la copertura dei tessuti molli, la terapia antibiotica sistemica e locale.

La copertura precoce dei tessuti molli è un aspetto chiave nella prevenzione delle infezioni. Le linee guida raccomandano che le ferite da frattura aperte siano preferibilmente coperte entro 72 ore e non oltre sette giorni. Un ritardo di una settimana nella copertura dei tessuti molli dopo lo sbrigliamento può aumentare il rischio di infezioni ricorrenti.

In secondo luogo, la somministrazione precoce di antibiotici ha un effetto protettivo nei confronti della FRI.

Sono raccomandate le cefalosporine di prima generazione, con solo prove limitate per la somministrazione aggiuntiva di un antibiotico con copertura gram negativa ad ampio spettro in caso di gravi danni ai tessuti molli, ad esempio le lesioni di tipo tre secondo Gustilo-Anderson. Nei pazienti con fratture chiuse la profilassi antibiotica è limitata a una singola dose prima dell'intervento chirurgico.

Nei pazienti con lesioni di Gustilo-Anderson di tipo I-II, la durata della terapia non deve superare le ventiquattro ore.

Nei pazienti con lesioni di Gustilo-Anderson di tipo III la durata della terapia preventiva non è chiara, a causa della mancanza di studi comparativi. Tuttavia, non dovrebbe superare le 72 ore. Infine, in caso di fratture esposte, gli antibiotici sistemici da soli spesso non sono sufficienti a causa dei danni all'ambiente circostante come problemi tissutali e/o dei vasi sanguigni, attraverso i quali gli antibiotici sistemici normalmente raggiungono l'interfaccia tessuto-impianto. Una recente metanalisi ha mostrato una significativa riduzione del rischio di infezione quando si utilizzano antibiotici locali aggiuntivi a scopo profilattico, principalmente il polimetilmetacrilato (PMMA), per le fratture esposte ^[30].

4.3.2. La diagnosi delle infezioni

Un primo passo nell'iter diagnostico del paziente FRI è una diagnosi ben consolidata. Recentemente è stata sviluppata una definizione di FRI accettata a livello internazionale, comprensiva di tutta una serie di criteri diagnostici. Sono stati definiti due livelli di certezza riguardo alle caratteristiche diagnostiche:

- 1) i criteri confermativi, in cui l'infezione è sicuramente presente;
- 2) i criteri suggestivi.

La presenza di segni di conferma dovrebbe indurre l'inizio di un ciclo di trattamento per la FRI. I segni suggestivi dovrebbero motivare l'équipe medica a indagare ulteriormente la possibilità della presenza di una FRI. Questi criteri per la diagnosi di FRI sono elencati nella Tabella 8 ^[31].

Tabella 8. I criteri di conferma o suggestivi della diagnosi d'infezione

CRITERI CONFERMATIVI	CRITERI SUGGESTIVI
SEGNI CLINICI: <ul style="list-style-type: none">- Fistole- Cisti- Rottura della ferita- Drenaggio purulento o presenza di pus	SEGNI CLINICI: <ul style="list-style-type: none">- Arrossamento locale- Gonfiore- Febbre- Versamento di nuova insorgenza- Drenaggio della ferita persistente, aumentato o di nuova insorgenza
MICROBIOLOGIA: <ul style="list-style-type: none">- Patogeni fenotipicamente indistinguibili identificati mediante coltura di almeno due campioni separati su tessuti profondi o impianto	SEGNI DI LABORATORIO: <ul style="list-style-type: none">- Aumento degli indici di flogosi (PCR, conta leucocitaria e VES)
ISTOPATOLOGIA: <ul style="list-style-type: none">- Presenza di microorganismi nei tessuti profondi specifici, confermati utilizzando tecniche di colorazione specifiche per batteri e funghi- Presenza > 5 PMNs/HPF nei casi cronici d'insorgenza infettiva	Segni radiologici o di <i>imaging</i> nucleare di presenza di un microorganismo identificato in un singolo campione di tessuto profondo o impianto

Fonte: [31] Metsemakers W-J, Morgenstern M, Senneville E, et al. General treatment principles for fracture-related infection: recommendations from an international expert group. Arch Orthop Trauma Surg. 2020;140(8):1013-1027. doi:10.1007/s00402-019-03287-4

Di seguito verranno descritte nel dettaglio le diverse fasi del percorso diagnostico delle infezioni.

Fase 1: la valutazione dei segni clinici ^[30]

La presenza di un drenaggio purulento e/o la deiscenza/rottura della ferita sono segni significativi d'infezione, poiché l'impianto comunica con il microbioma cutaneo.

Altri segni clinici locali come dolore, calore, arrossamento e gonfiore sono solo suggestivi.

Fase 2: la valutazione dei marcatori infiammatori sierici

Nei pazienti con trauma muscoloscheletrico, i test diagnostici come PCR, VES e conta leucocitaria dovrebbero essere interpretati con cautela. Un aumento secondario dopo una diminuzione iniziale o un aumento costante altrimenti inspiegabile per un periodo di tempo, dovrebbero aumentare il sospetto di FRI. I singoli marcatori infiammatori sierici sono solo suggestivi, ma non confermativi della FRI ^[30].

Tutti i pazienti FRI dovrebbero avere a disposizione un'analisi del sangue di base, in particolare i pazienti che riceveranno una terapia antimicrobica, inclusi i marcatori infiammatori di base ad es. Proteina C-reattiva (CRP), emocromo completo, elettroliti e test di funzionalità epatica e renale. A seconda del tipo di antibiotico e delle preferenze locali, alcuni parametri ematici specifici (ad esempio, test di funzionalità epatica per la rifampicina, livelli di elettroliti ed emocromo completo per i fluorochinoloni, ecc.) dovrebbero essere monitorati almeno due volte a settimana, come effetti collaterali comuni di elevata ^[31].

La PCR è una tecnica diagnostica rapida in grado di rilevare microrganismi vitali e non vitali. Tuttavia, la sua elevata sensibilità comporta il rischio di risultati falsi positivi dovuti a contaminanti. Il sequenziamento genico (NGS), ad esempio, è in grado di sequenziare tutto il DNA in un dato campione, ottenendo un quadro più completo dei genomi microbici presenti nei tessuti analizzati ^[30].

Fase 3: l'interpretazione dell'imaging ^[30]

Le modalità di *imaging* più comunemente utilizzate sono la radiografia convenzionale, la tomografia computerizzata (CT), la risonanza magnetica per immagini (MRI), la scintigrafia

ossea trifase (BS), la tomografia a emissione di positroni con fluorodesossiglucosio (FDG-PET) e la radiografia bianca scintigrafia delle cellule del sangue (WBC) o degli anticorpi antigranulociti (AGA). Sebbene siano disponibili la maggior parte dei dati sull'*imaging* nucleare, la radiografia convenzionale viene generalmente eseguita per prima quando si sospetta una FRI. Segni radiologici suggestivi di infezione sono l'allentamento dell'impianto, la lisi ossea, la mancata progressione della guarigione ossea (cioè la mancata unione), il sequestro e la formazione di osso periostale. Nonostante l'elevata accuratezza diagnostica, l'*imaging* nucleare non è ancora un test conclusivo per stabilire la presenza di FRI. La modalità di *imaging* scelta dipende dalla disponibilità locale, dalle domande cliniche e dall'esperienza con ciascuna tecnica degli specialisti medici coinvolti.

Fase 4: la valutazione microbiologica ^[30]

Per avere una conferma di FRI bisogna avere le colture positive di un patogeno identico per almeno due campioni separati di tessuto profondo/impianto. Inoltre, in caso di agenti patogeni altamente virulenti (ad esempio, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, streptococchi β -emolitici) un campione positivo dovrebbe far sorgere un alto sospetto di infezione.

Le colture di tampone hanno una bassa sensibilità e un alto rischio di contaminazione. Pertanto, dovrebbero essere preferite le colture tissutali.

L'omogeneizzazione è considerata il metodo preferito per l'elaborazione dei campioni di tessuto. I metodi per facilitare la rottura del biofilm includono il vortex, la *sonication* o il trattamento con *beadmill processing*. Un recente studio ha riferito che le colture tissutali sono più sensibili e possono essere più specifiche della *sonication* per la diagnosi di infezioni correlate ai dispositivi ortopedici. Poiché gli organismi possono esistere in modalità di crescita lenta e in piccoli numeri, le colture in brodo di arricchimento sono utili. I brodi di arricchimento possono essere sottoposti a subcoltura quando sono torbidi o dopo un periodo di tempo definito. Questo può richiedere fino a 14 giorni per il rilevamento di agenti patogeni a crescita lenta (ad esempio, *Cutibacterium acnes*). La crescita localizzata e il basso numero di organismi possono portare a errori di campionamento e a un'inevitabile proporzione di campioni coltura-negativi. Pertanto, le attuali raccomandazioni stabiliscono che preferibilmente cinque o più campioni di tessuto profondo dovrebbero essere prelevati durante l'intervento con strumenti separati, dai siti intorno alla frattura e adiacenti agli impianti. Inoltre, i campioni di tessuto mostrano la massima accuratezza quando inoculati in flaconi di emocolture. Per evitare risultati colturali

falsi negativi, la terapia antimicrobica dovrebbe essere interrotta almeno due settimane prima del campionamento. Inoltre, gli antibiotici dovrebbero essere somministrati immediatamente dopo il campionamento in caso di sospetta infezione.

