



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA
FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA
MASTER IN RIABILITAZIONE DEI DISTURBI MUSCOLOSCHIELETRICI**

FRATTURE DA STRESS

**CHE COSA SONO, QUALI SONO LE PIU' FREQUENTI
A LIVELLO DELL'ARTO INFERIORE E COME
POTERLE PREVENIRE**

ANNO 2007/2008

Relatore: Erica Parola

Tesi di: Marta Curzi

INDICE

ABSTRACT	pag 3
INTRODUZIONE	pag 4
-Eziologia.....	pag 6
-Patogenesi	pag 10
-Patofisiologia.....	pag 13
MATERIALI E METODI	pag 14
-Criteri di selezione.....	pag 14
-Elenco articoli.....	pag 14
RISULTATI	pag 20
-Discussione.....	pag 24
CONCLUSIONI	pag 29
BIBLIOGRAFIA	pag 31

ABSTRACT

Obiettivo: le fratture da stress rappresentano l'incapacità dello scheletro di resistere a carichi meccanici ripetuti, determinando sintomi di dolore localizzato e fragilità. L'entità dei carichi è in funzione delle modalità d'applicazione (frequenza, natura, direzione ecc.), del recupero fra i vari lavori e della qualità dell'osso (età e sesso sono i fattori più importanti). Si ha una frattura quando si supera la resistenza dell'osso. In realtà non sempre la frattura è legata ad un trauma evidente, ma, può essere associata a microtraumi ripetuti. Lo scopo dello studio è quello di individuare quali sono le più frequenti fratture da stress e come poterle prevenire.

Risorse dati e metodi di revisione: si è ricercato in PubMed, PEDro, Embase e Cochrane Library per articoli in lingua Inglese dal 1970 al 2009.

Conclusioni/Raccomandazioni: prendendo in considerazione RCT e review l'aspetto che emerge è che le fratture da stress degli arti inferiori possono verificarsi in seguito ad attività prolungate, grandi cambiamenti nella professione, attività del tempo libero, training fisici ed esercizio, quindi ha senso che modifiche del training o del programma degli esercizi riducano l'incidenza di tali danni.

Il successo dei trials futuri non solo dipenderanno dall'applicazione della migliore metodologia ma anche dalla conoscenza delle cause modificabili e dai fattori di rischio.

Parole chiave: stress fractures, stress reaction, prevention, risk factors.

INTRODUZIONE

Le fratture da stress o da durata sono lesioni ossee provocate da microtraumi iterativi o da una serie di macrotraumi in numero variabile che, determinando la prevalenza di fenomeni di riassorbimento osteoclastico nell'ambito del rimodellamento osseo, provocano il cedimento della corticale e di parte della spongiosa, con evidenza radiografica di una rima di frattura ad un certo punto della loro evoluzione.

Il primo caso fu descritto nel 1855 da Briethaup¹, un medico militare prussiano, il quale osservò dolore e gonfiore al piede di una recluta. I sintomi furono attribuiti ad una reazione infiammatoria di un tendine. Circa 42 anni dopo con l'avvento delle radiografie i sintomi furono attribuiti invece a fratture dei metatarsi. Molti dei primi casi descritti derivano dall'esperienza militare, le reclute erano infatti costrette ad un duro allenamento (marcia e corsa); per questo all'inizio presero il nome di fratture da marcia a livello della tibia e del femore.

Dalla metà del 900 le fratture da stress sono state riscontrate anche tra la popolazione civile, in particolare nel 1921 Deutshlander riportò 6 casi di donne.

Per molti anni sono state proposte diverse teorie sull'eziologia delle fratture da stress. Queste includevano la spasticità e lo spasmo del muscolo interosseo, un problema circolatorio e cause infiammatorie come l'osteomielite². Nel 1937 Detlefsen e nel 1942 Hartley² postularono la teoria che le fratture da stress erano legate all'esaurimento dell'osso. La confusione nell'eziologia ha portato a vari termini usati per descrivere le

fratture da stress come fratture da marcia, fratture di Deutschalander, per la chiara associazione tra la marcia e l'inizio dei sintomi. Altri termini erano fratture da sforzo, fratture spontanee, pseudofratture².

Attualmente i gruppi interessati dalle fratture da stress possono essere classificati in atleti, militari, soggetti con insufficienza ossea (cioè con patologie come osteoporosi o altre malattie e a trattamenti farmacologici con cortisone o chemioterapici), bambini e adolescenti. I pazienti solitamente sono giovani o di media età³.

Uno studio di Jan Lassus³ rileva che l'incidenza globale delle fratture da stress nello sport è stimata essere 2-4%: 2% negli uomini e il 7% nelle donne³.

Riguardo le sedi ovviamente non esiste una precisione assoluta, ma si può affermare che la tibia, i metatarsi e le altre ossa tarsali rappresentano almeno l' 80% delle lesioni. Perone, calcagno e pelvi seguono con percentuali decisamente inferiori³. Il sintomo classico è il dolore che inizia spesso modestamente per arrivare progressivamente a un'intensità tale da impedire il gesto atletico nel giro di 2-3 settimane³. Generalmente è localizzato, ma spesso tende ad assumere connotazioni diffuse nonché a subire variazioni in concomitanza con gli stadi evolutivi della frattura.

EZIOLOGIA DELLE FRATTURE DA STRESS

Il maggiore fattore predisponente alla frattura da stress è il carico meccanico ripetuto⁴.

La quantità di carico sembra essere direttamente correlata all'estendersi della lesione. Nell'eziologia delle fratture da stress i fattori di rischio rivestono un ruolo fondamentale⁴, e sono distinti in estrinseci ed intrinseci.

I fattori intrinseci includono caratteristiche anatomiche, demografiche, ossee, forma fisica e comportamenti di rischio per la salute, mentre i fattori estrinseci sono i fattori dell'ambiente esterno ad esempio l'equipaggiamento per lo sport.

