



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI GENOVA



## **Università degli Studi di Genova**

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica e Scienze Materno-Infantili

### **Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici**

A.A. 2021/2022

Campus Universitario di Savona

# **Le fratture da stress del collo femorale: inquadramento e gestione.**

Candidato:

Dott. Ft Francesco Botta

Relatore:

Dott. Ft OMPT Riccardo Vignali

## Sommario

Abstract .....	4
1. Introduzione .....	6
1.1 Epidemiologia .....	7
1.2 Fisiopatologia.....	8
1.3 Fattori di rischio.....	10
Sesso femminile.....	10
Poor baseline physical fitness.....	10
Bone mineral density.....	11
Fattori genetici.....	11
Fattori morfologici .....	11
1.4 Classificazione.....	12
Fullerton e Snowdy .....	12
Shin .....	12
Steele .....	12
Rohena-Quinquilla .....	13
2. Materiali e metodi .....	14
2.1 Stringa di ricerca .....	14
2.2 Criteri di inclusione ed esclusione .....	14
2.2.1 Criteri di inclusione.....	14
2.2.2 Criteri di esclusione .....	15
3. Risultati .....	16
3.1 identificazione e selezione degli articoli.....	16
3.2 Articoli inclusi .....	17
3.3 Risultati .....	18
4. Discussione .....	22
4.1 Inquadramento.....	22
4.1.1 Storia clinica e sintomi.....	22
4.1.2 Esame fisico .....	22
4.1.3 Esami diagnostici .....	23
4.2 Gestione.....	25
4.2.1 Classificazione tramite MRI .....	26
4.2.2 Algoritmo di Steele .....	29
4.3 Trattamento.....	31
4.3.1 Trattamento conservativo .....	31

4.3.2	Trattamento non conservativo.....	32
4.3.3	Prognosi e ritorno alla attività.....	34
5.	Conclusioni .....	36

## Abstract

### **Introduzione**

Le fratture da stress del collo femorale (FNSFs) sono una tipologia di frattura relativamente rara, che si osserva prevalentemente nelle reclute militari e nei runner impegnati nella corsa di lunga durata. Le FNSFs hanno conseguenze potenzialmente devastanti se non opportunamente trattate, come una malunione dei monconi o la necrosi avascolare della testa del femore. Tali fratture sono molto spesso identificate tardivamente, con il conseguente aumento del rischio di sviluppare complicanze gravi. L'obiettivo principale della tesi è quello di condurre una ricerca con lo scopo di ricavare informazioni in merito alla presentazione clinica, la gestione (conservativa e chirurgica) e la prognosi delle fratture da stress del collo femorale.

### **Materiali e metodi**

La ricerca della letteratura è stata condotta sui seguenti database: Medline (via Pubmed), Chochrane library e Pedro. La ricerca è stata condotta dal 11/11/21 al 1/1/2022. Sono stati esclusi dalla revisione i case reports, i case series, gli articoli non in lingua inglese, articoli nei quali le fratture del collo femorale avvenivano in concomitanza con substrati patologici rilevanti.

### **Risultati**

Sono stati sottoposti a screening 1089 articoli. Dopo aver rimosso i duplicati, la lettura dell'abstract ha permesso di escludere gli articoli non pertinenti. Alla fine di questa prima fase sono stati esclusi complessivamente 1026 articoli. Altri 55 articoli sono stati esclusi in quanto non rispettavano i criteri di inclusione. Sono stati quindi inclusi 9 articoli, di cui due revisioni narrative e due revisioni sistematiche.

### **Conclusioni**

Il sintomo più comunemente riportato nelle FNSF è il groin pain unilaterale, che si aggrava con le attività in carico. All'esame fisico il paziente presenta sintomi non specifici. I sintomi più riportati all'esame fisico sono il dolore ai gradi estremi dell'anca e la groin tenderness.

Una diagnosi precoce è fondamentale per garantire un trattamento tempestivo, prevenire complicanze gravi e accorciare i tempi di guarigione. I pazienti che alla MRI presentano versamento, linea di frattura > del 50% della larghezza del collo femorale, una linea di frattura nella zona di tensione o una frattura completa con separazione dei monconi, beneficiano maggiormente del trattamento chirurgico.

Nelle fratture senza separazione dei monconi trattate chirurgicamente, la scelta di impianti diversi sembra non influenzare la prognosi. Durante la riabilitazione post-chirurgica, il raggiungimento del carico completo prima delle 8 settimane sembra migliorare la prognosi rispetto al mantenimento della restrizione del carico oltre le 8 settimane.

## 1. Introduzione

Le fratture da stress del collo femorale (FNSFs) sono una tipologia di frattura relativamente rara, che rappresenta il 9% di tutte le fratture da stress e il 50% di tutte le fratture da stress femorali(1,2).

Tali fratture si osservano prevalentemente nei soggetti giovani esposti a grandi quantità di carico a livello del collo del femore, come le reclute militari e i runner impegnati nella corsa di lunga durata. Altri casi sono stati invece riportati in pazienti con gravi disturbi metabolici o in pazienti anziani che presentano osteoporosi e osteopenia (3–5).

Le FNSFs hanno conseguenze potenzialmente devastanti se non opportunamente trattate, e una diagnosi tempestiva è quindi di massima importanza. Il perdurare del carico potrebbe, infatti, portare ad una progressione della linea di frattura, che può ulteriormente progredire in una frattura completa con separazione dei monconi (displaced fracture). Quest'ultima condizione espone il paziente ad un rischio elevato di complicanze, come una mala unione dei monconi o la necrosi avascolare della testa del femore, che possono avere un impatto deleterio sui tempi di guarigione, sulla qualità della vita e sul ritorno alle attività(6,7).

Nonostante un corretto inquadramento e gestione siano fondamentali, tali fratture sono molto spesso identificate tardivamente, con il conseguente aumento del rischio di sviluppare complicanze gravi(7). La diagnosi e la gestione possono infatti essere difficoltose, a causa della non specificità dei sintomi e della scarsità di protocolli ben definiti e validati(4,8).

L'obiettivo principale della tesi è quello di condurre una ricerca con lo scopo di ricavare informazioni in merito alla presentazione clinica, la gestione (conservativa e chirurgica) e la prognosi delle fratture da stress del collo femorale.

## 1.1 Epidemiologia

Le due popolazioni maggiormente studiate sono le reclute militari e i runner impegnati nella corsa di lunga durata.

La popolazione di reclute militari è quella dove storicamente si registrano il maggior numero di casi. Circa il 5% delle reclute che iniziano l'addestramento militare, sviluppano in seguito fratture da stress degli arti inferiori(9). Waterman et al hanno trovato come fra tutte le 31,758 fratture da stress dell'arto inferiore registrate nell'esercito statunitense dal 2009 al 2012, il 9% era localizzato nel collo del femore(1). Lo studio di Kupferer et al ha invece registrato una prevalenza dello 0.04% in un gruppo di 140,949 reclute militari che partecipavano all'Air Force Basic Training (10).

Il motivo dell'alta prevalenza delle FNSFs nella popolazione militare è probabilmente da ricercarsi nella modalità in cui viene svolto l'addestramento. Le reclute sono infatti esposte fin dalle prime fasi di addestramento a grandi volumi di corsa e di marcia con sovraccarico(11). Questo repentino aumento del carico potrebbe contribuire allo sviluppo della patologia, soprattutto nei pazienti con un basso livello di physical fitness (1,9).

Per quanto riguarda la popolazione di atleti, gli sport maggiormente riportati come fattori causali in letteratura sono la maratona e la corsa sulla lunga distanza. Si sono osservati tuttavia dei casi anche nella ginnastica, nel basket e nella danza classica(3). Sebbene le FNSF fossero storicamente rilevate in maniera quasi esclusiva nei militari, la popolazione di runners ha visto invece nelle ultime decadi un aumento della prevalenza di questo tipo di patologia, probabilmente a causa dell'aumento di popolarità di questo sport nella popolazione generale(5). Hulko e Ovara hanno rilevato 9 FNSFs in una coorte di 368 fratture da stress. In questa coorte di atleti le FNSFs rappresentavano circa il 3% di tutte le fratture da stress (3,12). L'incidenza delle FNSFs sembra tuttavia variare a seconda dell'intensità, del livello e della natura dello sport praticato(4).

## 1.2 Fisiopatologia

Per frattura da stress si intende il fallimento meccanico dell'osso a causa di uno stress ripetuto, che eccede la capacità di carico della sua struttura e porta a discontinuità microstrutturali dell'osso.(13) Il risultato di questo fallimento meccanico spesso non è rappresentato da una linea di frattura evidente dal punto di vista radiologico. Il meccanismo è invece spesso più subdolo in quanto è visibile, nella maggior parte dei casi, solo da immagini ad alta risoluzione come la risonanza magnetica (13,14).

Il fallimento meccanico può avvenire sia in un osso sano esposto a stress fuori dalla norma, sia in ossa che per motivi metabolici non possono compensare un normale carico meccanico. Le due condizioni vengono storicamente definite come 'fratture da fatica' (fatigue fractures) nel primo caso e 'fratture da insufficienza' (insufficiency fractures) nel secondo. Un esempio di frattura da insufficienza sono le fratture verificate in condizioni di deficienza da vitamina D, osteoporosi, osteomielite, ipofosfatasi, assunzione prolungata di bifosfonati. Con 'fratture patologiche' (pathological fractures) si intendono invece tutte quelle fratture da stress provocate da tumori primari e tumori metastatici dell'osso, che possono talvolta mimare le caratteristiche di una frattura da insufficienza(13).