Fase 5: l'esame istopatologico ^[30]

Un segno patognomonico di infezione è la presenza di microrganismi nei tessuti profondi prelevati durante un intervento chirurgico, come confermato dall'esame istopatologico utilizzando tecniche di colorazione specifiche (ad esempio, colorazione con metenammina argento di Grocott per infezioni fungine invasive).

Il valore diagnostico della presenza di neutrofili polimorfonucleari (PMN) nelle biopsie tissutali è meno chiaro. La completa assenza di PMN ha un'elevata correlazione con la pseudoartrosi asettica (specificità 98%, valore predittivo positivo 98%). D'altra parte, la presenza di >5 PMN/High power field (HPF) è associata a FRI (specificità 100%, valore predittivo positivo 100%). Pertanto, la presenza di neutrofili nei campioni biotici (>5 PMN/HPF) è stata inclusa nella definizione di consenso FRI come criterio di conferma.

Fase 6: la classificazione di FRI ^[31]

L'infezione correlata alla frattura può essere classificata in base al tempo di comparsa dei sintomi dopo la fissazione della frattura, alla dinamica dei sintomi, alla via dell'infezione, alla sede, alla stabilità della frattura e allo stato di riduzione, al tipo di ospite, all'involucro dei tessuti molli e agli agenti patogeni che causano la malattia. Il tempo di insorgenza dei sintomi dopo la fissazione della frattura è la modalità più comunemente utilizzata e applicata per classificare la FRI. Le FRI sono definite precoci inferiori alle due settimane, ritardate tra le tre e le dieci settimane e tardive superiori alle dieci settimane. Questa classificazione è ampiamente adottata poiché rappresenta i cambiamenti fisiopatologici delle FRI dipendenti dal tempo e può influenzare le decisioni terapeutiche.

- L'infezione che si presenta precocemente dopo l'osteosintesi è causata principalmente da agenti patogeni altamente virulenti (ad esempio, *Staphylococcus aureus*). La diagnosi viene spesso effettuata mediante valutazione clinica, poiché questi pazienti spesso presentano i classici segni locali di infezione e drenaggio della ferita, che può essere accompagnato da una reazione infiammatoria locale o sistemica. In questa fase, i batteri possono attaccarsi

alle superfici e formare un biofilm, tuttavia, questo biofilm “precoce” potrebbe essere ancora in una fase “immatura”.

- La presentazione ritardata rappresenta una zona grigia con un biofilm in maturazione e una possibile invasione ossea degli agenti patogeni. Il ritardo può essere dovuto a organismi meno virulenti o a un inadeguato uso precoce degli antibiotici, che sopprimono parzialmente l’insorgenza precoce dei sintomi infettivi. Nelle infezioni tardive si può osservare un biofilm maturo, nonché necrosi ossea e osteolisi, che richiedono uno *debridement* approfondito e la rimozione/sostituzione dell’impianto. Gli agenti patogeni causali possono essere molto diversi. Ciò è stato confermato da vari studi preclinici e clinici che hanno mostrato scarsi risultati di ritenzione dell’impianto nelle FRI tardive.

Altri autori hanno differenziato le infezioni acute e croniche con un cut-off di sei settimane dopo la fissazione della frattura.

Non esistono prove robuste per una chiara classificazione della FRI dipendente dal tempo. L’infezione si sviluppa gradualmente e le decisioni terapeutiche possono essere dettate maggiormente dalle caratteristiche presenti alla presentazione. Oltre al tempo trascorso dopo la fissazione della frattura, sono da considerare altri fattori che influenzano il processo decisionale di trattamento della FRI, ossia il *debridement* e ritenzione *versus debridement* e rimozione oppure scambio degli step da seguire.

Tuttavia, attualmente non è disponibile alcuna classificazione specificatamente adattata al paziente FRI, che sia facile da usare nella pratica quotidiana e che consideri fattori essenziali per guidare il trattamento.

In futuro si dovrebbe raggiungere un consenso generale su quali fattori debbano essere integrati in una nuova classificazione FRI. Lo scopo principale di tale classificazione dovrebbe essere quello di guidare le decisioni sul trattamento antimicrobico e chirurgico. Ciò aiuterebbe anche l’identificazione di casi complessi, in cui un approccio multidisciplinare in un centro specializzato dovrebbe essere fortemente considerato.

4.3.3. Il trattamento delle infezioni

Una gestione efficace della FRI comprende il consolidamento della frattura, il ripristino dell’involucro dei tessuti molli, il ritorno alla normale biomeccanica, la prevenzione dell’infezione cronica residua e l’eradicazione dell’infezione. Poiché i dispositivi di fissazione della frattura possono essere rimossi senza perdita di funzione dopo la guarigione ossea, la terapia soppressiva può colmare il tempo necessario al consolidamento osseo e alla rimozione

del dispositivo di fissazione interna ^[30]. Il trattamento delle infezioni correlato alle fratture si effettua mediante un approccio multistep che verrà di seguito descritto.

Step 1: la valutazione dello stato di salute generale del paziente ^[31]

I fattori che compromettono lo stato di salute generale del paziente aumentano il rischio di complicanze postoperatorie. Pertanto, la natura del trattamento deve essere personalizzata in base alla salute generale del paziente e alle condizioni dell'arto. Il sistema di classificazione dei pazienti (a cui si fa spesso riferimento) è stata sviluppata da Cierny *et al.* e aiuta a determinare le opzioni di trattamento per l'osteomielite. Questa classificazione combina caratteristiche anatomiche, cliniche e radiologiche. L'ospite può essere considerato di classe A, B o C. Nessun fattore compromettente sistemico o locale è presente nella classe A, mentre i pazienti nella classe C sono così gravemente compromessi che il trattamento chirurgico implicherebbe un rischio maggiore dell'osteomielite in sé. Bowen *et al.* ha applicato la classificazione di Cierny *et al.* in combinazione con la classificazione Gustilo-Anderson per le fratture esposte.

Hanno scoperto che l'ospite, la classificazione di Gustilo-Anderson e la sede della frattura sono predittori di infezione nelle fratture esposte.

Lo stato dell'ospite è un fattore predittivo dell'esito del trattamento: un grado dell'ospite più elevato è associato a un aumento del fallimento del trattamento.

Tuttavia, questa classificazione è difficile da estrapolare nei pazienti con FRI, perché include una componente temporale arbitraria e uno stato locale delle estremità che si riferisce specificamente alle articolazioni protesiche.

La classificazione fisica dell'American Society of Anesthesiologists (punteggio ASA), osservabile nella Tabella 9, mira a determinare la salute generale dell'ospite prima dell'intervento chirurgico e classifica i pazienti in sei categorie di malattie mediche generali, indipendentemente dalla procedura chirurgica pianificata.

Sebbene sia uno strumento soggettivo, è correlato ad indici di comorbilità più oggettivi come l'indice di comorbilità di Charlson e l'indice di rischio cardiaco rivisto (RCRI) e ha un valore predittivo (moderato) riguardo alla valutazione del rischio perioperatorio, alla mortalità perioperatoria e ai tassi di complicanze come così come i risultati postoperatori.

L'affidabilità e il valore predittivo di questo punteggio aumentano quando i casi sono correlati alla specialità dell'anestesista.

Poiché si tratta di una scala semplice e facile da usare, già ben nota e frequentemente utilizzata per valutare i pazienti con traumi ortopedici, si raccomanda il suo utilizzo nella stratificazione del rischio dei pazienti FRI.

Inoltre, la valutazione dello stato degli arti del paziente è di fondamentale importanza. Poiché la presentazione clinica dei pazienti con trauma ortopedico è spesso estremamente variabile, spaziando da fratture esposte a casi cronici/ad esordio tardivo, non solo i tessuti molli e lo stato neurovascolare dovrebbero essere valutati dal chirurgo curante, ma anche la funzionalità complessiva delle parti interessanti l'arto.