FATTORI INTRINSECI

CARATTERISTICHE DEMOGRAFICHE:

- Sesso femminile (amenorrea,irregolarità mestruale. ect.)
- Aumento dell'età
- Razza

FATTORI ANATOMICI:

- altezza dell'arco del piede
- ginocchio
- altezza angolo del quadricipite

CARATTERISTICHE OSSEE:

- geometria
- bassa densità

FORMA FISICA

- basso fitness aerobico
- bassa flessibilità
- basso livello di allenamento
- basso volume di attività muscolare e poca forza

COMPORTAMENTI DI RISCHIO PER LA SALUTE

- alta quantità totale
 - alta durata, frequenza, intensità
- EQUIPAGGIAMENTO:
- scarpe
 - stivale
 - solette
- AMBIENTE (strade, piste. ect)

Tra le caratteristiche demografiche, il sesso femminile riveste un ruolo importante; infatti dalla letteratura emerge che le donne hanno un'incidenza da 2-10 volte maggiore di sviluppare fratture da stress rispetto agli uomini, ma la causa di ciò sembra essere sconosciuta.⁴

Questa incidenza, inoltre, è più alta anche all'interno della stessa categoria delle donne, in particolare nelle donne con disturbi mestruali e amenorrea rispetto alle donne con mestruazioni regolari. Anche l'età e la razza sono 2 fattori demografici di rilievo, con l'aumentare dell'età aumenta il rischio di fratture da stress. Il motivo risiede nel fatto che, il tessuto osseo negli anni inizia a perdere le sue caratteristiche istologiche e quando viene sottoposto a carichi ripetuti può produrre dei microtraumi. La razza bianca ha un'alta percentuale di sviluppare fratture da stress³. Per quanto riguarda le caratteristiche muscolari, ossee e articolari si ritiene che queste incidano nell'eziologia di tali lesioni⁵. Infatti esiste un'intima relazione tra il muscolo e

l'osso, in quanto i muscoli hanno il potenziale per influenzare il carico osseo. L'opinione generale è che il muscolo protegga piuttosto che causare un frattura da stress. Questo è spiegato perché durante l'impatto il muscolo si comporta come un ammortizzatore attivo, che aiuta ad attenuare i carichi. Questa funzione di ammortizzatore viene meno quando c'è una lesione o un affaticamento muscolare. Essendo, quindi, compromessa la loro abilità di attenuare i carichi, si verifica un aumento di carico sullo scheletro. Altri mediatori importanti nella trasmissione dei carichi sono le articolazioni e le strutture associate (legamenti, capsula e menischi). E' tipico durante l'impatto da carico per le articolazioni muoversi entro un range di movimento. Tale range di movimento in primo ha il compito di proteggere la cartilagine articolare da eccessivi carichi compressivi, ma in un secondo momento propaga le forze lontano dallo scheletro verso strutture non articolari, come i muscoli. Invece i fattori anatomici ³: l'antiversione del femore, il ginocchio varo-valgo, la tibia vara, il varo-valgo del calcagno, l'iperpronazione del piede, il piede piatto o cavo presentano dei risultati contraddittori. Anche i fattori comportamentali, come uno stile di vita sedentario, il tabagismo, precedenti lesioni da stress e il non uso di estrogeni, possono incidere su tali fratture⁴.

I fattori di rischio estrinseco dipendono invece dalle caratteristiche esterne all'individuo. I più rilevanti sono il training fisico, l'equipaggiamento e l'ambiente (tipo di superficie). In base al tipo di attività e di training esiste un rischio diverso di sviluppare fratture da stress in siti specifici⁴. Ad esempio, l'atleta di forza, il velocista, carica le ossa del piede relativamente di più rispetto al corridore di lunghe distanze ¹. Di conseguenza, un atleta di forza ha il rischio più alto di avere una frattura da stress a livello del tarso e dei

metatarsi, mentre un atleta di resistenza avrà un rischio più alto a livello prossimale.¹

Per quanto riguarda l'ambito sportivo, il programma di training è rilevante perché una sua modifica in intensità o in frequenza può alterare l'equilibrio tra rimodellamento osseo e formazione del danno, per poi arrivare ad una frattura da stress⁴. Infine l'equipaggiamento, ad esempio le scarpe, e l'ambiente, la superficie della strada, rappresentano delle caratteristiche meccaniche estrinseche che da non sottovalutare nella genesi di queste lesioni⁴.

PATOGENESI

L'osso è un tessuto dinamico, che è soggetto a processi continui di distruzione-formazione, secondo la legge di Wolff. Nell'unità base di questi processi (unità multicellulare di base, BMU) operano due tipi di cellule: gli **osteoclasti** che distruggono e gli **osteoblasti** che ricostruiscono. I processi avvengono sotto controllo di determinate sostanze e sono ciclici: gli osteoclasti erodono la superficie dell'osso (asportando le strutture e formando delle piccole cavità) e gli osteoblasti la riempiono nuovamente depositando idrossiapatite calcica. Il processo dura circa 100 giorni.

Il rimodellamento osseo è fondamentale anche per il mantenimento dei livelli di calcio nel sangue; nella donna in menopausa e nell'anziano il malassorbimento intestinale del calcio provoca una prevalenza dei meccanismi di erosione: l'organismo preleva dalle ossa il calcio che serve. Un eventuale accumulo di calcio è invece rimosso dal rene. Nello sportivo il traumatismo ripetuto provoca un'usura abnorme e una conseguente prevalenza della fase distruttiva su quella ricostruttiva arrivando a stress reaction, cioè condizioni legate a una risposta fisiologica dell'osso della fase iniziale (reversibile) con cui ci si incammina verso la frattura da stress, o a vere e proprie fratture da stress.

Inoltre Frost⁶ nel 1994 ha misurato un'alta pressione idrostatica intraossea 46-58 cm H₂O (normale 21-23 cm H₂O) nei pazienti aventi sintomi legati a

fratture da stress, ma non distinguibili fratture e hanno trovato che le fratture da stress con un ovvio aumento della scintigrafia possono avere una necrosi focale dell'esame istologico. Questo è probabilmente dovuto al compartimento intraosseo che è povero di circolazione sanguinea locale, che risulta in necrosi.

L'ischemia spiega il dolore. La povera circolazione e l'ischemia, come il basso PH, contribuiscono ad accrescere il rimodellamento osseo e riducono la formazione di nuovo osso. E' evidente che lo sviluppo delle fratture da stress è un processo e non un evento, e rappresenta il prodotto finale della fatica dell'osso come risultato di un carico ripetuto³. Il processo di accumulo del microtrauma e il rimodellamento osseo giocano un ruolo importante nella patogenesi. Esistono 2 modelli², non necessariamente e reciprocamente esclusivi, che possono spiegare lo sviluppo delle fratture da stress: l'ipotesi primaria del microtrauma e l'ipotesi del rimodellamento.

