



## Avertissement

Ce document est le fruit d'un long travail et a été validé par l'auteur et son directeur de mémoire en vue de l'obtention de l'UE 28, Unité d'Enseignement intégrée à la formation initiale de masseur kinésithérapeute.

L'IFMK de Nancy n'est pas garant du contenu de ce mémoire mais le met à disposition de la communauté scientifique élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [secretariat@kine-nancy.eu](mailto:secretariat@kine-nancy.eu)

## Liens utiles

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 122. 4.

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 335.2- L 335.10.

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F23431>

MINISTÈRE DE LA SANTÉ

RÉGION GRAND EST

INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE DE NANCY

**INTERET DES AGENTS ELECTROPHYSIQUES ADJUVANTS SUR LA DOULEUR, LE TEMPS DE  
RETOUR AU SPORT ET LA CONSOLIDATION OSSEUSE DANS LE TRAITEMENT DES  
FRACTURES DE FATIGUE DU MEMBRE INFERIEUR : UNE REVUE SYSTEMATIQUE**

**Sous la direction de Mme JAMBEAU**

Mémoire présenté par **Alexandre MAILLARD**,  
étudiant en 4ème année de masso-kinésithérapie,  
en vue de valider l'UE 28  
dans le cadre de la formation initiale du  
Diplôme d'État de Masseur-Kinésithérapeute

Promotion 2016-2020.



UE 28 - MÉMOIRE  
DÉCLARATION SUR L'HONNEUR CONTRE LE PLAGIAT

Je soussigné(e), MAILLARD Alexandre.....

Certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Conformément à la loi, le non-respect de ces dispositions me rend passible de poursuites devant le conseil de discipline de l'ILFMK et les tribunaux de la République Française.

Fait à Nancy....., le 15/04/2020

Signature

## **Intérêt clinique des agents électrophysiques adjuvants sur la douleur, le temps de retour au sport et la consolidation osseuse dans le traitement de la fracture de fatigue du membre inférieur**

**Introduction** : la fracture de fatigue est une blessure de surmenage, résultant d'un déséquilibre entre des contraintes osseuses trop importantes et un remodelage osseux insuffisant. Cette pathologie représente jusqu'à 20% des blessures chez les sportifs et touche principalement les membres inférieurs. Le traitement conventionnel de cette blessure consiste en du repos et une remise en charge progressive avec une rééducation qui peut être longue. Certains agents électrophysiques tels que les ultrasons, les champs électromagnétiques, le laser et les ondes de chocs peuvent être utilisés en tant que traitement adjuvant dans le traitement des fractures de fatigue. L'objectif de cette étude est donc de définir si l'utilisation de ces agents électrophysiques, en plus du traitement conventionnel de la fracture de fatigue, permet de diminuer la douleur, de favoriser la consolidation osseuse et de réduire le délai de retour au sport.

**Matériel et méthode** : les recherches ont été effectuées sur PubMed, PEDro, CochraneLibrary, ScienceDirect et Kinédoc.

**Résultats** : 14 références ont été retenues pour permettre leur analyse. Des résultats encourageants sur les ultrasons sont soutenus par un ECR, deux autres ECR ne notent aucune différence avec le groupe placebo. Une efficacité relative du laser est retrouvée par un ECR. Les champs électromagnétiques montrent une efficacité plus importante sur les fractures de fatigue à haut grade. Les ondes de chocs sont principalement utilisées pour traiter des fractures de fatigue chroniques et montrent une efficacité modérée à travers des séries de cas avec un niveau de preuve faible.

**Discussion** : il semble que l'utilisation d'agents électrophysiques permette de réduire la douleur, de favoriser la consolidation osseuse et de diminuer le délai de retour au sport dans des proportions différentes en fonction de l'agent électrophysique et de la fracture de fatigue à traiter.

**Conclusion** : de nouvelles études à haut niveau de preuve sont nécessaires pour recommander l'utilisation des agents électrophysiques dans le traitement des fractures de fatigue au quotidien.

**Mots clés** : fracture de fatigue, kinésithérapie, agents électrophysiques, retour au sport

---

## **Clinical interest of adjuvant electrophysical agents on the pain, the time to return to sport and bone healing in the treatment of stress fracture on the lower limb**

**Introduction**: stress fracture is an overuse injury, it results from an imbalance between excessive bone stress and insufficient bone turnover. Stress fracture accounts for up to 20% of injuries in athletes and mainly affects lower limbs. Its conventional treatment consists of rest and progressive re-loading, but recovery is known to be long. Certain electrophysical agents such as ultrasound, electromagnetic fields, laser and shock waves can be used as an adjunct therapy in the treatment of stress fractures. Our objective is to determine whether the use of electrophysical agents, in addition to conventional treatment of stress fracture, decreases pain, promotes bone consolidation and reduces the time to return to sport.

**Material and method**: research were carried out on PubMed, PEDro, CochraneLibrary, ScienceDirect, and Kinédoc.

**Results**: 14 references were selected for in this systematic review. Encouraging results on ultrasound are supported by one RCT, two other RCTs didn't find difference with the placebo group. A relative efficiency of the laser is found by an RCT. The electromagnetic fields show a greater efficiency on high grade of stress fractures. Shock waves are mainly used to treat chronic stress fractures and support moderate efficacy across series of cases with a low level of evidence.

**Discussion**: it seems that the use of electrophysical agents can decrease pain, promote bone consolidation and reduce the time to return to sport in different proportions depending on the electrophysical agent and the type of stress fracture.

**Conclusion**: new studies with a high level of evidence are needed to advise the daily use of electrophysical agents in the treatment of stress fracture of the lower limb.

**Keys words**: stress fracture, physiotherapy, electrophysical agents, return to sport

Liste des abréviations :

**ECR** : Essai Contrôlé Randomisé

Sommaire :

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
1.1. Problématique.....	1
1.2. La fracture de fatigue : cadre théorique .....	2
1.2.1. Historique.....	2
1.2.2. Définition .....	2
1.2.3. Épidémiologie .....	2
1.2.4. Physiopathologie.....	3
1.2.5. Facteurs de risque.....	5
1.2.6. Diagnostic clinique.....	6
1.2.7. Diagnostic par imagerie.....	7
1.2.8. Classification .....	8
1.2.9. Traitement.....	9
<b>2. MATERIEL ET METHODE</b> .....	<b>12</b>
2.1. Stratégie de recherche documentaire.....	12
2.2. Méthode de sélection des articles.....	15
<b>3. RESULTATS</b> .....	<b>16</b>
3.1. Analyse du rôle des ultrasons .....	21
3.2. Analyse du rôle des champs électromagnétiques .....	24
3.3. Analyse du rôle du laser .....	26
3.4. Analyse du rôle des ondes de chocs .....	27
3.5. Douleur et agents électrophysiques.....	29
3.5.1. Ultrasons .....	29
3.5.2. Champs électromagnétiques.....	29
3.5.3. Laser .....	29
3.5.4. Ondes de chocs .....	29
3.6. Temps de retour au sport et agents électrophysiques .....	30
3.6.1. Ultrasons .....	30
3.6.2. Ondes de chocs .....	30
3.7. Temps de consolidation osseuse et agents électrophysiques .....	30
3.7.1. Ultrasons .....	30
3.7.2. Champs électromagnétiques.....	30
3.7.3. Ondes de chocs .....	31
<b>4. DISCUSSION</b> .....	<b>31</b>

4.1. Analyse des risques de biais dans les articles inclus dans la revue .....	31
4.2. Application des preuves à la pratique actuelle.....	32
4.3. Les agents électrophysiques dans le traitement des fractures .....	35
4.4. Accords ou désaccords avec d'autres études ou revues .....	37
4.5. Limites de notre revue.....	37
4.6. Ouverture .....	38
<b>5. CONCLUSION.....</b>	<b>39</b>

## **BIBLIOGRAPHIE**

## **ANNEXES**

# 1. INTRODUCTION

## 1.1. Problématique

La fracture de fatigue est une blessure de surmenage. En effet, elle résulte d'un déséquilibre entre un entraînement trop intensif et un temps de récupération pas assez important. La contrainte accumulée peut créer à l'intérieur de l'os des microfissures et si ces contraintes sont prolongées, les microfissures peuvent se propager à l'intérieur de l'os. Pour contrecarrer ce phénomène, l'os, qui est une structure vivante et dynamique synthétise de l'os nouvellement formé aux extrémités des microfissures, ce qui limite leur propagation. Un déséquilibre entre ces deux phénomènes aboutit à une fracture de fatigue (1).

Il existe de nombreux facteurs de risque, classiquement distingués en deux groupes, les facteurs de risque intrinsèques et extrinsèques (1, 2). Les fractures de fatigue représentent environ 20% de l'ensemble des blessures sportives. Les membres inférieurs sont majoritairement touchés représentant environ 95% de l'ensemble des fractures de fatigue (3).

Concernant le traitement de ces fractures de fatigue, le repos est souvent de rigueur lors du traitement initial suivi d'une réathlétisation plus ou moins longue. Nous nous interrogeons si ce temps de repos est incompressible chez l'athlète ou s'il est possible d'optimiser la récupération à l'aide de techniques adjuvantes. La physiothérapie a une place importante dans le métier de masseur-kinésithérapeute. Les agents électrophysiques sont « les modalités qui administrent l'énergie thermique, mécanique, électrique ou lumineuse au patient pour fournir des effets physiologiques et des avantages thérapeutiques » (4). Une revue de la littérature de Needle *et al.*, de 2009 traite de l'utilisation d'agents électrophysiques pour réduire le temps de guérison des fractures de fatigue. Leurs résultats révèlent une efficacité modérée s'appuyant sur des études avec un échantillon de population faible, limitant l'exploitation des résultats (5). Des articles ont été publiés depuis cette revue, c'est pourquoi il est intéressant de traiter cette question aujourd'hui.

Ainsi, il est intéressant de se poser la question suivante : **Les agents électrophysiques présentent-ils un intérêt sur la douleur, le temps de retour au sport et la consolidation osseuse chez les athlètes ou les militaires victimes de fracture de fatigue du membre inférieur ?**



## 1.2. La fracture de fatigue : cadre théorique

### 1.2.1. Historique

C'est en 1855 qu'est décrite pour la première fois la fracture de fatigue par un chirurgien prussien nommé Breithaupt. Il rapporte des douleurs et des gonflements au niveau des pieds des militaires après de longues marches. Il nomme ce phénomène « march fracture » ou « fracture de marche » en français (6). Puis, dans les années 1950, Devas *et al.*, s'intéressent à la fracture de fatigue au niveau du tibia, leur étude tente de la décrire avec le plus de précision possible, c'est une réelle avancée pour l'époque (7). Blazina *et al.*, vont en 1962 s'intéresser à la prévention des facteurs de risque dans le traitement des fractures de fatigue (8). Enfin, Pepper *et al.*, proposent en 2006 un article descriptif très complet et précis de la fracture de fatigue (2).

### 1.2.2. Définition

La fracture de fatigue est observée chez les athlètes, professionnels comme amateurs. Elle survient lorsque les contraintes appliquées sur l'os sont supérieures à la capacité de l'os à résister et à guérir de ces contraintes. Ces contraintes proviennent la plupart du temps de chocs répétés des membres inférieurs au niveau du sol créant des microfissures à l'intérieur de l'os. Pour se défendre et garder sa structure intacte, la structure osseuse va produire de l'os de part et d'autre des microfissures par un phénomène appelé remodelage ciblé. Cette production osseuse est très rapide pour empêcher la propagation de la microfissure, cependant, cet os nouvellement formé n'est pas encore solide, il est très poreux et risque de se fracturer s'il est soumis à des contraintes importantes. Il ne sera solide qu'une fois minéralisé par les ostéoblastes (9, 10).

### 1.2.3. Épidémiologie

L'incidence des blessures de surmenage du coureur est en augmentation ces dernières années du fait de l'augmentation de la pratique de la course à pied, de plus en plus populaire depuis les années 1970 (11). Une étude de Bennell *et al.*, en 1996 rapporte une incidence des fractures de fatigue de 21% sur 111 sportifs pratiquant l'athlétisme après un suivi de douze mois (12). Concernant les militaires, des études révèlent l'apparition de

fractures de fatigue chez les jeunes recrues, pouvant s'expliquer par le fait qu'elles augmentent de façon très importante leur niveau d'activité physique tandis que leur corps n'y est pas préparé (13, 14). Cette incidence semble toutefois baisser une fois que les recrues se sont adaptées au programme d'entraînement (15).

Il existe une différence entre les hommes et les femmes concernant l'incidence des fractures de fatigue, que ce soit sur une population de sportifs ou de militaires. L'incidence de la fracture de fatigue est de 9,7% chez l'athlète féminin contre seulement 6,5% chez l'athlète masculin. Pour une population de militaires, l'incidence est de 3% chez les hommes et de 9,2% chez les femmes selon Wentz *et al* (16). Bennell *et al.*, quant à eux retrouvent une différence hommes-femmes chez les athlètes mais pas chez les militaires. Cette différence peut s'expliquer de la manière suivante : les militaires ont les mêmes entraînements quel que soit le sexe tandis que les entraînements des sportifs tiennent davantage compte de cette différence (17). Cette notion n'est donc à ce jour pas clairement définie même si au vu des facteurs de risque, la femme est plus à risque que l'homme.

Les membres inférieurs sont majoritairement touchés par les fractures de fatigue, représentant jusqu'à 95% de l'ensemble de ces blessures. Le tibia est la localisation anatomique la plus touchée par la fracture de fatigue, suivi par les os du tarse, les métatarsiens, le fémur et la fibula (17).

#### 1.2.4. Physiopathologie

Le tissu osseux est composé macroscopiquement de l'os fibreux et de l'os lamellaire. Le premier est retrouvé chez les nouveaux nés ou à l'âge adulte en cas de remodelage ciblé. Le second résulte de la maturation du premier. Il est plus organisé et contient du collagène, lui conférant la propriété d'anisotropie c'est-à-dire qu'il présente des caractéristiques différentes selon l'orientation dans l'espace. L'os lamellaire est composé à 20% par l'os trabéculaire et à 80% par l'os cortical. L'os trabéculaire est principalement présent au niveau de la partie centrale de l'os, majoritaire au niveau des métaphyses des os longs. Il est constitué d'ostéons incomplets en arches, orientés pour résister aux contraintes. L'os cortical est quant à lui présent en périphérie de l'os et est majoritaire au niveau des diaphyses des os longs, il est constitué d'ostéons disposés en lamelles concentriques formant le système haversien. C'est au sein de ces canaux qu'est contenu l'ensemble du réseau neurovasculaire de l'os.

L'os cortical est caractérisé par une porosité inférieure et un renouvellement plus lent par rapport à l'os trabéculaire. Les fractures de fatigue se produisent majoritairement au niveau de l'os cortical (1, 18).

L'os est composé de trois types de cellules différents : l'ostéoblaste, l'ostéoclaste et l'ostéocyte.

Il est constitué à 60% par la phase minérale principalement par les cristaux d'hydroxyapatite responsables de la force de compression de l'os, 35% par la phase organique avec le collagène de type I responsable de la force de traction de l'os, et 5% par de l'eau (9, 19).

Selon la loi de Wolff, l'os a un remodelage cellulaire et moléculaire en réponse aux contraintes mécaniques qui lui sont appliquées, rendant l'os plus fort avec le temps. Ce remodelage est fonction de caractéristiques extrinsèques, liées aux contraintes comme le nombre, la fréquence, le degré, la vitesse et la durée de ces contraintes. Il varie également en fonction de caractéristiques intrinsèques comme l'âge, le sexe, l'ethnie, l'état métabolique et nutritionnel, la phase du cycle menstruel ainsi que le niveau de forme physique (2). La susceptibilité de l'os à se fracturer sous des contraintes sous maximales est liée à la structure cristalline et à l'orientation du collagène. La contrainte peut, sous certaines vitesses de déformation, provoquer une accumulation progressive de microfissures, c'est l'amorçage de la fissure. Lorsque cela se produit, soit l'os arrive à se réparer assez rapidement pour combler cette fissure évitant ainsi le retentissement à long terme ; soit le remodelage osseux n'est pas assez performant, laissant s'agrandir la fissure et créant *in fine* une fracture de fatigue (1). Il existe un remodelage ciblé permettant d'agir directement sur l'endroit le plus fragilisé permettant une nouvelle formation osseuse aux extrémités de la fissure empêchant sa propagation. Cependant, ce remodelage osseux crée un os fibreux, poreux et très fragile, il ne sera solide qu'une fois minéralisé par les ostéoblastes (20).

Il est important de différencier les fractures de fatigue et les fractures par insuffisance osseuse. La première résulte de contraintes anormales sur un tissu osseux ayant une résistance élastique normale tandis que la seconde résulte de contraintes normales sur un tissu osseux dont les résistances élastiques sont diminuées. Classiquement, les fractures de fatigue touchent principalement les sportifs alors que les fractures par insuffisance osseuse touchent préférentiellement les personnes âgées au niveau des vertèbres, du sacrum ou encore du col du fémur (19, 21).

### 1.2.5. Facteurs de risque

Deux types de facteurs de risque sont distingués dans la littérature, les facteurs de risque extrinsèques et les facteurs de risque intrinsèques.

Les facteurs de risque extrinsèques sont les suivants :

- Les modalités d'entraînement. Plus le volume d'entraînement est élevé, plus le risque de développer une fracture de fatigue est élevé (22). De plus, un temps de récupération insuffisant, des changements rapides dans la durée, la fréquence ou encore l'intensité sont des facteurs de risque (2, 23, 24).
- Le chaussage. Il est responsable de l'absorption des chocs et permet un meilleur contrôle de la cheville et du pied lors de la course à pied, une étude a montré une augmentation des risques de blessure après une durée de vie de six mois pour une chaussure mais cela dépend de la fréquence et de la longueur des sorties (25).
- Le type de sport. Au sein même des coureurs à pied par exemple, les sprinteurs ont une plus grande prédisposition à subir une fracture de fatigue au niveau des os du pied tandis que les coureurs de fond subissent des fractures de fatigue au niveau des os longs notamment le tibia (12).

