

Les fractures de stress

Drs ERIC THEIN^a et JAAD MAHLOULY^a

Rev Med Suisse 2019; 15: 2293-7

Une fracture de stress constitue une lésion osseuse par usure qui résulte d'un déséquilibre entre la régénération et la résorption osseuse en favorisant celle-ci. Il existe deux types différents, la fracture de fatigue qui touche plutôt les sujets jeunes et actifs et qui apparaît lors d'une augmentation brutale des contraintes, et la fracture par insuffisance qui touche plutôt les personnes âgées atteintes d'une densité minérale osseuse diminuée et qui apparaît typiquement lors de contraintes physiologiques. L'anamnèse constitue l'un des points clés du diagnostic, et l'IRM est actuellement l'imagerie de choix. Comme le traitement est long et dépend du risque de complications potentielles pouvant survenir en raison de la localisation de la fracture, la prévention est d'une importance cardinale et nécessite une approche pluridisciplinaire.

Stress fractures

A stress fracture is a bony overuse lesion resulting from an imbalance between the osseous regeneration and resorption in favor of the second one. There are two different types, the fatigue fracture that affects mainly the young and active and appears after an abrupt increase of the constraints, and the insufficiency fracture that affects mainly the elderly suffering from a diminished bone density and appears typically during physiological constraints. A thorough screening of the patient's history is mandatory in diagnostics, and MRI is currently the imagery of choice. As the treatment is time consuming and depends on the risk of potential complications that may occur depending on the localization of the fracture, prevention is of key importance and requires a multidisciplinary approach.

INTRODUCTION

Une fracture franche se produit quand un os est subitement soumis à une force externe, et cette force doit être plus ou moins élevée en fonction de la qualité de l'os sur lequel elle agit. Ainsi, une simple chute sur le côté peut provoquer une fracture du fémur proximal chez la personne âgée atteinte d'ostéoporose, alors qu'un traumatisme à haute énergie, comme lors d'un accident de la voie publique, est nécessaire pour provoquer la même fracture chez le sujet jeune. Ces fractures sont dans la grande majorité des cas faciles à diagnostiquer sur des radiographies standards. En revanche, il existe un type de fracture qui ne résulte pas d'une force unique subite et violente, mais de l'action sur l'os d'une force répétitive dans le temps et dont l'intensité cumulée finit par créer une lésion osseuse par « usure », c'est la fracture de stress. Ce type de fracture, qui a été décrit pour la première fois chez des recrues de l'armée prussienne en 1855 (*Marschfraktur*),¹ peut constituer un challenge diagnostique même encore de nos jours.

^aService d'orthopédie-traumatologie, Département de l'appareil locomoteur, CHUV, 1011 Lausanne
eric.thein@chuv.ch | jaad.mahlouly@chuv.ch

PATHOPHYSIOLOGIE

L'os adulte sain se compose d'environ 80% d'os cortical, dense, situé essentiellement dans les diaphyses des os longs et la coque des os cuboïdes, sujet à un métabolisme lent, et d'environ 20% d'os spongieux, moins dense, situé dans les métaphyses des os longs et le centre des os cuboïdes, et présentant un métabolisme environ 8 fois plus rapide.² Ce métabolisme est maintenu en équilibre par 3 types de cellules osseuses, les ostéoblastes qui forment la matrice osseuse, les ostéocytes qui gèrent les concentrations extracellulaires de calcium et phosphore, et les ostéoclastes qui résorbent la matrice osseuse.³ L'os sain obéit à la loi de Wolff et s'adapte aux charges physiologiques qui s'exercent sur lui, c'est-à-dire si ces charges diminuent il s'affaiblit, et si ces charges augmentent il se renforce, ceci constitue le « principe du remodelage osseux », mais uniquement si cette augmentation se fait de façon progressive.⁴ Si par contre il y a augmentation soudaine en fréquence, durée et/ou intensité au-delà de la tolérance physiologique, ce métabolisme basculera en faveur des ostéoclastes et provoquera un déséquilibre en faveur de la résorption osseuse, ce qui se manifestera dans l'ordre chronologique d'abord par une réaction de stress, suivie par des microfissures, puis une fracture de stress et enfin une fracture franche si les contraintes sont maintenues.⁵

DÉFINITION

« Lésion de surutilisation attribuable à une charge répétitive sur l'os ». Existente deux processus a priori contraires mais avec un résultat final similaire: une charge non physiologique agissant sur un os sain provoque une « fracture de fatigue », tandis qu'une charge à priori physiologique mais sur un os anormal provoque une « fracture par insuffisance ».⁶