Tabella 9. La classificazione ASA

CLASSE	CONDIZIONI DEL PAZIENTE
	PAZIENTE SANO
ASA 1	Nessun disturbo organico, fisiologico, biochimico o psichiatrico. Qualsiasi disordine è localizzato, senza effetti sistemici. Fuma < 5 sigarette al giorno, età < 80 anni.
	PAZIENTE CON MODERATO DISTURBO ORGANICO O MALATTIA SENZA NESSUNA LIMITAZIONE FUNZIONALE
ASA 2	La patologia attuale potrebbe implicare misure specifiche o precauzioni correlate all'anestesia. Il disturbo potrebbe essere causato dalla condizione da trattare chirurgicamente o da un altro processo patologico. Età > 80 anni o bambini < 3 mesi; Fuma > 5 sigarette al giorno.
	PAZIENTE CON GRAVE DISTURBO ORGANICO O MALATTIA CON LIMITAZIONE FUNZIONALE
ASA 3	
	PAZIENTE CON MALATTIA PERICOLOSA PER LA VITA
ASA 4	La malattia non è necessariamente correlata alla condizione da trattare chirurgicamente, né è necessariamente migliorata dall'intervento chirurgico.
	PAZIENTE MORIBONDO NON SI PREVEDE UNA SOPRAVVIVENZA > 24H CON O SENZA INTERVENTO CHIRURGICO
ASA 5	
	PAZIENTE DICHIARATO CEREBRALMENTE MORTO I CUI ORGANI POSSONO ESSERE PRELEVATI A SCOPO DI DONAZIONE
ASA 6	

Fonte: [32] Skaga NO, Eken T, Søvik S, Jones JM, Steen PA. Pre-injury ASA physical status classification

is an independent predictor of mortality after trauma. J Trauma. 2007 Nov;63(5):972-8. doi: 10.1097/TA.0b013e31804a571c. PMID: 17993938.

Step 2: l'ottimizzazione dell'host ^[31]

A seconda dello stato di salute generale e locale, il paziente dovrebbe, se possibile, essere ottimizzato. Comorbidità come lo scarso stato nutrizionale, l'obesità, le malattie legate all'età e tutti i fattori aggiuntivi che influenzano la guarigione delle ferite possono influenzare negativamente l'esito del trattamento. Inoltre, indipendentemente dal tipo di intervento chirurgico, il rispetto delle misure generali di prevenzione delle infezioni (ad esempio, lavaggio e decontaminazione preoperatoria, adeguata antisepsi chirurgica della pelle, ecc.) rimane un fattore importante.

Per quanto riguarda l'ottimizzazione dell'ospite, è noto che il fumo ritarda la guarigione delle ferite e, di conseguenza, il paziente dovrebbe essere incoraggiato a smettere di fumare il prima possibile prima dell'intervento chirurgico e almeno per la durata del processo di guarigione.

Anche la perfusione e l'ossigenazione dei tessuti sono componenti chiave nella guarigione delle ferite. Una grave insufficienza arteriosa deve essere corretta prima del trattamento definitivo. I polsi assenti dovrebbero essere studiati con Doppler o angiografia e angioplastica eseguita se è probabile che migliori la perfusione arteriosa compromessa.

Inoltre, qualsiasi condizione cardiovascolare o polmonare reversibile o squilibrio dei liquidi che possa interferire con un'adeguata perfusione e ossigenazione dovrebbero essere affrontati prima dell'intervento chirurgico. Anche i disturbi endocrini, come il diabete mellito, possono compromettere l'esito chirurgico. L'intervento chirurgico induce uno stress sul corpo con conseguente rilascio di catecolamine, cortisolo e glucagone, causando così un'iperglicemia indotta dall'intervento chirurgico. Per evitare estremi intraoperatori riguardanti ipoglicemia e iperglicemia, i pazienti con diabete dovrebbero essere esaminati da un dietista e da un endocrinologo prima dell'intervento se non sono già in follow-up.

Se necessario, il loro stato nutrizionale e il regime insulinico dovrebbero essere corretti prima dell'intervento. L'emoglobina A1c (HbA1c) è un parametro utilizzato per determinare il livello di controllo glicemico nel diabete mellito.

Il rischio di infezione nei pazienti con diabete mellito aumenta con l'aumento dell'HbA1c perioperatoria. Nei pazienti senza diabete, l'iperglicemia è anche associata a scarsi risultati clinici. Va considerato che fino a un terzo dei casi di iperglicemia intraoperatoria si verificano in pazienti senza diabete e che, più specificatamente, per i pazienti con trauma ortopedico

ricoverati in terapia intensiva, gli studi hanno dimostrato che l'iperglicemia indotta dallo stress ha un significativo effetto indiretto con l'infezione.

Pertanto, i livelli di glucosio dovrebbero essere monitorati durante l'intervento nei pazienti con e senza diabete e dovrebbero essere mantenuti tra 140 mg/dL (7,8 mmol/L) e 180 mg/dL (10 mmol/L).

La malnutrizione implica uno squilibrio di nutrienti e calorie necessarie per sostenere una buona salute e lo sviluppo. Essa comprende la denutrizione, le carenze di micronutrienti e l'obesità.

L'obesità (BMI \geq 30 kg/m²) comporta un rischio di complicanze postoperatorie quali infezioni, ematomi, deiscenza della ferita e, in caso di riparazione dei tessuti molli, necrosi del lembo. Tuttavia, poiché l'intervento chirurgico aumenta le richieste metaboliche del paziente, una drastica perdita di peso prima dell'intervento potrebbe non essere consigliabile.

Una recente revisione sistematica di Ernst *et al.* suggerisce che i pazienti malnutriti al momento del trauma hanno degenze ospedaliere più complicate e maggiori tassi di complicanze con guarigione ritardata o problematica delle ferite.

I pazienti con età avanzata, recente perdita di peso significativa e mancanza di supporto nutrizionale sono a maggior rischio di carenza nutrizionale.

I marcatori delle proteine sieriche e la valutazione del peso sono metodi convenzionali per valutare lo stato nutrizionale.

Se il paziente appare a rischio dal punto di vista nutrizionale, si può prendere in considerazione un'integrazione orale prima dell'intervento chirurgico, in consultazione con i professionisti.

Se la malnutrizione è grave, prima dell'intervento chirurgico dovrebbe essere presa in considerazione la combinazione di integrazione nutrizionale orale con supporto nutrizionale parenterale. In questi casi, se lo stato clinico del paziente lo consente, è consigliabile ritardare l'intervento chirurgico fino a quando lo stato nutrizionale non sarà sotto controllo.

L'infezione correlata alla frattura è spesso collegata a una compromissione della guarigione della frattura. Una strategia che a volte viene suggerita per migliorare la guarigione delle ossa è l'integrazione di vitamina D.

La vitamina D è un fattore importante per la salute delle ossa, la funzione muscolare e il sistema immunitario. Sfortunatamente, l'ipovitamina D è comune ed è associata a un basso apporto, a un'esposizione solare inadeguata e a malassorbimento intestinale.

Gli autori hanno concluso che, data l'importanza della vitamina D per la salute muscolo-scheletrica, livelli così bassi potrebbero avere un impatto negativo sugli esiti dei pazienti.

È possibile raccomandare l'integrazione solo in consultazione con membri qualificati del MDT (ad esempio, endocrinologo, nutrizionisti) per quei pazienti che sono considerate a rischio, come le donne in post menopausa.

Nel complesso, l'ottimizzazione preoperatoria dell'ospite non è sempre possibile nei pazienti FRI, soprattutto nei casi di fratture instabili o in situazioni in cui il paziente è diventato settico. Lo stato dell'ospite dovrebbe essere valutato continuamente durante tutto il corso del trattamento, e, a seconda della valutazione, l'ottimizzazione dovrebbe iniziare non appena possibile.

Step 3: il processo decisionale condiviso ^[31]

È importante che il piano di trattamento venga stabilito insieme al team multidisciplinare e che al paziente vengano fornite informazioni adeguate. I pazienti con FRI spesso soffrono di disabilità a lungo termine a causa di molteplici reinterventi, seguiti da degenze ospedaliere prolungate. Da un punto di vista psicologico, è importante che i pazienti siano consapevoli di tutte le opzioni terapeutiche disponibili, compresi i benefici, i rischi e i potenziali risultati.

Nell'assistenza centrata sul paziente è essenziale che gli operatori sanitari e i pazienti possano accedere a tutte le informazioni disponibili per prendere una decisione informata, tenendo conto dei valori del paziente e delle competenze o raccomandazioni degli operatori sanitari.

Il processo decisionale condiviso è definito come il processo attraverso il quale il paziente effettua le scelte sanitarie insieme a uno o più operatori sanitari. Un'adeguata consulenza ai pazienti presuppone una buona conoscenza delle più recenti evidenze scientifiche riguardanti il trattamento della FRI. Inoltre, è importante programmare un tempo sufficiente per consentire il reale coinvolgimento del paziente in questo processo decisionale.

Vi sono prove importanti che il lavoro di squadra multidisciplinare e la collaborazione tra gli operatori sanitari sono essenziali per migliorare gli esiti dei pazienti.