L'osso si deforma in risposta ad un carico, con la quantità di deformazione (strain) che dipende dalla intensità del carico applicato e dalla abilità dell'osso di resistere alla deformazione. Superata una certa soglia, le deformazioni indotte dall'esercizio possono generare dei danni a livello microstrutturale (microfratture). In condizioni fisiologiche, le microfratture all'interno dell'osso possono essere riparate tramite il meccanismo del rimodellamento osseo, regolato dagli osteociti. Tuttavia, a seguito di un riposo insufficiente o di un incremento della intensità del carico, il tasso di rimodellamento osseo necessario al fine di mantenere l'omeostasi potrebbe non andare di pari passo con il tasso di formazione delle microfratture. Questo squilibrio potrebbe risultare quindi in una frattura da stress(5,13,15).

La patogenesi delle fratture da stress del collo femorale è probabilmente la medesima. Studi biomeccanici hanno dimostrato come a livello del collo femorale durante il cammino, si verifica un picco di forze pari a 4,5 volte il peso corporeo. Il jogging può generare forze pari a 8 volte il proprio peso corporeo, con valori anche maggiori nelle attività più intense. Tali valori sono registrati in particolare durante la fase di impatto al suolo(5,16).

Tra tutte le tipologie di fratture da stress del femore, le FNSFs ne rappresentano la proporzione maggiore. Difatti, oltre il 50% di tutte le fratture e delle reazioni da stress del femore sono localizzate a livello del collo femorale. Altre localizzazioni si hanno invece a livello dell'area condilare (24%) e della diafisi prossimale(18%) (2).

Le forze che agiscono a livello del collo del femore durante le attività si possono suddividere in forze di tensione e forze di compressione (3). Le forze di compressione del collo del femore (compression forces) si sviluppano a livello dell'aspetto inferiore del collo del femore. Quando le forze applicate eccedono rispetto alle resistenze elastiche dell'osso e surclassano il tasso di rimodellamento osseo, si vengono a formare delle microfratture. Queste si sviluppano e si propagano a 45° rispetto all'applicazione delle forze. Questo può creare una frattura obliqua a livello del collo femorale. Tale frattura può rimanere stabile, finché non supera il 50% della larghezza del collo femorale. La linea di frattura sviluppata a seguito di una frattura da compressione è più obliqua rispetto a quella di una frattura da tensione e perciò più stabile e meno portata alla dislocazione(4,17).

Le forze di tensione (tensile forces) sono invece sviluppate a livello dell'aspetto superiore del collo del femore. Normalmente sono controbilanciate dalle forze del gluteo medio e del piccolo gluteo, ma è stato ipotizzato che, quando questi muscoli si affaticano, grandi forze di tensione si scaricano a livello del collo femorale. Questo può risultare nella formazione di microfratture e nella loro successiva propagazione, che risulta spesso in una conseguente frattura dell'aspetto superiore del collo femorale. Questa linea di frattura si propaga tuttavia a 90° rispetto alla zona corticale, creando una frattura trasversa, molto più instabile rispetto alla frattura da compressione e con un maggiore probabilità di dislocazione (3,4,17).

### 1.3 Fattori di rischio

I fattori di rischio più comunemente riportati in letteratura sono: sesso femminile, basso livello di physical fitness, BMD, fattori genetici e fattori morfologici.

#### Sesso femminile

È stata riportata una più alta incidenza di fratture da stress del collo femorale nel sesso femminile, sia nella popolazione di reclute militari, sia negli atleti.

Hulkko et al hanno riportato una prevalenza maggiore di FNSFs tra le atlete donne rispetto ai colleghi uomini. Tra le atlete infatti il 4.1% di tutte le fratture da stress registrate erano FNSF, mentre tra gli uomini le FNSFs erano presenti in misura minore, solo il 1,8% (12). Anche Kupferer et al hanno riportato il genere femminile come uno dei fattori di rischio principali, ma in una coorte di militari (10).

Questi dati sono coerenti rispetto a quanto riportato in letteratura rispetto alle fratture da stress in generale. Le donne risultano infatti avere una più alta incidenza di fratture da stress rispetto agli uomini(13,15). Inoltre, fattori ormonali e fattori nutrizionali come ipoestrogenismo e un protratto deficit calorico aumentano in maniera sostanziale il rischio di fratture da stress. Una situazione estrema è quella descritta come 'female triad' (amenorrea, bassa massa ossea, deficit calorico), frequente nelle atlete impegnate negli sport di endurance o in sport come la danza e la ginnastica, che richiedono un costante controllo del peso e nei quali, di conseguenza, sono più frequenti disturbi alimentari(13).

#### Poor baseline physical fitness

Lo studio di Kupferer, effettuato su 140,949 reclute nell'arco di tre anni, ha riportato come i militari che hanno sviluppato durante il periodo di arruolamento una FNSF, presentavano livelli di fitness inferiori rispetto ai commilitoni sani. Gli aspetti valutati erano il tempo di corsa su 1.5 miglia ed il numero di push up e di sit up effettuati in 1'. Il valore maggiormente predittivo per una conseguente frattura da stress del collo femorale era il tempo di corsa su un miglio (OR =1.49, 95% CI 1.2–1.9, p = 0.00). Chi correva più lentamente aveva infatti un rischio più alto di sviluppare una frattura da stress(10).

### Bone mineral density

Anche livelli inferiori di densità minerale ossea (BMD) possono essere associati ad un rischio maggiore di sviluppare una FNSF. Nello studio di Pouilles et al, la BMD delle reclute che hanno sviluppato una frattura da stress del femore era del 10% in meno rispetto al gruppo di controllo.

Altri autori hanno invece rilevato valori della BMD ancora inferiori, fino al 27,8% in meno rispetto al gruppo di controllo(18,19)

### Fattori genetici

Anche i geni implicati nel metabolismo osseo possono giocare un ruolo nelle fratture da stress del collo femorale. Questo sembra essere stato confermato da Korvaal e colleghi, che hanno rilevato inoltre come anche il BMI e un basso peso corporeo possano aumentare il rischio di sviluppare una FNSF(20).

### Fattori morfologici

Una eccessiva retroversione acetabolare potrebbe risultare in un sovraccarico del collo femorale, predisponendo i soggetti ad una frattura da stress. Analizzando retrospettivamente le radiografie di 54 pazienti trattati per una FNSF, Kuhn et al hanno rilevato una maggiore prevalenza di crossover sign (31/54 pazienti) rispetto al gruppo di controllo. Inoltre 13 pazienti avevano ritrovamenti radiografici consistenti con un quadro di impingement femoro acetabolare (FAI)(21).

Lo studio di Goldin ha riportato le seguenti caratteristiche in 24 pazienti con FNSF. Il 42% dei pazienti avevano una morfologia CAM, il 75% una morfologia pincer, il 78 % avevano una coxa profunda, il 14% una retroversione acetabolare, mentre un quadro misto di morfologia CAM e pincer è stato osservato nel 17% dei casi(22).

Carey e colleghi hanno invece rilevato una forte prevalenza (più del 50% dei pazienti) di ritrovamenti radiografici compatibili con quadri di FAI(23).

Anche le caratteristiche morfologiche del collo femorale stesso potrebbero portare ad un eccessivo carico e quindi a sviluppare una frattura da stress. Alcuni autori hanno identificato la coxa vara e la coxa valga come fattori di rischio rispettivamente di una FNSF e di una frattura da stress della testa del femore. La coxa vara potrebbe difatti essere un fattore predisponente, in quanto aumenta il braccio di leva degli abduuttori e di conseguenza incrementa lo stress a livello del collo femorale(24).

## 1.4 Classificazione

### Fullerton e Snowdy

Il tipo di classificazione più usato è quello di Fullerton e Snowdy, basato su radiografia e scintigrafia ossea(8). Gli autori hanno suddiviso le FNSFs in tre tipi

- Le fratture di tipo I (tension-sided), situate a livello dell'aspetto superiore del collo del femore, dove si verificano le maggiori forze di tensione.
- Le fratture di tipo II (compression-sided), situate a livello dell'aspetto inferiore del collo del femore, dove si verificano forze di compressione
- le fratture di tipo III (displaced), in cui c'è una effettiva separazione dei monconi.

### Shin

Shin e Gillingham hanno invece ripreso questa classificazione, effettuando delle aggiunte(4).

La più importante è l'utilizzo della MRI, che a detta degli autori risulta 100% sensibile, specifica e accurata. Gli autori hanno infatti testato questa modalità su atleti con radiografia negativa e scintigrafia ossea positiva per quadri compatibili con FNSFs. La MRI è risultata molto più specifica rispetto alla scintigrafia ossea per differenziare le fratture da stress del collo femorale da altre cause.

Inoltre, hanno ulteriormente suddiviso le fratture di tipo II (compression-sided) in 3 sottotipi:

- nessuna linea di frattura
- linea di frattura minore del 50% della larghezza del collo femorale
- linea di frattura maggiore o uguale al 50% della larghezza del collo femorale.

### Steele

Una più recente classificazione è quella di Steele et al, che riprende ed espande ulteriormente la classificazione di Shin e quella di Fullerton. In particolare, viene aggiunta la variabile del versamento osseo (effusion) alla categoria compression sided (6).

Lo studio identifica quindi i seguenti sottotipi:

- nessuna linea di frattura
- linea di frattura < del 50% della larghezza del collo femorale senza versamento
- linea di frattura < del 50% della larghezza del collo femorale con versamento

- linea di frattura > del 50% della larghezza del collo femorale con o senza versamento

La presenza di versamento, a detta degli autori, ha una forte importanza per quanto riguarda una eventuale gestione chirurgica. Essi hanno infatti rilevato come nei pazienti con una linea di frattura < del 50% e con associato versamento, il rischio di progressione della frattura alla seguente MRI di controllo era molto più alto rispetto ad una linea di frattura < del 50% senza versamento.