FRACTURES DE FATIGUE

Epidémiologie, localisations et facteurs de risque

Les fractures de fatigue touchent essentiellement des sujets jeunes et très actifs comme des sportifs de haut niveau (athlétisme),⁷ des danseurs de ballet et des recrues militaires, avec une incidence de 1,9-4% chez les recrues mâles et jusqu'à 8% chez les femmes au sein de l'armée américaine.⁸

Les localisations principales sont le tibia (33%), suivies des os du tarse et des métatarsiens (20% chacun) puis le fémur (surtout col! ; 11%), le péroné (7%) et le pubis (7%).⁹ Le membre supérieur n'est que rarement touché, à part dans les sports de lancer, la gymnastique et l'haltérophilie.

Les facteurs de risque peuvent être subdivisés en deux catégories, intrinsèques et extrinsèques (**tableau 1**).⁵

TABLEAU 1		Facteurs de risque de subir une fracture de fatigue
Intrinsèques	Extrinsèques	
Sexe féminin	Forme physique diminuée/inactivité physique préalable	
Origine caucasienne	Type de sport (athlétisme, danse)	
Age	Régime et surface d'entraînement	
Grande taille; ratio osseux longueur/diamètre important	Abus de substances nocives (alcool, tabac, stéroïdes, etc.)	
Bassin large	Carence en vitamine D et calcium	
	Chaussage inadéquat	

Diagnostic

L'anamnèse constitue un des points clés du processus diagnostique: y a-t-il eu récemment une augmentation en volume et/ou intensité, ou un autre changement important (chaussage par exemple) dans l'activité? Les habitudes alimentaires sont également une information capitale, surtout chez la femme (triade de la femme athlète). Y-a-t-il d'autres facteurs de risque potentiels? La douleur est souvent décrite comme située à un endroit bien précis, elle augmente durant l'effort et s'améliore avec la cessation de l'activité.¹⁰

Plusieurs tests cliniques sont décrits dans la littérature, avec des sensibilités allant de 70 à 95% et des spécificités entre 60 et 95%.¹¹

- Le test du diapason: la pose d'un diapason qui vibre sur l'endroit douloureux augmente les douleurs (figure 1).
- Le Hop test: le saut unipodal sur le membre inférieur concerné augmente les douleurs (figure 2).
- Le patellar-pubic percussion test: pour les fractures de fatigue du col fémoral. L'examineur pose son stéthoscope sur le pubis et percute de façon alternée les deux rotules du patient: du côté de la fracture le son est diminué en raison d'une interruption de la corticale (figure 3).
- Le test du fulcrum: pour les fractures de fatigue de la diaphyse fémorale. L'examineur utilise un de ses avant-bras comme pivot en exerçant un bras de levier sur la diaphyse fémorale à l'aide de son autre main (figure 4).

FIG 1	Test du diapason
-------	------------------



FIG 2	Hop test
-------	----------



FIG 3	Patellar-pubic percussion test
-------	--------------------------------



FIG 4 Test du fulcrum



Imagerie

La radiographie standard, même si elle présente une sensibilité initiale basse, fait toujours partie du bilan de départ. On y recherche une sclérose ou une déficience corticale. Dans le cas d'une radiographie initiale négative, et si on peut se permettre d'attendre pour confirmer le diagnostic, la répétition de celle-ci après 2-4 semaines montre régulièrement les signes recherchés. Elle est aussi volontiers utilisée dans le suivi. L'IRM constitue actuellement la forme d'imagerie la plus performante avec une sensibilité et spécificité proches des 100%. Elle est capable de montrer l'œdème osseux et des tissus mous environnants, qui sont les signes précoces (la réaction de stress), déjà 1 à 2 jours après le début des symptômes. La scintigraphie osseuse au 99MDP-Technetium allume, elle aussi, déjà 3 à 5 jours après le début des symptômes, et présente également une sensibilité proche des 100%, mais avec une spécificité bien plus basse (autour des 70%), puisqu'elle réagit à toute forme de remodelage osseux, peu importe sa raison. Le CT est utilisé si l'IRM est contre-indiquée, mais aussi si la lésion s'est chronicisée et présente un métabolisme diminué. L'échographie standard permet d'identifier les irrégularités dans l'os cortical superficiel et le cal hypo-échogène circonvoisin, tandis que le Doppler peut visualiser une augmentation de la vascularisation locale.¹² Comme ces caractéristiques peuvent aussi être visualisées dans d'autres pathologies, il est capital de les interpréter à chaque fois dans le contexte clinique adéquat (tableau 2).⁶