La prima spiega come la tensione ossea, in seguito al ripetuto carico, inizia la produzione del microtrauma in particolare nei siti maggiormente stressati. La risposta del rimodellamento è stimolata nel sito danneggiato per influire sulla riparazione. Nella situazione fisiologica, esiste un equilibrio tra questi due processi e il microtrauma è adeguatamente riparato². Lo sviluppo della frattura da stress si pensa avvenga quando la produzione del microtrauma supera la riparazione. Questo può avvenire perché il microtrauma è troppo ampio per essere riparato da un normale rimodellamento, perché il locale rimodellamento, in particolare la formazione dell'osso, è danneggiato, o per la combinazione di uno di questi fattori².

La seconda ipotesi², ovvero l'ipotesi del rimodellamento, indica come l'accelerazione del rimodellamento osseo, che può essere un fenomeno

scheletrico locale o generalizzato, è lo stimolo iniziale per lo sviluppo delle fratture da stress. Vari fattori possono dare per risultato un'accelerazione del rimodellamento osseo inclusi genetici, lesione ossea derivante dall'esercizio, ormoni riproduttivi o sistemici, consumo dietetico. Da sempre il riassorbimento osteoclastico precede la formazione nel processo di rimodellamento, c'è un lasso di tempo in cui l'osso è in uno stato di debolezza. Il microtrauma può avvenire nelle aree focali di debolezza. Come con l'ipotesi primaria del microtrauma, la frattura da stress può svilupparsi se il carico è continuo. La differenza tra le 2 ipotesi si trova se il processo di rimodellamento precede o segue la produzione del microtrauma².

PATOFISIOLOGIA

Le stress reaction possono essere considerate uno sforzo dell'osso. Questo sforzo inizia in un'area di stress chiamata CRACK INITIATION. Se questa fessura iniziale microscopica non viene riparata e il carico ripetuto dell'osso continua, accumulandosi sempre di più microtraumi, la fessura si estende. Questa è chiamata CRACK PROPAGATION¹. Alla fine se il microtrauma perdura a livello macroscopico si verificherà una frattura. In vivo, l'osso risponde al CRACK INITIATION e PROPAGATION con una risposta biologica riparativa che ha per risultato una diminuzione dell'accumulo di stress in quel sito.

Questa risposta appare dipendere dall'età, dallo stato nutrizionale, ormonale e dalla possibile predisposizione genetica¹. Esiste un equilibrio dinamico tra l'accumulo del microtrauma e il processo di riparazione ospite.

Quando il microtrauma si accumula in eccesso il risultato è la frattura da stress. Qualsiasi fattore che disturba questo equilibrio dinamico può aumentare il rischio di lesioni da stress. Nello stesso modo qualsiasi fattore che danneggia la risposta biologica riparativa, come la poca vascolarizzazione o un alterato ambiente ormonale, può anche aumentare il rischio di sviluppare una frattura da stress¹.

I fattori che aumentano la probabilità dello sviluppo del microtrauma sono l'alta magnitudo dello stress, l'aumento del rimodellamento Haversiano, la bassa densità ossea, l'aumento dell'età.

MATERIALI E METODI

CRITERI DI SELEZIONE

Lo scopo di questo studio è quello di indagare nella letteratura quali sono le fratture da stress, dell'arto inferiore, più frequenti e come poterle prevenire. La ricerca bibliografica è stata svolta essenzialmente su internet, sulle banche dati di Pubmed (Medline, Clinical Queries), PEDRO, Cochrane Review (Cochrane Database), digitando le seguenti parole: "stress fractures", "stress fractures of lower extremity", "treatment AND stress fractures", "prevention AND stress fractures", "risk factors AND stress fractures". La ricerca è stata condotta in lingua inglese.

Tra gli articoli trovati, i criteri di inclusione erano: l'alta qualità degli scritti (RCT e Review) dei quali era consultabile l'abstract, dati di ricerca sulla prevenzione e sull'incidenza delle fratture da stress, studi condotti sull'uomo. I motivi dell'esclusione, invece, sono stati trattamenti chirurgici o comunque invasivi riguardanti le fratture da stress, studi non rivolti alla regione degli arti inferiori, non menzionare interventi per la prevenzione delle fratture da stress.

Outcome principali: storia di irregolarità mestruale, densità ossea, massa, storia precedente di fratture da stress, ritorno alle attività pre-morbose.

ELENCO ARTICOLI

Dopo un accurata ricerca bibliografica su internet, sono stati valutati in prima analisi 32 tra abstract e full test di: RCT, systematic review, review articles, research articles, clinical trial, prospective study, study protocol, etc.

Gli argomenti trattati dai suddetti studi riguardano:

- definizione, epidemiologia, eziologia e classificazioni riguardanti le fratture da stress;
- incidenza di tali fratture da stress nell'arto inferiore;
- modalità di prevenzione dei fattori di rischio e confronto di essi, in termine di efficacia di risultati.

Si è schematizzato i concetti-chiave in 2 tabelle: una contenente tutti gli articoli che sono stati i risultati della ricerca su internet [Tab. 1], l' altra solamente con gli studi selezionati per la revisione [Tab. 2] .

Questo perché si è voluto dare un'idea dell'ambito di ricerca che si è scelto per la revisione bibliografica, (e magari altri studi, non inseriti in questa tesi, possono essere spunto per ulteriori approfondimenti.)

Tab.1. Elenco di tutti gli articoli della ricerca

ARTICOLO	ESITO DELLA SELEZIONE
<p>1 ACTA ORTHOP BELG 2008 74(6) 725-34 Stress fracture of the navicular bone De Clercq PF, Bevermage BD, Leemrijse T. Review</p>	<p>Non selezionato: solo Abstract</p>
<p>2 ACTA ORTHOP SCAND 2002 73(3) 359-68 Bone stress injuries of lower extremity: a review Jan Laussus, Ikka Tulikoura, Yrjo T Konttinen, Jari Salo , Seppo Santavirta</p>	<p>Selezionato</p>
<p>3 AM J ORTHOP 2006 35 (11) 532-6 Fifth metatarsal stress fractures in elite basketball players: evaluation of force acting on the fifth metatarsal Guettler JH, Ruskan GJ, Bytomski JR, Brown CR, Richardson JK, Moorman CT</p>	<p>Non selezionato: articolo di interesse EMG</p>
<p>4 AM J SPORT MED 1991 19(16) 647-52 Stress Fractures. Identificabile risk factors Giladi M, Milgrom C, Simkin A, Danon Y</p>	<p>Non selezionato: difficile reperimento</p>
<p>5 AJR 2005 High-resolution CT Grading of tibial stress reactions in distance runners Gaeta M, Minutoli F, Vinci S, Salamone I.</p>	<p>Non selezionato: non coerente con l'obiettivo della tesi</p>
<p>6 BEST PRACT RES CLIN REUMATOL 2003 17(6) 1043-61 Stress fractures</p>	<p>Non selezionato: disponibile solo abstract</p>