#### Rohena-Quinquilla

Gli autori hanno proposto un altro sistema di classificazione, basato unicamente sulla MRI. Le FNSFs sono state suddivise in basso grado (tipo 1 e 2) e alto grado (tipo 3 e 4)

Le fratture di basso grado sono state divise in:

- sottotipo 1: edema osseo < di 6 mm
- sottotipo 2: edema osseo > di 6 mm

Le fratture di alto grado sono state divise in:

- sottotipo III: frattura macroscopica < del 50% della larghezza del collo del femore
- sottotipo III: frattura macroscopica > del 50% della larghezza del collo del femore(25).

## 2. Materiali e metodi

### 2.1 Stringa di ricerca

La ricerca della letteratura è stata condotta sui seguenti database: Medline (via Pubmed), Cochrane library e Pedro. La ricerca è stata condotta dal 11/11/21 al 1/1/2022.

Per la stringa di ricerca sono stati utilizzati gli operatori booleani “AND” ed “OR”, i termini liberi e, laddove possibile, i Medical Subject Heading (MeSH).

Non è stato trovato alcun termine MeSH specifico per quanto riguarda le fratture da stress del collo femorale (es. “femoral neck stress fracture”), per cui si è scelto di combinare il termine MeSH “Femur Neck” con il termine MeSH “fracture, stress”, uniti dall’operatore booleano AND. Per ampliare i risultati della ricerca sono stati utilizzati anche i termini liberi “Fractures, Stress”, “Fracture, Insufficiency”, “Fractures, Fatigue” “Femur neck” e “Femoral Neck”.

Sono stati poi aggiunti alla stringa, tramite il connettivo AND, tutti i termini relativi alla gestione, alla presentazione clinica, alla prognosi e al trattamento.

Di seguito viene riportata la stringa di ricerca completa:

```
(((femur neck[MeSH Terms]) OR (Femur* Neck[Title/Abstract])) OR (Femor* Neck[Title/Abstract])) AND (((fractures, stress[MeSH Terms]) OR (fracture*, stress[Title/Abstract])) OR (fracture*, insufficiency[Title/Abstract])) OR (fracture*, fatigue[Title/Abstract])) AND (((((((((((((((((((disease management[MeSH Terms]) OR (management[Title/Abstract])) OR (physical examination[MeSH Terms])) OR (physical examination[Title/Abstract])) OR (diagnosis[MeSH Terms])) OR (diagnos*[Title/Abstract])) OR (differential diagnoses[MeSH Terms])) OR (symptom assessment[MeSH Terms])) OR (assessment[Title/Abstract])) OR (symptom*[Title/Abstract])) OR (risk assessment[MeSH Terms])) OR (risk[Title/Abstract])) OR (risk factor[MeSH Terms])) OR (prognosis[MeSH Terms])) OR (prognos*[Title/Abstract])) OR (Rehabilitation[MeSH Terms])) OR (Rehabilitation[Title/Abstract])) OR (outcome[Title/Abstract])) OR (treatment*[Title/Abstract])) OR (therap*[Title/Abstract])) OR (therapy[MeSH Subheading]))
```

### 2.2 Criteri di inclusione ed esclusione

#### 2.2.1 Criteri di inclusione

- studi che indaghino la presentazione clinica, la prognosi e la gestione (chirurgica o conservativa) delle fratture da stress del collo femorale

-Articoli in lingua inglese

#### 2.2.2 Criteri di esclusione

- tipologia di studio: case reports e case series

- articoli non in lingua inglese

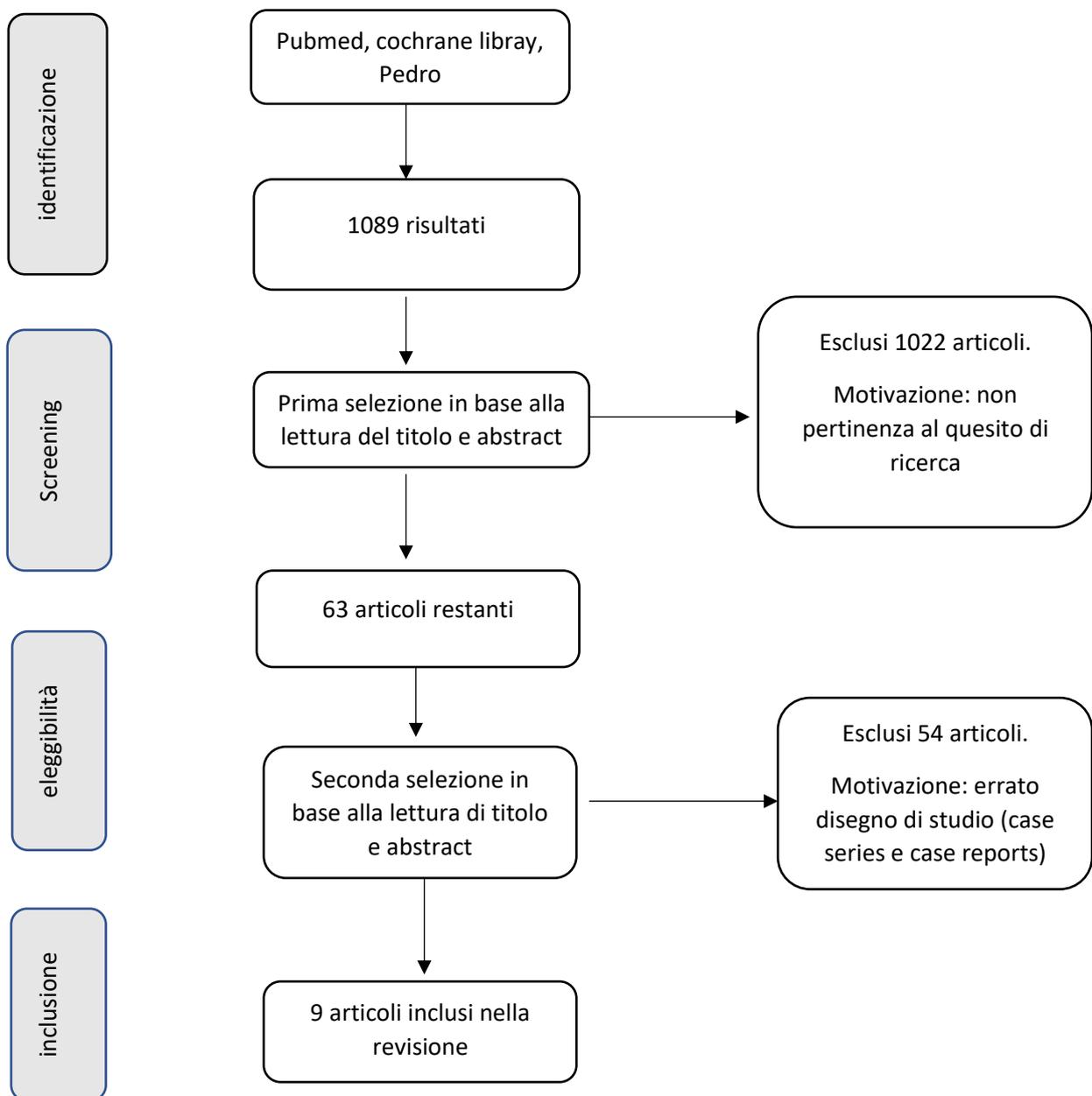
- articoli nei quali le fratture del collo femorale avvenivano in concomitanza con substrati patologici importanti ('fratture da insufficienza')

### 3. Risultati

#### 3.1 identificazione e selezione degli articoli

Sono stati sottoposti a screening 1089 articoli. Dopo aver rimosso i duplicati, la lettura dell'abstract ha permesso di escludere gli articoli non pertinenti. Alla fine di questa prima fase sono stati esclusi complessivamente 1026 articoli. Altri 55 articoli sono stati esclusi per errato disegno di studio (case report o case series).

Sono stati quindi inclusi 9 articoli, di cui due revisioni narrative e due revisioni sistematiche. Di seguito è riassunto il processo di selezione tramite un diagramma di flusso.



### 3.2 Articoli inclusi

Articolo 1	Fullerton LR, Snowdy HA. Femoral neck stress fractures. Am J Sports Med. luglio 1988;16(4):365–77.
Articolo 2	Shin AY, Gillingham BL. Fatigue Fractures of the Femoral Neck in Athletes: J Am Acad Orthop Surg. novembre 1997;5(6):293–302.
Articolo 3	Neubauer T, Brand J, Lidder S, Krawany M. Stress fractures of the femoral neck in runners: a review. Res Sports Med. 2 luglio 2016;24(3):283–97.
Articolo 4	Ramey LN, McInnis KC, Palmer WE. Femoral Neck Stress Fracture: Can MRI Grade Help Predict Return-to-Running Time? Am J Sports Med. agosto 2016;44(8):2122–9.
Articolo 5	May LA, Chen DC, Bui-Mansfield LT, O’Brien SD. Rapid Magnetic Resonance Imaging Evaluation of Femoral Neck Stress Fractures in a U.S. Active Duty Military Population. Military Medicine. gennaio 2017;182(1):e1619–25.
Articolo 6	Robertson G, Wood A. Femoral Neck Stress Fractures in Sport: A Current Concepts Review. Sports Med Int Open. febbraio 2017;01(02):E58–68.
Articolo 7	Rohena-Quinquilla IR, Rohena-Quinquilla FJ, Scully WF, Evanson JRL. Femoral Neck Stress Injuries: Analysis of 156 Cases in a U.S. Military Population and Proposal of a New MRI Classification System. Am J Roentgenol. marzo 2018;210(3):601–7.
Articolo 8	Steele CE, Cochran G, Renninger C, Deafenbaugh B, Kuhn KM. Femoral Neck Stress Fractures: MRI Risk Factors for Progression. J Bone Jt Surg. 5 settembre 2018;100(17):1496–502.
Articolo 9	Kolaczko JG, McMellen CJ, Magister SJ, Wetzel RJ. Comparison of time to healing and major complications after surgical fixation of nondisplaced femoral neck stress fractures: A systematic review. Injury. aprile 2021;52(4):647–52.