L'utilizzo di programmi di gestione degli antibiotici è già un esempio ben noto di tale approccio multidisciplinare per il trattamento delle infezioni. Sono definiti come interventi coordinati progettati per migliorare e misurare l'uso appropriato degli antibiotici, promuovendo la corretta selezione dell'antibiotico in relazione al microorganismo patogeno, la posologia, la durata della terapia e la via di somministrazione.

Secondo le linee guida della Infectious Diseases Society of America (IDSA), i medici specializzati in malattie infettive e i farmacisti clinici dovrebbero essere i membri principali del

programma di gestione degli antibiotici, oltre a tener in considerazione anche i microbiologi e il contributo del personale amministrativo e informativo.

La composizione di questi team è flessibile e dovrebbe essere basata sulle raccomandazioni internazionali esistenti e adattata alle risorse e alle competenze locali.

Recentemente, per guidare le strategie di prevenzione della FRI è stato descritto un approccio multidisciplinare, che consiste nella collaborazione tra chirurghi ortopedici traumatologici, il dipartimento di controllo delle infezioni dell'ospedale, infermieri e anestesisti come membri primari del team. Coerentemente con questo e con il concetto dei programmi di gestione degli antibiotici, dovrebbe essere adottato un approccio multidisciplinare per il trattamento dei pazienti con FRI, in cui i chirurghi siano membri chiave del team, poiché la gestione chirurgica possiede un ruolo notevole.

Per quanto riguarda il trattamento della FRI, i membri essenziali del team multidisciplinare, MDT, richiedono competenze nella ricostruzione ossea e dei tessuti molli, nella microbiologia, nel trattamento antibiotico e *imaging* avanzato.

Possono quindi essere coinvolti nel MDT per il trattamento della FRI specialisti con un background nelle seguenti discipline: chirurghi traumatologici ortopedici, specialisti in malattie infettive o internisti, microbiologi, chirurghi plastici e ricostruttivi, farmacisti clinici, radiologi muscolo-scheletrici, specialisti di medicina nucleare - medici anestesisti, fisioterapisti e riabilitatori, fisioterapisti, endocrinologi/nutrizionisti e infermieri specialisti.

Tutti questi specialisti non sempre dovrebbero essere coinvolti, a meno che non ci sia una situazione complessa da gestire. Però, indipendentemente da ciò, è consigliabile coinvolgere sempre un chirurgo, uno specialista di malattie infettive e/o internista e un farmacista clinico. A causa dell'elevato livello di complessità spesso associato alla FRI e della necessità di coinvolgere più specialità nel processo decisionale relativo al trattamento, si raccomanda ai medici di considerare fortemente il rinvio di casi complessi a centri più specializzati dove tale MDT è disponibile.

Step 4: gli aspetti chirurgici

La stabilità della frattura è di fondamentale importanza non solo per ottenere la guarigione della frattura, ma anche per la prevenzione e il trattamento delle infezioni.

Diversi studi affermano che il vantaggio dell'effetto stabilizzante degli impianti supera lo svantaggio dell'effetto del corpo estraneo. Poiché i dispositivi di fissazione della frattura mirano principalmente al consolidamento della frattura, possono essere rimossi dopo che la frattura è

guarita, rimuovendo così il biofilm e con conseguente alta probabilità di eradicazione dell'infezione e quindi prevenzione di possibile infezione cronica/osteomielite. Ciò significa che l'eradicazione completa dell'infezione potrebbe non essere sempre l'obiettivo iniziale. In alcuni casi è stata istituita una terapia soppressiva con antibiotici come alternativa ^[31].

La gestione chirurgica della FRI si basa su due concetti principali. Il primo consiste nel *debridement*, nella terapia antimicrobica e nella rimozione dell'impianto (DAIR). Il secondo consiste nello sbrigliamento, nella rimozione dell'impianto – nel caso in cui la frattura sia guarita – o nella sostituzione, combinato con la terapia antimicrobica ^[30].

Step 5: il campionamento dei tessuti ^[31]

La conferma dell'infezione si ottiene mediante coltura di microrganismi da campioni dei tessuti profondi, impianti metallici o valutazione istopatologica dei tessuti profondi.

Tutti i casi di FRI richiedono il campionamento dei tessuti. I campioni devono essere prelevati nelle fasi iniziali della procedura chirurgica, prima che si verifichi la contaminazione. È preferibile prelevare cinque campioni di tessuto profondo con strumenti separati, dai siti attorno alla frattura e adiacenti a eventuali impianti. È stato dimostrato che la combinazione di microbiologia e istopatologia migliora l'accuratezza della diagnosi e consente una terapia antimicrobica più specifica.

Step 6: il debridement e irrigazione ^[31]

Lo sbrigliamento rimane uno strumento chirurgico importante nel trattamento della FRI. In generale, lo sbrigliamento dovrebbe includere l'escissione di osso o tessuto necrotico (cioè non sanguinante), l'escissione di tessuto scarsamente perfuso (non contribuirà alla guarigione della ferita e alla somministrazione di antibiotici) e la rimozione di tutti i corpi estranei non essenziali (ad esempio, viti rotte, suture).

Una questione che a volte porta al dibattito è l'estensione dello sbrigliamento (cioè la resezione ossea). Sebbene sia stata proposta la "resezione oncologica" dell'osso infetto, si raccomanda un approccio più giudizioso con l'escissione dell'osso fino a quando non si riscontra un sanguinamento punteggiato uniforme. Ciò si basa sull'ipotesi che l'osso sanguinante infetto sia vitale e possa guarire con la terapia antibiotica (cioè sistemica e locale).

L'irrigazione ha lo scopo di diminuire la carica batterica e rimuovere i detriti sciolti. Dovrebbe essere eseguito utilizzando soluzione salina normale a bassa pressione per evitare la diffusione batterica nei tessuti molli e nelle ossa.

L'uso di additivi è attualmente sconsigliato in quanto potrebbero aumentare la tossicità cellulare. Dovrebbe essere utilizzata una quantità sufficiente (a seconda della posizione anatomica) di fluido di irrigazione per pulire a fondo il campo chirurgico e abbassare la carica batterica dopo lo sbrigliamento.

Step 7: la terapia antimicrobica

In seguito al *debridement* chirurgico e al campionamento, nel caso ci fosse un elevato sospetto di infezione, si dovrebbe iniziare una terapia antibiotica empirica.

La scelta della terapia dipende dall'epidemiologia locale dei microrganismi e dai fattori di rischio individuali del paziente, ad esempio precedenti antibiotici, comorbilità, allergie, precedenti ricoveri ospedalieri, precedente *debridement* nello stesso sito.

Di norma, la terapia empirica iniziale dovrebbe includere un lipo/glicopeptide e un agente contro il GNB, successivamente adeguata in seguito ai risultati delle colture [30].

Nella maggior parte dei casi, la terapia antimicrobica può essere ritardata fino al prelievo dei tessuti profondi. La terapia antibiotica immediata viene somministrata solo ai pazienti con sepsi e dopo aver prelevato il sangue per la coltura [31].

La durata della terapia antibiotica mirata non si basa su studi comparativi, ma sull'opinione degli esperti. In caso di ritenzione dell'impianto, si raccomanda una durata totale del trattamento di dodici settimane, mentre dopo la rimozione dell'impianto sono considerate sufficienti sei settimane.

La durata della terapia endovenosa deve essere limitata ad un paio di settimane, finché il paziente non sia stabile e i risultati della coltura non siano noti.

La rifampicina è il trattamento di prima scelta del biofilm nelle infezioni da stafilococco. Dovrebbe essere avviato solo dopo un accurato *debridement* per diminuire la carica batterica e quando le ferite sono asciutte per evitare una superinfezione con microrganismi resistenti.

A causa della rapida comparsa di microrganismi resistenti, la rifampicina deve essere somministrata con un antibiotico associato, in particolar modo con un fluorochinolone.

Tuttavia, anche la monoterapia con ciprofloxacina o levofloxacina contro gli stafilococchi non è raccomandata a causa della rapida comparsa di resistenza e di un alto tasso di fallimento del trattamento.

Altri farmaci antistafilococcici come il cotrimossazolo, la minociclina o l'acido fusidico possono essere combinati con la rifampicina, anche se abbiamo a riguardo pochi trial clinici.

La monoterapia con linezolid appare inferiore alla combinazione di rifampicina e linezolid nei modelli animali, sebbene l'evidenza suggerisca livelli ridotti di linezolid in combinazione con rifampicina in vivo.

Si considerano gli antibiotici glicopeptidici (vancomicina/teicoplanina) come un'opzione per gli stafilococchi meticillino-resistenti in terapia endovenosa iniziale.

Per l'infezione correlata all'impianto causata da *Cutibacterium acnes*, il ruolo della rifampicina non è chiaro. Sebbene la rifampicina fosse altamente efficace in un modello di infezione animale, il suo valore clinico nelle infezioni da *Cutibacterium* è meno chiaro, a causa della mancanza di studi prospettici, randomizzati e controllati.