Les facteurs de risque intrinsèques sont les suivants :

- Le genre. Pour un entraînement d'une intensité et d'une durée équivalentes, les femmes ont de deux à dix fois plus de risques de développer une fracture de fatigue selon une étude de 2015 (26, 27).
- Des antécédents de fracture de fatigue. Le fait d'avoir eu une première fracture de fatigue augmente le risque de récurrence de 5 à 6 fois, plus particulièrement chez les coureuses (24, 28, 29).
- La densité minérale osseuse. Une densité minérale osseuse faible augmentera le risque de développer une fracture de fatigue. La densité minérale osseuse influe sur la géométrie

osseuse. Une étude a montré qu'une densité minérale osseuse faible au niveau de la colonne lombaire et des pieds était un facteur prédictif de fracture de fatigue chez la femme pratiquant l'athlétisme (1, 12).

- La géométrie osseuse. En complément avec les éléments précédents, il a été montré qu'un amincissement cortical du tibia chez les triathlètes ainsi qu'une section transversale plus petite du tibia chez les coureurs constituaient un facteur de risque des fractures de fatigue. Il est admis qu'en moyenne les femmes ont des os plus fins que les hommes, cela pourrait en partie expliquer la prévalence plus importante chez les femmes (30–32).
- Le taux de calcium et de vitamine D. Le calcium est un élément constitutif minéral tandis que la vitamine D contribue à la fois à l'homéostasie du calcium, optimise le renouvellement osseux et contribue à une densité minérale osseuse favorable (1). De nombreuses études ont montré qu'une carence en vitamine D est un facteur de risque de la fracture de fatigue chez la femme (22, 23, 33). Concernant le Calcium, Myburgh *et al.*, ont trouvé une relation inversement proportionnelle entre le taux de calcium et le risque de développer une fracture de fatigue (34), tandis que Bennell *et al.*, n'ont pas trouvé de relation entre ces deux variables (27). Sonnevile *et al.*, ont conclu que l'apport de vitamine D était associé à une diminution de la survenue de la fracture de fatigue chez les adolescentes sportives à haut niveau ou pratiquant un sport à fort impact au sol. Ils n'ont pas trouvé de corrélation entre un apport en calcium et le risque de développer une fracture de fatigue (35).
- La triade de l'athlète féminine. Elle est composée de trois facteurs : les perturbations menstruelles, une faible énergie disponible avec ou sans troubles de l'alimentation ainsi qu'une baisse de la densité minérale osseuse (36, 37).

### 1.2.6. Diagnostic clinique

Le premier signe clinique retrouvé dans la majorité des cas est la douleur. Elle est souvent localisée, avec ou sans gonflement. Elle apparaît d'abord à la fin de l'entraînement sportif puis de plus en plus tôt au fur et à mesure du temps. La douleur est accentuée par des charges répétitives. Il peut exister une aggravation des symptômes avec une douleur présente d'abord à la marche puis au repos (3, 9). La douleur est très souvent retrouvée à la palpation

du site anatomique ainsi qu'à la percussion, même à distance de la fracture (38, 39). Il existe de nombreux tests pour diagnostiquer la fracture de fatigue en fonction de la localisation ainsi que de la gravité :

- Le Hop Test ou signe du « cloche-pied », principalement utilisé pour les fractures de fatigue du tibia, est positif lorsque le patient décrit une douleur précise et intense (40).
- Le Fulcrum Test est décrit pour diagnostiquer les fractures de fatigue du fémur ainsi que du tibia. Il consiste à appliquer une force de flexion sur l'extrémité d'un os tout en créant un point d'appui au milieu de celui-ci (41).
- Le test du diapason consiste à appliquer un diapason en vibration dans le but de provoquer une douleur sur le site anatomique de la suspicion de fracture (42).
- Le Flamingo Test ou stand on one leg and hop est un test utilisé notamment pour diagnostiquer les fractures de fatigue au niveau du sacrum. Il est positif si une douleur est présente lors de l'appui unipodal et du saut (41).

Les diagnostics différentiels sont nombreux. Il peut s'agir d'une tendinopathie, d'un syndrome des loges, d'un syndrome de compression vasculaire ou nerveuse (43). La périostite est le diagnostic différentiel le plus souvent rencontré dans le cas des fractures de fatigue. La périostite se distingue de la fracture de fatigue de par une douleur diffuse au niveau du bord postéromédial du tibia sur environ dix centimètres et l'absence d'œdème (44).

### 1.2.7. Diagnostic par imagerie

La radiographie standard est utilisée en première intention lorsqu'il y a suspicion de fracture de fatigue du fait de sa grande accessibilité et de son faible coût, elle peut être aussi utilisée pour confirmer un diagnostic. Cependant, dans les deux premières semaines après l'apparition des douleurs, un œdème osseux se forme mais il n'est visible à la radiographie standard uniquement qu'à partir de la troisième semaine (21, 45). La radiographie standard a donc une mauvaise sensibilité en période initiale puis elle augmente ensuite (46).

L'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) est considérée comme le Gold Standard pour le diagnostic de la fracture de fatigue. Elle possède une très bonne sensibilité et une excellente spécificité. L'IRM permet de détecter les microfissures avant son apparition sur les radiographies standards et également l'œdème périosté associé (9, 47). Elle présente également l'avantage de ne pas émettre de radiation.

La tomographie assistée par ordinateur ou tomodensitométrie est utilisée chez les patients claustrophobes, ceux ayant des implants métalliques ou les patients présentant des fractures de fatigue à haut risque (9, 40, 48). Elle possède une sensibilité moyenne ainsi qu'une excellente spécificité. Elle a la capacité de différencier les fractures incomplètes ou complètes, cependant elle expose à plus d'irradiation que la radiographie standard. Elle est moins chère que l'IRM mais possède une sensibilité inférieure (39).

La scintigraphie osseuse peut aussi être utilisée pour diagnostiquer les fractures de fatigue. Elle s'avère particulièrement utilisée dans le cas d'un patient présentant de multiples fractures de fatigue ou pour différencier la fracture de fatigue de la périostite tibiale. La scintigraphie osseuse a une sensibilité comparable à l'IRM mais une moins bonne spécificité. (38, 40, 41).

Les ultrasons en tant qu'aide au diagnostic ont fait l'objet d'études aux résultats controversés. C'est pourquoi ils ne sont pas utilisés de manière systématique dans la détection de ce genre de pathologie (9, 40, 41).

### 1.2.8. Classification

La distinction entre les fractures de fatigue à faible risque et à haut risque est importante vis-à-vis de la prise en charge et du retour au sport. Les fractures de fatigue à haut risque comprennent celles qui risquent de progresser vers une fracture complète avec risque de non consolidation, voire une pseudarthrose, celles nécessitant une intervention chirurgicale ou encore celles qui nécessitent une longue période de décharge. Les fractures ne nécessitant pas d'intervention chirurgicale, celles qui permettent une mise en charge totale, celles qui n'ont pas de risques importants de récurrence et de complications sont considérées comme à faible risque (3, 49). Les localisations de ces deux types de fractures de fatigue sont résumées dans un tableau (Tab I).

Tableau I : Localisations des fractures de fatigue à haut et bas risque

Fractures de fatigue à haut risque	Fractures de fatigue à bas risque
Col fémoral	Diaphyse fémorale
Partie antérieure du tibia	Partie médiale du tibia
Naviculaire	Fibula
Col du talus	Calcaneus
5 <sup>ème</sup> métatarsien	1 <sup>er</sup> , 2 <sup>ème</sup> , 3 <sup>ème</sup> , 4 <sup>ème</sup> métatarsien
Sésamoïde du 1 <sup>er</sup> métatarsien	
Malléole médiale	

Fredericson a décrit une classification en 5 grades basée sur l'IRM. Initialement décrite pour le tibia, elle est maintenant reprise pour toutes les localisations :

- Grade 0 : normal
- Grade 1 : œdème du périoste sans anomalie de la médullaire osseuse
- Grade 2 : œdème du périoste et de la médullaire osseuse visible seulement sur les séquences T2
- Grade 3 : œdème du périoste et de la médullaire osseuse visible sur les séquences T2 et T1
- Grade 4 : œdème du périoste et de la médullaire osseuse visible sur les séquences T2 et T1 ainsi qu'une ligne de fracture visible (50).

### 1.2.9. Traitement

Le traitement des fractures de fatigue à faible risque décrit par Andrich se déroule en deux phases. La première phase est consacrée à l'antalgie avec par exemple l'utilisation du froid ou de traitements médicamenteux à visée antalgique. L'utilisation d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) n'est cependant pas conseillée ou dans une utilisation très ponctuelle puisqu'ils auraient des effets néfastes au niveau de la consolidation osseuse (51). Les activités sportives sont proscrites, par contre la participation aux activités de la vie quotidienne est autorisée. Des activités à très faible impact osseux sont recommandées pour entretenir la capacité aérobie (vélo, natation, etc). La deuxième phase du traitement débute deux semaines après que le sujet n'ait plus de douleur au repos, le sportif coureur peut recommencer la course à une allure diminuée de moitié par rapport à son rythme habituel, seulement un jour sur deux



initialement. Puis progressivement, il augmentera son volume de course à pied sur une durée de trois à six semaines (52). Concernant les fractures de fatigue à haut risque, les grades 1 et 2 peuvent être traités de manière non chirurgicale avec une période initiale sans appui autorisé ainsi qu'une immobilisation. Pour les grades 3 et 4, une opération chirurgicale est nécessaire et le traitement est semblable à celui d'une fracture (3, 53).

Un délai de retour au sport de treize semaines pour les fractures de fatigue à bas risque et de 23 semaines pour les fractures de fatigue à haut risque a été retrouvé dans la littérature (54, 55). Parallèlement à cette différenciation, si l'on ajoute le grade en différenciant grade bas (grade 1 et 2) et haut grade (grade 3 et 4), nous arrivons sur des données légèrement différentes. Les fractures de fatigue à bas risque et grade bas ont un délai de retour au sport d'environ huit semaines. Pour les fractures de fatigue à bas risque et haut grade ainsi que pour les fractures de fatigue à haut risque et quel que soit le grade, le temps de retour au sport est d'environ vingt semaines (54). Ces temps de retour au sport ne sont représentatifs que de quelques centaines de cas, il se peut donc que ce délai soit plus court avec un même traitement pour un sujet différent compte tenu de ses facteurs de risque.

Avec un temps de retour au sport long, le sportif perdra ses repères qui lui ont été longs, voire très longs à acquérir. Plus le temps passé avant la reprise au sport est long, plus le temps nécessaire au sportif pour retrouver ses repères sera long. Cela va créer une perte des performances combinée à cette perte de repères. Si ce temps est très long, il peut même y avoir un phénomène de dépression si ce sportif a des échéances de compétitions et qu'il ne pourra pas être à 100% lors de celles-ci (56, 57). Concernant le militaire, la part psychologique sera elle aussi présente car il s'est engagé pour servir la nation, cependant, le temps de sa blessure, il ne peut plus accomplir cette mission de service public. Le phénomène de perte des repères est lui aussi présent puisqu'il ne sera pas allé au combat pendant le temps de convalescence, il aura donc perdu des habitudes et réflexes qu'il va devoir réapprendre une fois de retour sur le terrain.

En tant que kinésithérapeutes, nous pouvons nous demander quel pourrait être notre rôle pour diminuer ce temps de retour au sport. Les agents électrophysiques ou Electrophysical agents en anglais, sont « les modalités qui administrent l'énergie thermique, mécanique, électrique ou lumineuse au patient pour fournir des effets physiologiques et des avantages thérapeutiques. Les physiothérapeutes les utilisent comme compléments à d'autres

techniques de traitement et de gestion dans la plupart des situations » selon la définition de Physiopedia (4). Or, l'utilisation de ceux-ci pour diminuer ce temps de retour au sport a fait l'objet d'une publication en 2009 dont les conclusions ne révélaient pas d'accélération de la guérison dans les articles sélectionnés et déploraient un manque d'études de haute qualité (5). Nous allons donc nous intéresser à l'action de ces agents électrophysiques sur les fractures de fatigue avec les données scientifiques actuelles. Dans notre revue, nous nous intéressons à l'utilisation des ultrasons, des champs électromagnétiques, du laser ainsi que des ondes de chocs.

Les ultrasons pulsés de basse intensité (*LIPUS* en anglais pour *low-intensity pulsed ultrasound*), sont une source d'énergie mécanique délivrée sous forme d'onde sonore inaudible par l'Homme. Le *LIPUS* sert d'agent thérapeutique non invasif à la cicatrisation des fractures. Les ondes administrées par le *LIPUS* induiraient un stress mécanique au sein de la fracture, aboutissant à la stimulation de diverses réponses moléculaires et cellulaires impliquées dans la cicatrisation des fractures (58, 59).

L'utilisation de la stimulation électromagnétique se divise en deux utilisations différentes : les champs électriques couplés de manière capacitive (*CCEF* en anglais) et les champs électromagnétiques pulsés (*PEMF* en anglais). Le premier consiste à faire passer un courant électrique entre deux électrodes placées à deux endroits opposés (60) ; tandis que le deuxième génère un champ qui va induire un champ électrique à l'intérieur du site de fracture (61). Le *CCEF* est capable de fonctionner sur batterie tandis que le *PEMF* doit être branché à une prise de courant en permanence, c'est pourquoi, notre recherche va se restreindre à l'utilisation du *CCEF*.

Le laser de faible puissance (LLLT Low Level Laser Therapy) émet différents niveaux de lumière, cette lumière serait absorbée par les mitochondries, ce qui augmenterait la production de cellules énergétiques aboutissant à la guérison des tissus environnants. C'est une alternative non médicamenteuse qui comporte toutefois des contre-indications comme la grossesse, l'épilepsie, le cancer ainsi que les problèmes de thyroïde. Cette thérapeutique pourrait aider à la régénération tissulaire, réduire l'inflammation ainsi que diminuer la douleur (62).

Les ondes de chocs extracorporelles sont indiquées dans le traitement des fractures de fatigue chroniques. Ce sont des ondes acoustiques créées par un percuteur disposé sur une lentille, servant de diffuseur. Ce traitement aurait pour effet de stimuler le remodelage osseux, stimuler la formation des ostéoblastes, du périoste ainsi que de favoriser la néo vascularisation. Le ISMST (International Society for Medical Shockwave Treatment) recommande l'utilisation des ondes de chocs dans le traitement des fractures de fatigue avec un haut niveau de preuve (63, 64).

Les agents électrophysiques présentent-ils un intérêt sur la douleur, le temps de retour au sport et la consolidation osseuse chez les athlètes ou les militaires victimes de fracture de fatigue du membre inférieur ?

Nous émettons l'hypothèse que les agents électrophysiques présentent un intérêt pour les athlètes et les militaires victimes de fracture de fatigue du membre inférieur, sur la douleur, le temps de retour au sport et la consolidation osseuse.

## **2. MATERIEL ET METHODE**

### **2.1. Stratégie de recherche documentaire**

Afin de définir l'intérêt des agents électrophysiques adjuvants dans le traitement des fractures de fatigue sur la douleur, le temps de retour au sport et la consolidation osseuse, nous avons interrogé les différentes bases de données bibliographiques suivantes :

- Medline
- Cochrane Library
- ScienceDirect
- PEDro (Physiotherapy Evidence Database)
- Kinédoc

Nous avons également interrogé le moteur de recherche « GoogleScholar » ainsi que les sites internet des revues « Kinésithérapie Actualité » et « Kinésithérapie Scientifique » et « Kinésithérapie la Revue ».

Les mots de recherche utilisés dans les différentes bases de données sont résumés dans un tableau (Tab. II).

Tableau II : Synthèse des mots clés utilisés selon les bases de données

Bases de données	Mots clés
PubMed / Cochrane Library	stress fracture, bone stress reaction, fatigue fracture, physiotherap*, electric field, laser, ultrasound, LIPUS, shockwave
ScienceDirect / Google Scholar	stress fracture, electric fields, low level laser therapy, low intensity pulsed ultrasound, shockwave
PEDro (Physiotherapy Evidence Database)	stress fracture
Kinédoc / Kiné Scientifique / Kiné actualité / Kinésithérapie la Revue	fracture de fatigue

Certains termes sont issus d'un thésaurus (MESH pour Medline) : stress fracture, fatigue fracture, physiotherap\*, laser. Nous avons utilisé une équation de recherche pour les bases de données PubMed et CochraneLibrary. Elle a été construite à partir des mots clés que nous avons déterminés comme étant pertinents pour répondre à notre question de recherche. Dans le cas où un mot clé ne suffisait pas pour une même expression, nous avons utilisé d'autres mots clés en utilisant l'opérateur booléen « OR ». Nous avons également utilisé l'opérateur booléen « AND » pour inclure à la fois les fractures de fatigue et toutes techniques physiothérapeutiques incluses dans la revue. Les recherches ont été effectuées dans le texte entier, nous n'avons pas restreint la recherche au titre et abstract.

Voici l'équation type pour une recherche sur Medline : ("stress fracture" OR "bone stress reaction" OR "fatigue fracture") AND ("physiotherap\*" OR "electric fields" OR "laser" OR "ultrasound" OR "LIPUS" OR "shockwave" OR "Extracorporeal Shock Wave Therapy" OR "ESWT"). Nous avons obtenu 79 résultats sur **PubMed** et 17 sur **CochraneLibrary**.