### 3.3 Risultati

**Fullerton** e colleghi hanno raccolto dati in merito all'esame fisico e la storia clinica in un gruppo di reclute militari con diagnosi di FNSF. Hanno poi sviluppato un sistema di classificazione delle FNSF in 3 sottotipi. Il sintomo più frequentemente riportato è il groin pain anteriore unilaterale (87% dei pazienti). Il dolore notturno è stato riportato nel 19% dei pazienti. L'inizio della sintomatologia è avvenuto nel 40% dei casi dopo una lunga corsa o una lunga marcia tra la sesta e l'ottava settimana di addestramento. All'esame fisico si riporta dolore ai gradi estremi dell'anca (79% dei pazienti), groin tenderness (62%)(8).

**Neubauer** e colleghi hanno effettuato una revisione sistematica di case studies su runner agonisti e amatoriali. Sono stati riportati in totale 46 FNSFs. I pazienti hanno percorso in media 54.5km/settimana. Il ritardo medio tra l'inizio dei sintomi e l'inizio della terapia è stato di 56,7 giorni. In 33 casi su 48 è stato necessario l'intervento chirurgico. I runner agonisti sono stati sottoposti maggiormente ad intervento chirurgico rispetto agli amatori ( $p=0.009$ ). In 9 casi ci sono state complicanze, che hanno portato a degli outcome significativamente inferiori al follow up rispetto ai casi senza complicanze ( $p=0,036$ ). 28 pazienti su 48 sono ritornati a correre. I runner agonisti e coloro che avevano una frattura con separazione dei monconi sono tornati a correre con una frequenza significativamente minore rispetto agli altri ( $p=0,012$  e  $p=0,014$ )(5).

In un sottogruppo di pazienti si sono ricavate informazioni più dettagliate su storia clinica ed esame fisico. 13 pazienti avevano avuto precedenti fratture da stress o reazioni da stress in altre sedi anatomiche, oppure avevano delle comorbidità che potevano contribuire alle fratture da stress. In questi pazienti vi è stato un minore ritardo diagnostico ( $p=0,032$ ). Un aumento del carico di allenamento è stato riportato in 16 pazienti su 33, con frequenza maggiore nei runner agonisti ( $p=0,011$ ). Nella maggior parte dei pazienti i sintomi sono iniziati per la prima volta durante la corsa (25/33). Circa la metà dei pazienti ha continuato ad allenarsi nonostante i sintomi. I sintomi più riportati sono il cammino antalgico (23/33) e il groin pain anteriore (16/33). È stato riportato dolore anche in altre sedi (anca, gran trocantere, glutei, coscia). In circa la metà dei pazienti non vi è stata una diagnosi iniziale (16/33). In 17 pazienti su 33, sono state fatte numerose visite e sono state date diagnosi multiple prima di arrivare a quella corretta. Solo 8 pazienti su 33 hanno ricevuto una diagnosi corretta in prima battuta. Dove sono state necessarie più visite il ritardo diagnostico era significativamente maggiore (37,8 vs 16,8 giorni;  $p=0,026$ ). Dopo l'inizio dei sintomi, 28 pazienti sono stati trattati in maniera conservativa, mentre solo 5 hanno ricevuto un trattamento chirurgico(5).

**May et al** hanno confrontato l'efficacia della radiografia e della MRI nel diagnosticare le FNSFs. Su 41 pazienti con FNSF, il 90% non presentava segni di frattura da stress all'esame radiografico. Inoltre non è stata rilevata alcuna linea di frattura(26).

**Ramey et al** hanno classificato 27 FNSFS tramite la Arendt Grading Scale, ai fini di stabilire una correlazione con il RTR (return to running). L'AGS è un tipo di classificazione in 4 gradi non specifico per le fratture da stress del collo del femore:

- Grado 1: segni di 'periostal or marrow edema' visibile solo in sequenza STIR
- Grado 2: segni di 'periostal or marrow edema' visibile in sequenza STIR e in T2
- Grado 3: segni di 'periostal or marrow edema' visibile in tutte le sequenza di imaging
- Grado 4: segni di 'periostal or marrow edema' visibile in tutte le sequenza di imaging + linea di frattura

Gli autori hanno trovato una differenza significativa per quanto riguarda la prognosi, unicamente tra il primo grado e gli ultimi 3 ( $P = .036$  con il grado 2,  $P = .014$  con il grado 3, and  $P = 0.002$  con il grado 4). Una differenza rilevante nel ritorno allo sport non è invece stata trovata tra gli ultimi tre gradi. Gli autori hanno calcolato un tempo medio di ritorno alla corsa di 14.1 settimane dalla diagnosi(27).

**Shin et al** sono stati i primi a sviluppare un sistema di classificazione delle FNSF utilizzando la MRI. Si sono basati sulla classificazione di **Fullerton et al**, che su base radiografica divideva le FNSF in 3 gradi:

- Le fratture di tipo I (tension-sided), situate a livello dell'aspetto superiore del collo del femore, dove si verificano le maggiori forze di tensione.
- Le fratture di tipo II (compression-sided), situate a livello dell'aspetto inferiore del collo del femore, dove si verificano forze di compressione
- le fratture di tipo III (displaced), in cui c'è una effettiva separazione dei monconi.

Shin e Gillingham hanno ripreso questa classificazione, dividendo ulteriormente le fratture di tipo II (compression-sided) in 3 sottotipi:

- nessuna linea di frattura
- linea di frattura minore del 50% della larghezza del collo femorale
- linea di frattura maggiore o uguale al 50% della larghezza del collo femorale.

Tale suddivisione risulta utile per la gestione del paziente e la scelta del trattamento. Viene proposto infatti la gestione chirurgica immediata nel caso di pazienti con linea di frattura > del 50% del collo femorale, nelle fratture di tipo 3 e nelle fratture di tipo 1. Per tutti gli altri viene proposto il trattamento conservativo e monitoraggio di una ulteriore progressione(4,8).

La classificazione di **Steele et al** aggiunge la variabile del versamento osseo (effusion) alla categoria compression sided. Lo studio identifica quindi i seguenti sottotipi:

- nessuna linea di frattura
- linea di frattura < del 50% della larghezza del collo femorale senza versamento
- linea di frattura < del 50% della larghezza del collo femorale con versamento
- linea di frattura > del 50% della larghezza del collo femorale con o senza versamento

Nel gruppo di pazienti analizzato nello studio, la presenza di versamento ha una forte importanza per quanto riguarda una eventuale gestione chirurgica. Nei pazienti con una linea di frattura < del 50% e con associato versamento, il rischio di progressione della frattura alla seguente MRI di controllo era 8 volte superiore (RR: 8.02 [95% CI, 2.99 to 21.5]; p < 0.0001) rispetto a chi non presentava versamento(6).

**Rohena-Quinquilla et al** hanno proposto un altro sistema di classificazione, basato unicamente sulla MRI, al fine di stabilire una correlazione tra i gradi e i tempi di return to duty nelle reclute militari. Un totale di 127 reclute con FNSFs sono state suddivise in basso grado (tipo 1 e 2) e alto grado (tipo 3 e 4)

Le fratture di basso grado sono state divise in:

- sottotipo 1: edema osseo < di 6 mm
- sottotipo 2: edema osseo > di 6 mm

Le fratture di alto grado sono state divise in:

- sottotipo III: frattura macroscopica < del 50% della larghezza del collo del femore
- sottotipo IV: frattura macroscopica > del 50% della larghezza del collo del femore.

Il gruppo di soldati con FNSF di grado 3 avevano un rischio del 16,6% più alto di non completare l'addestramento militare e un rischio 3 volte più alto di congedo medico dall'esercito rispetto alle reclute con frattura di grado 2. I soldati con una frattura di stress di grado 4 avevano un rischio più alto del 11.1% di non completare l'addestramento e un rischio 4 volte più alto di congedo medico

dall'esercito rispetto ai soldati con frattura di grado 3. È stato rilevato un tempo di RTD significativamente minore nel low grade ( $73.8 \pm 47.3$  days) rispetto al high grade. ( $114.7 \pm 41.1$  giorni) ( $p < 0.001$ ). È stato inoltre rilevato un tempo di RTD significativamente minore tra il grado 1 e gli altri 3(25).

**Kolazco et al** hanno effettuato una revisione sistematica di case studies al fine di analizzare l'efficacia di diverse tipologie di impianto in pazienti con fratture da stress del collo del femore senza separazione dei monconi ('non-displaced'). Dall'analisi degli outcome non è emersa alcuna differenza significativa tra i vari approcci chirurgici utilizzati (cannulated screws o SHS +/- osteotomy). Sono stati registrati tempi medi di guarigione radiologica minori nei pazienti che hanno raggiunto il carico completo entro le 4 settimane ( $20 \pm 10.4$  weeks) ed entro le 5-8 settimane dal trattamento chirurgico ( $17 \pm 12.7$  weeks). I soggetti che invece raggiunto il carico completo in più di 8 settimane, hanno impiegato significativamente più tempo ( $112.5 \pm 12.0$  settimane)(28).

## 4. Discussione

### 4.1 Inquadramento

#### 4.1.1 Storia clinica e sintomi

Il sintomo più comunemente riportato nelle FNSF è il groin pain unilaterale, che aumenta gradualmente con le attività in carico ripetitive (corsa, salti...) e si allevia o cessa completamente con il riposo (3,8). L'andamento dei sintomi dall'esordio è quello tipico delle fratture da stress: inizialmente il dolore è riferito alla fine o durante l'attività provocativa, mentre negli stadi finali può essere presente anche a riposo, durante la notte, ed è associato ad un cammino antalgico (3,5,8,29).