In caso di infezione da streptococco si consiglia la benzilpenicillina per via endovenosa, mentre per le infezioni enterococciche è di prima scelta l'ampicillina.

Entrambi dovrebbero essere somministrati per una o due settimane seguiti da terapia orale con amoxicillina. Per gli enterococchi ampicillina-resistenti, la vancomicina o la daptomicina sono gli antibiotici di prima scelta per l'intero ciclo di trattamento.

I fluorochinoloni hanno un'eccellente attività sui biofilm GNB. Dovrebbero essere avviati solo dopo il *debridement* e quando le ferite sono asciutte, a causa della selezione della resistenza ai fluorochinoloni quando la carica batterica è elevata.

I batteri aerobici, come *Pseudomonas aeruginosa*, dovrebbero essere trattati inizialmente con antibiotici betalattamici come piperacillina/tazobactam, cefepime, ceftazidime o un carbapenemico, sebbene abbiano un'attività battericida inferiore rispetto ai fluorochinoloni ^[30].

A volte non è possibile utilizzare la terapia antibiotica orale, principalmente a causa di intolleranze o resistenze microbiche. In questi casi, un servizio ambulatoriale di terapia antibiotica parenterale (OPAT) riduce i costi e può supportare i pazienti a domicilio, con il monitoraggio della terapia ^[31].

Step 8: la riabilitazione e follow-up^[31]

La riabilitazione funzionale precoce e individualizzata è un aspetto critico per ogni paziente con trauma ortopedico e in particolare quando si verifica un'infezione. Pertanto, i fisioterapisti, i medici fisiatrici e riabilitatori svolgono un ruolo chiave.

Poiché la FRI spesso comporta un percorso terapeutico prolungato, dovrebbe essere disponibile anche il supporto psicologico. In questi casi gli infermieri specializzati possono svolgere un ruolo fondamentale.

I principi di ottimizzazione del paziente dovrebbero essere implementati anche nel periodo postoperatorio e di follow-up. È necessario un follow-up minimo di 12 mesi dopo la cessazione della terapia (chirurgica e antibiotica).

La frequenza del follow-up dipende dalle preferenze e politiche locali e dall'entità dell'infezione.

Le visite ambulatoriali di follow-up consistono generalmente nell'ispezione della ferita, nella valutazione radiologica della frattura e nel monitoraggio delle complicanze o della recidiva dell'infezione. In caso di peggioramento dello stato di salute del paziente (ad esempio, sepsi), i livelli di PCR possono aiutare il processo decisionale, sebbene i medici dovrebbero essere consapevoli che l'evidenza per l'uso dei marcatori sierici come parametri diagnostici e di follow-up è scarsa.

Step 9: gli Strumenti CAT.^[31]

I test adattativi computerizzati, CAT, riducono notevolmente la soggettività del paziente di acquisire dati. Nell'ambito della salute muscoloscheletrica, sono stati sviluppati punteggi multipli per valutare singole parti o articolazioni del corpo.

Diversi strumenti globali e specifici per lesione sono stati convalidati e utilizzati come valutazioni qualitative della salute e della funzione generale dei pazienti.

Hanno il vantaggio di essere coerenti tra i pazienti e di essere misure ripetibili.

Tuttavia, hanno lo svantaggio di dover ripetere tutte le domande a ciascun intervistato ad ogni valutazione, il che comporta un carico sul paziente, un affaticamento del soggetto e una conseguente perdita di compliance o di follow-up.

Al contrario, la CAT offre l'opportunità di raccogliere valutazioni altrettanto accurate della funzione del paziente ponendo molte meno domande, il che dovrebbe consentire la raccolta di dati da più pazienti, più spesso, con meno fatica da parte del paziente nel processo di raccolta

dei dati. Il test adattivo computerizzato utilizza la “teoria della risposta agli oggetti” ed è considerato una valutazione dinamica.

Questo approccio consente ai pazienti di rispondere a questionari con un numero inferiore di domande con quasi la stessa specificità del livello di funzione del paziente e sensibilità ai cambiamenti nella funzione della versione completa dei questionari sviluppati scientificamente. Il CAT più utilizzato è lo strumento PROMIS (sistema informativo di misurazione degli esiti riportati dai pazienti), il cui sviluppo è stato finanziato e sostenuto dal NIH.

I punteggi PROMIS si concentrano sulla valutazione di un dominio specifico (funzione fisica, salute mentale, ecc.), piuttosto che sull’attenzione specifica per l’infortunio di alcuni strumenti tradizionali.

Fornendo una precisione di valutazione uguale o migliorata con un carico sostanzialmente inferiore sul paziente, PROMIS è uno strumento di ricerca per la valutazione dei pazienti con traumi agli arti inferiori con o senza FRI.

Esistono altri CAT, ma ad oggi sono meno ampiamente utilizzati e richiedono ulteriori indagini. A causa della significativa diminuzione del carico del paziente e della pari capacità di valutare accuratamente la funzione del paziente e i cambiamenti nella funzione, è probabile che i test adattativi computerizzati diventino comuni nelle future valutazioni dei risultati, anche per i pazienti FRI. Al momento, sembra che il NIH PROMIS sia lo strumento di valutazione futuro più probabile per la maggior parte della ricerca sul trauma ortopedico.

4.4. La gestione del ritardo di guarigione delle ferite post-chirurgiche

Un intervento chirurgico ospedaliero per frattura di caviglia può portare ad un incremento del rischio di complicanze minori o maggiori entro trenta giorni.

Il diabete aumenta drasticamente il rischio d’infezioni postoperatorie, mentre il fumo impedisce la guarigione delle ferite. Le infezioni superficiali delle ferite determinano un aumento dei tempi di degenza ospedaliera. La polmonite postoperatoria e l’infezione del tratto urinario sono considerate, insieme alle infezioni delle ferite, le complicanze più frequenti nel postoperatorio.

La chirurgia ambulatoriale per la frattura della caviglia è associata ad un ridotto rischio di sviluppare complicanze postoperatorie entro trenta giorni. Anche durante il follow up delle comorbidità, i pazienti ricoverati presentano tassi più elevati di complicanze sia maggiori sia minori. Lo stato di ricovero è da considerarsi un fattore di rischio indipendente per tali complicanze [8].

La presenza di varie comorbidità del paziente come ad esempio il diabete, la neuropatia periferica, il fumo e le fratture esposte aumentano la probabilità di complicanze della ferita postchirurgica. Nella popolazione anziana, il fumo, la multiterapia e la scarsa mobilità predispongono a problemi di guarigione della ferita chirurgica. Altre possibili comorbidità sono le malattie infiammatorie e/o del connettivo, patologie cardiovascolari, ipertensione oltre alle fratture esposte classificate secondo AO/OTA come 44C oppure fratture trimalleolari. Alcune complicanze locali della ferita possono essere gestite con successo mediante interventi minimi. Ad esempio, la rottura della ferita può essere inizialmente trattata con la cura locale e con antibiotici per via orale o endovenosa, se necessario. Il trattamento locale consiste nel cambiare la medicazione umida in un'altra asciutta, applicare nitrato d'argento ed effettuare un *debridement* conservativo al letto del paziente. Problemi più gravi della ferita, inclusa la guarigione prolungata della ferita o l'esposizione di ossa, richiedono in genere strategie ricostruttive più impegnative. Le indicazioni al trattamento chirurgico sono le situazioni con infezione, deiscenza della ferita o necrosi cutanea. Vi sono, poi, casi in cui è necessaria anche la ricostruzione dei tessuti molli per la gestione di queste ferite, il tutto gestito da un chirurgo plastico. Le opzioni disponibili includono allotrapianti, Integra (Integra Life Sciences, Plainsboro, NJ), innesti cutanei, lembi locali (ovvero, a base distale, a base prossimale e perforanti base) e lembi liberi. La chirurgia ortopedica insieme all'intervento di chirurgia plastica svolge un ruolo sempre più importante nella gestione delle fratture della caviglia. I pazienti più giovani, a causa della maggior frequenza dei traumi della caviglia ad alta energia, spesso richiedono una ricostruzione plastica mediante l'utilizzo dei lembi, piuttosto che di trattamento meno invasivo e locale. Uno studio ha rilevato che l'intervento orto-plastico precoce ha portato a un numero significativamente inferiore di procedure chirurgiche successive, rispetto ai pazienti che sono stati inizialmente trattati altrove e poi indirizzati per una consulenza orto-plastica ^[10].

4.5. Gli effetti sulla perfusione sanguigna causati dalle compressioni esterne dei trattamenti terapeutici

La compromissione esterna degli arti inferiori, nell'ambito dei trattamenti terapeutici normalmente utilizzati nelle fratture-lussazioni di caviglia, riduce la perfusione sanguigna cutanea, SBF, in relazione diretta alla pressione di compressione applicata.