Concernant **ScienceDirect**, nous avons utilisé les mêmes mots clés, cependant nous avons décomposé l'équation de recherche puisque ce moteur de recherche ne permet pas d'associer plus de 3 expressions dans la même recherche. Nous avons donc procédé de la

manière suivante en recherchant d'abord : "stress fracture" AND "electric fields", équation pour laquelle nous avons eu 127 résultats. Ensuite, nous avons recherché : "stress fracture" AND "low level laser therapy", pour un total de 57 résultats. Nous avons ensuite recherché : "stress fracture" AND "shockwave", où nous avons obtenu 122 résultats. Enfin nous avons recherché : "stress fracture" AND "low intensity pulsed ultrasound", pour un total de 71 résultats. Nous avons donc obtenu 377 résultats sur le moteur de recherche ScienceDirect

Pour le moteur de recherche **PEDro** ainsi que pour **Kinédoc**, **Kinésithérapie Scientifique**, **Kinésithérapie la Revue** et **Kinésithérapie Actualité**, nous avons utilisé les mots clés décrits dans le Tableau II. Nous avons obtenu 17 résultats sur PEDro, 28 résultats sur Kinédoc, 39 résultats sur KinéScientifique, 21 résultats sur Kinésithérapie la Revue, 15 résultats sur Kinésithérapie Actualité. Concernant **Google Scholar**, nous avons décidé de ne pas inclure ces résultats trouvés car le nombre de réponses est beaucoup trop élevé quelles que soient les équations de recherche que nous avons proposées. Nous avons donc recensé, à l'aide des différents moteurs de recherches, un total de **593 résultats**.

Un récapitulatif de ces résultats de notre recherche bibliographique est présent dans un tableau (Tab III).

Tableau III : Résultats trouvés avec les différentes bases de données

Base de données	Equation de recherche	Nombre de résultats
<b>PubMed</b>	("stress fracture" OR "bone stress reaction" OR "fatigue fracture") AND ("physiotherap*" OR "electric fields" OR "laser" OR "ultrasound" OR "LIPUS" OR "shockwave" OR "Extracorporeal Shock Wave Therapy" OR "ESWT")	79
	("stress fracture" OR "bone stress reaction" OR "fatigue fracture") AND ("physiotherap*" OR "electric fields" OR "laser" OR "ultrasound" OR "LIPUS" OR "shockwave" OR "Extracorporeal Shock Wave Therapy" OR "ESWT")	19
<b>Science Direct</b>	"stress fracture" AND "electric fields"	127
	"stress fracture" AND "low level laser therapy"	57
	"stress fracture" AND "shockwave"	122
	"stress fracture" AND "low intensity pulsed ultrasound"	71

<b>PEDro</b>	Stress fracture	17
<b>Kinedoc</b>	Fracture de fatigue	28
<b>Kiné Scientifique</b>	Fracture de fatigue	39
<b>Kinésithérapie la Revue</b>	Fracture de fatigue	21
<b>Kinésithérapie Actualité</b>	Fracture de fatigue	15

La recherche bibliographique s'est étendue de 2019 jusqu'au 31 mars 2020.

## 2.2. Méthode de sélection des articles

Les critères de jugement principaux sont la douleur, le temps de retour au sport ainsi que la consolidation osseuse. Le critère de jugement secondaire est le temps de retour aux activités de la vie quotidienne.

Les agents électrophysiques sont les ultrasons, les champs électromagnétiques, le laser et les ondes de chocs.

Les critères d'inclusion sont les suivants :

- Résumé incluant les principaux mots clés
- Langues : français ou anglais
- Population d'athlètes amateurs ou professionnels
- Population de militaires
- Fracture de fatigue diagnostiquée par la clinique ou par l'imagerie
- Au moins un critère de jugement principal
- Au moins un agent électrophysique dans le traitement

Les critères de non inclusion sont les suivants :

- Méta-analyse ou revue de la littérature
- Population ne pratiquant pas de sport

Nous avons réalisé une fiche de lecture pour chaque article inclus à partir de celle proposée par l'IFMK de Nancy. Ces fiches de lecture sont disponibles en annexe (ANNEXE I). Nous avons réalisé une analyse des risques de biais que nous avons résumée dans un tableau (Tab. VIII).

### **3. RESULTATS**

Suite à nos recherches sur les différentes bases de données citées précédemment, seize articles ont été retenus pour l'analyse du texte intégral. Suite à la lecture de ces textes en intégralité, quatorze articles ont été sélectionnés en tenant compte des critères d'exclusion. Les étapes de sélection des articles ont été synthétisées à l'intérieur d'un diagramme de flux (Fig.1)

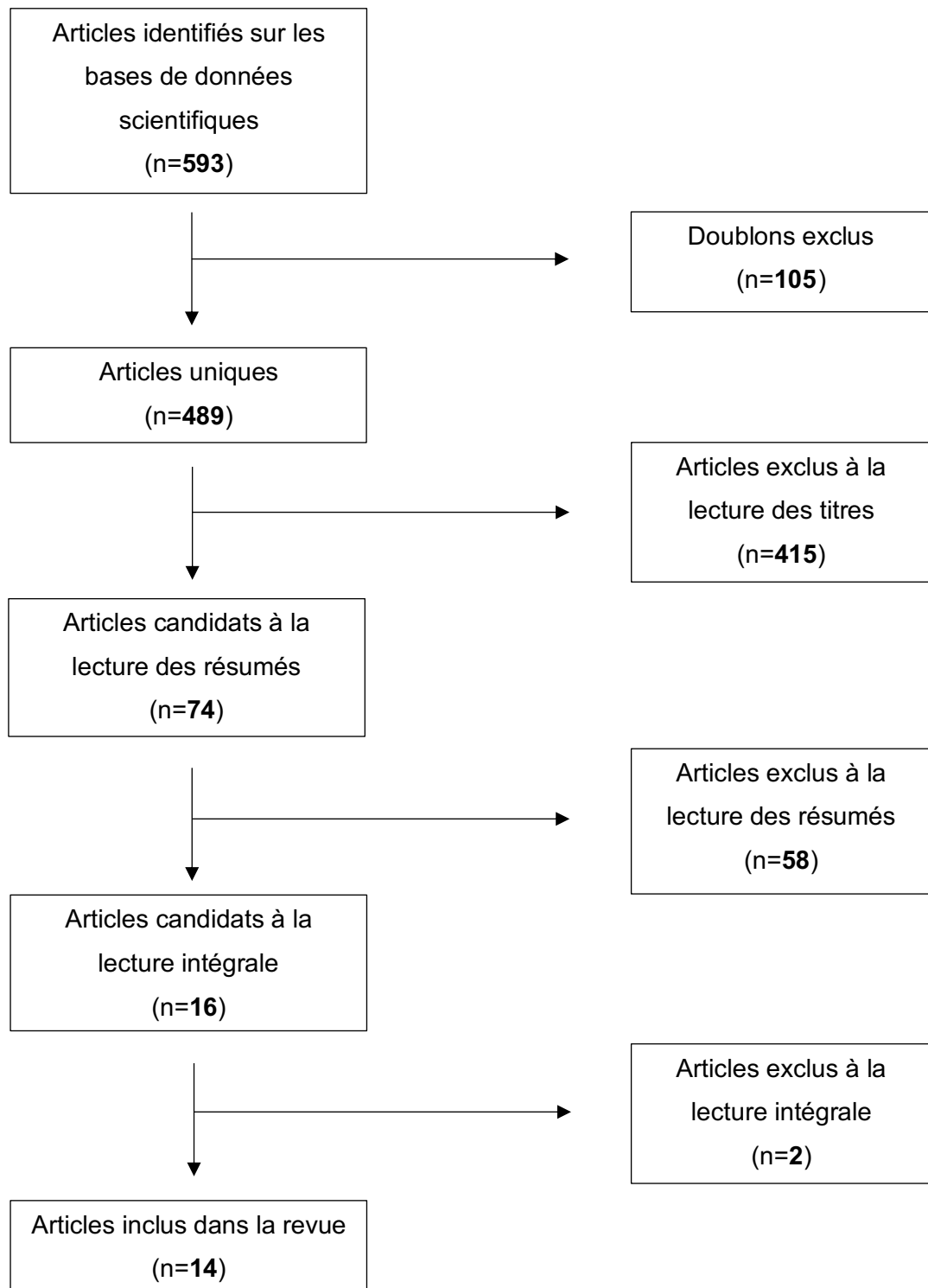


Figure 1 : Diagramme de flux

Ces quatorze articles peuvent être divisés en quatre groupes puisqu'ils étudient l'effet d'un agent électrophysique différent. Ainsi, nous avons recensé huit articles relatant les effets



des ultrasons, deux traitant des champs électromagnétiques, un s'intéressant au laser et trois traitant des ondes de chocs. Il est à noter que cinq articles de cette revue sont communs avec la revue de Needle datant de 2009 (5). Les études retenues dans notre revue sont présentées dans un tableau. (Tab. IV). Un niveau de preuve selon l'échelle de la Haute Autorité de Santé ainsi qu'un le score PEDro ont été attribués à chacun des articles. Le descriptif de l'attribution du score PEDro de chacun des articles est disponible en annexe (ANNEXE II).

Tableau IV : Tableau synthétique de l'ensemble des références sélectionnées

Auteur(s)	Année	Type d'étude	Score PEDro	Niveau de preuve (HAS)	Population	Technique physiothérapeutique
Gan <i>et al.</i>	2014	ECR	6	2	23	Ultrasons
Rue <i>et al.</i>	2004	ECR	4	2	26	Ultrasons
Yadav <i>et al.</i>	2008	ECR	7	2	67	Ultrasons
		Essai				
Yadav	2000	contrôlé non randomisé	2	4	75	Ultrasons
Brand <i>et al.</i>	2009	Série de cas	2	4	9	Ultrasons
Uchiyama <i>et al.</i>	2007	Série de cas	2	4	5	Ultrasons
Jansen	1998	Étude de cas	1	4	1	Ultrasons
Manzer	2013	Étude de cas	1	4	1	Ultrasons
Beck <i>et al.</i>	2008	ECR	7	2	44	Électromagnétique
Benazzo <i>et al.</i>	1995	Série de cas	2	4	21	Électromagnétique
Chauhan <i>et al.</i>	2006	ECR	4	2	68	Laser
Taki <i>et al.</i>	2007	Série de cas	2	4	5	Ondes de chocs
Albisetti <i>et al.</i>	2009	Série de cas	2	4	19	Ondes de chocs
Moretti <i>et al.</i>	2009	Série de cas	2	4	10	Ondes de chocs

HAS : Haute Autorité de Santé

Parmi les 14 articles composant la revue, 5 sur 14 sont des ECR, 1 sur 14 est un essai contrôlé non randomisé, 6 sur 14 sont des séries de cas, 2 sur 14 sont des études de cas. De plus, 5 ont un niveau de preuve 2, 9 ont un niveau de preuve 4, aucune étude n'a un niveau

de preuve 1 et 3, selon la grille de la Haute Autorité de Santé. Ces données sont synthétisées dans les graphiques ci-dessous (fig. 2 et 3).

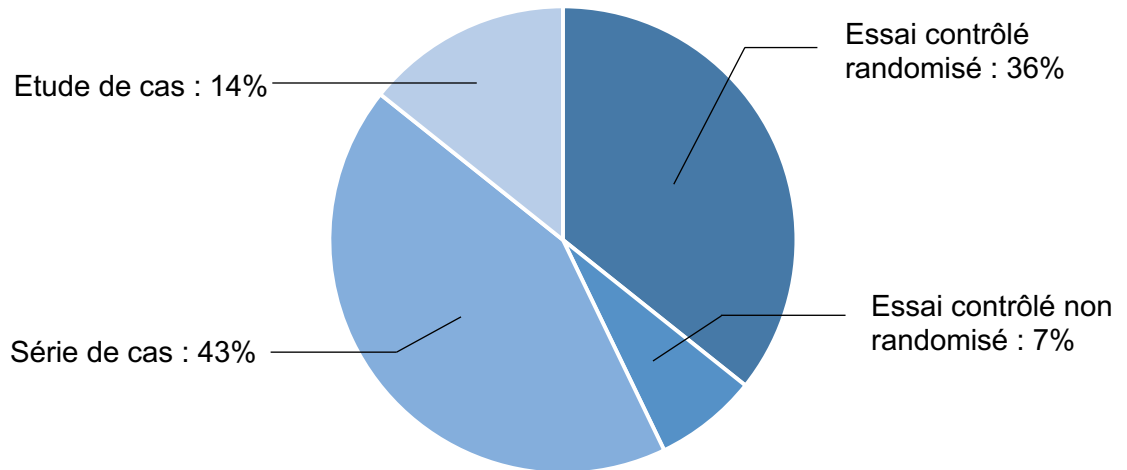


Figure 2 : Graphique représentant la nature des références sélectionnées

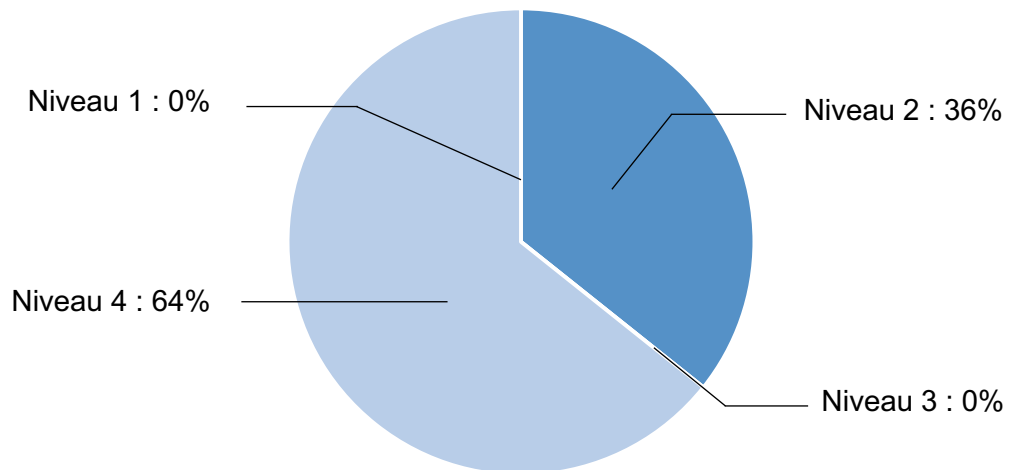


Figure 3 : Graphique représentant les niveaux de preuve des articles

La population ainsi que les critères de jugement sont présentés dans un tableau (Tab V).

Tableau V : Population et critères de jugement utilisés

Auteurs	Population	Groupe test	Groupe contrôle	Paramètres cliniques	Paramètres radiologiques
Gan <i>et al.</i>	23 (4 H, 19F)	10	13	6 (douleur nocturne, au repos, à la marche, à la course, à la palpation, saut unipodal)	1 (IRM)
Rue <i>et al.</i>	26 H	14	12	2 (douleur à la palpation et au saut unipodal)	1 (radiographie)
Yadav <i>et al.</i>	67	39	28	3 (douleur, fulcrum test, saut unipodal)	0
Yadav	75	43	32	3 (douleur, fulcrum test, saut unipodal)	0
Brand <i>et al.</i>	9 (3 H, 6 F)	9	-	2 (douleur, stepdowns en 1 min)	0
Uchiyama <i>et al.</i>	5 (4 H, 1 F)	5	-	1 (douleur)	2 (scintigraphie, radiographie)
Jensen	1 H	1	-	1 (douleur)	1 (radiographie)
Manzer	1 F	1	-	3 (équilibre unipodal, course à pied, saut)	0
Beck <i>et al.</i>	44 (20 H, 24 F)	23	21	4 (douleur, marche, course à pied, saut)	1 (IRM)
Benazzo <i>et al.</i>	21 (17 H, 4 F)	21	-	1 (douleur)	2 (radiographie, scintigraphie)
Chauhan <i>et al.</i>	68 H	34	34	2 (douleur, marche)	0
Albisetti <i>et al.</i>	19 (9 H, 10 F)	19	-	1 (douleur)	1 (IRM)
Moretti <i>et al.</i>	10 H	10	-	1 (douleur)	1 (radiographie)
Taki <i>et al.</i>	5 (4 H, 1 F)	5	-	1 (douleur)	1 (radiographie)

H = hommes ; F = femmes

### 3.1. Analyse du rôle des ultrasons

Nous allons commencer par comparer les différents résultats trouvés par les auteurs s'intéressant aux ultrasons. Nous avons huit articles, dont trois ECR, un essai contrôlé, deux séries de cas et deux études de cas. Les paramètres d'administration des ultrasons sont synthétisés dans un tableau (Tab. VI). La population et les critères de jugement sont consultables dans un tableau récapitulatif (Tab. V).