Peris P	
7 BMJ 2009 Low intensity pulsed ultrasonography for stress fractures: systematic review of randomised controlled trials Busse JW, Kaur J, Mollon B, Bhandari M, Tonetta P, Schunermann HJ, Guyatt GH	Non selezionato: articolo non coerente con l'obiettivo della tesi
8 BR J SPORT MED 2006 40(6) 518-20 Stress fractures of the femoral shaft in athletes: a new treatment algorithm Ivkovic A, Bojanic I, Pecina M	Non selezionato: non coerente con l'obiettivo della tesi
9 BR J SPORT MED 1996 200-204 Model for the pathogenesis of stress fractures in athletes Bennell KL, Malcom SA, Wark JD, Brunker PD	Selezionato
10 CALCIF TISSUE INT 1998 63(1) 80-5 A 12-month prospective study of the relationship between stress fractures and bone turnover in athletes Bennell KL, Brunker PD	Non selezionato: difficile reperimento
11 J SPORT MED 1996 6(2)85-9 Stress fractures: a review of 180 cases Brunker P, Bradshaw C, Khan KM, White S, Crossley K	Non selezionato: disponibile solo abstract
12 CLIN J SPORT MED 2005 15(2) 92-4 Treatment of stress fractures in athletes with intravenous pamidronate Stewart GW, Brunet ME, Manning MR, Davis FA	Non selezionato: non coerente con l'obiettivo della tesi
13 CLIN J SPORT MED 2005 15(6) 442-7 Management and return to play of stress fractures Keading CC	Selezionato
14 CLIN SPORT MED 1997 16(2) 179-96 Epidemiology and site specificity of stress fractures Bennell KL, Brunker PD	Non selezionato: difficile reperimento

<p>15 CLIN SPORT MED 2006 25(1) 29-36 Treatment of stress fracture :the fundamentals Raasch WG, Hergan DJ</p>	<p>Non selezionato: difficile reperimento, disponibile solo abstract</p>
<p>16 COCHRANE DATABASE SYST REV 2009 18(2) Interventions for preventing and treating stress fractures and stress reactions of bone of the lower limbs in young adults Rome K, Handoll HH, Asford R</p>	<p>Selezionato</p>
<p>17 CURR OPIN PEDIATR 2008 20(1) 58-61 Lower extremity stress fractures in pediatric and adolescent athletes Heyworth BE, Green DW</p>	<p>Non selezionato: studio solo su un determinato tipo di pazienti</p>
<p>18 CURR OSTEOPOROS REP 2006 4(3) 103-109 Stress fractures: pathophysiology, epidemiology and risk factors Warden SJ, Burr DB, Brunner PD</p>	<p>Selezionato</p>
<p>19 EPIDEMIOLOGY REV 2002 24(2) Prevention of lower extremity stress fractures in athletes and soldiers: a systematic review BH Jones, Stephen B, J Gilchrist, CD Kimsey</p>	<p>Selezionato</p>
<p>20 CLIN SPORTS MED 2006 25 151-158 Navicular stress fractures Jones MH, Amendola SA</p>	<p>Selezionato</p>
<p>21 JIONT BONE SPINE 2005 72 (1) An common cause of foot pain: the cuboid Franco M</p>	<p>Non selezionato: case report</p>
<p>22 J OF ATHLETIC TRAINING 2006 41(4) 466-469 Preventing and treating lower extremity stress reactions and fractures in adults Scott W, Timothy L</p>	<p>Selezionato</p>
<p>23 J OF ATHLETIC TRAINIG 2007 42(3) 403-408 Bone mineral density in collegiate female Athletes: comparison among sports Lanary MM, Willa Fornetti, JM Pivarnik</p>	<p>Selezionato</p>
<p>24 J ORTHOP RES 2004</p>	<p>Non selezionato: difficile reperimento</p>

Predicting stress fracture using a probabilistic model of damage, repair and adaptation Taylor D,Casolani E	
25 MED SCI SPORT EXERC 2007 39(9) 1464-73 The effect of oral contraceptive on bone mass and stress fractures in female runners Cobb KL,Bachrach LK,Sower M,Nieves J,Greenale GA, Kent KK, Brown BW, Petit K, Harper DM, Kelsey JL	Selezionato
26 MED SCI SPORT EXERC 2007 Risk factors for stress fractures among young female cross-country runners Kelsey JL, Bachrach L et al.	Selezionato
27 THE J OF BONE AND JOINT SURGERY 1985 6 732-735 Stress fractures in military recruits Coris EE, Kaeding CC, Marymont JV	Selezionato
28 ORTHOPEDICS 2008 31(8) 803 Bilateral femoral supracondylar stress fractures in a cross runner Ross K	Non selezionato: solo su determinato tipo di pazienti e su determinata struttura ossea
29 PHYS MED REABIL CLIN N AM 2007 18(3)401-15 Stress fractures and rehabilitation Dugan SA, Weber KM	Non selezionato: solo abstract
30 TECHNOL HEALTH CARE 2006 14(4-5)359-65 Microdamage and bone mechanology Lee TC, O'Brien FJ, Gunnlaugsson T, Parkesh R,Taylor D	Non selezionato: non coerente con l'obiettivo della tesi
31 ULTRASOUND MED BIOL 2009 Shock waves in the treatment of stress fractures Moretti B, Notamicola A, Garofalo R, Moretti L,Patella S, Patella V, Maringhaus E	Non selezionato: non coerente con l'obiettivo della tesi
32 J ORTHOP SCI 2002 Stress fractures in athletes: review of 196 cases Jun Iwamoto, Tsuyoshi T.	Selezionato

RISULTATI

Dopo una seconda analisi sono stati selezionati 12 studi:

TAB.2. Studi selezionati per la revisione

Titolo rivista, anno, autore	Tipo di studio, obiettivo	Campione	Intervento	Risultati
ACTA ORTHOP SCAND 2002 Jan Laussus, Ikka Tulikoura, Yrjo T Konttinen, Jari Salo, Seppo Santavirta	Systematic Review 1 obiettivo: -valutare l'eziologia, la patogenesi e il trattamento delle fratture da stress	Non specifica i criteri di selezione degli studi	Non presente	Il principio fondamentale è trattare la lesione e prevenire le recidive e le complicazioni
J OF ATHLETIC TRAINIG 2007 Lanary MM, Willa, Fornetti, JM, Pivarnik	Cross-sectional study 3 obiettivi: -determinare quali sport, se ci sono, sono associati alla bassa BMD che può portare alle fratture da stress -determinare le variabili della misurazione della BMD -individuare quali interventi evidence-based esistono per la prevenzione e il trattamento delle fratture da stress nei giovani atleti	12 RCT Criteri di esclusione: -mancanza di storia mestruale -disordini alimentari	Usando l'analisi della covarianza hanno comparato le misure di BMD tra gli sport di ciascun sito, controllando la massa e lo stato mestruale. Misure di outcome: stato mestruale, massa	Le atlete che praticano la corsa hanno una significativa BMD ($p < 0,1$). Non ci sono solide evidence-based per la prevenzione degli arti inferiori. Ci sono evidenze insufficienti per determinare se la pre-preparazione di stretching o il supplemento di calcio aggiungono una protezione degli arti inferiori
J ORTHOP SCI 2003 Jun Iwamoto, Takea	Original article 1 obiettivo: -valutare l'associazione delle fratture da stress	196 atleti Criteri di esclusione: -fratture di pars intrarticolari	Durante 10 anni 10276 atleti sono stati selezionati per lesioni sportive	Il sito delle fratture da stress varia da sport a sport. Il balletto classico, il

	con l'età, sesso, livello dello sport, attività sportiva dal 1991 al 2001.		Misure di outcome: -densità ossea	tennis, la pallavolo confermano la frattura da stress della tibia. Le atlete del basket confermano la frattura da stress della tibia, malleolo mediale e MTT; mentre la corsa e il calcio tibia e pube
CLIN J SPORT MED 2005 Keading CC	Systematic review 1 obiettivo: -fornire una evidence-based per il management delle fratture da stress	I criteri di selezione degli studi: Medline reaserch di review riguardanti l'eziologia delle fratture da stress, classificazione e trattamento.	2 gruppi: -alto rischio di fratture da stress -basso rischio. La separazione è basata su fattori meccanici e la storia naturale delle fratture.	Il poco trattamento degli alti fattori di rischio può portare a lesioni catastrofiche e una prolungata perdita del tempo di gioco. Un eccessivo trattamento dei bassi fattori di rischio può risultare una inutile perdita del tempo e un superfluo decondizionamento.
EPIDEMIOLOG Y REV 2002 Jones BH, Stephen B, J Gilchrist,CD Kimsey	Systematic review 1 obiettivo: -valutare la prevenzione e l'epidemiologia delle fratture da stress nei soldati e negli atleti.	423 pubblicazioni scientifiche: 176 di rilevanza per l'epidemiologia e la prevenzione delle fratture da stress	Ricerca di studi su Medline, Current Contest, Biomedical Collection.	Per prevenire le fratture da stress devono essere identificati i fattori di rischio e le cause modificabili. I fattori intrinseci: sono le caratteristiche dell'esercizio individuale, caratteristiche demografiche, fattori anatomici. I fattori estrinseci: sono l'ambiente es. il tipo di equipaggiamento usato per lo sport
CURR OSTEOP REP 2006 Stuart J, Warden SJ,Burr DB, Brunker PD	Systematic review 2 obiettivi: -discutere le caratteristiche e l'epidemiologia delle fratture da stress -fattori di rischio intrinseci ed estrinseci.	Non specifica i criteri di selezione degli articoli	Ricerca degli articoli su Medline, Pedro.	Per prevenire le fratture da stress è necessario apprezzare i fattori di rischio, distinti in intrinseci ed estrinseci.
MED SCI SPORT EXERC 2007 Kelsey JL, Bachrach L et al.	RCT 2 obiettivi: -identificare i fattori di rischio per le fratture da stress tra le giovani	127 atlete runners criteri di esclusione: -uso di OC, o altre terapie ormonali, -sospensione della	2 gruppi: -gruppo controllo -gruppo di somministrazione OC	Il fattore di rischio per le fratture da stress include precedenti fratture da stress, e sebbene

	<p>donne runners distance</p> <ul style="list-style-type: none"> -valutare l'effetto dei contraccettivi (OC) sulla massa ossea -l'incidenza delle fratture da stress 	<p>terapia OC da almeno 2 anni</p>	<p>Misure di outcome:</p> <p>peso, altezza, auto somministrazione di un questionario (migliaia percorse durante le varie gare), precedenti fratture da stress, irregolarità mestruale.</p>	<p>non statisticamente significativo in questi studi l'irregolarità mestruale. Gli OC possono ridurre il rischio di fratture da stress nelle runners distance. Le atlete con oligo-amenorrea devono essere consigliate di aumentare la dieta di calcio e di riportarle alle normali mestruazioni.</p>
<p>CLINICAL BIOMECHANICS S 2007 Milner CE, Hamill J, Davis I.</p>	<p>Cross-sectional study</p> <p>1 obiettivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -comparare nelle estremità inferiori i meccanismi durante la fase iniziale di carico nella corsa tra runners 	<p>23 atlete</p> <p>Criteri di esclusione:</p> <ul style="list-style-type: none"> -gravidanza o sospetta gravidanza -problemi cardiovascolari -precedenti lesioni -disturbi mestruali 	<p>2 gruppi:</p> <ul style="list-style-type: none"> -runners con storia di fratture da stress -runners senza frattura da stress. 	<p>Il gruppo di runners con storia di frattura da stress corre con un ginocchio più rigido. L'escursione della flessione è minore nel gruppo con frattura da stress. L'escursione del ginocchio, l'angolo del ginocchio nell'impatto del piede al suolo e l'angolo della tibia nell'impatto del piede al suolo sono uguali nei 2 gruppi.</p>
<p>Cochrane Database of Systematic Reviews 2009 Rome K, Handoll HHG, Ashford RL.</p>	<p>Systematic review,</p> <p>2 obiettivi:</p> <ul style="list-style-type: none"> -valutare l'evidenza di interventi per la prevenzione della gestione delle fratture da stress degli arti inferiori e reazioni ossee in adulti attivi. 	<p>16 RCT, di cui 13 di prevenzione avevano come partecipanti reclute militari.</p>	<p>Ricerca di trial randomizzati controllati su Medline, Pedro, Cochrane Bone, Joint and Muscle Trauma Group Specialised Register, Cochrane Central Register of Controlled Trials, EMBASE, CINAHL</p>	<p>L'uso di shock absorbing nelle calzature riducono l'incidenza delle fratture da stress nel personale militare. La riabilitazione dopo la frattura da stress della tibia può essere aiutata dalla staffa di gomma, ma è necessario che più studi confermino questo.</p>
<p>BR J SPORT MED 1996 Bennell KL, Malcom SA, Wark JD, Brunker PD</p>	<p>Review</p> <p>1 obiettivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -valutare la patogenesi delle fratture da stress e la loro prevenzione 	<p>Non presente</p>	<p>Non presente</p>	<p>I fattori di rischio non sono la causa di queste lesioni, ma dei fattori che possono incidere direttamente o indirettamente sull'ambiente meccanico dell'osso e sul processo di</p>