Traitement

Pour sa mise au point, il faut distinguer les fractures à faible risque de non-consolidation, de progression vers une fracture complète avec risque de déplacement secondaire, et de récurrence de celles qui sont à haut risque, basées sur leur localisation anatomique (zone en compression vs zone en distraction) (tableau 3).¹³ Dans le cas d'un risque faible à

TABLEAU 2 Diagnostics différentiels radiologiques

Caractéristique	Diagnostic différentiel radiologique
Épaississement cortical focal	Variante normale, ostéome ostéoïde, ostéomyélite chronique/abcès de Brodie
Réaction périostée	Infection, ostéosarcome de surface, ostéoarthropathie hypertrophique
Lucence linéaire	Vaisseau nourricier normal, ostéomalacie
Sclérose	Ostéomyélite chronique, ostéite condensée (Ilium, pubis)
Œdème osseux	Syndrome de l'œdème osseux transitoire, nécrose avasculaire, ostéomyélite, tumeur

TABLEAU 3 Risque en fonction de la localisation anatomique

Risque élevé	Risque moyen	Risque faible
Col du fémur	Bassin	Fibula
Corticale tibiale antérieure	Diaphyse fémorale	Malléole latérale
Naviculaire	Corticales tibiales postérieure et médiale	Calcaneum
Astragale	Malléole médiale	Cuboïde
Diaphyse proximale du 5 ^e métatarsien	Base du 5 ^e métatarsien	Cunéiformes
Sésamoïdes du 1 ^{er} rayon		Métatarses II-IV
Rotule transverse		Rotule longitudinale

moyen, on préconise le «repos relatif», c'est-à-dire une réduction de la fréquence, de l'intensité, de la durée de l'activité ainsi que des exercices alternatifs (par exemple, vélo (elliptique), aquajogging), et si nécessaire une charge partielle avec béquilles. But: «fonctionner sans douleurs» pour permettre la guérison qui dure entre 4 et 12 semaines.¹⁴

Si par contre ce risque est élevé et peut comporter, en plus, des complications potentiellement néfastes, comme le risque de nécrose de tête fémorale dans le cas d'une fracture du col déplacée (figure 5),¹⁵ une fixation prophylactique peut s'avérer nécessaire et sa pertinence devrait être évaluée par un chirurgien orthopédiste (figures 6 et 7).¹⁶

Dans tous les cas, une supplémentation adéquate en calcium (2 gr/jour) et en vitamine D (800 IU/jour) doit être assurée.¹⁷ Par contre, les effets des bisphosphonates (BPP) et de la teriparatide (HRT) restent controversés dans la littérature à ce jour, et ils ne sont pas approuvés par la FDA pour cette indication.¹⁸ L'utilisation adjointe de certaines méthodes physiques, comme les ondes de choc extracorporelles ou l'ultrason pulsé à faible intensité pour accélérer le processus de guérison, est également discutée.

Prévention

Elle adresse les facteurs de risque modifiables: l'individualisation des programmes d'entraînement physique avec augmentation de la variation en est un.¹⁹ Le port de supports plantaires absorbant les chocs pour diminuer le taux de fractures au

FIG 5	Fracture de fatigue du col du fémur droit
--------------	--

Fracture chez un jogger de 50 ans, initialement prise pour une tendinite du psoas, déplacée secondairement.



FIG 6	Réduction ouverte et ostéosynthèse par DHS de la fracture de la figure 5
--------------	---

DHS: Dynamic Hip Screw.



niveau des métatarsiens et du tibia en est un autre.²⁰ La modification de l'équipement militaire (vestes de combat mieux adaptées, fusils plus courts) réduisant la charge totale de 25% a diminué l'incidence de 56% au sein des soldats féminins de l'armée israélienne.²¹ L'apport quotidien de 2 gr de calcium et de 800 UI de vitamine D contre placebo a diminué de 20% l'incidence dans une unité militaire féminine américaine.¹⁷ Et surtout, l'éducation et la sensibilisation des leaders au sein des troupes a conduit à une réduction de l'incidence en

FIG 7	Cinq ans après: consolidation osseuse sans signe de nécrose ou d'arthrose
--------------	--



fractures de fatigue du col du fémur de 58% et de 50% respectivement chez les recrues masculines et féminines.²²