Tableau VI : Paramètres des ultrasons

Auteurs	Fréquence (MHz)	Intensité (W/cm <sup>2</sup> )	Durée d'application (min)	Nombre d'applications
Gan <i>et al.</i>	1,5	0,3	20	28
Rue <i>et al.</i>	-	-	20	1 fois par jour jusqu'à guérison
Yadav <i>et al.</i>	3	1	10	1 fois par jour jusqu'à guérison
Brand <i>et al.</i>	1,5	0,3	20	20
Uchiyama <i>et al.</i>	1,5	0,3	20	1 fois par jour jusqu'à guérison
Jensen	-	-	20	3 fois par jour jusqu'à guérison
Manzer	3	0,8	20	20

Gan *et al.*, ont, dans un ECR en double aveugle, évalué l'efficacité des ultrasons dans le traitement des fractures de fatigue du membre inférieur dans la population civile. La population se compose de 23 sportifs souffrant de fractures de fatigue du bord postéro-médial du tibia, de la fibula et du 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> ou 4<sup>ème</sup> métatarsien diagnostiquées par IRM. Le double aveugle repose sur le fait que les sujets du groupe placebo ont reçu un appareil factice identique en poids et en apparence. Les deux groupes ont un nombre équivalent de sujets par localisation de fracture, l'âge est sensiblement identique également. Il s'agit de fractures de fatigue à bas risque, incluant des grades 2, 3 et 4, avec une moyenne de 3,4 et 3,2 respectivement dans le groupe traitement et placebo. Le traitement a duré quatre semaines et les conclusions de l'article s'appuient sur des paramètres cliniques et radiologiques réalisés

après douze semaines. Aucune différence statistiquement significative n'a été retrouvée à la fois pour les paramètres cliniques et radiologiques entre les deux groupes après douze semaines. Les fractures de fatigue se sont consolidées dans les deux groupes après trois mois de traitement (65).

Rue *et al.*, ont, à travers leur ECR en double aveugle, évalué l'effet des ultrasons sur une population de 26 militaires. Les sujets souffrent de fractures de fatigue du tibia. Le double aveugle est réalisé grâce à l'utilisation d'un appareil non fonctionnel. Les deux groupes sont comparables sur l'âge, le sexe et le délai entre l'apparition des symptômes et le diagnostic. Il aurait été intéressant de connaître la localisation exacte de la fracture de fatigue tibiale ainsi que son grade sachant que ces indicateurs auront un impact sur le délai de reprise du sport de dix semaines en moyenne. Des informations sont donc manquantes pour savoir si les groupes sont comparables. Il aurait également été intéressant de connaître les paramètres des ultrasons afin de pouvoir les comparer avec ceux des autres études. Il y a une grande disparité dans le nombre de jours symptomatiques qui varient de 20 à 90. Aucune différence statistiquement significative n'a été retrouvée sur le nombre de jours de traitement ainsi que sur le temps de retour au combat entre les deux groupes (66).

Yadav *et al.*, ont quant à eux rapporté l'effet des ultrasons sur la vitesse de guérison d'une fracture de fatigue à travers un ECR en double aveugle. Le double aveugle est réalisé à l'aide d'appareils non fonctionnels, identiques en apparence. La population, composée de 67 sujets, souffre de fracture de fatigue au niveau du tibia. Les auteurs rapportent que les deux groupes ont été appariés concernant l'âge, la taille, le sexe et le délai entre l'apparition des symptômes et le diagnostic sans apporter de données chiffrées. Les auteurs semblent s'intéresser aux fractures de fatigue au niveau de la face antérieure du tibia puisqu'ils évoquent cela dans l'introduction, cependant, la localisation précise des fractures de fatigue n'est pas présente dans l'article. Les fractures de fatigue sont classées selon un grade 2 ou un grade 3. Les différences entre ces deux grades sont que les radiographies standards sont positives pour le grade 3 et négatives pour le grade 2. De plus, le grade 3 indique la présence d'une douleur significative tandis que le grade 2 indique la présence d'une douleur. La différence entre une douleur et une douleur significative n'est pas explicitée. Le fait que la radiographie standard soit positive semble indiquer qu'elle a été réalisée plus tardivement dans le processus de soins. En effet, la radiographie se montre négative pendant une durée de deux semaines. Nous manquons donc de précision pour affirmer que les deux groupes sont

comparables. Des critères cliniques sont privilégiés aux critères radiologiques dans cette étude pour attester de la guérison des sujets. Les résultats montrent une différence statistiquement significative concernant les jours d'incapacité, 25 jours pour le groupe intervention contre 39 jours pour le groupe placebo (67).

Le même auteur avait déjà en 2000 évalué l'efficacité des ultrasons dans le traitement de fractures de fatigue mais leur protocole était moins robuste (68). C'était un essai contrôlé non randomisé sur une population de 75 militaires répartis en deux groupes. Les localisations des fractures de fatigue sont majoritairement au niveau du tibia dans les deux groupes, mais certaines fractures sont localisées au niveau de la fibula ou du fémur. Il aurait été intéressant d'avoir davantage de précision sur la localisation précise de la fracture de fatigue ainsi que sur la démographie de la population. La classification est la même que celle utilisée dans l'article de Yadav *et al.*, en 2008 (67). Les nombreuses informations manquantes ne nous permettent pas de d'affirmer que les groupes sont comparables. Les deux groupes subissent un traitement radicalement différent, le groupe placebo est hospitalisé pour subir un traitement dit traditionnel à base de repos tandis que le groupe expérimental suit un traitement par ultrasons à raison de cinq minutes par jour. Les critères utilisés par les auteurs pour attester de la guérison des sujets sont uniquement cliniques. Les auteurs retrouvent une durée moyenne de traitement de quinze jours pour le traitement par ultrasons contre une hospitalisation de 37 jours en moyenne et une durée totale moyenne du traitement traditionnel de 75 jours. Les sujets du groupe intervention ont subi davantage de récurrence que ceux du groupe placebo. Il est à noter que le nombre de récurrences est élevé par rapport aux autres études présentes dans cette revue. L'auteur conclut néanmoins que les ultrasons sont un traitement sans risque, non invasif et pouvant grandement être bénéfique aux patients souffrant de fractures de fatigue en diminuant le temps de retour à l'entraînement. Cette conclusion semble optimiste au vu des biais existants dans cette étude.

Brand *et al.*, ont étudié l'efficacité d'un traitement par ultrasons sur neuf athlètes souffrant de fracture de fatigue du bord postéro-médial du tibia, du bord antérieur du tibia et du naviculaire. Il existe une hétérogénéité concernant la localisation, les sujets présentent donc potentiellement des temps de retour au sport différents. Il aurait été intéressant de connaître le grade des fractures de fatigue qui détermine ce temps de retour au sport. Aucun groupe contrôle n'est présent dans cette étude, c'est une série de cas, tous les sujets ont ainsi reçu le même traitement. Après le traitement, tous les sujets pratiquaient leur sport au même

niveau qu'avant leur blessure, il n'y a pas eu de récurrence. Les auteurs notent une augmentation statistiquement significative du nombre de *stepdowns* ainsi qu'une diminution statistiquement significative de la douleur après un mois de traitement (69).

Uchiyama *et al.*, ont dans une série de cas étudié l'importance des ultrasons dans le traitement des fractures de fatigue. Cette étude regroupe cinq athlètes souffrant d'une fracture de fatigue de la partie antérieure du tibia confirmée par imagerie, ce sont donc toutes des fractures de fatigue à haut risque. Nous n'avons cependant pas de précision sur le grade de la fracture de fatigue. Ils ont tous subi le même traitement, cette étude est dépourvue de groupe contrôle. Le protocole indique une prise en charge par ultrasons jusqu'à la guérison évaluée grâce à la radiographie standard. Les patients ont repris l'entraînement à 100% après en moyenne trois mois de traitement, les radiographies standards attestant de la consolidation osseuse se sont révélées normales après onze mois de traitement (70).

Les ultrasons ont enfin été utilisés dans deux études de cas pour une gymnaste de haut niveau (71), ainsi que pour un coureur à pied (72). La description du cas dans l'étude de Jensen est très détaillée, nous connaissons les pathologies associées, nous savons qu'elle a une supplémentation en vitamines et une séance de massage par jour en plus du traitement ultrasons. Le suivi du sujet se fait semaine après semaine avec des évaluations de la douleur et des détails sur la reprise progressive du sport. Le traitement lui a laissé une irritation cutanée en réaction au gel pour l'application des ultrasons. Ces informations sont précieuses et n'apparaissent pas dans un ECR où les auteurs font des moyennes dans un souci de synthèse (71). La douleur ainsi que les circonstances d'apparition de la douleur sont très décrites de manière très précise par Manzer, c'est également le seul auteur à utiliser les ultrasons comme diagnostic de la fracture de fatigue, il compare ainsi le temps écoulé avant l'apparition de la douleur avec les ultrasons en mode continu avant et après l'intervention afin de pouvoir comparer (72). Ces deux études de cas ont donc un intérêt plus qualitatif que quantitatif puisqu'il est difficile d'extrapoler ces résultats provenant des deux études de cas.

### **3.2. Analyse du rôle des champs électromagnétiques**

Nous avons deux articles, un ECR et une série de cas. Un article date de 1995 tandis que l'autre date de 2008. La population et les critères de jugement sont consultables dans un tableau récapitulatif (Tab. V).

Beck *et al.*, ont étudié les effets des champs électromagnétiques sur le temps de guérison d'une fracture de fatigue du bord postéromédial du tibia. Ils ont inclus 44 sujets dans un ECR en double aveugle. Les sujets ont été assignés de manière aléatoire en deux groupes ne présentant pas de différences démographiques, hormis un nombre supérieur de femmes dans le groupe intervention. Ils ne présentent pas de différence au niveau de la localisation ni du grade de la fracture de fatigue. Les auteurs utilisent une classification arbitraire pour diviser les fractures de fatigue en quatre grades différents s'appuyant sur des critères cliniques et radiologiques, aboutissant à des grades différents de ceux de la classification de Fredericson. Les deux groupes semblent cependant comparables. Des appareils fonctionnels et non fonctionnels ont été livrés en double aveugle par le fabricant avec les caractéristiques suivantes : un courant sinusoïdal d'une amplitude allant de 3 à 6,3 V, une fréquence de 60 kHz et une intensité de 5 à 10 mA, pour une utilisation maximale de quinze heures par jour. Les auteurs ne retrouvent pas de différence concernant le temps de consolidation entre les deux groupes. Les auteurs notent que les femmes ont un temps de consolidation supérieur aux hommes. Cette différence hommes-femmes est statistiquement significative dans le groupe intervention, pas dans le groupe placebo. Une augmentation du nombre d'heures d'utilisation diminue le temps de consolidation dans les deux groupes, cette relation n'est significative que dans le groupe intervention. Les auteurs notent que les fractures de fatigue de grade 3 ou 4 ont consolidé en moyenne 24 jours plus vite dans le groupe intervention par rapport au groupe placebo, cette relation est significative mais le nombre de sujets avec un grade supérieur à 2 n'est pas assez important pour tirer une conclusion définitive. Enfin, plus les sujets du groupe intervention participent à des activités en charge, plus le temps de consolidation augmente, cette relation n'est pas présente dans le groupe placebo (73).

Benazzo *et al.*, ont, à travers une série de cas, regroupé une population de 21 sujets souffrant de fractures de fatigue du naviculaire, du 2<sup>ème</sup> et du 5<sup>ème</sup> métatarsien, du tibia, de la fibula et du talus. Le grade de ces fractures de fatigue n'est pas indiqué. Les localisations suggèrent à la fois des fractures de fatigue à haut et à bas risques. Il n'y a pas de groupe contrôle, les sujets ont donc tous subi le même traitement. Le temps entre le début des symptômes et le début de la prise en charge par champs électromagnétiques est de 150 jours en moyenne, il s'agit donc de fractures de fatigue chroniques. Les réglages du champ électromagnétique sont les mêmes que ceux l'étude de Beck *et al* (73). Le traitement continue jusqu'à la guérison ou l'amélioration des signes cliniques évaluée par radiographie standard deux fois par semaine ou jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'amélioration à la radiographie standard



sur 3 évaluations consécutives. Le traitement a duré en moyenne 52 jours ; 22 fractures de fatigue ont été consolidées, deux ont été améliorées cliniquement et une n'a pas été consolidée (74).

### 3.3. Analyse du rôle du laser

Concernant le traitement à l'aide du laser, nous avons trouvé un article seulement. C'est un essai randomisé prospectif datant de 2006. La population et les critères de jugement sont consultables dans un tableau récapitulatif (Tab. V).

En effet, Chauhan *et al.*, ont étudié l'effet de la thérapie laser à bas niveau dans le traitement de la fracture de fatigue du tibia sur une population de 68 sujets sportifs répartie aléatoirement en deux groupes. L'étude a été réalisée en simple aveugle, c'est-à-dire que seuls les sujets ne savent pas dans quel groupe ils ont été assignés. Le groupe placebo est traité avec une lumière rouge. Les groupes sont comparables au niveau de l'âge et du niveau d'activité physique selon les auteurs, cependant nous n'avons pas d'information précise sur la démographie des sujets. Les auteurs décrivent les signes cliniques rapportés par les sujets. Ces signes cliniques diffèrent selon les sujets et indiquent une différence de gravité. Nous n'avons pas d'information sur la localisation de ces fractures de fatigue tibiales et donc de leur gravité, nous manquons donc d'éléments pour affirmer que les deux groupes sont comparables. Les sujets du groupe intervention ont reçu un traitement par laser avec une longueur d'onde de 830 nm et une énergie de 8 J/cm<sup>2</sup> pour une utilisation d'une fois par jour, jusqu'à ce qu'il y ait une absence de douleur. La durée du traitement est de 21 jours au maximum. Les critères d'arrêt du traitement sont l'absence de douleur au repos ainsi qu'à la marche. Les résultats montrent un retour à la marche sans douleur plus rapide dans le groupe test par rapport au groupe placebo. Aussi, après 21 jours de traitement, 31 sujets sur 34 du groupe intervention ne présentaient plus de douleurs, contre seulement 19 sujets sur 34 du groupe placebo. Enfin, ils notent une diminution statistiquement significative de la récurrence dans le groupe intervention par rapport au groupe placebo. Il est à noter que le nombre de récurrences est élevé par rapport aux autres études présentes dans cette revue (75).

### 3.4. Analyse du rôle des ondes de chocs

La seule littérature existante concernant l'utilisation d'ondes de chocs pour le traitement des fractures de fatigue consiste en des séries de cas publiées entre 2007 et 2009. Ces études n'ont donc pas de groupe contrôle. Un tableau résume, pour les articles identifiés, la population, les paramètres des ondes de chocs ainsi que les principaux résultats (Tab. VII).

Tableau VII : Résumé des études sur les ondes de chocs

Auteurs	Population	Localisation	Intensité (mJ/mm <sup>2</sup> )	Nombre de coups	Nombre d'application(s)	Reprise du sport (mois)
Taki <i>et al.</i>	5 (4 H, 1 F)	Tibia, malléole médiale, 5 <sup>ème</sup> métatarsien, pubis	0,29 à 0,4	2000 à 4000	1	3 à 6
Albisetti <i>et al.</i>	19 (10 H, 9 F)	5 <sup>ème</sup> métatarsien	0,06 à 0,28	2000	3 à 5 par mois	1,5
Moretti <i>et al.</i>	10 H	Tibia, 5 <sup>ème</sup> métatarsien	0,09 à 0,17	4000	3 ou 4	3 à 10

H = hommes ; F = femmes

Taki *et al.*, ont l'échantillon de population le plus faible ainsi que la plus grande hétérogénéité dans les localisations des fractures de fatigue. De plus, il s'agit de fractures de fatigue chroniques puisqu'elles ont déjà été traitées six à douze mois par un traitement conservateur sans succès avant l'initiation du traitement par ondes de chocs. Deux sujets ont subi une opération chirurgicale avant le traitement par ondes de chocs. Les auteurs emploient la puissance la plus élevée par rapport aux autres études, cependant, ils ne traitent les sujets qu'une seule fois avec l'appareil à ondes de chocs. Un suivi a été réalisé dans une clinique externe avec la réalisation de radiographies standards. Les sujets ont montré une consolidation osseuse après deux à trois mois et demi et un retour au sport entre trois et six mois (76).

Albisetti *et al.*, présentent une population de danseurs âgés de quinze à vingt ans, homogène concernant l'âge, le sexe ainsi que la localisation de la fracture de fatigue. La population étudiée présente des fractures de fatigue divisées en quatre grades selon Fredericson avec une distribution allant de 1 à 4 avec une majorité de grade 2 et 3. La puissance des ondes de chocs est inférieure à celle utilisée par Taki *et al.*, (76) mais les auteurs les appliquent entre trois à cinq fois par mois en tenant compte des facteurs cliniques, anatomiques, de l'âge et du type de fracture de fatigue. Aucune indication ne permet de dire qu'il s'agit de fractures de fatigue chroniques. Les sujets ont été interdits de toute activité sportive pendant le traitement par ondes de chocs. Le retour au sport a été permis, de manière progressive, 32 jours après la première application d'ondes de chocs. Le retour au sport à 100% a été possible en moyenne 42 jours après le début des symptômes, 38 jours pour les sujets souffrant d'une fracture de fatigue grade 2 et 52 jours pour un grade 3. Aucun sujet n'a été victime de récurrence. Les auteurs considèrent que le repos est recommandé et si possible, les ondes de chocs peuvent être utilisées, ces derniers ont, selon eux, donné de bons résultats chez de jeunes danseurs (77).

Moretti *et al.*, présentent une population homogène au niveau du sexe et du sport pratiqué, les sujets souffrent de fracture de fatigue de la partie antérieure du tibia ou du 5<sup>ème</sup> métatarsien, à haut risque. Le grade n'est pas mentionné, il peut donc être différent entre les sujets et ainsi différer le délai de consolidation. Les fractures de fatigue incluses dans cette série de cas sont des fractures de fatigue chroniques en échec thérapeutique. Les auteurs utilisent la puissance la plus faible des trois études, et proposent 3 ou 4 applications selon la localisation, toutes les 48 heures. Les résultats montrent une consolidation osseuse entre six et quatorze semaines après le traitement ainsi qu'un retour au sport à 100% entre trois et dix mois après le traitement. Selon les auteurs, les résultats sont prometteurs, les ondes de chocs sont une technique non invasive et efficace dans le traitement de la fracture de fatigue, cependant, d'autres études sont nécessaires pour déterminer la puissance, le nombre d'applications et la durée d'application (78).