				rimodellamento, aumentando i microtraumi, la riduzione di riparazione dell'osso, o entrambi.
THE J OF BONE AND JOINT SURGERY 1985 Milgrom C, Giladi M	Prospective study 1 obiettivo: -valutare incidenza delle fratture da stress	295 reclute militari	Per 14 settimane sono state sottoposte ad un training di base, sono stati valutati per 3 volte. Misure di outcome: -sede del dolore -rx piede e caviglia	51,2% avvengono nella tibia (escluso il piatto tibiale) 29,8% femore; 8,7% piede (tarso e metatarsi). L'80% delle fratture della diafisi tibiale avvengono a livello del terzo medio
CLIN SPORTS MED 2006 Jones MH, Amendola MD	Review 1 obiettivo: -valutare l'incidenza, il trattamento delle fratture da stress a livello del navicolare	Non presenti	Non presenti	La frattura navicolare rappresenta il 35% delle delle fratture da stress

Discussione

Le fratture da stress rappresentano l'incapacità dello scheletro di resistere a carichi meccanici ripetuti, determinando sintomi di dolore localizzato e fragilità^{2,3,7,8,10}. L'inizio dei sintomi è graduale^{3,4}. In primo luogo, il dolore è presente solo durante lo stress e dipende dalla quantità del carico. Come il processo va avanti, il dolore inizia a verificarsi anche a riposo e di notte³. Queste lesioni sono molto comuni tra le persone sottoposte ad un training militare e sportivo, in particolare tra i corridori di lunghe distanze, ma anche tra la popolazione civile^{4,7}. L'incidenza globale nello sport è stimata essere il 2-4%: negli uomini il 2% e nelle donne il 7%³. Nello studio di Milgrom⁹ vengono mostrati i siti delle fratture da stress: 51,2% si verificano nella tibia (escluso il piatto tibiale), il 29,8% nel femore (esclusi i condili femorali) e solo l'8,7% nel piede (tarso e metatarsi). L'80% delle fratture diafisarie della tibia sono a livello del terzo medio. Altri studi confermano questa alta incidenza della tibia^{1,4,9}. Inoltre l'alta incidenza di fratture a livello della tibia è stata osservata nei corridori, ciò suggerisce che il tipo e la natura dell'attività influenzano l'ubicazione delle fratture⁴. Tra le fratture da stress del piede quelle del navicolare sono le più frequenti¹⁰. Si presentano di più in giocatori

di basket e corridori. In letteratura viene riportato che la sua diagnosi spesso avviene in ritardo o è persa, con una dilazione di 7 a 28 settimane. Il dolore è presente alla palpazione dell'arco longitudinale mediale sul dorso del piede sopra il navicolare¹⁰. Alcune anomalie associate del piede possono predisporre a tali lesioni ed includono: un secondo metatarso relativamente lungo, il primo metatarso breve o una fusione del navicolare-calcagno¹⁰. Inoltre è stato osservato che una diminuzione di movimento nelle articolazioni adiacenti può aumentare le forze messe sul navicolare¹⁰. Per quanto riguarda le fratture dei metatarsi, quella più frequente è a carico del V metatarso.¹ La tensione inizia sul lato laterale del MTT per poi avanzare medialmente. Il dolore è esacerbato dall'inversione del piede e possono esserci o meno dei gonfiori a livello dei tessuti molli¹.

Una diagnosi accurata delle fratture da stress dipende da due fattori principali: una attenta analisi clinica dei sintomi e la corretta interpretazione degli esami radiologici⁶. La diagnosi di questo tipo di fratture viene ritardata anche di 38 mesi dopo i primi sintomi. Una ragione che spiega tali ritardi è dovuta al fatto che spesso gli atleti, incuranti dei sintomi associati a frattura da stress, continuano ad allenarsi fino a che il dolore diventa talmente insopportabile da richiedere l'intervento medico³. Tra le patologie da escludere nella diagnosi delle fratture da stress ci sono le infezioni, i disturbi dell'osso, l'osteoma osteoide; tra i danni del tessuto molle invece la sindrome da stress mediale della tibia e quella del compartimento anteriore, che possono presentare gli stessi sintomi delle fratture da stress¹. Un modo per stabilire se il dolore trae origine dall'osso, è quello di stirare i fasci muscolari con lo stretching. Se il dolore persiste anche in fase di stretching, il trauma è probabilmente relativo ai tessuti molli; se al contrario il dolore non

peggiora con lo stretching, allora l'osso è coinvolto e quindi si può trattare di frattura da stress. La palpazione della zona dell'osso in questione è molto importante⁴. Il crepitio tipico rumore prodotto dallo sfregamento di due ossa fratturate non viene avvertito nel caso di fratture da stress, e possono anche non verificarsi arrossamenti o gonfiori della zona dolente.

Per quanto riguarda il trattamento è necessario eliminare il carico dell'osso fin da subito; il tempo in cui il paziente non deve caricare varia a seconda della gravità e della sede³. Solitamente il trattamento chirurgico è indicato se la frattura è dislocata o non guarisce con il trattamento conservativo^{1,6}.

Dall'analisi della letteratura emerge che il miglior modo per ridurre le fratture da stress è la prevenzione^{3,4}. Come già illustrato precedentemente, esistono dei fattori di rischio intrinseci ed estrinseci che ne favoriscono l'insorgenza⁴. Proprio da questo punto nasce la prevenzione, infatti cercando di modificare o attenuare alcuni fattori di rischio è possibile prevenire tali fratture.