FRACTURES PAR INSUFFISANCE

Epidémiologie, facteurs de risque, pathophysiologie

Elles surviennent lorsque des contraintes physiologiques s'appliquent à un os anormalement affaibli. L'entité sous-jacente commune retrouvée est l'ostéoporose, sont donc essentiellement touchés des individus âgés, majoritairement des femmes, avec souvent un IMC bas (sarcopénie).²³ Le **tableau 4** regroupe les autres facteurs de risque. Dans l'os ostéoporotique avec des lacunes ostéocytaires plus vastes, les ostéocytes réagissent avec une sensibilité accrue au stress mécanique, ce qui provoque une activation plus rapide du remodelage osseux et ceci en faveur des ostéoclastes et donc de la résorption osseuse.²⁴ Ce stress mécanique sur l'os est encore augmenté en raison de l'affaiblissement de l'effet protecteur exercé par la musculature adjacente qui présente une masse diminuée (sarcopénie). Un phénomène à part constitue les fractures sous-trochantériennes atypiques du fémur suite à la prise prolongée de BPP, qui provoquent une suppression prolongée du remodelage osseux, résultant en une matrice osseuse plus dure mais aussi plus friable et donc moins résistante aux microtraumatismes.²⁵

Localisations

Les principales localisations sont le rachis (lombaire, sacrum), l'anneau pelvien (cadre obturateur) et le col du fémur, mais aussi les régions sous-chondrales de la tête fémorale, du condyle fémoral médial, de l'astragale et des têtes des métatarsiens. Les fractures sous-trochantériennes atypiques du fémur apparaissent dans jusqu'à 2% des patients ayant été au bénéfice d'un traitement de BPP excédant 3 ans, dont jusqu'à 55% de façon bilatérale.²⁶

TABLEAU 4

Facteurs de risque de subir une fracture par insuffisance osseuse

- Polyarthrite rhumatoïde
- Troubles du métabolisme osseux
- Troubles neurologiques
- Corticostéroïdes
- Bisphosphonates
- Traitement par fluorures à haute dose
- Antécédents d'irradiation
- Sarcopénie

Imagerie

Comme dans le diagnostic des fractures de fatigue, l'IRM est également l'examen de choix pour les fractures par insuffisance osseuse, à part peut-être dans le cadre des fractures induites par l'utilisation prolongée des BPP, où déjà la radiographie standard peut montrer plusieurs signes caractéristiques subtils (épaississement focal de la corticale latérale, translucidité focale corticale, ligne translucide transverse),¹² qui, ensemble, avec l'anamnèse caractéristique, peuvent conduire au diagnostic.

Traitement

L'identification des patients à risque (mesure de la densité minérale osseuse, exclusion des causes secondaires d'ostéoporose) et l'application de mesures médicales (Ca, vitamine D, BPP, etc.) et éducatives (prévention des chutes) constitue le pilier cardinal de la prévention. Une fois la fracture survenue, sa prise en charge dépend de sa localisation, de son étendue et de son déplacement, ainsi que de l'état général du patient et de sa demande fonctionnelle. Les lésions au niveau du rachis, du sacrum et du pelvis sont souvent traitées par injection de ciment, tandis que celles au niveau des extrémités inférieures

doivent majoritairement être traitées par fixation interne (lésions diaphysaires) ou arthroplastie (lésions sous-chondrales) permettant une rééducation immédiate en pleine charge.²⁷

CONCLUSION

Les fractures de stress, qu'elles fassent partie de la catégorie touchant la population jeune et active ou de celle touchant les personnes âgées, constituent un fardeau humain et économique important. De ce fait, leur prévention, qui est essentiellement le fruit d'un dépistage et d'une adaptation comportementale à plusieurs niveaux, constitue le facteur clé dans la diminution de leur incidence, mais elle nécessite souvent une approche pluridisciplinaire (entraîneurs, supérieurs hiérarchiques militaires, corps médical de différentes spécialités).

Conflit d'intérêts: Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêts en relation avec cet article.

IMPLICATIONS PRATIQUES

- La prévention et le dépistage des fractures de stress sont d'une importance cardinale et nécessitent une approche pluridisciplinaire
- L'identification des patients à risque et l'application de mesures médicales et éducatives constituent le pilier de la prévention aux fractures de stress par insuffisance
- L'anamnèse et l'examen clinique constituent des points clés du diagnostic de fracture de stress et certains tests cliniques détiennent une sensibilité et spécificité élevée
- L'IRM est l'examen d'imagerie de choix dans les fractures de stress