Il dolore è più spesso localizzato nella regione inguinale (87% dei pazienti nello studio di Fullerton), tuttavia può essere localizzato anche a livello della coscia o del gluteo e può riferire fino al ginocchio. (3,5,8).

I pazienti spesso riportano un recente incremento in intensità e durata dell'esercizio. Nelle reclute militari i sintomi iniziano a verificarsi intorno alle 6-8 settimane dall'inizio dell'addestramento. Nella popolazione di runner invece, i pazienti accusano spesso i primi sintomi a seguito di un aumento del carico in preparazione di eventi sportivi o maratone (3,5).

Il mancato inquadramento diagnostico, con il perpetuarsi del carico provocativo, può risultare in una frattura completa con separazione dei monconi (displaced fracture). Il paziente può riferire spesso una 'cracking or popping sensation' durante le attività provocativa, seguita da un aumento del dolore e incapacità di mantenere il carico completo. Tale sintomo corrisponde al momento in cui la frattura diventa completa. (3,8,30).

#### 4.1.2 Esame fisico

L'esame fisico di un paziente con sospetta FNSF presenta spesso sintomi non specifici. I ritrovamenti più comuni all'esame fisico sono il dolore durante i movimenti dell'anca, (in particolare i gradi estremi e la intrarotazione) e la groin tenderness. Il sintomo più riportato è il dolore nei gradi estremi dell'anca (79%), mentre la groin tenderness è riportata nel 62% dei casi. Il dolore può inoltre essere aggravato dal log roll test e dallo straight leg raise test(3,8). L'heel strike e altri test di percussione hanno dimostrato poca correlazione con la riproduzione dei sintomi nelle FNSFs(4).

Data la non specificità dei sintomi, che rendono impossibile ricavare informazioni certe sulla diagnosi tramite il solo esame obiettivo, risulta quindi necessario escludere o confermare l'ipotesi

di frattura da stress, tramite esame strumentale, specialmente se i sintomi riferiti dal paziente correlano con una storia di esposizione ad attività prolungate ad alto impatto.

#### 4.1.3 Esami diagnostici

##### *Radiografia*

La radiografia è utilizzata storicamente come indagine diagnostica di prima linea. Viene generalmente eseguita in proiezione anteroposteriore e laterale, al fine di acquisire un'immagine chiara del terzo prossimale del femore (3,8).

I cambiamenti radiografici più indicativi sono: formazione del callo osseo a livello del periostio e dell'endostio, una linea sclerotica che attraversa le trabecole primarie del collo del femore, e una linea di frattura radio lucente(3).

La radiografia presenta tuttavia dei grossi limiti se usata come unico esame diagnostico. May et al hanno infatti rilevato come il 90% dei pazienti con un esito positivo alla risonanza magnetica non presenta segni di frattura da stress ad una prima radiografia eseguita in acuto (26). Il restante 10% invece, pur presentando segni compatibili con una frattura da stress (sclerosi, segni di alterazione di endostio e periostio), non presenta alcuna linea di frattura visibile(26).

Tipicamente sono necessarie 6-8 settimane prima che cambiamenti indicativi di uno stress femorale siano visibili all'esame radiografico (3,4). Tuttavia, è stato visto come circa il 50% dei pazienti con fratture da stress del collo del femore, non presentino mai evidenze radiografiche di fratture da stress del collo del femore, nemmeno a distanza di tempo (3,4).

In presenza di una radiografia negativa e di un'anamnesi ed esame fisico indicativi di FNSF, è perciò imperante proseguire con ulteriori strategie di imaging. La radiografia può presentare comunque una utilità nello screening per altre patologie con localizzazione e sintomatologia simile (3,4,26).

##### *Risonanza magnetica*

La risonanza magnetica è ormai considerata il gold standard nella diagnosi di FNSF. I vantaggi della risonanza rispetto alle altre modalità sono molteplici: è minimamente invasiva, è più sensibile e specifica, non espone a radiazioni ionizzanti, è conveniente, permette una accurata valutazione anatomica delle strutture circostanti ed è l'esame più preciso per identificare l'edema osseo(3).

La RMN presenta una sensibilità, specificità e una accuratezza del 100% nell'identificare un quadro di FNSF. Inoltre, è molto utile anche nella identificazione di altri quadri patologici, aiutando nella diagnosi differenziale (3,4,31).

Una FNSF visibile alla RMN può presentare: una area ipointensa in T1 diffusa e poco definita, accompagnata da un equivalente segnale iperintenso sia in T2 che in STIR (3). Con il peggiorare della severità della condizione, questi segnali occupano progressivamente una larghezza maggiore del collo femorale(3). Se presente, una linea di frattura è visibile come una area di segnale ipointenso che si estende ad angolo retto dalla corteccia ed è visibile in tutte le sequenze (3).

L'avvento della MRI nella pratica clinica si è rivelato cruciale per la classificazione e la gestione delle FNSFs. Tale esame permette di identificare una frattura o l'edema osseo ('stress reaction') del collo del femore in maniera molto più efficace e con dei costi ridotti rispetto alle modalità usate precedentemente (radiografia e alla scintigrafia ossea). Anche a causa di questi vantaggi, a partire da Shin e Gillingham tutte le successive classificazioni delle FNSFs si sono basate sulla risonanza magnetica(3,4,6,25,27).

## 4.2 Gestione

Le fratture da stress del collo femorale possono avere conseguenze potenzialmente devastanti se non identificate e trattate in maniera appropriata. Anche le fratture da stress classificate a basso rischio, se la gestione non è ottimale, possono progredire in frattura completa ed eventualmente in frattura con separazione dei monconi (displacement). Tale condizione, oltre ad aumentare di molto il rischio di un ritardo o mancata consolidazione, può risultare in una necrosi avascolare della testa del femore. La necrosi avascolare della testa del femore può a sua volta risultare in una protesi d'anca o in una permanente disabilità. Tali complicanze possono essere deleterie, specie se si prende in considerazione il fatto che le FNSFs colpiscono prevalentemente una popolazione giovane e sportiva (reclute militari e atleti di endurance) (3,6,8).

Studi clinici hanno mostrato quanto una diagnosi ed una gestione tempestiva possano migliorare di molto gli outcome, in quanto riducono il rischio di frattura completa e di separazione dei monconi (displacement). Il trattamento delle fratture di grado minore è infatti associato ad una prognosi più favorevole, e ad un minore abbandono dell'attività sportiva o militare. Di contro, una volta che la frattura diventa completa o displaced, si associa un più frequente tasso di abbandono della carriera sportiva e militare e un maggior rischio di complicanze gravi, anche se trattata adeguatamente(3,8).

A guidare la scelta del trattamento (chirurgico o conservativo) delle FNSFs è principalmente la loro classificazione. Tradizionalmente la più usata è quella di Fullerton et al(8), che divide le fratture da stress in 3 categorie sulla base della localizzazione della frattura e del grado di displacement:

- Le fratture di tipo I (tension-sided), situate a livello dell'aspetto superiore del collo del femore, dove si verificano le maggiori forze di tensione.
- Le fratture di tipo II (compression-sided), situate a livello dell'aspetto inferiore del collo del femore, dove si verificano forze di compressione.
- le fratture di tipo III (displaced), in cui c'è una effettiva separazione dei monconi.

Tale classificazione è stata poi ulteriormente approfondita da Shin e Gillingham (4), che tramite l'utilizzo della MRI hanno ulteriormente suddiviso le fratture di tipo II (compression-sided) in 3 sottotipi: nessuna linea di frattura; linea di frattura minore del 50% della larghezza del collo femorale; linea di frattura maggiore o uguale al 50% della larghezza del collo femorale.

La gestione delle FNSFs è quindi tradizionalmente decisa in base a(3):

- localizzazione (zona di tensione o zona di compressione)
- estensione della linea di frattura (complete o > del 50% della larghezza del collo del femore; incomplete o < del 50% della larghezza del collo del femore)
- eventuale separazione dei monconi (displacement)

Le fratture che attualmente vengono gestite chirurgicamente sono le fratture complete, le fratture complete con separazione dei monconi (fratture di tipo III) e le fratture situate nella zona di tensione (fratture di tipo 1), perché ad alto rischio di complicanze gravi. Le fratture di tipo 3 sono considerate una emergenza medica e necessitano di imminente riduzione della frattura e fissazione interna. Il trattamento delle fratture di tipo 1 è generalmente di tipo chirurgico, anche se la frattura è incompleta. Il motivo è da ricercarsi nella posizione ad alto rischio della rima di frattura, che potrebbe più facilmente progredire in frattura di tipo III a causa del momento varizzante sul collo del femore durante il weight bearing(3,27).

#### 4.2.1 Classificazione tramite MRI

Con l'avvento della MRI come gold standard per la diagnosi di frattura da stress, diversi tentativi sono stati fatti per capire quali ritrovamenti potevano essere utili al fine di guidare la prognosi e il trattamento delle fratture da stress. Tuttavia, nessuno di questi prendeva in esame direttamente le FNSFs, ma si concentrava principalmente su fratture tibiali e metatarsali. Date le differenze nella composizione ossea del collo del femore (maggiore presenza di osso corticale), tali ritrovamenti non possono quindi essere applicabili anche alle FNSFs(27).

Ramey e colleghi sono stati i primi a cercare di correlare una classificazione in gradi tramite la risonanza e il return to running nelle FNSFs. Tuttavia, tale studio presenta delle limitazioni che lo rendono poco applicabile in clinica. Una di queste è che viene utilizzata la Arendt Grading Scale, un tipo di classificazione in 4 gradi non specifico per le fratture del collo del femore. Un altro limite è che i pazienti con linea di frattura vengono classificati tutti in un unico grado (grado 4), senza ulteriori suddivisioni in base alla linea di frattura. Tale suddivisione è tuttavia, per molti autori, fondamentale ai fini della scelta fra trattamento conservativo o chirurgico(3,25). Inoltre, gli autori hanno trovato una differenza significativa per quanto riguarda la prognosi, unicamente tra il primo grado e gli ultimi 3. Una differenza rilevante nel ritorno allo sport non è invece stata trovata tra gli ultimi tre gradi(25,27).