Nella review⁴ di Jones vengono esaminati solo 2 dei possibili interventi di fattori di rischio estrinseci per prevenire le fratture da stress: le modifiche delle calzature e quelle del training. L'intervento di modifica del training coinvolgeva reclute militari che effettuavano un'interruzione di 7 giorni di corsa durante le prime settimane di training di base. I risultati non furono soddisfacenti. Mentre l'intervento di modifica delle calzature sembra più promettente⁴. All'inizio i primi studi non diedero dei risultati significativi, ma più recentemente Finestone⁵ ha dimostrato una significativa differenza nell'incidenza di sviluppare fratture da stress, doppia tra chi usava le scarpe standard, rispetto a calzature con all'interno delle ortesi. Comunque, questo risultato non è stato confermato nello studio successivo dallo stesso gruppo di ricerca⁴.

Anche il confronto nella scelta dei diversi materiali dei utilizzo delle ortesi non è chiara. Per esempio, Finestone nel 1999 e poi nel 2004 indicava che non c'erano differenze tra le solette semi-rigide e quelle soft ⁴, mentre altri studi parlavano di solette shock absorbing, che tra l'altro consigliano materiali più soffici⁴.

Come abbiamo già detto le fratture da stress degli arti inferiori accadono più comunemente in associazione con training sportivi, sport sopportanti carichi. Per questo ha senso per ridurre l'incidenza di tali danni modificare i programmi di esercizi⁴. Uno studio di Brunet ¹² riguardante i corridori indica che le persone che hanno corso molte miglia, hanno un'incidenza più alta di fratture da stress^{4,7}.

Nello stimare i danni legati alla corsa, l'incidenza delle fratture da stress può essere 1,5-6 volte superiore nelle persone che corrono lunghe distanze.

Se le riduzioni di miglia percorse nel training potessero ridurre l'incidenza delle fratture da stress, potrebbero essere possibili riduzioni del 50-80%, come suggerisce lo studio ⁴ di reclute della marina dove la riduzione delle miglia percorse può produrre cali nelle fratture da stress. Questo è confermato da un recente studio di Knapit⁴, dove i tirocinanti dell'esercito tramite una riduzione del 50% delle miglia percorse in totale avevano per risultato una riduzione del 40% di tutte le lesioni⁴.

Uno studio di Pollock ^{4,7} indica che sarebbe prezioso per la ricerca identificare le soglie di durata del training e la frequenza sopra le quali diminuiscono i benefici di fitness e aumentano i rischi. Alcuni studi fatti mostrano che è probabile che le persone che hanno condotto uno stile di vita sedentario, fisicamente inattivi in passato possono soffrire di fratture da stress quando cominciano un addestramento militare⁴.

Oltre allo stile di vita sedentario anche il tabagismo deve essere menzionato nella prevenzione delle lesioni da stress⁶. Lo studio di Popovich del 2000 mostrava come le reclute che avevano fumato una o più sigarette nell'arco dell'anno prima delle 8 settimane di addestramento di base, incorrevano in fratture da stress molto più frequentemente di chi non fumava.

Un numero di studi indica anche che i livelli più alti di appropriatezza aerobica proteggono i tirocinanti militari dalle fratture da stress e da altri danni del training⁴.

La ricerca dovrebbe essere condotta per determinare se aumentando gradualmente la forma fisica, prima di iniziare un vigoroso programma di training previene le fratture da stress, non solo nelle reclute ma anche nella popolazione civile⁴.

Quelli che ne trarrebbero beneficio oltre alle reclute sarebbero i corridori principianti, i partecipanti a sport per la prima volta, e persone che cominciano un programma aerobico.

Gli studi riguardanti il pre-esercizio di stretching e l'assunzione di calcio per bocca non hanno mostrato nessuna evidenza⁸.

Molti studi hanno valutato le associazioni tra amenorrea , ormoni, mestruazioni regolari e densità ossea a causa della sospetta associazione tra irregolarità mestruale e le fratture da stress^{4,11}. Nattiv suggerì che i contraccettivi orali possono esercitare un effetto protettivo per le atlete donne, ma è necessaria una ulteriore ricerca⁴. Come strategia generale per ridurre l'intensità dell'allenamento è utile sapere in quali sport le fratture da stress si verificano di più¹⁰. Gli studi epidemiologici ^{1,2,4} suggeriscono che le fratture da stress si verificano di più tra i corridori piuttosto che fra atleti sopportanti carichi, come il basket, il calcio, l'hockey o il tennis. Ma la ricerca

deve ancora stabilire se questo è dovuto al gran numero di corridori o ad alcuni fattori protettivi negli altri sport^{1,4}, come ad esempio un più vario piano di moto che distribuisce le forze in modo più esteso sull'osso⁴.

CONCLUSIONI

Le fratture da stress dell'arto inferiore sono lesioni serie che possono verificarsi in seguito ad attività prolungate, grandi cambiamenti nella professione e attività del tempo libero.

Le fratture da stress più frequenti si verificano a carico di diversi siti nell'arto inferiore: 51,2% nella tibia (escluso il piatto tibiale), il 29,8% nel femore (esclusi i condili femorali) e solo l'8,7% nel piede (tarso e metatarsi). L'80% delle fratture diafisarie della tibia sono a livello del terzo medio. A livello del piede la frattura del navicolare ha una maggiore incidenza.

Ci sono insufficienti evidenze dagli RCT per gli interventi di prevenzione per trarre ferme conclusioni. Comunque c'è una limitata evidenza dai trials randomizzati che la riserva di solette "shock absorbing" negli stivali delle reclute militari riduca la totale incidenza delle fratture da stress e le reazioni da stress dell'osso.

C'è un'insufficiente evidenza per determinare il migliore disegno delle modifiche di ortesi e delle calzature, inoltre dovrebbero essere considerati il comfort e la tollerabilità.

Ci sono alcune evidenze che indicano che ha senso effettuare delle modifiche del training o del programma degli esercizi, come ad esempio ridurre la quantità delle miglia percorse e incrementare la forma fisica prima di iniziare un training vigoroso.

Ci sono alcune evidenze che indicano una mancanza di protezione dallo stretching dei muscoli della gamba durante il “warm up” prima dell’esercizio. Anche uno stile di vita sedentario e il tabagismo devono essere evitati per ridurre l’incidenza delle fratture da stress.