Tale riduzione si evidenzia maggiormente nella porzione distale alla compressione applicata rispetto a quella sottostante. Nello specifico, la riduzione si ha nel circa il 66,6 % a livello del dorso del piede e nel circa 30% sul sito della tibia compressa direttamente.

La differenza quantitativa tra l'effetto della compressione sul SBF all'interno dell'area di compressione e quella distale ad essa è probabilmente il risultato del modo in cui la compressione influisce sulla resistenza arteriolare e venosa al flusso sanguigno nei due siti.

Di seguito verranno descritti i meccanismi alla base della riduzione del flusso sanguigno nelle regioni compresse e in quelle distali ^[33].

- *La riduzione del flusso nelle regioni compresse:*

Per quanto riguarda il sito tibiale, che è direttamente esposto alla pressione di compressione, la pressione di perfusione locale è correlata anche alla differenza tra MAP e pressione venosa locale. Tuttavia, poiché questo sito riceve una pressione esterna diretta, i vasi sanguigni arteriolarici sottostanti subiscono una netta diminuzione della pressione trasmurale che innesca una vasodilatazione miogenicamente dipendente.

La riduzione associata della resistenza vascolare arteriolare effettiva spiega la minore pressione sanguigna di flusso rispetto al sito del dorso distale. Questo concetto è supportato da un aumento osservato del diametro arteriolare con compressione esterna e da un'autoregolazione del flusso sanguigno osservata associata sia all'ipotensione intravascolare che all'aumento della pressione tissutale. I risultati attuali e il gran numero di lavori correlati indicano che la compressione esterna degli arti inferiori riduce la SBF nel piede e nelle dita di una quantità determinata dai livelli di pressione di compressione, all'interno dell'intervallo dei livelli di compressione terapeutica comunemente usati. Gli effetti nella regione della gamba compressa sono meno chiari e più variabili; tuttavia, i risultati attuali mostrano chiaramente una significativa riduzione graduale della perfusione sanguigna nell'intervallo compreso tra 20 e 40 mm Hg.

Da un punto di vista clinico, la SBF sotto-bendaggio è influenzata negativamente dalla compressione, sebbene l'effetto non sia così grande come nel tessuto distale al bordo della benda.

- *La riduzione del flusso distale:*

La pressione di perfusione effettiva per il sito distale può essere approssimata come la differenza tra la pressione arteriosa media e la pressione di compressione. Una pressione di compressione di 40 mmHg ridurrebbe a 40 mm Hg la pressione di perfusione. Ciò rappresenta

una riduzione del circa 50% della pressione di perfusione effettiva e, per estensione, si traduce in una riduzione simile del flusso sanguigno. Poiché i dati indicano una riduzione media del SBF del 66,6%, devono essere coinvolti altri fattori. Si ritiene che l'altro fattore principale sia un aumento indotto dalla compressione del polpaccio nella resistenza venosa tra il dorso del piede e il deflusso venoso dalla gamba. Una riduzione della pressione di perfusione combinata con l'aumento della resistenza al deflusso dovuta alla compressione prossimale potrebbe, quindi, spiegare la significativa riduzione del flusso sanguigno.

QUINTO CAPITOLO

DAMAGE CONTROL IN FISSATORE ESTERNO *VERSUS* STIVALETTO GESSATO NELLE FRATTURE- LUSSAZIONI DI CAVIGLIA

5.1. Materiali e metodi

Lo studio sul trattamento temporaneo delle fratture-lussazioni di caviglia è stato condotto mediante un'analisi retrospettiva delle fratture-lussazioni di caviglia diagnosticate e trattate presso la Struttura Complessa di Ortopedia e Traumatologia dell'Azienda Ospedaliera Universitaria "SS. Antonio e Biagio e Cesare Arrigo" di Alessandria.

Sono state incluse tutte le fratture-lussazioni di caviglia chiuse, escludendo quelle esposte, secondo la classificazione di Gustilo-Anderson.

Le fratture-lussazioni sono state definite come sublussazioni superiori al 50% dell'astragalo rispetto alla tibia sia nella proiezione anteroposteriore sia in quella laterale dell'imaging svolto, con possibile associazione di una frattura bimalleolare o trimalleolare.

Le fratture malleolari sono state suddivise mediante l'utilizzo del sistema di classificazione AO/OTA (*Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen/Orthopaedic Trauma Association*).

In tutti i pazienti è stata eseguita una riduzione chiusa immediata con successiva applicazione di uno stivaletto gessato o di un fissatore esterno come trattamento temporaneo. La scelta del *device* da utilizzare è dettata dalle condizioni dei tessuti molli e dalla riducibilità della frattura nel tempo. In assenza di sofferenze cutanee, nessun gonfiore massivo e frattura riducibile dopo il *first care*, è stato eseguito uno stivaletto gessato; mentre, nella situazione opposta, è stato preferito l'utilizzo del fissatore esterno.

Le variabili demografiche considerate per ciascun paziente sono state l'età, il sesso, la Body Mass Index (BMI) e il diabete.

In seguito all'approccio terapeutico temporaneo immediato, è stata eseguita una scansione TC utile per pianificare il trattamento definitivo.

Per analizzare le differenze tra i due gruppi di studio “stivaletto gessato *versus* fissatore esterno” in termini di variabili demografiche è stata eseguita l’analisi *Chi-square*.

Mentre, per confrontare i tassi di complicanze e gli esiti funzionali tra i due gruppi a distanza di sei mesi è stato svolto il test di Fisher a due code.

Inoltre, è stato utilizzato il test *T-student* a due code per confrontare il timing necessario per eseguire il trattamento definitivo nelle fratture-lussazioni di caviglia.

Infine, nella valutazione della qualità di vita dei pazienti all’ultimo follow-up è stato attuato il test *EQ-5D-3L*.

Per tutti i test statistici appena citati è stato considerato un *p-value* < 0,05 come risultato significativo.

5.2. Risultati

L’intero campione di pazienti è stato trattato dalla stessa equipe medica della S.C. Ortopedia e Traumatologia dell’A.O.U. di Alessandria.

Sono state considerate in modo retrospettivo trentuno fratture-lussazioni di caviglia, dodici pazienti di sesso maschile e diciannove di sesso femminile. Di queste fratture-lussazioni, ventitré classificate come *44B3* e otto come *44C2* secondo il sistema di classificazione AO/OTA.

Dei trentuno, quindici pazienti (quattro sesso maschile e undici sesso femminile) sono stati trattati con lo stivaletto gessato e sedici (otto sesso maschile e otto sesso femminile) con il fissatore esterno.

Nel gruppo stivaletto gessato sono presenti tredici fratture classificate come *44B3* e due classificate come *44C2*. Mentre, in quello fissatore esterno, ci sono dieci fratture classificate come *44B3* e sei fratture classificate come *44C2*.

L’età media e il BMI medio sono rispettivamente $59,4 \pm 14,3$ anni e $27,7 \pm 1,7$ kg/m²: nel gruppo stivaletto gessato l’età media è di $65,3 \pm 9,4$ anni e il BMI medio di $27,6 \pm 1,8$ kg/m², mentre nel gruppo fissatore esterno l’età media è pari a $52,1 \pm 16,3$ anni e il BMI medio di $27,8 \pm 1,5$ kg/m².

I due gruppi sono comparabili per sesso, età, BMI, classificazione e presenza di diabete con un *p-value* > 0,05.

In diciassette pazienti si è verificato un trauma a bassa energia, mentre nei restanti quattordici si è verificato un trauma ad alta energia: il gruppo con il gesso mostra una maggiore incidenza di traumi a bassa energia, mentre il gruppo con fissatore esterno mostra una maggiore incidenza di quelli ad alta energia, con un *p-value* pari a 0,040.

Il tempo medio che intercorre tra il trauma e il trattamento chirurgico definitivo è di $10,5 \pm 3,1$ giorni: nel gruppo gessato è pari a $10,2 \pm 3,6$ giorni, mentre nell'altro è $10,8 \pm 2,4$ giorni, non è presente una differenza statistica tra i due gruppi, infatti il *p-value* è pari a 0,608.

Nel gruppo gessato sono state osservate sei complicanze, di cui quattro deiscenze della ferita e due sindromi da dolore regionale complesso "C.R.P.S.". Tra le deiscenze, due sono evolute in infezioni correlate alla frattura, successivamente trattate con rimozione dei *device* applicati (placche e viti), irrigazione, debridement e infine applicazione di un fissatore esterno circolare. Al contrario, non sono state osservate complicanze correlate al gruppo del fissatore esterno. Pertanto, è emerso un'importante differenza statistica tra i due gruppi con un *p-value* pari a 0,020.

I risultati appena esposti sono sintetizzati nella tabella successiva (Tabella 10).