Un'altra proposta è quella di Rohena-Quinquilla et al., la cui classificazione ricalca anche gli studi precedenti ed è quindi più specifica per le fratture da stress del collo del femore. In particolare, viene ripreso come variabile la lunghezza della linea di frattura dagli studi precedenti di Shin et al(4,25). Le FNSFs sono state quindi suddivise in basso grado e alto grado.

Le fratture di basso grado sono state divise in:

- sottotipo 1: edema osseo < di 6 mm
- sottotipo 2: edema osseo > di 6 mm

Le fratture di alto grado sono state divise in:

- sottotipo III: frattura macroscopica < del 50% della larghezza del collo del femore
- sottotipo IV: frattura macroscopica > del 50% della larghezza del collo del femore

Gli autori hanno quindi rilevato come fossero presenti differenze significative tra le fratture di basso grado e quelle di alto grado, concludendo quindi come la presenza di una frattura macroscopica alla risonanza magnetica sia un predittore negativo del recupero. Il gruppo di soldati con FNSF di grado 3 avevano infatti un rischio del 16,6% più alto di non completare l'addestramento militare e un rischio 3 volte più alto di congedo medico dall'esercito rispetto alle reclute con frattura di grado 2.

Per quanto riguarda le fratture ad alto rischio, non è stata trovata alcuna differenza significativa nel return to duty tra i gradi 3 e 4. Tuttavia, i soldati con una frattura di stress di grado 4 avevano un rischio più alto del 11.1% di non completare l'addestramento e un rischio 4 volte più alto di congedo medico dall'esercito rispetto ai soldati con frattura di grado 3.

I soldati con FNSF di grado 3 e 4 non hanno mostrato una differenza significativa nel return to duty. Tuttavia, a detta degli autori, tale differenza è imputabile alle diverse strategie di trattamento utilizzate. Tutti i pazienti con grado 3 sono infatti stati trattati conservativamente, mentre dei pazienti con grado 4, solo l'11% è stato trattato conservativamente in quanto presentava sintomi minimali. Tale risultato potrebbe suggerire come la chirurgia possa avere un effetto favorevole nei tempi di recupero andando a pareggiare la prognosi di un più severo grado 4 con quella di un meno severo grado 3.

Lo studio inoltre potrebbe fornire una giustificazione al cut-off del 50% per la gestione chirurgica. Tale cut-off è infatti stato creato in maniera arbitraria da Shin e colleghi, ma mai ufficialmente

validato(4). Secondo gli autori, tempistiche differenti di return to duty tra i gradi 3 e 4, avrebbero potuto suggerire l'inadeguatezza di tale cut-off nell'includere tutti i pazienti di grado 3 che potrebbero beneficiare di un trattamento chirurgico. Gli autori sostengono quindi come tale risultato possa essere una giustificazione per l'uso del cut-off al 50% come base per la scelta del trattamento conservativo o chirurgico nelle FNSF di alto grado(25).

#### 4.2.2 Algoritmo di Steele

La lunghezza della linea di frattura potrebbe però non essere l'unico criterio rilevante a fare da guida per il trattamento delle fratture da stress. Lo studio Steele et al., effettuato su una serie di 305 reclute militari con diagnosi di FNSF, ha identificato diverse caratteristiche chiave rilevabili alla MRI che possono aiutare a guidare il trattamento e la prognosi(6): edema osseo, la presenza di una linea di frattura e il versamento a livello dell'anca. Gli autori propongono quindi un algoritmo decisionale basato sulla MRI per guidare la gestione(6).

#### MRI-Based Algorithm for Management of FNSF

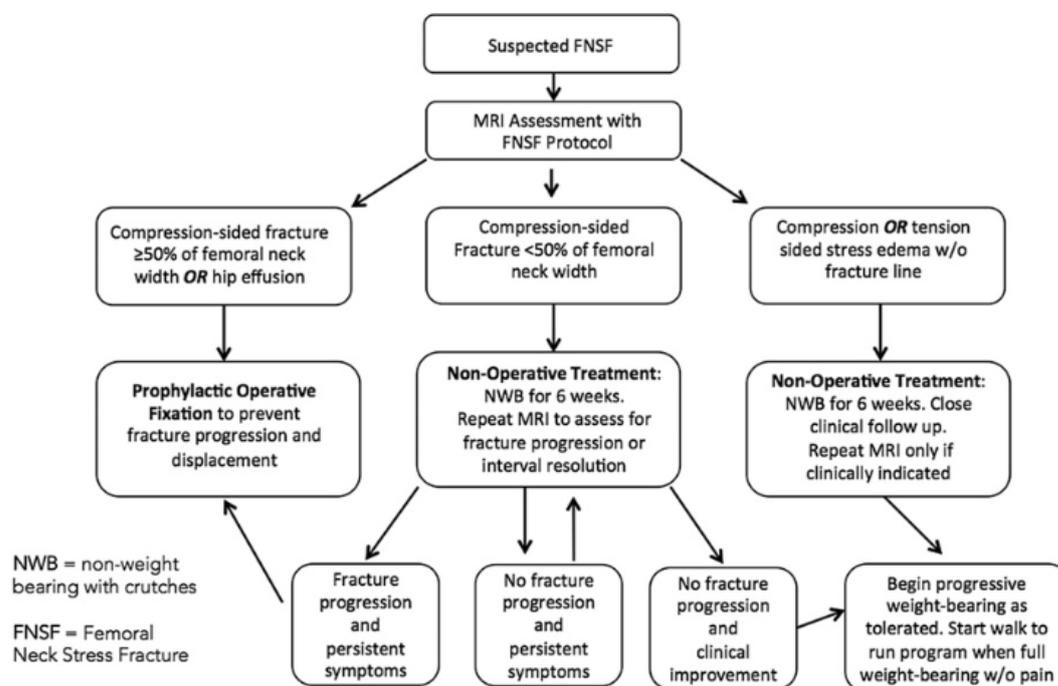


Fig. 3

MRI-based algorithm for the management of a femoral neck stress fracture. w/o = without.

#### 1 algoritmo decisionale basato sulla MRI per la gestione delle FNSFs (Steele et al)

La presenza del solo edema osseo (stress reaction) senza linea di frattura sembra essere una condizione a basso rischio ed è una indicazione al trattamento conservativo. Tutti i pazienti nello studio con questa caratteristica hanno infatti risolto i propri sintomi dopo solo 6 settimane di carico parziale ('restricted weight bearing') e quasi tutti presentavano una risoluzione dell'edema ad una seconda MRI. Gli autori hanno osservato come tale outcome fosse sovrapponibile anche nei pazienti che si presentavano con edema osseo a livello della zona di tensione del collo del femore, concludendo quindi che tale condizione da sola non sembrerebbe presentare una situazione ad alto

rischio come prima considerato in letteratura. Inoltre, non sono state rilevate FNSF con linea di frattura nella zona di tensione.

I pazienti con linea di frattura sono stati gestiti nella serie come indicato convenzionalmente in letteratura: trattamento chirurgico se linea > del 50%; trattamento conservativo se la linea < del 50%. Gli autori hanno poi analizzato tra questi ultimi, un sottogruppo di 27 pazienti che al successivo controllo a 6 settimane avevano avuto una progressione della linea di frattura tale da dover proseguire con il trattamento chirurgico. La caratteristica fondamentale di questi pazienti è che l'85,2% di loro presentava versamento a livello dell'anca ad una prima MRI, contro il 26,3% nei pazienti poi trattati conservativamente. Gli autori hanno poi calcolato come i pazienti con versamento a livello dell'anca avevano una probabilità 8 volte superiore rispetto agli altri di avere una progressione tale della frattura da richiedere un intervento chirurgico (RR, 8.02 [95% CI, 2.99 to 21.5];  $p < 0.0001$ ).

È da sottolineare come non ci fossero differenze significative nella lunghezza della linea di frattura tra i due gruppi (con e senza versamento). Il versamento è quindi per gli autori il maggiore predittore di un fallimento del trattamento conservativo e coloro che presentano tale caratteristica dovrebbero sottoporsi a fissazione profilattica al fine di prevenire una eventuale progressione della linea di frattura.

Nonostante nello studio non sia stata eseguita una fissazione profilattica nei pazienti con versamento trattati inizialmente in maniera conservativa, nessuno tra i pazienti gestiti in questa maniera ha subito complicanze o una progressione della linea di frattura fino alla separazione dei monconi.

Riassumendo, secondo l'algoritmo di Steele, i pazienti con FNSF dovrebbero essere suddivisi e classificati in 3 gruppi:

- edema osseo senza linea di frattura (sia in zona di compressione che di tensione)
- linea di frattura < del 50% della larghezza del collo femorale senza versamento
- linea di frattura < del 50% della larghezza del collo femorale con versamento; linea di frattura > del 50% della larghezza del collo femorale

I primi due sarebbero candidati al trattamento conservativo, mentre il terzo gruppo a trattamento chirurgico.

## 4.3 Trattamento

L'obiettivo primario del trattamento è prevenire la progressione della linea di frattura e impedire che avvenga una separazione dei monconi (displaced fracture). Tale condizione è considerata una emergenza chirurgica, in quanto aumenta la probabilità di mancata unione dei monconi e di necrosi avascolare della testa del femore.

### 4.3.1 Trattamento conservativo

Secondo l'algoritmo di Steele, i pazienti candidati al trattamento conservativo sono coloro con presenza di edema osseo senza linea di frattura e la presenza di una linea di frattura < del 50% senza versamento.