Pour ces trois études de cas, le manque de groupe contrôle ne permet pas de savoir si le temps de consolidation ainsi que le temps de retour au sport auraient été différents avec un traitement traditionnel.

## 3.5. Douleur et agents électrophysiques

### 3.5.1. Ultrasons

Gan et al., notent une période douloureuse de 26 jours pour le groupe intervention contre 29 jours pour le groupe placebo (65). Rue et al., rapportent avoir eu besoin de 26 séances d'ultrasons pour le groupe placebo contre 24 pour le groupe intervention avant que les sujets ne soit plus douloureux (66). Yadav note une absence de douleur après quinze jours après un traitement par ultrasons (68). Brand et al., notent une diminution de 4 points à l'EVA en quatre semaines, Uchiyama et al., apportent que les sujets présentent une douleur pendant en moyenne 114 jours (70), 68 jours pour Jensen (71) et 30 pour Manzer (72).

### 3.5.2. Champs électromagnétiques

Une moyenne de 52 jours a été nécessaire aux sujets de l'étude de cas de Benazzo *et al.*, pour ne plus éprouver de douleurs (74).

### 3.5.3. Laser

Dans l'ECR de Chauhan *et al.*, après 21 jours de traitement, 31 sujets sur 34 n'éprouvaient plus de douleurs dans le groupe intervention, contre seulement 19 sur 34 dans le groupe placebo (75).

### 3.5.4. Ondes de chocs

Les sujets de l'étude d'Albisetti *et al.*, ne présentaient plus de douleurs en moyenne 32 jours après la première application d'ondes de chocs (77).

### 3.6. Temps de retour au sport et agents électrophysiques

#### 3.6.1. Ultrasons

Rue *et al.*, ne notent pas de différence entre les deux groupes, 56 jours ont ainsi été nécessaire pour reprendre le sport (66). Yadav *et al.*, concluent une reprise du sport après 26 jours pour le groupe intervention contre 40 pour le groupe placebo (67). Yadav note une reprise du sport à quinze jours pour le groupe intervention contre 75 jours pour le groupe placebo (68). Un retour au sport est possible après 90 jours d'après Uchiyama *et al.* (70), contre 30 pour Manzer et Jensen (71, 72).

#### 3.6.2. Ondes de chocs

Les sujets ont repris progressivement le sport après 32 jours en moyenne dans l'étude d'Albisetti *et al.* (77), la reprise a été possible après 90 à 180 jours pour Taki *et al.* (76), et après 90 à 300 jours pour Moretti *et al.* (78).

### 3.7. Temps de consolidation osseuse et agents électrophysiques

#### 3.7.1. Ultrasons

Gan *et al.*, notent une diminution du grade ainsi que de l'œdème osseux observable à l'IRM plus importante dans le groupe placebo que dans le groupe intervention (65). Rue *et al.*, notent une consolidation osseuse à 56 jours dans les deux groupes (66). Uchiyama *et al.*, trouvent un délai de 330 jours en moyenne avant la consolidation (70) tandis que Jensen note une consolidation après 23 jours (71).

#### 3.7.2. Champs électromagnétiques

Beck *et al.*, notent une consolidation après 26 jours dans le groupe placebo contre 29 jours dans le groupe intervention (73). Benazzo *et al.*, trouvent une consolidation après 52 jours en moyenne (74).

### 3.7.3. Ondes de chocs

La consolidation osseuse est retrouvée après 60 à 105 jours dans l'étude de Taki *et al.* (76), contre 42 à 98 jours dans celle de Moretti *et al.* (78).

## 4. DISCUSSION

L'objectif de notre étude est de clarifier le rôle des agents électrophysiques adjuvants dans le traitement de la fracture de fatigue du membre inférieur. Les résultats sont controversés concernant les ultrasons, un ECR va dans le sens d'une efficacité de cette technique tandis que les deux autres ECR ne retrouvent pas d'efficacité. Une série de cas trouve des résultats encourageants avec des aspects méthodologiques pouvant être discutés. Une efficacité relative du laser est retrouvée à travers un ECR avec des aspects méthodologiques discutables. Les champs électromagnétiques montrent une différence hommes-femmes ainsi qu'une efficacité plus importante sur les fractures de fatigue à haut grade. Les ondes de chocs sont principalement utilisées dans la littérature pour traiter des fractures de fatigue chroniques, et montrent une efficacité très modérée à travers des séries de cas avec un niveau de preuve faible.

### 4.1. Analyse des risques de biais dans les articles inclus dans la revue

Nous avons réalisé une analyse des risques de biais pour chaque article sélectionné. Il s'agit de reporter comment est réalisée la distribution des patients au sein des groupes étudiés révélant un biais de sélection ; d'évaluer si les patients ou les évaluateurs agissaient en aveugle ou non, ce qui pourrait être un biais de performance ; d'évaluer s'il existait une différence de mesure entre les patients des différents groupes comparés révélant un biais de détection ; d'évaluer si des sujets de l'étude étaient exclus au cours de l'étude engendrant un biais d'attrition. Un tableau synthétique des risques de biais de l'ensemble des articles sélectionnés de cette revue de la littérature est présent ci-dessous (Tab. VIII). Les risques de biais sont catégorisés en trois grades : soit le risque de biais est présent, soit il est absent, soit nous manquons d'informations pour définir le risque.

Tableau VIII : Tableau récapitulatif des risques de biais dans les articles inclus dans la revue

		Risque de biais					
		Absent					
		Manque d'information					
		Présent					
			Biais de sélection : stratégie de randomisation	Biais de sélection : répartition dissimulée	Biais de performance	Biais de détection	Biais d' attrition
Ultrasons	Gan <i>et al.</i> 2014						
	Rue <i>et al.</i> 2004						
	Yadav <i>et al.</i> 2008						
	Yadav 2000						
	Brand <i>et al.</i> 2009						
	Uchiyama <i>et al.</i> 2007						
	Jensen 1998						
	Manzer 2013						
Électro-magnétique	Beck <i>et al.</i> 2008						
	Benazzo <i>et al.</i> 1995						
Laser	Chauhan <i>et al.</i> 2006						
Ondes de chocs	Taki <i>et al.</i> 2007						
	Albisetti <i>et al.</i> 2009						
	Moretti <i>et al.</i> 2009						

#### 4.2. Application des preuves à la pratique actuelle

Des conclusions définitives sur l'efficacité des agents électrophysiques dans le traitement des fractures de fatigue ne peuvent pas être tirées puisque les circonstances d'utilisation sont différentes dans chacune des études sélectionnées. Les deux études étudiant l'efficacité des champs électromagnétiques utilisent les mêmes réglages. Pour les ultrasons et les ondes de chocs, les réglages sont différents d'une étude à l'autre. Les paramètres

d'utilisation des agents électrophysiques ne sont donc pas prédéfinis dans le traitement de la fracture de fatigue, c'est à l'opérateur de les définir en tenant compte de la personne à traiter et de la fracture de fatigue. Des réglages sont préconisés dans la littérature, avec un maximum et un minimum. Nous ne pouvons pas affirmer que ces réglages aient une influence dans le traitement, en effet, les réglages des ondes de chocs n'ont pas, à travers les trois séries de cas sélectionnées, d'incidence sur le temps de consolidation osseuse (76–78). Cependant Yadav *et al.*, utilisent des réglages supérieurs à ceux utilisés dans les deux autres ECR s'intéressant aux ultrasons (65, 66) et trouvent des résultats encourageants contrairement aux deux autres, indiquant une possible influence des réglages des ultrasons (67).

Il semble important de considérer les activités entourant le traitement et notamment la présence d'activités en charge. En effet lorsque les activités en charge sont présentes, le temps de consolidation osseuse et donc de retour au sport est plus long que lorsque les sujets respectent une période d'interdiction d'activité en charge (68, 73, 75). Le repos semble donc être un élément essentiel à respecter pour toute victime de fractures de fatigue du membre inférieur et peut comprendre une période, plus ou moins longue selon la gravité de l'atteinte, où l'appui sur le membre inférieur est interdit. Le port d'une attelle est souvent utilisé pour les fractures de fatigue tibiales, il n'est cependant pas toujours recommandé, l'attelle a fait preuve de son efficacité dans certaines études scientifiques (79, 80), d'autres études ont montré l'absence de bénéfice dans le traitement (81).

Le résultat principal de la guérison d'une fracture est défini de manière variable dans la littérature. Comme prévu, nous avons constaté que les études définissaient la guérison cliniquement et radiographiquement. Cela reflète la difficulté inhérente à l'évaluation de la guérison d'une fracture de fatigue. Le choix de l'outil de mesure ainsi que la temporalité des mesures varient selon les études. La preuve radiographique de la consolidation est souvent plus longue que l'évaluation clinique. La consolidation est également plus longue à être observée à partir de radiographies standards (21). Nous savons que le Gold Standard de l'imagerie est l'IRM, c'est un examen onéreux et relativement rare, rendant ainsi difficile son accès par les auteurs.

Associer la fracture de fatigue et les agents électrophysiques comme catalyseur de la consolidation osseuse ne fait pas l'objet de beaucoup de publications au niveau de la littérature



scientifique durant ces dix dernières années. Ainsi, seules deux études datant de moins de dix ans ont été incluses dans notre revue.

Seul Beck *et al.*, rapportent une différence entre les hommes et les femmes. Ils notent que les femmes ont un temps de consolidation plus long que les hommes dans les deux groupes. Cette différence hommes-femmes est de treize jours dans le groupe intervention et de deux jours dans le groupe placebo ; cette relation est significative uniquement dans le groupe intervention (73). Les auteurs rapportent que les femmes du groupe intervention ont un plus gros pourcentage de masse grasse et un plus faible pourcentage de masse maigre par rapport au groupe placebo, les hommes ne présentent aucune différence. Cette différence de consolidation hommes-femmes est donc peut-être liée à ces pourcentages de masse grasse et de masse maigre selon les auteurs (73). Aussi, la consommation de calcium est plus importante chez les hommes que chez les femmes, cela est peut-être aussi à l'origine de cette différence hommes-femmes (73).

Le nombre de récurrence après l'application des agents électrophysiques à travers les études sélectionnées n'est pas évoqué dans six études (65–67, 71–73). Il est égal à zéro dans six études (69, 70, 74, 76–78) et positif dans deux études (68, 75). Un retour au sport trop rapide est peut être la cause des quatre cas de récurrence sur les 43 composant le groupe expérimental dans l'essai contrôlé non randomisé de Yadav, en effet, les sujets ont repris le sport après un traitement ultrasons d'une durée moyenne de deux semaines (68). L'ECR de Chauhan *et al.*, totalise cinq cas de récurrence sur 31 sujets guéris et neuf sur dix-neuf respectivement dans le groupe intervention et placebo. Les sujets ont repris le sport dès que la douleur n'était plus présente, au maximum après 21 jours (75). Au vu du nombre important de récurrence, ce délai paraît trop court. L'utilisation des agents électrophysiques dans le traitement des fractures de fatigue ne provoque donc des récurrences que dans de rares cas.

Les agents électrophysiques ont une efficacité relative et différente en fonction de l'agent électrophysique et de la fracture de fatigue à traiter. Ainsi, les ondes de chocs ont principalement été utilisées dans le cas de fractures de fatigue chroniques montrant des résultats positifs. Le laser semble efficace sur la douleur et la reprise des activités de la vie quotidienne par rapport à un traitement placebo. Les champs électromagnétiques se démarquent en notant une différence de consolidation hommes-femmes au profit des hommes avec l'utilisation des champs électromagnétiques, ainsi qu'une efficacité accrue pour les

fractures de fatigue à haut grade. Les ultrasons font preuve d'une efficacité controversée à travers la littérature. Les agents électrophysiques peuvent, au vu de la littérature actuelle, faire partie du cocktail thérapeutique au sein du traitement de la fracture de fatigue. L'utilisation d'agents électrophysiques ne révolutionne pas la prise en charge d'un athlète victime de fracture de fatigue mais elle peut, dans des conditions qui ne sont pour l'heure pas encore établies de manière certaine, diminuer la douleur, favoriser la consolidation osseuse et réduire le délai de retour au sport.

« Les effets placebo et nocebo font référence aux effets bénéfiques ou indésirables qui surviennent respectivement dans des contextes médicaux cliniques ou de laboratoire, après l'administration d'un traitement inerte ou dans le cadre de traitements actifs, en raison de mécanismes tels que les attentes du patient » (82). Si le placebo procure des effets, ils sont dus uniquement à l'action de donner ce placebo (82). Le placebo est une notion importante dans la prise en charge. Un consensus d'experts conclut qu'informer le patient des effets placebo et nocebo fera augmenter les effets du placebo et minimisera les effets du nocebo (82). Fait important, les effets placebo et nocebo peuvent moduler considérablement l'efficacité et la tolérabilité des traitements. Nous nous demandons alors la place des agents électrophysiques dans le traitement de la fracture de fatigue. Les agents électrophysiques sont-ils des traitements placebo ? Nous n'avons pas la réponse à cette question actuellement.

### **4.3. Les agents électrophysiques dans le traitement des fractures**

Notre revue s'intéresse aux traitements des fractures de fatigue, cependant, les agents électrophysiques peuvent également faire partie du traitement des fractures totales. Nous rappelons que les fractures de fatigue résultent de microtraumatismes répétés tandis que les fractures totales résultent de chocs directs ou indirects à l'occasion de chutes par exemple.

Les ultrasons sont, parmi les quatre techniques que nous avons sélectionnées à l'intérieur des agents électrophysiques, la technique la plus référencée dans la littérature dans le traitement des fractures totales.

Busse *et al.*, concluent en 2009 en faveur d'un effet modéré à faible des ultrasons sur des fractures, soulignant le fait d'un manque d'étude avec de gros échantillons de population en double aveugle pour conclure à un réel effet des ultrasons (83). Leighton *et al.*, rapportent

que les ultrasons sont une bonne alternative à la chirurgie dans le cas de fractures avec une prise en charge chirurgicale complexe ou impossible (84). Rutten *et al.*, retrouvent une amélioration à l'imagerie mais pas en tenant compte des paramètres fonctionnels de guérison (85). Lou *et al.*, retrouvent une efficacité relative de l'utilisation des ultrasons (86) tandis que Schandelmaier *et al.*, ne trouvent pas de bénéfice à son utilisation (87). Enfin, une *guideline* de Poolman *et al.*, parue 2017 émet une forte recommandation contre les ultrasons pour les patients présentant une fracture osseuse ou une ostéotomie (88). Les auteurs concluent que les ultrasons représentent une utilisation inefficace des ressources de santé limitées. Les données quant à l'efficacité des ultrasons sont donc controversées dans le traitement des fractures totales comme dans le traitement des fractures de fatigue.

Griffin *et al.*, se sont intéressés dans une revue de la littérature systématique à l'efficacité des ultrasons et des ondes de chocs dans le traitement des fractures totales en 2014 (89). Ils ont inclus les articles de Rue *et al.*, ainsi que Yadav *et al.*, portant sur le traitement des fractures de fatigue que nous avons également inclus dans notre revue (66, 67). Ils concluent qu'un bénéfice éventuel n'est pas exclu mais que l'hétérogénéité dans les études incluses ne permet pas de recommander l'utilisation systématique des ultrasons dans la pratique clinique (89).

Griffin *et al.*, concluent en 2011 à une efficacité relative à l'utilisation de champs électromagnétiques dans la prise en charge des fractures totales mais ces résultats sont insuffisants pour recommander cette technique en pratique courante. Les champs électromagnétiques ne sont pas énormément retrouvés dans la littérature, que ce soit dans le traitement des fractures de fatigue ou des fractures totales (90).

Sella *et al.*, dans un ECR en 2015 trouvent un bénéfice à l'utilisation du laser comme thérapie adjuvante concernant la formation osseuse (91) tandis que Nesioonpour *et al.*, retrouvent une réduction de la douleur dans un ECR en 2014 (92). Le laser manque donc également d'études à haut niveau de preuve pour affirmer son impact dans le traitement des fractures totales.

Schaden *et al.*, en 2015 dans une revue de la littérature considèrent les ondes de chocs comme aussi efficaces que la chirurgie, plus économiques et pratiquement sans effets secondaires dans le traitement des fractures totales avec la présence de pseudarthrose (93).

Hafner *et al.*, en 2016 dans un ECR retrouvent une efficacité des ondes de chocs dans le traitement des fractures totales du tibia en échec avec d'autres thérapies (94). Kuo *et al.*, en 2015 présentent les ondes de chocs comme étant une bonne alternative à la chirurgie dans le cas de pseudarthrose après fracture du col fémoral (95). Ces données vont dans le sens de nos résultats, les ondes de chocs sont utilisées dans le traitement des fractures totales chroniques à risque de pseudarthrose.

#### 4.4. Accords ou désaccords avec d'autres études ou revues

Une seule revue de la littérature s'est intéressée à ce jour aux effets des agents électrophysiques dans le traitement des fractures de fatigue. La revue a été menée par Needle *et al.*, nous l'avons déjà évoqué à plusieurs reprises lors de la rédaction de notre travail. Nous avons rajouté l'utilisation du laser par rapport à cette étude, en effet, le laser fait partie intégrante des agents électrophysiques (5). Needle *et al.*, concluent qu'aucun des trois agents électrophysiques étudiés ne se montre supérieur et que des comparaisons directes semblent difficiles au vu des différences de ces techniques (5). Ils déplorent également des études avec une qualité méthodologique faible et des échantillons de population trop faibles. Les résultats de cette revue sont donc semblables avec ceux de Needle *et al* (5).