Tabella 10. Risultati emersi dallo studio condotto presso la S.C. Ortopedia e Traumatologia dell'A.O.U. di Alessandria

	FISSATORE ESTERNO	STIVALETTO GESSATO	p-value < 0,050
N. pazienti	16	15	
Età (anni)	52.1±16.3	65.3±9.4	0.140
Sesso femminile	8	11	0.130
BMI (Kg/m²)	27.8±1.5	27.6±1.8	0.728
Diabete	3	4	0.408
Trauma ad alta energia	12	2	0.040
AO/OTA 44B3	10	13	0.185
Timing per l'intervento chirurgico	10.8±2.4	10.2±3.6	0.608
Complicanze	0	6	0.020

Per quanto riguarda il follow-up a sei mesi, ventuno pazienti hanno ripreso le loro attività quotidiane: ritornando al lavoro, prendendosi cura di sé e iniziando a praticare attività fisica; nel dettaglio, dieci pazienti appartenenti al gruppo gessato e undici all'altro. Pertanto, non emerge una differenza statistica tra i due gruppi, siccome il *p-value* è di 0,182.

Il punteggio medio *EQ-5D-3L*, utile nella valutazione della qualità di vita dei pazienti all'ultimo follow-up, è di $0,870 \pm 0,129$. Nello specifico, nel gruppo con stivaletto gessato è di $0,905 \pm 0,093$, mentre in quello con fissatore esterno è di $0,853 \pm 0,159$, ciò senza alcuna differenza statistica dato il *p-value* associato pari a 0,301.

5.3. Discussione

Lo scopo dello studio è valutare il tasso di complicanze e gli esiti funzionali e clinici delle fratture-lussazioni della caviglia, trattate provvisoriamente con gesso o fissatore esterno.

Si osserva una correlazione tra l'energia del trauma e il trattamento temporaneo: il fissatore esterno è preferito nei traumi ad alta energia, mentre lo stivaletto gessato in quelli a bassa

energia. Solitamente i tessuti molli sono gravemente lesionati e danneggiati nei traumi ad alta energia rispetto ai traumi minori.

In questa situazione, l'applicazione di un gesso può provocare un'eccessiva compressione dei tessuti molli con un rischio maggiore di sofferenza cutanea e di sindrome compartimentale. Da ciò si evince che nei traumi ad alta energia è preferibile l'uso del fissatore esterno, con un minor rischio di compressione della caviglia.

Per quanto riguarda la correlazione dei gruppi analizzati e l'età dei pazienti si riscontra un maggior utilizzo dello stivaletto gessato rispetto al fissatore esterno nei pazienti con età avanzata. Il motivo di ciò è che esiste una minore incidenza di traumi ad alta energia in tali pazienti. Tuttavia, negli stessi pazienti si verificano maggiori complicanze a carico dei tessuti molli rispetto ai giovani. Pertanto, l'applicazione del gesso deve prevedere un accurato monitoraggio dei tessuti molli.

La classificazione AO/OTA non influenza il tipo di trattamento temporaneo, fissatore esterno o stivaletto gessato. Ne consegue che la scelta del tipo di trattamento provvisorio è guidata dai tessuti molli e dall'energia del trauma, non dalla tipologia della frattura. Tuttavia, in questo studio sono presenti solo due tipi di fratture secondo la classificazione AO/OTA, ossia le 44B3 e le 44C2.

Le due tipologie di trattamento temporaneo non sono correlate al timing necessario per eseguire il trattamento chirurgico conclusivo; infatti, in entrambi i casi il tempo che intercorre tra il trauma e il trattamento definitivo è il medesimo.

Secondo la letteratura in materia, il tempo suggerito tra il trauma e il trattamento definitivo è di circa sette-dieci giorni e non vi è alcuna preferenza per l'utilizzo del gesso o del fissatore esterno. È più decisiva una riduzione immediata e accurata delle fratture-lussazioni rispetto al tipo di *device* utilizzato per garantire una corretta riduzione. Tuttavia, è importante ricordare un *bias*: i pazienti nel gruppo del fissatore esterno, avendo spesso un trauma ad alta energia, necessitavano di più tempo per sottoporsi al trattamento chirurgico definitivo.

Per quanto riguarda le complicanze evidenziate nello studio, ossia la deiscenza della ferita e la sindrome da dolore regionale complesso "C.R.P.S.", si evidenziano maggiori complicanze nel gruppo trattato con lo stivaletto gessato. Si osserva una differenza statistica, con un tasso significativamente inferiore nei pazienti trattati con fissatore esterno.

Inoltre, due delle quattro deiscenze correlate alla ferita del gruppo gessato sono poi evolute in un'infezione correlata alla frattura. In questi due casi sono state necessarie altre procedure chirurgiche: è stato eseguito la rimozione dei *device* applicati (placche e viti), irrigazione, debridement e applicazione di un fissatore esterno circolare, associato ad una terapia antibiotica mirata.

A sei mesi, i due gruppi hanno mostrato un tasso simile di ritorno alle attività quotidiane e un punteggio *EQ-5D-3L* sovrapponibile. Il trattamento temporaneo influisce sia sull'immediato periodo postoperatorio sia sull'incidenza delle complicanze.

Quando si verifica una complicanza, è importante un accurato monitoraggio e gestione della stessa, per arrivare ad una corretta guarigione. Pertanto, a sei mesi, molte complicanze sono già state trattate con completa risoluzione dei sintomi.

Dei dieci pazienti con mancato ritorno alle attività quotidiane, due sono in follow-up per un'infezione correlata alla frattura, due non sono in grado di prendersi cura di sé stessi e sei necessitano occasionalmente di ausili per la deambulazione.

Questo studio presenta alcune limitazioni. Innanzitutto, si tratta di uno studio retrospettivo, quindi esiste un *bias* di selezione sul tipo di trattamento temporaneo: ad esempio, nei pazienti anziani è più facile eseguire un calco in gesso piuttosto che un fissatore esterno. In secondo luogo, per quanto riguarda le complicanze, non sono state classificate nel dettaglio le deiscenze delle ferite. In terzo luogo, il significato del ritorno alle attività quotidiane potrebbe essere diverso tra i vari pazienti: un paziente giovane potrebbe mirare a un obiettivo migliore rispetto ai pazienti anziani.

Tuttavia, questo studio ha anche alcuni punti di forza. Innanzitutto, è stato svolto in un unico centro ospedaliero, ossia l'AOU di Alessandria, e l'approccio diagnostico-terapeutico eseguito dalla stessa equipe chirurgica. In secondo luogo, nello studio sono rappresentate solo due tipi di fratture secondo la classificazione AO/OTA, la *44B3* e la *44C2*; quindi, sono stati analizzati modelli di frattura simili.

CONCLUSIONI

Le fratture-lussazioni necessitano di un ripristino e stabilizzazione anatomica precoce per consentire cure funzionali successive, portando a risultati migliori.

Tale frattura-lussazione rappresenta una lesione significativa, in cui oltre alle strutture ossee fratturate, sono coinvolti anche i tessuti molli circostanti. Sebbene la lesione dei tessuti consenta di trattare la maggior parte di queste fratture con riduzione a cielo aperto e fissazione interna (ORIF) in acuto, vi sono alcune che richiedono un trattamento definitivo ritardato.

Condiviso in letteratura è gestire la frattura-lussazione della caviglia con riduzione chiusa associata a fissazione provvisoria e un follow up ambulatoriale in attesa del ripristino dei tessuti molli, ritardando così il trattamento definitivo.

La riduzione aperta immediata e la fissazione interna (ORIF) è considerato il trattamento gold standard per le fratture malleolari scomposte, ma il trattamento chirurgico acuto della frattura-lussazione del malleolo non è sempre possibile, a causa delle gravi lesioni dei tessuti molli che ne conseguono. Una grave lesione dei tessuti associata a una frattura della caviglia è un fattore importante che influenza la prognosi e il tasso di complicanze postoperatorie.

Pertanto, un trattamento adeguato di queste è di cruciale importanza per la corretta pianificazione chirurgica e la tempistica dell'intervento definitivo.

Un intervento chirurgico multistep è un'opzione che può essere eseguita in sicurezza in pazienti accuratamente selezionati per il trattamento delle fratture malleolari instabili e lussazioni con lesioni dei tessuti molli.