In questi pazienti, la prima strategia di riabilitazione dovrebbe essere la limitazione del carico, fino a che il paziente non è completamente libero dal dolore. Questo stadio dura tipicamente dalle 6 alle 8 settimane, ma può durare fino alle 14 settimane. Inizialmente è previsto un periodo di riposo a letto fino all'assenza di dolore durante i movimenti attivi dell'anca. Il carico può essere poi progressivamente aumentato seguendo una progressione con le stampelle ('non-weight-bearing' → 'toe-touch weight bearing' → 'partial weight-bearing'). A guidare o meno la progressione è l'assenza di dolore durante il cammino. Durante questo periodo può essere iniziato il condizionamento cardiovascolare con attività a basso impatto come il nuoto o il ciclismo(3,8).

In questo lasso di tempo la prassi è quella di fare dei regolari follow up radiografici, per controllare che la linea di frattura non si propaghi. Fullerton propone una frequenza di una radiografia a settimana per le prime 4 settimane e ogni due settimane per altre 4 settimane (8). Steele invece propone una MRI di controllo ogni 6 settimane per le FNSF con linea di frattura < del 50%, mentre per le FNSF con la sola presenza di edema propone una MRI di controllo unicamente se vi è un peggioramento clinico. I pazienti che non presentano risoluzione dei sintomi, dovrebbero prolungare il periodo di limitazione del carico, ma solo se non vi è una propagazione della linea di frattura al controllo. Se vi è una propagazione della linea di frattura superiore al 50% diventano candidati per il trattamento chirurgico(6).

Una volta che il paziente è asintomatico durante il cammino in carico completo nelle AVQ (attività della vita quotidiana), può iniziare un programma per aumentare il volume del cammino. Fullerton consiglia un incremento di ¼ di miglio ad ogni seduta, ma solo se effettuato senza dolore. Una volta raggiunto l'obiettivo di 1 miglio senza dolore o indolenzimento, può essere iniziato un programma di return to running seguendo lo stesso principio di progressione.

Se in ogni momento della progressione il paziente sperimenta dolore o indolenzimento, è istruito a riposare per due giorni e a ricominciare la progressione con la distanza che percorreva senza dolore(8).

Le attività sportive in carico dell'arto inferiore dovrebbero essere riprese solo se presente una chiara evidenza di guarigione, sia radiologica che clinica (assenza di dolore durante le attività). Il periodo di tempo affinché questo avvenga può variare dalle 14 alle 28 settimane(3,5,6,8).

#### 4.3.2 Trattamento non conservativo

I pazienti candidati al trattamento non conservativo sono coloro che presentano versamento, che hanno una linea di frattura > del 50% e che presentano una frattura completa con separazione dei monconi(6). Generalmente viene raccomandato il trattamento chirurgico anche in quei pazienti con linea di frattura nella zona di tensione, in quanto è considerata una zona ad alto rischio di propagazione(3).

Nello studio di Steele non sono state identificate tuttavia fratture da stress isolate con linea di frattura nella zona di tensione, per cui queste non sono inserite nell'algoritmo. Gli autori arrivano a metterne in dubbio l'esistenza, e affermano come negli studi precedenti su base radiografica, quelle che normalmente venivano identificate come fratture da stress di tipo 1 fossero probabilmente fratture complete(6).

Le reazioni da stress con edema a livello della zona di tensione non rappresenterebbero invece una condizione ad alto rischio e possono quindi essere trattate conservativamente(6).

#### *Gestione iniziale e timing della chirurgia*

Una volta stabilita una diagnosi di FNSF ad alto rischio di propagazione, è raccomandato un periodo iniziale di riposo a letto prima dell'intervento chirurgico. Questo perché l'attivazione della muscolatura ipsilaterale durante il cammino non weight bearing potrebbe favorire la propagazione della linea di frattura e portare ad una separazione dei monconi(3,8).

I pazienti con frattura completa e separazione dei monconi (displaced fracture) dovrebbero essere operati d'urgenza. Il ritardo nella fissazione di questo tipo di fratture è infatti stato associato a tassi più alti di necrosi avascolare post-operatoria, fallimento della fissazione e revisione dell'impianto. Alcuni autori riportano tassi di necrosi avascolare del 0% in pazienti operati entro le 12 h dalla diagnosi. Altri riportano invece un tasso del 30% di necrosi vascolare in pazienti con un ritardo di 14 settimane nel trattamento (3,6).

### *Scelta dell'impianto*

Generalmente per le FNSF da compressione vengono scelti dei multiple cannulated screws, che i dovrebbero garantire una buona fissazione. Le fratture da compressione sono infatti più stabili a causa di un pattern di frattura più obliquo (3,28).

Le fratture da tensione sono invece più verticali e quindi per natura più instabili. È quindi raccomandato un sistema DHS (dynamic hip screw) in quanto garantisce una fissazione più robusta(3).

Le fratture con separazione dei monconi sono invece dapprima ridotte, e in seguito fissate tramite sistema DHS e derotation screws. Questo sistema riduce il rischio di ruotare la testa femorale durante l'inserzione delle viti, andando a limitare il danno alle strutture vascolari della testa del femore(3).

Le evidenze in merito alla scelta dell'impianto migliore sono limitate. Nella revisione di Kolatsko et al sono stati analizzate diverse tipologie di impianto in pazienti con fratture da stress del collo del femore senza separazione dei monconi ('non-displaced'). Dall'analisi degli outcome non è emersa alcuna differenza significativa tra i vari approcci chirurgici utilizzati (cannulated screws o SHS +/- osteotomy). Data l'importanza del carico precoce per la guarigione delle fratture, gli autori consigliano l'utilizzo di impianto con cui il chirurgo ha dimestichezza, a patto che sia abbastanza robusto da permettere un carico precoce e quindi un ritorno precoce alle attività(28).

### *Riabilitazione post-chirurgica*

I protocolli generalmente utilizzati prevedono un iniziale riposo a letto, che deve durare fino alla remissione totale del dolore durante i movimenti attivi dell'anca. In seguito, si inizia una progressione del cammino con le stampelle, fino ad arrivare al cammino senza supporti esterni. Durante questo periodo può essere iniziato il condizionamento cardiovascolare con attività a basso impatto come il nuoto o il ciclismo. Quando il paziente è libero dal dolore durante le attività della vita quotidiana, può intraprendere un programma di ritorno al cammino e alla corsa(3,8).

Alcuni autori consigliano di iniziare esercizi di rinforzo e con focus sul ROM soltanto se vi è una chiara evidenza di unione della frattura radiologica e clinica. Di solito questo avviene a circa 12 settimane dall'operazione(3).

Per i pazienti con frattura completa + separazione dei monconi, Fullerton propone un iniziale periodo di riposo a letto fino alla remissione del dolore durante i movimenti attivi. È poi previsto un seconda fase di cammino senza carico con le stampelle della durata di 6 settimane. Le seguenti 6 settimane è permessa una progressione del carico con le stampelle fino al cammino in carico completo. La riabilitazione può poi essere portata avanti con le stesse modalità viste precedentemente (8).

Sebbene nel primo periodo post-operatorio possa essere necessario evitare un carico eccessivo per evitare complicanze, è importante comunque sottolineare come un carico precoce possa accelerare la prognosi. Una recente revisione sistematica su pazienti trattati chirurgicamente ha infatti rilevato come i soggetti nei quali il full weight bearing è stato introdotto dopo le 8 settimane, avevano una prognosi significativamente peggiore ( $112.5 \pm 12.0$  weeks). Chi invece ha introdotto il FWB tra le 4 settimane o tra le 5 e le 8 settimane aveva invece tempi di guarigione più bassi ( $20 \pm 10.4$  settimane e  $17 \pm 12.7$  settimane rispettivamente)(28).

#### 4.3.3 Prognosi e ritorno alla attività

La prognosi e il ritorno alle attività sportiva/militare dipendono in larga misura dalla entità della frattura e dal ritardo nella diagnosi. Il ritardo nella identificazione delle FNSF può infatti portare ad una progressione della linea di frattura e successiva separazione dei monconi (displaced fracture). Quest'ultima condizione è associata a maggiori complicanze (necrosi avascolare, mancata unione, fallimento della fissazione, revisione chirurgica) e una minore probabilità di ritorno all'attività sportiva(3,5). Le fratture con separazione dei monconi, anche se opportunamente trattate, sono state associate infatti ad un tasso di dimissione medica (medical discharge) del 100% in alcuni studi su reclute militari(3).

Anche la lunghezza della linea di frattura potrebbe essere associata ad una peggiore prognosi. Nello studio di Rohena-Quinquilla è stato trovato che le reclute con linea di frattura > del 50% della larghezza del collo del femore presentavano un rischio dell'11.1% di non completare l'allenamento base e un rischio di quasi quattro volte superiore, rispetto ai pazienti con linea di frattura < del 50%, di avere una dimissione medica dalla carriera militare. Nello studio non sono state trovate tuttavia differenze significative nei tempi di return to duty, anche se questo potrebbe essere dato dalla efficacia del trattamento chirurgico(25).

Steele e colleghi hanno dimostrato come il versamento e una linea di frattura > del 50% siano le due caratteristiche che più di tutte identificano quei pazienti che possono beneficiare di un trattamento

chirurgico. Applicando l'algoritmo proposto, nessuno dei pazienti dello studio ha sviluppato complicanze, né una propagazione della rima di frattura con separazione dei monconi. Inoltre, solo 75 pazienti su 305 sono stati trattati in maniera non conservativa(6).