La futura ricerca deve identificare dei metodi efficaci per la prevenzione e il trattamento di queste lesioni. In futuro, il successo dei trials non solo dipenderanno dall'applicazione della migliore metodologia ma anche dalla conoscenza delle cause modificabili e dai fattori di rischio. Per migliorare ulteriormente le conoscenze :

- 1) è necessario stabilire, tramite un consenso, una struttura per la diagnosi di frattura da stress
- 2) Il bisogno di attente scelte e giustificazioni per la selezione di interventi come le ortesi, per la valutazione.
- 3) attenzione a problemi metodologici. La randomizzazione dovrebbe essere cieca quando possibile, e il metodo usato dovrebbe essere scritto chiaramente. Mentre lo studio doppio cieco spesso non è fattibile per studi di lesioni sportive; ad esempio utenti di apparecchiature come ortesi, sanno che le stanno indossando. L’allocazione in cieco dei soggetti è necessaria però per ridurre al minimo l’errore.
- 4) il bisogno di outcome sistematici e comprensivi.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Keading CC. Management and return to play of stress fractures CLIN J SPORT MED 2005;15(6):442-7
- ² Bennell KL, Malcom SA,Wark JD, Brukner PD. Models for the pathogenesis of stress in athletes.1996; 30:200-204
- ³ Jan Laussus, Ikka Tulikoura, Yrjo T Konttinen, Jari Salo, Seppo Santavirta. Bone stress injuries of lower extremity: a review. ACTA ORTHOP SCAND 2002;73(3):359-68
- ⁴ Bruce H ,BH Jones, Stephen B,J Gilchrist, CD Kimsey. Prevention of lower extremity stress fractures in athletes and soldiers: a systematic review. Epidemiology Rev.2002; 24(2)
- ⁵ Stuart J, Warden SJ, Burr DB, Brunner PD Stress fractures: pathophysiology, epidemiology and risk factors CURR OSTEOEP REP 2006;4(3):103-109
- ⁶ Lanary MM,Willa Fornetti, JM Pivarnik. Bone mineral density in collegiate female Athletes: comparison among sports. J OF ATHLETIC TRAINING 2007;42(3): 403-408
- ⁷ Rome K, Handoll HHG, Ashford RL. Interventions foe preventing and treating stress fractures and stress reaction of bone of the lower limbs in young adults.
- ⁸ Lanary MM,Willa Fornetti, JM Pivarnik. Bone mineral density in collegiate female Athletes: comparison among sports. J OF ATHLETIC TRAINING 2007;42(3): 403-408
- ⁹ Milgrom C, Giladi et al. Stress fractures in military recruits. The Jornal of bone and joint surgery 1985 ;6
- ¹⁰ Jones MH, Amendola MD. Navicular Stress Fractures. Clin Sport Med 2006;25:151-158
- ¹¹ Scott W, Timothy L. Preventing and treating lower extremity stress fractures in adults J OF ATHLETIC TRAINING 2006;41(4):466-469
- ¹² Jun Iwamoto, Takea Stress fractures in athletes: a review of 196 cases. J ORTHOP SCI 2003

- ¹³ De Clercq PF, Bevermagne BD, Leemrijse T. Stress fracture of the navicular bone
ACTA ORTHOP BELG 2008 74(6) 725-34
- ¹⁴ Guettler JH, Ruskan GJ, Bytomski JR, Brown CR, Richardson JK, Moorman CT.
Fifth metatarsal stress fractures in elite basketball players: evaluation of force acting
on the fifth metatarsal. AM J ORTHOP 2006 35 (11) 532-6
- ¹⁵ Giladi M, Milgrom C, Simkin A, Danon Y Stress Fractures. Identifiable risk factors.
AM J SPORT MED 1991 19(16) 647-52
- ¹⁶ Gaeta M, Minutoli F, Vinci S, Salamone I. High-resolution CT Grading of tibial stress
reactions in distance runners. AJR 2005
- ¹⁷ Peris P. Stress fractures BEST PRACT RES CLIN REUMATOL
2003 17(6) 1043-61
- ¹⁸ Busse JW, Kaur J, Mollon B, Bhandari M, Tonetta P, Schunermann HJ, Guyatt GH.
Low intensity pulsed ultrasonography for stress fractures: systematic review of
randomised controlled trials. BMJ 2009
- ¹⁹ Ikovich A, Bojanic I, Pecina M. Stress fractures of the femoral shaft in athletes: a new
treatment algorithm. BR J SPORT MED 2006 40(6) 518-20
- ²⁰ Bennell KL, Brunner PD. A 12-month prospective study of the relationship between
stress fractures and bone turnover in athletes CALCIF TISSUE INT
1998 63(1) 80-5
- ²¹ Brunner P, Bradshaw C, Khan KM, White S, Crossley K Stress fractures: a review of
180 cases J SPORT MED 1996 6(2) 85-9
- ²² Stewart GW, Brunet ME, Manning MR, Davis FA Treatment of stress fractures in
athletes with intravenous pamidronate CLIN J SPORT MED 2005 15(2) 92-4
- ²⁴ Bennell KL, Brunner PD Epidemiology and site specificity of stress fractures. CLIN
SPORT MED 1997 16(2) 179-96
- ²⁵ Raasch WG, Hergan DJ. Treatment of stress fracture :the fundamentals CLIN
SPORT MED 2006 25(1) 29-36
- ²⁶ Heyworth BE, Green DW. Lower extremity stress fractures in pediatric and
adolescent athletes CURR OPIN PEDIATR 2008 20(1) 58-61
- ²⁷ Franco M. An common cause of foot pain: the cuboid. JIONT BONE SPINE
2005 72 (1)

- ²⁸ Taylor D, Casolani E. Predicting stress fracture using a probabilistic model of damage, repair and adaptation J ORTHOP RES 2004
- ²⁹ Kelsey JL, Bachrach L et al. Risk factors for stress fractures among young female cross-country runners MED SCI SPORT EXERC 2007
- ³⁰ Ross K Bilateral femoral supracondylar stress fractures in a cross runner ORTHOPEDICS 2008 31(8) 803
- ³¹ Dugan SA, Weber KM Stress fractures and rehabilitation PHYS MED REABIL CLIN N AM 2007 18(3)401-15
- ³² Moretti B, Notamicola A, Garofalo R, Moretti L, Patella S, Patella V, Maringhaus E. Shock waves in the treatment of stress fractures. ULTRASOUND MED BIOL 2009