#### 4.5. Limites de notre revue

Cette revue est le fruit d'une recherche et d'une analyse purement personnelles. En règle générale, une revue de la littérature est conduite par deux personnes qui réalisent une recherche documentaire de manière individuelle puis mettent en commun leurs résultats de recherche, limitant ainsi le biais de sélection. Elles analysent ensuite les articles et interprètent les résultats limitant également les biais d'analyse.

Nous avons essayé d'être le plus rigoureux possible lors de la recherche de documentaire mais cet écrit est une initiation à la revue de la littérature. Nous avons exclusivement recherché de la littérature publiée, il est possible qu'il existe des données que nous n'ayons pas incluses dans cette revue.

Parmi les quatorze références incluses dans notre revue, cinq ont fait partie de la sélection de Needle *et al.*, lors de la réalisation de leur revue de la littérature en 2009 (5). Trois

articles au sujet des ultrasons (67, 68, 70) n'ont pas été inclus par Needle *et al.*, nous pouvons nous demander pourquoi ces articles n'ont pas été sélectionnés par les auteurs de la revue (5).

#### 4.6. Ouverture

Nous avons remarqué à travers les articles inclus dans notre revue que les critères de diagnostic ne sont pas standardisés. Les fractures de fatigue sont parfois diagnostiquées à l'aide de critères cliniques ou d'imagerie. A l'intérieur de ces deux grandes catégories, les possibilités de diagnostic sont nombreuses. La douleur est un critère clinique omniprésent, le fulcrum test est parfois utilisé, le temps de retour au sport est enfin très utilisé. Les critères d'imagerie regroupent toutes les imageries que nous avons décrites en introduction avec une fiabilité différente entre elles. Le temps de consolidation osseuse est fréquemment utilisé. La classification de Fredericson n'est que très peu utilisée, les auteurs utilisent quelques fois une classification qui leur est propre en s'appuyant soit sur des critères cliniques et d'imagerie soit uniquement sur des critères d'imagerie. Il y a donc une hétérogénéité dans le diagnostic de ces fractures de fatigue. Cela implique un manque de précision sur le type de fracture de fatigue et donc sur le temps de consolidation de la fracture de fatigue. Avoir dans un groupe un sujet victime d'une fracture de fatigue à bas risque et à haut grade va augmenter considérablement le délai de consolidation par rapport aux sujets avec une fracture de fatigue à bas risque et à bas grade. Si les auteurs ne sont pas informés de cette différence initiale dans le diagnostic, cela va fausser les statistiques qu'ils vont effectuer sur le temps de consolidation d'un groupe par rapport à un autre.

C'est pourquoi nous pouvons suggérer la réalisation d'une étude avec des critères de sélection très stricts afin d'obtenir une population atteinte de fractures de fatigue de la même zone anatomique, avec le même grade de Fredericson, un traitement identique entre les deux groupes, seul l'ajout de l'agent électrophysique différenciera la prise en charge des deux groupes. Cela apporterait un élément supplémentaire pour répondre à notre question de recherche.

Les agents électrophysiques regroupent beaucoup de techniques différentes, cette revue s'est intéressée à une petite partie de ces agents électrophysiques. Il pourrait être

intéressant de se pencher sur les effets d'autres agents électrophysiques dans le traitement des fractures de fatigue.

## 5. CONCLUSION

L'objectif de cette revue était de définir si l'utilisation d'agents électrophysiques en temps qu'adjuvant thérapeutique permettait de diminuer la douleur, de favoriser la consolidation osseuse et de diminuer le retour au sport. Cela a fait l'objet d'une recherche bibliographique systématique de la littérature scientifique pour répondre à cette question.

Au vu de la littérature actuelle, il semble que l'utilisation d'agents électrophysiques permette de réduire la douleur, de favoriser la consolidation osseuse et de diminuer le délai de retour au sport dans des proportions différentes en fonction de l'agent électrophysique et de la fracture de fatigue à traiter. Si certaines études concluent à des résultats encourageants, l'hétérogénéité au sein des études, le manque de précision sur les caractéristiques de la population, le manque de précision sur la localisation ainsi que la gravité de la fracture de fatigue ne permettent pas de généraliser l'utilisation des agents électrophysiques dans le traitement de la fracture de fatigue. De plus, il semble qu'un temps de repos ainsi qu'une période de décharge soit important en vue d'une bonne consolidation. L'utilisation des agents électrophysiques rapportent, à travers les études que nous avons incluses dans notre revue, une faible proportion de cas récidive, ils peuvent donc faire partie du cocktail thérapeutique du traitement de la fracture de fatigue du membre inférieur bien que nous manquions de littérature à haut niveau de preuve pour en recommander l'utilisation systématique au quotidien.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Sharma J, Heagerty R. Stress Fracture: A Review of the Pathophysiology, Epidemiology and Management Options. *J Fract Sprains*. 2017; 1(1):1006–15.
2. Pepper M, Akuthota V, McCarty EC. The Pathophysiology of Stress Fractures. *Clin Sports Med*. 2006; 25(1):1–16.
3. Chen Y-T, Tenforde AS, Fredericson M. Update on stress fractures in female athletes: epidemiology, treatment, and prevention. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2013; 6(2):173–81.
4. Electrophysical Agents. [www.physio-pedia.com](http://www.physio-pedia.com) [Internet]. [cited 2020 Jan 18]. Available from: <https://www.physio-pedia.com/Electrophysical>.
5. Needle AR, Kaminski TW. Effectiveness of Low-Intensity Pulsed Ultrasound, Capacitively Coupled Electric Fields, or Extracorporeal Shock Wave Therapy in Accelerating Stress Fracture Healing: A Systematic Review. *Athl Train Sports Health Care*. 2009; 1(3):133–9.
6. Breithaupt J. Zur Pathologie des menschlichen Fusscess. *Med Ztg*. 1855; 24:169–77.
7. Devas M. Stress fractures of the tibia in athletes or shin soreness. *J Bone Joint Surg Br*. 1958; 40-B(2):227–39.
8. Blazina ME, Watanabe RS, Drake EC. Fatigue fractures in track athletes. *Calif Med*. 1962; 97:61–3.
9. Pegrum J, Dixit V, Padhiar N, Nugent I. The pathophysiology, diagnosis, and management of foot stress fractures. *Phys Sportsmed*. 2014; 42(4):87–99.
10. Hughes L, Paton B, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2017; 51(13):1003–11.
11. Maas E, De Bie J, Vanfleteren R, Hoogkamer W, Vanwanseele B. Novice runners show greater changes in kinematics with fatigue compared with competitive runners. *Sports Biomech*. 2018; 17(3):350–60.
12. Bennell KL, Malcolm S, Thomas S, Brukner PD, Wark J. The incidence and distribution of stress fractures in competitive track and field athletes. A twelve-month prospective study. *Am J Sports Med*. 1996; 24(2):211–7.
13. DeFroda SF, Cameron KL, Posner M, Kriz PK, Owens BD. Bone Stress Injuries in the Military: Diagnosis, Management, and Prevention. *Am J Orthop Belle Mead NJ*. 2017; 46(4):176–83.
14. Takkar P, Prabhakar R. Stress fractures in military recruits: A prospective study for evaluation of incidence, patterns of injury and invalidments out of service. *Med J Armed Forces India*. 2019; 75(3):330–4.

15. Jones BH, Thacker SB, Gilchrist J, Kimsey CD, Sosin DM. Prevention of lower extremity stress fractures in athletes and soldiers: a systematic review. *Epidemiol Rev.* 2002; 24(2):228–47.
16. Wentz L, Liu P-Y, Haymes E, Ilich JZ. Females have a greater incidence of stress fractures than males in both military and athletic populations: a systemic review. *Mil Med.* 2011; 176(4):420–30.
17. Bennell KL, Brukner PD. Epidemiology and site specificity of stress fractures. *Clin Sports Med.* 1997; 16(2):179–96.
18. Wasserstein D, Spindler KP. Pathophysiology and Epidemiology of Stress Fractures. In: Miller TL, Kaeding CC, editors. *Stress Fractures in Athletes: Diagnosis and Management.* Cham: Springer International Publishing; 2015; p. 3–11.
19. Matcuk GR, Mahanty SR, Skalski MR, Patel DB, White EA, Gottsegen CJ. Stress fractures: pathophysiology, clinical presentation, imaging features, and treatment options. *Emerg Radiol.* 2016; 23(4):365–75.
20. Hughes JM, Popp KL, Yanovich R, Bouxsein ML, Matheny RW. The role of adaptive bone formation in the etiology of stress fracture. *Exp Biol Med Maywood NJ.* 2017; 242(9):897–906.
21. Bousson V, Wybier M, Petrover D, Parlier C, Chicheportiche V, Hamzé B. Les fractures de contrainte. *J Radiol.* 2011; 92(3):188–207.
22. Corrarino JE. Stress fractures in runners. *Nurse Pract.* 2012; 37(6):18–28.
23. Tenforde AS, Kraus E, Fredericson M. Bone Stress Injuries in Runners. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2016; 27(1):139–49.
24. Tenforde AS, Sayres LC, McCURDY ML, Sainani KL, Fredericson M. Identifying Sex-Specific Risk Factors for Stress Fractures in Adolescent Runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2013; 45(10):1843–51.
25. Gardner LI, Dziados JE, Jones BH, Brundage JF, Harris JM, Sullivan R. Prevention of lower extremity stress fractures: a controlled trial of a shock absorbent insole. *Am J Public Health.* 1988; 78(12):1563–7.
26. Changstrom B, Brou L, Khodae M, Braund C, Comstock R. Epidemiology of stress fracture injuries among US high school athletes, 2005-2006 through 2012-2013. *Am J Sports Med.* 2015; 43(1):26–33.
27. Bennell K, Matheson G, Meeuwisse W, Brukner P. Risk factors for stress fractures. *Sports Med Auckl NZ.* 1999; 28(2):91–122.
28. Wright AA, Taylor JB, Ford KR, Siska L, Smoliga JM. Risk factors associated with lower extremity stress fractures in runners: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2015; 49(23):1517–23.
29. Kelsey JL, Bachrach LK, Procter-Gray E, Nieves J, Greendale GA, Sowers M. Risk factors for



- stress fracture among young female cross-country runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39(9):1457–63.
30. Newsham-West RJ, Lyons B, Milburn PD. Regional bone geometry of the tibia in triathletes and stress reactions—An observational study. *J Sci Med Sport.* 2014; 17(2):150–4.
31. Crossley K, Bennell KL, Wrigley T, Oakes BW. Ground reaction forces, bone characteristics, and tibial stress fracture in male runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31(8):1088–1093.
32. Popp KL, Frye AC, Stovitz SD, Hughes JM. Bone geometry and lower extremity bone stress injuries in male runners. *J Sci Med Sport.* 2020; 23(2):145–50.
33. Tenforde AS, Fredericson M, Sayres LC, Cutti P, Sainani KL. Identifying Sex-Specific Risk Factors for Low Bone Mineral Density in Adolescent Runners. *Am J Sports Med.* 2015; 43(6):1494–504.
34. Myburgh KH, Hutchins J, Fataar AB, Hough SF, Noakes TD. Low bone density is an etiologic factor for stress fractures in athletes. *Ann Intern Med.* 1990; 113(10):754–9.
35. Sonnevile KR, Gordon CM, Kocher MS, Pierce LM, Ramappa A, Field AE. Vitamin d, calcium, and dairy intakes and stress fractures among female adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2012; 166(7):595–600.
36. Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, Sanborn CF, Sundgot-Borgen J, Warren MP. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39(10):1867–82.
37. Nazem TG, Ackerman KE. The Female Athlete Triad. *Sports Health.* 2012; 4(4):302–11.
38. Feldman JJ, Bowman EN, Phillips BB, Weinlein JC. Tibial Stress Fractures in Athletes. *Orthop Clin North Am.* 2016; 47(4):733–41.
39. Shindle MK, Endo Y, Warren RF, Lane JM, Helfet DL, Schwartz EN. Stress Fractures About the Tibia, Foot, and Ankle. *J Am Acad Orthop Surg.* 2012; 20(3):167–76.
40. Saunier J, Chapurlat R. Stress fracture in athletes. *Joint Bone Spine.* 2018; 85(3):307–10.
41. Behrens SB, Deren ME, Matson A, Fadale PD, Monchik KO. Stress fractures of the pelvis and legs in athletes: a review. *Sports Health.* 2013; 5(2):165–74.
42. Lesho EP. Can tuning forks replace bone scans for identification of tibial stress fractures? *Mil Med.* 1997; 162(12):802–3.
43. Edwards PH, Wright ML, Hartman JF. A practical approach for the differential diagnosis of chronic leg pain in the athlete. *Am J Sports Med.* 2005; 33(8):1241–9.
44. Batt M, Ugalde V, Anderson M, Shelton D. A prospective controlled study of diagnostic imaging for acute shin splints. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30(11):1564–71.
45. Delvaux K, Lysens R. Lumbosacral Pain in an Athlete. *Am J Phys Med Rehabil.* 2001; 80(5):388–91.

46. Fredericson M, Jennings F, Beaulieu C. Stress Fractures in Athletes. *Top Magn Reson Imaging TMRI*. 2006; 17:309–25.
47. Datir AP. Stress-related bone injuries with emphasis on MRI. *Clin Radiol*. 2007; 62(9):828–36.
48. Asano LYJ, Duarte A, Silva APS, Brazilian Medical Association. Stress fractures in the foot and ankle of athletes. *Rev Assoc Medica Bras* 1992. 2014; 60(6):512–7.
49. Kahanov L, Eberman LE, Games KE, Wasik M. Diagnosis, treatment, and rehabilitation of stress fractures in the lower extremity in runners. *Open Access J Sports Med*. 2015; 6:87–95.
50. Fredericson M, Bergman AG, Hoffman KL, Dillingham MS. Tibial stress reaction in runners. Correlation of clinical symptoms and scintigraphy with a new magnetic resonance imaging grading system. *Am J Sports Med*. 1995; 23(4):472–81.
51. Ziltener J-L, Leal S, Fournier P-E. Non-steroidal anti-inflammatory drugs for athletes: an update. *Ann Phys Rehabil Med*. 2010; 53(4):278–82, 282–8.
52. Andrish J. *Orthopedic Sports Medicine Principles and Practice*. WB Saunders Co. Philadelphia; 1994.
53. Boden BP, Osbahr DC. High-risk stress fractures: evaluation and treatment. *J Am Acad Orthop Surg*. 2000; 8(6):344–53.
54. Dobrindt O, Hoffmeyer B, Ruf J, Seidensticker M, Steffen IG, Fischbach F. Estimation of return-to-sports-time for athletes with stress fracture - an approach combining risk level of fracture site with severity based on imaging. *BMC Musculoskelet Disord*. 2012; 13:139–46.
55. Nattiv A, Kennedy G, Barrack MT, Abdelkerim A, Goolsby MA, Arends JC. Correlation of MRI grading of bone stress injuries with clinical risk factors and return to play: a 5-year prospective study in collegiate track and field athletes. *Am J Sports Med*. 2013; 41(8):1930–41.
56. San José A. La blessure chez les sportifs de haut niveau : « Du hors jeu à la remise en jeu ». *Ann Méd-Psychol Rev Psychiatr*. 2002; 160(7):489–98.
57. Fournier JF, Longueville F d'Arripe-, Fleurance P, Soulard A. La blessure chez les athlètes de haut niveau français : étude des stratégies d'adaptation psychologique et perspectives d'intervention [Internet]. INSEP; 2001 [cited 2020 Jan 30]. Available from: <https://hal-insep.archives-ouvertes.fr/hal-01845171>.
58. Mundi R, Petis S, Kaloty R, Shetty V, Bhandari M. Low-intensity pulsed ultrasound: Fracture healing. *Indian J Orthop*. 2009; 43(2):132–40.
59. Crépon F. Chapitre 10 - Ultrasons. In: Crépon F, editor. *Electrothérapie. Applications en Rééducation et Réadaptation*. Paris: Elsevier Masson; 2012; p. 187–213.
60. Aaron RK, Ciombor DM, Simon BJ. Treatment of nonunions with electric and electromagnetic fields. *Clin Orthop*. 2004; (419):21–9.

61. Haglin J, Jain S, Eltorai A, Daniels A. Bone Growth Stimulation: A Critical Analysis Review. *JBJS Rev.* 2017; 5(8):1–11.
62. Cotler HB, Chow RT, Hamblin MR, Carroll J. The Use of Low Level Laser Therapy (LLLT) For Musculoskeletal Pain. *MOJ Orthop Rheumatol.* 2015; 2(5):1–16.
63. Leal C, Berumen E, Fernandez A, Bucci S, Castillo A. Extracorporeal Shockwave Therapy and Sports-Related Injuries. *Shock Med.* 2018; 6:70–86.
64. Notarnicola A, Moretti B. The biological effects of extracorporeal shock wave therapy (eswt) on tendon tissue. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2012; 2(1):33–7.
65. Gan TY, Kuah DE, Graham KS, Markson G. Low-intensity pulsed ultrasound in lower limb bone stress injuries: a randomized controlled trial. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* 2014; 24(6):457–60.
66. Rue J-PH, Armstrong DW, Frassica FJ, Deafenbaugh M, Wilckens JH. The effect of pulsed ultrasound in the treatment of tibial stress fractures. *Orthopedics.* 2004; 27(11):1192–5.
67. Yadav YK, Salgotra KR, Banerjee A. Role of Ultrasound Therapy in the Healing of Tibial Stress Fractures. *Med J Armed Forces India.* 2008; 64(3):234–6.
68. Yadav YK. Role of ultrasound therapy in the treatment of stress fractures. *Med J Armed Forces India.* 2000; 56(2):95–8.
69. Brand J, Brindle T, Nyland J, Caborn D, Johnson D. Does pulsed low intensity ultrasound allow early return to normal activities when treating stress fractures? A review of one tarsal navicular and eight tibial stress fractures. *Iowa Orthop J.* 1999; 19:26–30.
70. Uchiyama Y, Nakamura Y, Mochida J, Tamaki T. Effect of low-intensity pulsed ultrasound treatment for delayed and non-union stress fractures of the anterior mid-tibia in five athletes. *Tokai J Exp Clin Med.* 2007; 32(4):121–5.
71. Jensen JE. Stress fracture in the world class athlete: a case study. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30(6):783–7.
72. Manzer MH. Role of therapeutic ultrasound in healing of tibial stress fracture in a runner: A case study. *Saudi J Sports Med.* 2013; 13(2):107–9.
73. Beck BR, Matheson GO, Bergman G, Norling T, Fredericson M, Hoffman AR. Do capacitively coupled electric fields accelerate tibial stress fracture healing? A randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2008; 36(3):545–53.
74. Benazzo F, Mosconi M, Beccarisi G, Galli U. Use of capacitive coupled electric fields in stress fractures in athletes. *Clin Orthop.* 1995; (310):145–9.
75. Chauhan A, Sarin P. Low Level Laser Therapy in Treatment of Stress Fractures Tibia: A Prospective Randomized Trial. *Med J Armed Forces India.* 2006; 62(1):27–9.