Nelle fratture-lussazioni di caviglia è di fondamentale importanza una riduzione chiusa immediata e accurata seguita da una fissazione temporanea. L'uso del fissatore esterno come fissazione temporanea è preferibile all'utilizzo di uno stivaletto gessato, con un minor tasso di complicanze. Tuttavia, al follow-up, i risultati funzionali tra i due trattamenti sono comparabili.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Anastasi G. et Al, (2006) *Trattato di Anatomia Umana* Edi-ermes, Milano.
2. Pflüger P, Braun K-F, Mair O, Kirchhoff C, Biberthaler P, Crönlein M. Current management of trimalleolar ankle fractures. *EFORT open Rev.* 2021;6(8):692-703. doi:10.1302/2058-5241.6.200138
3. Scheer RC, Newman JM, Zhou JJ, et al. Ankle Fracture Epidemiology in the United States: Patient-Related Trends and Mechanisms of Injury. *J foot ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg.* 2020;59(3):479-483. doi:10.1053/j.jfas.2019.09.016.
4. Tanoğlu O, Gökgöz MB, Özmeriç A, Alemdaroğlu KB. Two-Stage Surgery for the Malleolar Fracture-Dislocation With Severe Soft Tissue Injuries Does Not Affect the Functional Results. *J foot ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg.* 2019;58(4):702-705. doi:10.1053/j.jfas.2018.11.033.
5. Lawson KA, Ayala AE, Morin ML, Latt LD, Wild JR. Republication of "Ankle Fracture-Dislocations: A Review". *Foot Ankle Orthop.* 2023 Aug 12;8(3):24730114231195058. doi: 10.1177/24730114231195058. PMID: 37582190; PMCID: PMC10423454.
6. Rammelt S, Boszczyk A. Computed Tomography in the Diagnosis and Treatment of Ankle Fractures: A Critical Analysis Review. *JBJS Rev.* 2018;6(12):e7. doi:10.2106/JBJS.RVW.17.00209
7. Gerlach R, Toepfer A, Jacxsens M, Zdravkovic V, Potocnik P. Temporizing cast immobilization is a safe alternative to external fixation in ankle fracture-dislocation while posterior malleolar fragment size predicts loss of reduction: a case control study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022 Jul 22;23(1):698. doi: 10.1186/s12891-022-05646-6. PMID: 35869482; PMCID: PMC9306170.

8. Shen MS, Dodd AC, Lakomkin N, et al. Open treatment of ankle fracture as inpatient increases risk of complication. *J Orthop Traumatol Off J Ital Soc Orthop Traumatol*. 2017;18(4):431-438. doi:10.1007/s10195-017-0472-9
9. Briet JP, Houwert RM, Smeeing DPJ, et al. Differences in Classification Between Mono- and Polytrauma and Low- and High-Energy Trauma Patients With an Ankle Fracture: A Retrospective Cohort Study. *J foot ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg*. 2017;56(4):793-796. doi:10.1053/j.jfas.2017.04.012
10. Saleh H, Konda S, Driesman A, et al. Wound-Healing Issues Following Rotational Ankle Fracture Surgery: Predictors and Local Management Options. *Foot Ankle Spec*. 2019;12(5):409-417. doi:10.1177/1938640018810422
11. Tarkin IS, Sop A, Pape H-C. High-energy foot and ankle trauma: principles for formulating an individualized care plan. *Foot Ankle Clin*. 2008;13(4):705-723. doi:10.1016/j.fcl.2008.08.002
12. Mandelka E, Wikanardi BA, Beisemann N, Gruetzner PA, Franke J, Vetter SY. Temporary Cast Application in Dislocated Ankle Fractures Leads to High Rates of Secondary Loss of Reduction: Does the Lauge-Hansen Injury Type Matter? *Foot Ankle Int*. 2024 Mar 19:10711007241231563. doi: 10.1177/10711007241231563. Epub ahead of print. PMID: 38501715.
13. Grassi Federico A. et Al., (2021), *Manuale di Ortopedia e Traumatologia* Edra, Milano.
14. Abdelgaid SM, Moursy AF, Elgebaly EAA, Aboelenien AM. Minimally Invasive Treatment of Ankle Fractures in Patients at High Risk of Soft Tissue Wound Healing Complications. *J foot ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg*. 2018;57(3):557-571. doi:10.1053/j.jfas.2017.11.041

15. Marsh JL, Slongo TF, Agel J, et al. Fracture and dislocation classification compendium - 2007: Orthopaedic Trauma Association classification, database and outcomes committee. *J Orthop Trauma*. 2007;21(10 Suppl):S1-133. doi:10.1097/00005131-200711101-00001
16. Journal of Orthopaedica trauma, Fracture and dislocation Classification Compendium – 2018. Doi: 10.1097/BOT. 0000000000001063.
17. Yim GH, Hardwicke JT. The Evolution and Interpretation of the Gustilo and Anderson Classification. *J Bone Joint Surg Am*. 2018;100(24):e152. doi:10.2106/JBJS.18.00342.
18. Bernasconi A, De Franco C, Improta G, et al. Foot and ankle measurements on cone beam weightbearing computed tomography. *J Biol Regul Homeost Agents*. 2020;34(3 Suppl. 2):23-32. ADVANCES IN MUSCULOSKELETAL DISEASES AND IN.
19. Seibert FJ, Fankhauser F, Elliott B, Stockenhuber N, Peicha G. External fixation in trauma of the foot and ankle. *Clin Podiatr Med Surg*. 2003;20(1):159-180. doi:10.1016/s0891-8422(02)00057-5.
20. Tantigate D, Ho G, Kirschenbaum J, et al. Functional Outcomes After Fracture-Dislocation of the Ankle. *Foot Ankle Spec*. 2020;13(1):18-26. doi:10.1177/1938640019826701
21. Mandelka E, Wikanardi BA, Beisemann N, Gruetzner PA, Franke J, Vetter SY, Privalov M. Comparing Temporary Immobilization Using Cast and External Fixator in Unimalleolar Ankle Fracture Dislocations: A Retrospective Case Series. *J Clin Med*. 2023 Jan 17;12(3):748. doi: 10.3390/jcm12030748. PMID: 36769397; PMCID: PMC9917604.
22. Pearce O, Al-Hourani K, Kelly M. Ankle fractures in the elderly: Current concepts. *Injury*. 2020;51(12):2740-2747. doi:10.1016/j.injury.2020.10.093.

23. Buyukkusu MO, Basilgan S, Mollaomeroglu A, Misir A, Basar H. Splinting vs temporary external fixation in the initial treatment of ankle fracture-dislocations. *Foot ankle Surg Off J Eur Soc Foot Ankle Surg*. Published online March 2021. doi:10.1016/j.fas.2021.03.018
24. Wawrose RA, Grossman LS, Tagliaferro M, Siska PA, Moloney GB, Tarkin IS. Temporizing External Fixation vs Splinting Following Ankle Fracture Dislocation. *Foot ankle Int*. 2020;41(2):177-182. doi:10.1177/1071100719879431.
25. Won Y, Lee G-S, Hwang J-M, et al. Improved functional outcome after early reduction in Bosworth fracture-dislocation. *Foot ankle Surg Off J Eur Soc Foot Ankle Surg*. 2019;25(6):798-803. doi:10.1016/j.fas.2018.10.007
26. Chokkalingam S, Samer MM. Bosworth Ankle Injuries - Treatment Challenges in Late and Neglected Presentations. *J Orthop Case Rep*. 2022 Dec;12(12):71-76. doi: 10.13107/jocr.2022.v12.i12.3470. PMID: 37056585; PMCID: PMC10088380.
27. Fernández-Rojas E, Herrera-Pérez M, Vilá-Rico J. Posterior malleolar fractures: Indications and surgical approaches. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2023 Mar-Apr;67(2):160-169. English, Spanish. doi: 10.1016/j.recot.2022.10.019. Epub 2022 Nov 9. PMID: 36371071.
28. Lutter C, Schöffl V, Hotfiel T, Simon M, Maffulli N. Compartment Syndrome of the Foot: An Evidence-Based Review. *J foot ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg*. 2019;58(4):632-640. doi:10.1053/j.jfas.2018.12.026
29. Lopez-Capdevila L, Rios-Ruh JM, Fortuño J, et al. Diabetic ankle fracture complications: a meta-analysis. *Foot ankle Surg Off J Eur Soc Foot Ankle Surg*. 2021;27(7):832-837. doi:10.1016/j.fas.2020.10.015
30. Depypere M, Morgenstern M, Kuehl R, et al. Pathogenesis and management of fracture-related infection. *Clin Microbiol Infect Off Publ Eur Soc Clin Microbiol Infect Dis*. 2020;26(5):572-578. doi:10.1016/j.cmi.2019.08.006
31. Metsemakers W-J, Morgenstern M, Senneville E, et al. General treatment principles for fracture-related infection: recommendations from an international expert group. *Arch*

Orthop Trauma Surg. 2020;140(8):1013-1027. doi:10.1007/s00402-019-03287-4

32. Skaga NO, Eken T, Søvik S, Jones JM, Steen PA. Pre-injury ASA physical status classification is an independent predictor of mortality after trauma. *J Trauma.* 2007 Nov;63(5):972-8. doi: 10.1097/TA.0b013e31804a571c. PMID: 17993938.
33. Mayrovitz HN, Sims N. Effects of ankle-to-knee external pressures on skin blood perfusion under and distal to compression. *Adv Skin Wound Care.* 2003;16(4):198-202. doi:10.1097/00129334-200307000-00013