1 Breithaupt J. Zur pathologie des menschlichen fusses. *Medizin Zeitung* 1855;24:169-77.
 2 Pepper M, Akuthota V, Mc Carty EC. The pathophysiology of stress fractures. *Clin Sports Med* 2006;25:1-16.
 3 Rosen CJ. Sugar and bone: a not-so sweet story. *J Bone Miner Res* 2008;23:1881-3.
 4 Chamay A. Mechanical and morphological aspects of experimental overload and fatigue in bone. *J Biomech* 1970;3:263-70.
 5 Mattila VM, Niva M, Kiuru M, et al. Risk factors for bone stress injuries: a follow-up study of 102,515 person-years. *Med Sci Sports Exer* 2007;39:1061-6.
 6 *Matcuk GR, Mahanty SR, Skalski MR. Stress fractures: pathophysiology, clinical presentation, imaging features, and treatment options. *Emerg Radiol* 2016;23:365-75.
 7 Knapik J, Mountain SJ, McGraw S, et al. Stress fracture risk factors in basic combat training. *Int J Sports Med* 2012;33:940-6.
 8 Claassen J, Hu Z, Rohrbeck P. Fractures among active component, recruit trainees, and deployed service members, U.S. armed forces, 2003-2012.

MSMR 2014;21:2-7.
 9 Wall J, Feller JF. Imaging of stress fractures in runners. *Clin Sports Med* 2006;25:781-802.
 10 Berger FH, de Jonge MC, Maas M. Stress fractures in the lower extremity. The importance of increasing awareness amongst radiologist. *Eur J Radiol* 2007;62:16-26.
 11 Wilder RP, Vincent HK, Stewart J, et al. Clinical use of tuning forks to identify running-related stress fractures: a pilot study. *Athl Train Sports Health Care* 2009;11:12-8.
 12 Wright AA, Hegedus EJ, Lenchik L, et al. Diagnostic accuracy of various imaging modalities for suspected lower extremity stress fractures: a systematic review with evidence-based recommendations for clinical practice. *Am J Sports Med* 2016;44:255-63.
 13 *Knapik JJ, Reynolds K, Hoedebecke KL. Stress fractures: etiology, epidemiology, diagnosis, treatment and prevention. *J Spec Oper Med* 2017;17:120-30.
 14 Kaeding CC, Yu JR, Wright R, et al. Management and return to play of stress fractures. *Clin J Sport Med* 2005;15:442-7.
 15 Pihlajamäki HK, Ruohola JP, Kiuru MJ, Visuri TI. Displaced femoral neck fatigue

fractures in military recruits. *JBSJ Am* 2006;88:1989-97.
 16 Leal C, D'Agostino C, Gomez Garcia S, Fernandez A. Current concepts of shockwave therapy in stress fractures. *Int J Surg* 2015;24(Pt B):195-200.
 17 Lappe J, Cullen D, Hayatzki G, et al. Calcium and vitamin d supplementation decreases incidence of stress fractures in female navy recruits. *J Bone Miner Res* 2008;23:741-9.
 18 *Moreira C, Bilezikian J. Stress fractures: concepts and therapeutics. *J Clin Endocrinol Metab* 2017;102:525-34.
 19 Knapik JJ, Swelder DI, Grier TL, et al. Injury reduction effectiveness of selecting running shoes based on plantar shape. *J Strength Condition Res* 2009;23:685-97.
 20 Snyder RA, DeAngelis JP, Koester MC, et al. Does shoe insole modification prevent stress fractures? A systemic review. *J Musculoskel Hosp Spec Surg* 2009;5:92-8.
 21 Constantini N. Equipment modification is associated with fewer stress fractures in female Israel border police recruits. *Mil Med* 2010;175:799-804.
 22 Scott SJ, Feltwell DN, Knapik JJ, et al. A multiple intervention strategy for reducing femoral neck stress injuries and

other serious overuse injuries in U.S. army basic combat training. *Mil Med* 2012;177:1081-9.
 23 Krestan C, Hojreh A. Imaging of insufficiency fractures. *Eur J Radiol* 2009;71:398-405.
 24 Carpentier VT, Wong J, Yeap Y, et al. Increased proportion of hypermineralized osteocyte lacunae in osteoporotic and osteoarthritic human trabecular bone: implications for bone remodeling. *Bone* 2012;50:688-94.
 25 Allison MB, Markman L, Rosenberg Z, et al. Atypical incomplete femoral fractures in asymptomatic patients on long term bisphosphonate therapy. *Bone* 2013;55:113-8.
 26 Rheinboldt M, Harper D, Stone M. Atypical femoral fractures in association with bisphosphonate therapy: a case series. *Emerg Radiol* 2014;21:557-62.
 27 Yamamoto T, Bullough PG. Spontaneous osteonecrosis of the knee: the result of subchondral insufficiency fracture. *JBSJ Am* 2000;82:858-66.

* à lire

** à lire absolutement