76. Taki M, Iwata O, Shiono M, Kimura M, Takagishi K. Extracorporeal Shock Wave Therapy for Resistant Stress Fracture in Athletes: A Report of 5 Cases. *Am J Sports Med.* 2007; 35(7):1188–92.
77. Albisetti W, Perugia D, De Bartolomeo O, Tagliabue L, Camerucci E, Calori GM. Stress fractures of the base of the metatarsal bones in young trainee ballet dancers. *Int Orthop.* 2009; 34(1):51–5.
78. Moretti B, Notarnicola A, Garofalo R, Moretti L, Patella S, Marlinghaus E. Shock Waves in the Treatment of Stress Fractures. *Ultrasound Med Biol.* 2009; 35(6):1042–9.
79. Swenson EJ, DeHaven KE, Sebastianelli WJ, Hanks G, Kalenak A, Lynch JM. The effect of a pneumatic leg brace on return to play in athletes with tibial stress fractures. *Am J Sports Med.* 1997; 25(3):322–8.
80. Rome K, Handoll HHG, Ashford R. Interventions for preventing and treating stress fractures and stress reactions of bone of the lower limbs in young adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005; (2):1–49.
81. Allen CS, Flynn TW, Kardouni JR, Hemphill MH, Schneider CA, Pritchard AE. The use of a pneumatic leg brace in soldiers with tibial stress fractures--a randomized clinical trial. *Mil Med.* 2004; 169(11):880–4.
82. Evers AWM, Colloca L, Blease C, Annoni M, Atlas LY, Benedetti F. Implications of Placebo and Nocebo Effects for Clinical Practice: Expert Consensus. *Psychother Psychosom.* 2018; 87(4):204–10.
83. Busse JW, Kaur J, Mollon B, Bhandari M, Tornetta P, Schünemann HJ. Low intensity pulsed ultrasonography for fractures: systematic review of randomised controlled trials. *BMJ.* 2009; 338:1–9.
84. Leighton R, Watson JT, Giannoudis P, Papakostidis C, Harrison A, Steen RG. Healing of fracture nonunions treated with low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS): A systematic review and meta-analysis. *Injury.* 2017; 48(7):1339–47.
85. Rutten S, Bekerom MPJ van den, Sierevelt IN, Nolte PA. Enhancement of Bone-Healing by Low-Intensity Pulsed Ultrasound: A Systematic Review. *JBJ Rev.* 2016; 4(3):1–11.
86. Lou S, Lv H, Li Z, Zhang L, Tang P. The effects of low-intensity pulsed ultrasound on fresh fracture: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2017; 96(39):e8181.
87. Schandelmaier S, Kaushal A, Lytvyn L, Heels-Ansdell D, Siemieniuk RAC, Agoritsas T. Low intensity pulsed ultrasound for bone healing: systematic review of randomized controlled trials. *BMJ.* 2017; 356:1–16.
88. Poolman RW, Agoritsas T, Siemieniuk RAC, Harris IA, Schipper IB, Mollon B. Low intensity pulsed ultrasound (LIPUS) for bone healing: a clinical practice guideline. *BMJ.* 2017; 356:1–6.
89. Griffin XL, Parsons N, Costa ML, Metcalfe D. Ultrasound and shockwave therapy for acute

fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014; (6):1–48.

90. Griffin XL, Costa ML, Parsons N, Smith N. Electromagnetic field stimulation for treating delayed union or non-union of long bone fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011; (4):1–23.
91. Sella VRG, Bomfim FRC do, Machado PCD, Silva Morsoleto MJM da, Chohfi M, Plapler H. Effect of low-level laser therapy on bone repair: a randomized controlled experimental study. *Lasers Med Sci.* 2015; 30(3):1061–8.
92. Nesioonpour S, Mokmeli S, Vojdani S, Mohtadi A, Akhondzadeh R, Behaen K. The effect of low-level laser on postoperative pain after tibial fracture surgery: a double-blind controlled randomized clinical trial. *Anesthesiol Pain Med.* 2014; 4(3):1–4.
93. Schaden W, Mittermayr R, Haffner N, Smolen D, Gerdesmeyer L, Wang C-J. Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) – First choice treatment of fracture non-unions? *Int J Surg.* 2015; 24:179–83.
94. Haffner N, Antonic V, Smolen D, Slezak P, Schaden W, Mittermayr R. Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) ameliorates healing of tibial fracture non-union unresponsive to conventional therapy. *Injury.* 2016; 47(7):1506–13.
95. Kuo S-J, Su I-C, Wang C-J, Ko J-Y. Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in the treatment of atrophic non-unions of femoral shaft fractures. *Int J Surg Lond Engl.* 2015; 24(poolm):131–4.

## **ANNEXES**

Liste des annexes :

ANNEXE I : Fiches de lecture

ANNEXE II : Attribution des scores PEDro

ANNEXE I : Fiches de lecture

<b>Titre de l'article</b>	Low-intensity pulsed ultrasound in lower limb bone stress injuries : a randomized controlled trial	
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Gan T, Kuah DE, Graham KS, Markson G / Clin J Sport Med / 2014 / 24 / 457-60	
	<b>DESCRIPTION</b>	<b>CRITIQUES ET COMMENTAIRES</b>
<b>INTRODUCTION</b>	Description synthétique de la fracture de fatigue ainsi que le fonctionnement des ultrasons.	
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>	Liste des ECR s'intéressant aux ultrasons sur les fractures. Objectif : évaluer l'efficacité du LIPUS pour les fractures de fatigue du membre inférieur (BSI : bone stress injury) au sein de la population civile. L'hypothèse nulle est que les ultrasons n'ont pas d'efficacité sur les fractures de fatigue du membre inférieur sur cette population	<i>Les objectifs sont clairement définis</i>  <i>Pas de modèle PICO mais une hypothèse nulle est clairement définie.</i>
<b>MATERIEL ET METHODE</b>		
<b>Type d'étude</b>	Essai contrôlé randomisé, prospectif, en double aveugle	<i>Le type de l'étude est approprié pour répondre à l'objectif de l'étude et vérifier les hypothèses. C'est le type d'étude le plus fiable pour répondre à l'objectif.</i>
<b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b>	23 sujets. Critères d'inclusion : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fracture de fatigue grade 2, 3, 4 (Fredericson) confirmée par IRM</li> <li>• Tibia postéromédial, fibula, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> métatarsien</li> <li>• Tous niveaux sportifs (amateur ou professionnel)</li> </ul> Critères d'exclusion :	<i>Tableau récapitulatif de la population très complet et très bien présenté.</i>  <i>Les groupes sont comparables concernant la localisation et l'âge. Cependant, les groupes présentent une très large majorité de femmes. Aussi, il n'y a pas de précision</i>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localisation : naviculaire, 5<sup>e</sup> métatarsien, tibia antérieur, col femoral, pubis</li> </ul> <p>2 groupes randomisés : Traitement (N=13) et Placebo (N=10)</p> <p>Les sujets étaient 30, 7 ont été exclus avant de commencer l'étude. Il n'y a pas de perdus de vue</p>	<p><i>par rapport aux différents grades à l'intérieur de chaque groupe</i></p> <p><i>Les critères d'inclusion et d'exclusion sont clairs et leurs choix est expliqué</i></p>
<p><b>Critères de jugement principal, Critères de jugement secondaires</b></p>	<p>Critère de jugement clinique : 6 paramètres :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Douleur nocturne dans les 24 dernières heures lorsque l'on essaye de s'endormir ou qui réveille la nuit</li> <li>Douleur dans les 24 dernières heures au repos assis</li> <li>Douleur dans les 24 dernières heures à la marche ou lors des AVJ</li> <li>Douleur dans les 24 dernières heures à la course à pied</li> <li>Douleur à la palpation de la fracture de fatigue</li> <li>Douleur à la réalisation d'un single leg hop du côté de la blessure</li> </ul> <p>Critère de jugement radiologique : grade Fredericson et taille de l'œdème de la moelle osseuse.</p>	<p>Les critères de jugement sont fiables, l'IRM est le gold standard et les paramètres cliniques sont les plus utilisés dans les études cliniques.</p> <p><i>La multiplication des critères de jugement fait la force de l'étude.</i></p>
<p><b>Protocole utilisé</b></p>	<p>Ultrasons 20 min par jour pendant 4 semaines pour les deux groupes. Le groupe traitement reçoit un appareil fonctionnel. Le groupe témoin en reçoit un similaire en apparence et en poids mais n'émettant pas d'ultrasons. Le traitement est effectué par le patient</p> <p>Paramètres :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fréquence : 1,5 MHz</li> <li>Largeur d'impulsion 200 ms à un taux de répétition de 1,0 kHz</li> <li>Zone de rayonnement efficace : 3,88 cm<sup>2</sup></li> <li>Intensité : 30 mW/cm<sup>2</sup>.</li> </ul> <p>Reprise des paramètres cliniques à 4, 8, 10 et 12 semaines.</p>	<p><i>Le protocole est adapté, correctement présenté et très détaillé</i></p>



<b>Analyses statistiques</b>	SYSTAT 2 façons d'analyser la variance	
<b>RESULTATS</b>  <b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b>	1 tableau récapitulatif des résultats avec le critère de jugement radiologique et 1 tableau récapitulatif des résultats avec le critère de jugement clinique  Pas de différence significative sur le critère de jugement radiologique entre les deux groupes à J+12 semaines mais amélioration dans les deux groupes entre avant et après l'intervention.  Pas de différence significative sur le critère de jugement clinique entre les deux groupes après 12 semaines (sur aucun des 6 critères).	<i>Les résultats sont bruts, clairs et bien présentés</i>
<b>DISCUSSION</b>  <b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b>	Confirmation de l'hypothèse nulle  Résumé des études étudiant le LIPUS dans le traitement des fractures  Il n'y a que deux ECR étudiant les fractures de fatigue et le LIPUS. Yadav qui trouve une différence significative sur les critères de jugement cliniques. Rue ne trouve pas de différence significative dans le temps de retour au combat.  Les réglages de la machine sont importants, notamment l'ERA et le rapport de non uniformité du faisceau, différent chez Yadav. Limites : petite population, gros pourcentage de femmes âgées, usage à domicile des machines, il n'y a donc pas de mesure de la compliance au traitement, pas de suivi de niveau d'activité durant la période de traitement. Amélioration : mesure de la compliance du traitement avec la mise en place d'un registre.	<i>Nous avons une réponse claire au profit de l'hypothèse nulle.</i>  <i>Les biais sont discutés et des améliorations sont évoquées pour une étude ultérieure.</i>  <i>Confrontation avec les données actuelles de la littérature scientifique.</i>

<b>Applicabilité et intérêt clinique</b>		<i>Les résultats sont acceptables et applicables aux vues du sérieux de l'étude. Ils sont intéressants pour les pratiques quotidiennes en kinésithérapie</i>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	17 références bibliographiques, pertinentes. 12 datent de plus de 5 ans.	<i>Bibliographie bien rédigée et pertinentes. Les références anciennes peuvent être expliquées par la pauvreté de la littérature scientifique récente à ce sujet.</i>
<b>RESUME</b>		<i>Résumé bien construit et très fidèle aux données de l'article.</i>
<b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b>	Score PEDro : 6	

<b>Titre de l'article</b>	The effect of pulsed ultrasound in the treatment of tibial stress fractures	
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Rue JP, Armstrong D, Frassica F, Deafenbaugh M, Wilckens J / Orthopedics / 2004 / 27 / 1192-95	
	<b>DESCRIPTION</b>	<b>CRITIQUES ET COMMENTAIRES</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<p>Descriptif des fractures de fatigue sur la population militaire, plus spécialement les jeunes recrues de la marine américaine.</p> <p>But : déterminer si un traitement avec des ultrasons pulses diminue ma durée des symptômes et réduit le temps de retour au combat</p>	<p><i>L'objectif est clair. Les critères de jugement sont présents, la population est bien ciblée. Les hypothèses ne sont pas énoncées.</i></p>
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>		
<b>MATERIEL ET METHODE</b>		
<b>Type d'étude</b>	Essai contrôlé randomisé, en double aveugle	<i>Le type de l'étude est approprié pour répondre à l'objectif de l'étude et vérifier les hypothèses</i>
<b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b>	<p>Le recrutement a été effectué entre le 30 juin 2000 et le 29 Aout 2000 au sein d'une population de recrues de la marine américaine</p> <p>Population : 26 avec 43 fractures de fatigue 14 dans le groupe Ultrasons, 12 dans le groupe Placebo.</p>	<p><i>La sélection est bien détaillée, la randomisation a été effectuée. Les groupes sont comparables sur l'âge, le sexe et le délai entre l'apparition des symptômes et le diagnostic, cependant aucune précision sur le grade et la gravité de l'atteinte, impossibilité de déterminer la comparabilité des deux groupes. La taille des échantillons est satisfaisante</i></p>
<b>Critères de jugement principal, Critères de jugement secondaires</b>	<p>Durée des symptômes Douleur à la palpation du site de la fracture Single hop test Radiographie standard</p>	<p><i>Les critères de jugement sont pertinents. A la fois cliniques, fonctionnels et radiologiques. Nous regrettons l'absence de l'IRM</i></p>

<p><b>Protocole utilisé</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ultrasons : traitement standard + 20 minutes par jour d’ultrasons à faible intensité.</li> <li>- Placebo : protocole identique mais appareil d’ultrasons non fonctionnel</li> </ul> <p>Lorsqu’il n’y a plus de douleur à la palpation ainsi qu’à la réalisation d’un single hop test, la recrue passe une radiographie, si elle révèle une guérison, le traitement est terminé et la recrue repart au combat.</p>	<p><i>Le protocole est adapté à la pathologie cependant il manque des détails comme les paramètres de l’appareil. Nous ne savons pas si les patents réalisent le traitement eux même ou si cela est fait par un professionnel de santé.</i></p>
<p><b>Analyses statistiques</b></p>	<p>Le test de t de Student a été utilisé</p>	
<p><b>RESULTATS</b></p>	<p>Pas de différences significatives entre les deux groupes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Démographie</li> <li>• Délai entre l’apparition des symptômes et le diagnostic</li> <li>• Jours de traitement manqués</li> <li>• Nombre total de jours de traitement</li> <li>• Temps de retour au combat</li> </ul>	<p><i>Résultats bruts, globaux.</i></p>
<p><b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b></p>		
<p><b>DISCUSSION</b></p>	<p>Comparaison des résultats trouvés avec une étude de cas de Jensen en 1998.</p> <p>Comparaison des résultats trouvés avec un étude de Benazzo en 1995 étudiant l’effet de l’électrothérapie dans le traitement des fractures de fatigue.</p> <p>Les effets des ultrasons seraient plus importants durant la phase inflammatoire, donc dans la phase très précoce alors que Rue et al sont intervenus en moyenne 29 jours après le diagnostic.</p> <p>Étude de Yang sur l’animal en 1996.</p> <p>Discussion également sur la dose délivrée, les auteurs se sont fiés à la dose (en temps) préconisée par le fabricant.</p>	<p><i>Les résultats offrent une réponse à la question. Les biais ne sont pas évoqués. Les auteurs comparent leurs résultats avec les données de la littérature</i></p>
<p><b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b></p>		

<b>Applicabilité et intérêt clinique</b>	L'académie de la marine américaine n'utilise pas en routine les ultrasons dans le traitement des fractures de fatigue tibiales. Les auteurs recommandent plus d'études sur le sujet pour recommandent ce traitement pour ce type de pathologie.	<i>Les résultats sont acceptables et appliqués à la population étudiée</i>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	13 articles, toutes datant de plus 5 ans	<i>Les références sont bien présentées et pertinentes. Nous regrettons l'ancienneté des articles sélectionnés.</i>
<b>RESUME</b>		Le résumé est bien construit, présenté de manière objective, fidèle aux données de l'article.
<b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b>	Score PEDro : 4	