Nella popolazione dei runners, rispetto alla popolazione militare, potrebbe esserci un maggior rischio di ritardare la diagnosi. Nella revisione di Neubauber è stato registrato un tempo medio di ritardo diagnostico (a partire dall'esordio dei sintomi) di 56,7 giorni. Nella coorte sono state rilevate 18/48 fratture con separazione dei monconi (un terzo dei casi). Inoltre, 33/48 fratture hanno necessitato di un trattamento chirurgico di stabilizzazione, mentre ci sono stati 9 casi di complicazioni. Solo 28/48 hanno ripreso a correre dopo la guarigione e tra questi solo 6 erano fratture con separazione dei monconi. Gli autori hanno concluso come la separazione dei monconi di frattura influenzasse negativamente il ritorno alla corsa ( $p = 0.014$ ). Una associazione negativa è stata trovata anche per i runners di alto livello, dove si è registrato il più alto tasso di abbandono ( $p = 0.012$ ).

Per quanto riguarda i tempi medi di ritorno allo sport nei pazienti trattati conservativamente, potrebbe essere utile lo studio di Ramey e colleghi, che hanno studiato 27 fratture da compressione, classificandole in 4 gradi tramite la Arendt Scale. Gli autori hanno calcolato un tempo medio di ritorno alla corsa di 14.1 settimane dalla diagnosi. Hanno inoltre notato come ad una severità maggiore dei ritrovamenti alla MRI si associava un maggior tempo di ritorno allo sport (dalle 6 alle 10 settimane in più), anche se statisticamente significativo solo tra il grado 1 e i gradi 2-4 della Arendt scale(27).

Nei pazienti con FNSF trattati chirurgicamente (FNSF senza separazione dei monconi), la revisione di Kolaczko ha registrato tempi medi di guarigione radiologica minori nei pazienti che hanno raggiunto il carico completo entro le 4 settimane ( $20 \pm 10.4$  weeks) ed entro le 5-8 settimane dal trattamento chirurgico ( $17 \pm 12.7$  weeks). I soggetti che invece raggiunto il carico completo in più di 8 settimane, hanno impiegato significativamente più tempo ( $112.5 \pm 12.0$  settimane)(28).

## 5. Conclusioni

Il sintomo più comunemente riportato nelle FNSF è il groin pain unilaterale che aumenta gradualmente con le attività in carico ripetitive e si allevia o cessa completamente con il riposo. Il dolore è più spesso localizzato nella regione inguinale (87% dei pazienti) tuttavia può essere localizzato anche a livello della coscia o del gluteo e può riferire fino al ginocchio. All'esame fisico il paziente presenta sintomi non specifici. I più riportati sono il dolore ai gradi estremi dell'anca e groin tenderness.

Una diagnosi precoce è fondamentale per garantire un trattamento tempestivo, prevenire complicanze gravi e accorciare i tempi di guarigione. I pazienti che alla MRI presentano versamento, linea di frattura > del 50% della larghezza del collo femorale, una linea di frattura nella zona di tensione o una frattura completa con separazione dei monconi, beneficiano maggiormente del trattamento chirurgico. I pazienti che presentano versamento hanno un rischio 8 volte superiore di avere una progressione della linea di frattura nelle settimane seguenti. In questa categoria di pazienti è quindi preferibile il trattamento chirurgico.

Nelle fratture senza separazione dei monconi trattate chirurgicamente, la scelta di impianti diversi sembra non influenzare la prognosi, a patto che questi diano una sufficiente stabilità e permettano un carico precoce. Durante la riabilitazione post-chirurgica, il raggiungimento del carico completo prima delle 8 settimane sembra migliorare la prognosi rispetto al mantenimento della restrizione del carico oltre le 8 settimane.

1. Waterman BR, Gun B, Bader JO, Orr JD, Belmont PJ. Epidemiology of Lower Extremity Stress Fractures in the United States Military. *Mil Med.* ottobre 2016;181(10):1308–13.
2. Niva MH, Kiuru MJ, Haataja R, Pihlajamäki HK. Fatigue injuries of the femur. *J Bone Joint Surg Br.* ottobre 2005;87-B(10):1385–90.
3. Robertson G, Wood A. Femoral Neck Stress Fractures in Sport: A Current Concepts Review. *Sports Med Int Open.* febbraio 2017;01(02):E58–68.
4. Shin AY, Gillingham BL. Fatigue Fractures of the Femoral Neck in Athletes: *J Am Acad Orthop Surg.* novembre 1997;5(6):293–302.
5. Neubauer T, Brand J, Lidder S, Krawany M. Stress fractures of the femoral neck in runners: a review. *Res Sports Med.* 2 luglio 2016;24(3):283–97.
6. Steele CE, Cochran G, Renninger C, Deafenbaugh B, Kuhn KM. Femoral Neck Stress Fractures: MRI Risk Factors for Progression. *J Bone Jt Surg.* 5 settembre 2018;100(17):1496–502.
7. Johansson C, Ekenman I, Tornkvist H, Eriksson E. Stress fractures of the femoral neck in athletes: The consequence of a delay in diagnosis. *Am J Sports Med.* settembre 1990;18(5):524–8.
8. Fullerton LR, Snowdy HA. Femoral neck stress fractures. *Am J Sports Med.* luglio 1988;16(4):365–77.
9. Yoon HK, Ryu YK, Song DG, Yoon BH. Femoral Neck Stress Fractures in South Korean Male Military Recruits. *Clin Orthop Surg.* 2021;13(1):24.
10. Kupferer KR, Bush DM, Cornell JE, Lawrence VA, Alexander JL, Ramos RG, et al. Femoral Neck Stress Fracture in Air Force Basic Trainees. *Mil Med.* gennaio 2014;179(1):56–61.
11. Trank TV, Ryman DH, Minagawa RY, Trone DW, Shaffer RA. Running mileage, movement mileage, and fitness in male U.S. Navy recruits: *Med Sci Sports Exerc.* giugno 2001;33(6):1033–8.
12. Hulkko A, Orava S. Stress Fractures in Athletes. *Int J Sports Med.* giugno 1987;08(03):221–6.
13. Moreira CA, Bilezikian JP. Stress fractures: concepts and therapeutics. *J Clin Endocrinol Metab.* 12 ottobre 2016;jc.2016-2720.
14. Boden BP, Osbahr DC. High-Risk Stress Fractures: Evaluation and Treatment: *J Am Acad Orthop Surg.* novembre 2000;8(6):344–53.
15. Pepper M, Akuthota V, McCarty EC. The Pathophysiology of Stress Fractures. *Clin Sports Med.* gennaio 2006;25(1):1–16.
16. Edwards WB, Gillette JC, Thomas JM, Derrick TR. Internal femoral forces and moments during running: Implications for stress fracture development. *Clin Biomech.* dicembre 2008;23(10):1269–78.
17. Egol KA, Koval KJ, Kummer F, Frankel VH. Stress fractures of the femoral neck. *Clin Orthop.* marzo 1998;(348):72–8.
18. Muldoon MP, Padgett DE, Sweet DE, Deuster PA, Mack GR. Femoral Neck Stress Fractures and Metabolic Bone Disease: *J Orthop Trauma.* marzo 2001;15(3):181–5.
19. Pouilles JM, Bernard J, Tremollières F, Louvet JP, Ribot C. Femoral bone density in young male adults with stress fractures. *Bone.* 1989;10(2):105–8.

20. Korvala J, Hartikka H, Pihlajamäki H, Solovieva S, Ruohola JP, Sahi T, et al. Genetic predisposition for femoral neck stress fractures in military conscripts. *BMC Genet.* dicembre 2010;11(1):95.
21. Kuhn KM, Riccio AI, Saldua NS, Cassidy J. Acetabular Retroversion in Military Recruits with Femoral Neck Stress Fractures. *Clin Orthop.* marzo 2010;468(3):846–51.
22. Goldin M, Anderson CN, Fredericson M, Safran MR, Stevens KJ. Femoral Neck Stress Fractures and Imaging Features of Femoroacetabular Impingement. *PM&R.* giugno 2015;7(6):584–92.
23. Carey T, Key C, Oliver D, Biega T, Bojeskul J. Prevalence of Radiographic Findings Consistent With Femoroacetabular Impingement in Military Personnel With Femoral Neck Stress Fractures. *J Surg Orthop Adv.* 2013;22(01):54–8.
24. Kim DK, Kim TH. Femoral neck shaft angle in relation to the location of femoral stress fracture in young military recruits: femoral head versus femoral neck stress fracture. *Skeletal Radiol.* giugno 2021;50(6):1163–8.
25. Rohena-Quinquilla IR, Rohena-Quinquilla FJ, Scully WF, Evanson JRL. Femoral Neck Stress Injuries: Analysis of 156 Cases in a U.S. Military Population and Proposal of a New MRI Classification System. *Am J Roentgenol.* marzo 2018;210(3):601–7.
26. May LA, Chen DC, Bui-Mansfield LT, O'Brien SD. Rapid Magnetic Resonance Imaging Evaluation of Femoral Neck Stress Fractures in a U.S. Active Duty Military Population. *Mil Med.* gennaio 2017;182(1):e1619–25.
27. Ramey LN, McInnis KC, Palmer WE. Femoral Neck Stress Fracture: Can MRI Grade Help Predict Return-to-Running Time? *Am J Sports Med.* agosto 2016;44(8):2122–9.
28. Kolaczko JG, McMellen CJ, Magister SJ, Wetzell RJ. Comparison of time to healing and major complications after surgical fixation of nondisplaced femoral neck stress fractures: A systematic review. *Injury.* aprile 2021;52(4):647–52.
29. McInnis KC, Ramey LN. High-Risk Stress Fractures: Diagnosis and Management. *PM&R.* marzo 2016;8(3S):S113–24.
30. Pihlajamäki HK. Displaced Femoral Neck Fatigue Fractures in Military Recruits. *J Bone Jt Surg Am.* 1 settembre 2006;88(9):1989.
31. Shin AY, Morin WD, Germany JD, Jones SB, Lapinsky AS. The Superiority of Magnetic Resonance Imaging in Differentiating the Cause of Hip Pain in Endurance Athletes. *Am J Sports Med.* marzo 1996;24(2):168–76.