<b>Titre de l'article</b>	Role of ultrasound therapy in the healing of tibial stress fractures	
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Yadav YK, Salgotra KR, Banerjee A / MJAFI / 2008 / 64 / 234-236	
	<b>DESCRIPTION</b>	<b>CRITIQUES ET COMMENTAIRES</b>
<b>INTRODUCTION</b>		
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>	Résumé sur les fractures de fatigue. Mode d'action des ultrasons. Objectif : étudier l'efficacité d'un traitement par ultrasons dans le traitement des fractures de fatigue chez les recrues militaires.	<i>Le but de l'étude est clair. Les critères de jugement sont absents. Les hypothèses ne sont pas formulées.</i>
<b>MATERIEL ET METHODE</b>		
<b>Type d'étude</b>	Essai contrôlé randomisé en double aveugle	<i>Le type de l'étude est approprié pour répondre à l'objectif. Il 'agit du meilleur type d'étude pour ce type de question.</i>
<b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b>	67 patients souffrant de fractures de fatigue du tibia. Randomisation : Traitement (N=39) et Placebo (N=28) Double aveugle Pas de critères d'inclusion ni d'exclusion	<i>Les critères d'inclusion et d'exclusion sont absents. Il y a eu randomisation. Les groupes sont comparables en âge et en taille comme l'indique l'article mais aucun tableau le prouve. Le niveau d'activité physique des sujets n'est pas précisé. La classification rapporte une différence de temporalité, pas de différence de gravité de l'atteinte. Les deux groupes ne sont donc pas comparables.</i>

<b>Critères de jugement principal, Critères de jugement secondaires</b>	L'évaluation de la guérison est un jugement clinique <ul style="list-style-type: none"> <li>- Douleur pendant les AVQ</li> <li>- Douleur à la palpation ou à la percussion</li> <li>- Chaleur dans la zone incriminée</li> <li>- Fulcrum test</li> <li>- Single hop test</li> </ul>	<i>Les critères de jugement sont pertinents et validés. Le manque de critère e jugement radiologique est un point faible.</i>
<b>Protocole utilisé</b>	Les participants ont tous reçu un appareil d'ultrasons à domicile pour une utilisation quotidienne de 10 minutes avec les paramètres suivants : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fréquence : 3MHz</li> <li>• Puissance : 1W/cm<sup>2</sup></li> <li>• Mode pulsé</li> <li>• Cycle de service : 50%</li> </ul> Un contrôle de la douleur s'effectue grâce à de la glace et à du paracétamol	<i>Le protocole est bien présenté et suffisamment détaillé. Interrogation sur les paramètres, deux à trois fois plus élevées que les pratiques recommandées.</i>
<b>Analyses statistiques</b>	3 tests statistiques ont été réalisés	
<b>RESULTATS</b>		
<b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b>	Différence significative concernant le nombre de jours d'incapacité : 25,46 dans le groupe Ultrasons et 39,92 dans le groupe Placebo.	<i>Les résultats sont clairement présentés. Une seule donnée est précisée</i>
<b>DISCUSSION</b>	Protocole de rééducation en 4 phases.	
<b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b>	Discussion du rôle des ultrasons dans le diagnostic de la fracture de fatigue.  Étude de Brand sur l'effet des ultrasons dans la prise en charge des fractures de fatigue des membres inférieurs. Étude de Jensen (cas clinique)	<i>Les résultats apportent une réponse à la question posée Les auteurs comparent leurs résultats avec les données de la littérature</i>

	<p>Étude + méta analyse sur l'efficacité des ultrasons dans le traitement des fractures</p> <p>Étude de Rue ne trouvant pas de différence significative sur le temps de guérison. Tentative d'explication par les paramètres de la machine.</p> <p>Recommande des études sur d'autres sites que le tibia à l'avenir.</p>	
<b>Applicabilité et intérêt clinique</b>		<i>Les résultats sont acceptables et intéressants pour les pratiques quotidiennes en kinésithérapie</i>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	11 références bibliographiques dont 10 datant de plus de 5 ans	<i>Les références sont bien et pertinentes. Nous regrettons le peu de références actualisées</i>
<b>RESUME</b>		<i>Résumé bien rédigé et fidèle aux données de l'article</i>
<b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b>	Score PEDro : 7	



<b>Titre de l'article</b>	Role of ultrasound therapy in the treatment of stress fractures	
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Yadav YK / MJAFI / 2000 / 56 / 95-98	
	<b>DESCRIPTION</b>	<b>CRITIQUES ET COMMENTAIRES</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<p>Explications claires sur la fracture de fatigue.  Les fractures de fatigue sont le motif principal d'hospitalisation chez les militaires.  Le traitement consiste à du repos pendant 4 à 8 semaines. Les ultrasons sont utilisés dans le traitement de la fracture de fatigue mais les modalités ne sont pas clairement définies.  But de l'étude : évaluer l'efficacité des ultrasons dans le traitement de la fracture de fatigue</p>	<p><i>L'objectif de l'étude est clair.  La question est formulée. Le modèle PICO n'est pas respecté.  Aucune hypothèse est présentée dans cette introduction.</i></p>
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>		
<b>MATERIEL ET METHODE</b>	<p>Essai contrôlé</p>	<p><i>Le type de l'étude est approprié pour répondre à l'objectif</i></p>
<b>Type d'étude (étude de cas, transversale, diagnostic, interventionnelle...)</b>		
<b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b>	<p>75 sujets (Artilley Centre Hyderabad Nov 98-May 99) de 17 à 21 ans  Groupe contrôle : 32 sujets  Groupe expérimental : 43 sujets</p> <p>Sélection des individus basée sur une anamnèse, un examen clinique ainsi que des radiographies positives.  Les tests cliniques sont les suivants : Fulcrum test, signe de percussion à distance, test du diapason. Utilisation uniquement</p>	<p><i>La sélection des populations est bien définie  La randomisation n'apparaît à aucun moment dans l'article.  Aucun tableau de décrit les caractéristiques démographiques de la population  La classification rapporte une différence de temporalité, pas de différence de gravité de l'atteinte Il n'est donc pas possible de certifier que les groupes sont comparables.</i></p>

	de la radiographie standard, les autres examens d'imagerie n'étant pas disponible. Sélection uniquement des sujets présentant une radiographie standard positive pour exclure les diagnostics différentiels	<i>Il n'y a pas de diagramme de flux, ni d'allusion de la part des auteurs aux éventuels perdus de vue.</i>
<b>Critères de jugement principal, Critères de jugement secondaires</b>	L'évaluation de la guérison est un jugement clinique <ul style="list-style-type: none"> <li>- Douleur pendant les AVQ</li> <li>- Douleur à la palpation ou à la percussion</li> <li>- Chaleur dans la zone incriminée</li> <li>- Fulcrum test</li> <li>- Single hop test</li> </ul>	<i>Les critères de jugement sont pertinents et validés. Le manque de critère e jugement radiologique est un point faible.</i>
<b>Protocole utilisé</b>	<p>Groupe contrôle admis à l'hôpital. Traitement traditionnel avec principalement du repos et des AINS pour lutter contre la douleur pour une durée de 4 à 8 semaines. La non utilisation d'ultrasons factices est dû au fait de la possible aggravation de la fracture de fatigue pour es sujets du groupe contrôle.</p> <p>Groupe expérimental : Traitement par ultrasons pulsés à 1 W/sq.cm, 5 minutes par jour jusqu'à accomplissement des critères. Contrôle de la douleur avec du paracétamol et de la glace. La course, le saut et l'utilisation d'AINS sont interdits.</p> <p>Suivi des patients pendant un mois après le traitement pour mettre en évidence une éventuelle récurrence.</p>	<i>Le protocole est présenté de manière succincte, les paramètres de l'appareil à ultrasons sont approximatifs par rapport aux paramètres décrits dans les autres articles utilisant les ultrasons. La gestion du groupe contrôle à l'hôpital montre que l'auteur n'a aucun contrôle dessus, les sujets sont gérés dans le personnel de l'hôpital, il n'a aucune certitude sur le traitement réalisé.</i>
<b>Analyses statistiques</b>	t-test modifié	<i>Les variances des deux groupes étant inégales, les auteurs ont appliqué un test t modifié.</i>

RESULTATS		
<p><b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b></p>	<p>90% du groupe expérimental et 72% du groupe contrôle souffre du tibia</p> <p>Groupe expérimental : 4 sujets n'ont pas montré d'améliorations après les ultrasons après 9 à 15 jours, ils ont été admis à l'hôpital pour un repos complet. 3 sujets du groupe contrôle ont continué à être symptomatiques après leur arrêt maladie (1 à 3 mois d'arrêt supplémentaire)</p> <p>Groupe expérimental : 4 sujets victimes de récurrence (2 retraités pas ultrasons, 2 admis à l'hôpital) Groupe contrôle : 1 sujet victime de récurrence. Taux de réussite : 28 cas (87,5%) (groupe contrôle), 35 cas (81,4%) (groupe expérimental)</p> <p>Groupe contrôle Durée de l'hospitalisation : 37 jours Durée du traitement : 75 jours</p> <p>Groupe expérimental Durée du traitement : 15 jours, entre 9 et 25 jours (majorité entre 12 et 14 jours)</p> <p>Durée des ultrasons et durée du traitement conventionnel : <math>t = 29</math> (significatif) Durée des ultrasons et durée de l'hospitalisation : <math>t = 9,4</math> (significatif)</p>	<p>Les résultats sont cohérents avec les objectifs de l'étude. Ils sont présentés de manière claire et brute. Un tableau est présent pour récapituler le nombre de jours de traitement par ultrasons dans le groupe expérimental. Cette statistique a été réalisée uniquement sur les sujets ayant montré une consolidation osseuse, or 8 sujets n'ont pas été consolidés après le traitement ultrasons, ils n'apparaissent pas dans la statistique des 15 jours de traitement par ultrasons</p> <p>Les biais ne sont pas pris en compte dans les résultats. Deux statistiques sont significatives, les auteurs ne différencient pas les données statistiquement significatives et cliniquement significatives.</p>

<b>DISCUSSION</b>	<p>Les ultrasons soulagent la douleur et l'inflammation et améliore la guérison tissulaire. Ils sont souvent utilisés dans le traitement des tendinites, bursites, entorses et lésions musculaires. Les radiographies montrant une consolidation osseuse coïncident avec les paramètres cliniques.</p> <p>Conclusion : les ultrasons sont extrêmement sûrs, non invasifs et peut être grandement bénéfique aux patients souffrant de fractures de fatigue en diminuant la durée de retour à l'entraînement.</p>	<p><i>Les résultats offrent une réponse à la question.</i></p> <p>Les auteurs trouvent que l'amélioration radiographique est confirmée par l'amélioration des paramètres cliniques</p> <p><i>Les biais ne l'étude ne sont pas discutés</i></p> <p><i>Les auteurs ne discutent pas des résultats avec les données actuelles de la littérature scientifique</i></p>
<b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b>		
<b>Applicabilité et intérêt clinique</b>		<p><i>Les résultats sont intéressants pour les pratiques quotidiennes en kinésithérapie, mais à ne pas généraliser au vue des biais de l'étude.</i></p>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<p>7 références bibliographiques dont une seule date de plus de 5 ans.</p>	<p><i>Les références sont bien présentées, pertinentes et actualisées.</i></p>
<b>RESUME</b>		<p>Le résumé est bien construit, présenté de manière objective et fidèle aux données de l'article</p>
<b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b>	<p>Niveau 2. Score PEDro : 3</p>	

<b>Titre de l'article</b>	Does pulsed low intensity ultrasound allow early return to normal activities when treating stress fractures ? A review of one tarsal navicular and eight tibial stress fractures	
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Brand JC, Brindle T, Nyland J, Carborn DNM, Johnson DL / The Iowa orthopaedic journal / 1999 / 19 / 26/30	
	<b>DESCRIPTION</b>	<b>CRITIQUES ET COMMENTAIRES</b>
<b>INTRODUCTION</b>	Résumé des localisations touchées par la pathologie, son traitement. Le LIPUS est utilisé et étudié pour les fractures, pas pour les fractures de fatigue. But de l'étude : évaluer efficacité d'un traitement au LIPUS quotidien pour le traitement des fractures de fatigue tibiales et un retour rapide à leur activité. In fine : éviter de perdre du temps pour les athlètes Durant la saison sportive, éviter l'attelle qui n'est pas adéquat à la pratique en compétition de certains sports.	<i>Les objectifs sont clairs. La question de recherche ne répond pas au modèle PICO. Les hypothèses ne sont pas formulées.</i>
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>		
<b>MATERIEL ET METHODE</b>	Série de cas	<i>Le type de l'étude est adapté à l'objectif fixé cependant il manqué un groupe témoin pour confirmer l'efficacité de la technique et gagner en crédibilité scientifique.</i>
<b>Type d'étude</b>		
<b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b>	9 patients, 8 diagnostiqués avec un scanner et 1 avec une IRM (3H, 6F) 8 patients sur 9 sont des athlètes (football, basket) lycéens. Localisation : tibia postéromédial (n=7) ; tibia antéro lateral (n=1) et naviculaire (n=1) Critère d'inclusion : fracture de fatigue tibiale ou naviculaire	<i>La population est bien décrite mais nous ne savons pas comment les patients ont été sélectionnés. Il n'y a pas précision sur le grade, les localisations sont variées.</i>

<b>Critères de jugement principal, Critères de jugement secondaires</b>	Questionnaire « 5 questions », EVA, évaluation pour la performance fonctionnelle	<i>Absence de critères de jugement radiologique</i>
<b>Protocole utilisé</b>	<p>Avant l'étude : Questionnaire « 5 questions », EVA, évaluation pour la performance fonctionnelle.</p> <p>20 minutes par jour de LIPUS (fréquence : 1,5 MHz, zone de rayonnement : 3,88 cm<sup>2</sup>, largeur d'impulsion : 200 msec, intensité : 0,3 W/cm<sup>2</sup>). 5 fois par semaine pendant 4 semaines</p> <p>Maintien des activités pour les patients avec fracture de fatigue tibiale. L'attelle n'était portée que par la patiente souffrant d'une fracture de fatigue antérieure du tibia lors des activités. Les autres portaient l'attelle au repos.</p> <p>Les sujets sont retestés 4 semaines après la fin du traitement</p>	<i>Manque de précision. Nous ne savons pas qui fait les soins (patient ou thérapeute). L'évaluation de la performance fonctionnelle est très vague, peut englober plusieurs choses et n'est pas détaillée</i>
<b>Analyses statistiques</b>	Mann-Whitney U tests pour le score de l'EVA Test de t apparié pour les tests fonctionnels	
<b>RESULTATS</b>  <b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b>	Tous les patients ont repris ou maintenu une activité sportive à niveau égal par rapport au moment du diagnostic. Pas de récurrence pour tous les patients hormis la fracture de fatigue antérieure du tibia. Tableau récapitulatif avec les valeurs avant et après Statistiquement significatif stepdowns sur 1 min et EVA avant/après.	<i>Le tableau récapitulatif ne montre que les résultats significatifs</i>
<b>DISCUSSION</b>		

<p><b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b></p>	<p>Différence avec le traitement classique contre traitement de l'étude : 6 semaines sans appui contre 3 jours sans appui et 3 semaines avec un attelle amovible.          Traitement efficace pour fracture de fatigue de la partie postéromédiale du tibia, non pour la partie antérieure.          Accélération de la guérison pour une fracture de fatigue du membre inférieur grâce à l'utilisation quotidienne du LIPUS en diminuant de manière significative le temps de retour aux activités normales</p>	<p><i>Les résultats offrent une réponse à la question          Conclusion des auteurs sur l'efficacité pour la partie postéromédiale du tibia.          Les auteurs comparent leurs résultats avec les données de la littérature, ils utilisent un traitement radicalement différent par rapport au traitement traditionnel.</i></p>
<p><b>Applicabilité et intérêt clinique</b></p>		<p><i>Résultats à nuancer au vu des biais, de la nature de l'étude et de la taille de l'échantillon.</i></p>
<p><b>BIBLIOGRAPHIE</b></p>	<p>13 références bibliographiques bien rédigées, 6 datant de moins de 5 ans</p>	<p><i>Les références sont bien présentée pertinentes. Il est dommageable que la moitié des articles datent de plus de 5 ans</i></p>
<p><b>RESUME</b></p>		<p><i>Le résumé est bien construit, objectif et fidèle aux données de l'article</i></p>
<p><b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b></p>	<p>Score PEDro : 2</p>	

<b>Titre de l'article</b>	Effect of Low-Intensity Pulsed Ultrasound Treatment for delayed and non-union stress fractures of the anterior mid-tibia in five athletes	
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Uchiyama Y, Nakamura Y, Mochida J, Tamaki T / Tokai J Exp Clin Med / 2007 / 32 / 121-125	
	<b>DESCRIPTION</b>	<b>CRITIQUES ET COMMENTAIRES</b>
<b>INTRODUCTION</b>	Résumé sur le traitement des fractures de fatigue de la partie antérieure du tibia. Revue de ce qu'il se fait en matière de traitement des fractures par les ultrasons. But : étudier les effets des ultrasons (LIPUS) comme traitement pour les athlètes souffrant de fracture de fatigue non consolidée à la partie antérieure du tibia	<i>L'objectif est défini. Les hypothèses ne sont pas présentes. Le choix des auteurs d'inclure les résultats de leur étude dans l'introduction est discutable.</i>
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>		
<b>MATERIEL ET METHODE</b>	Série de cas	<i>Le type de l'étude est adapté à l'objectif fixé cependant il manqué un groupe témoin pour confirmer l'efficacité de la technique et gagner en crédibilité scientifique</i>
<b>Type d'étude</b>		
<b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b>	5 athlètes professionnel ou amateur (4H, 1F). Inclusion entre 1998 et 2003 suite à un passage à l'hôpital Fracture de fatigue non consolidée à la partie antérieure du tibia	<i>Le nombre de sujets est restreint, ce qui limite sa puissance. La sélection des sujets est très peu détaillée.</i>



<p><b>Critères de jugement principal, Critères de jugement secondaires</b></p>	<p>Radiographie Douleur à la palpation Scintigraphie Retour au sport</p>	<p><i>Les critères de jugement sont pertinents. Manque d'exhaustivité dans les critères fonctionnels.</i></p>
<p><b>Protocole utilisé</b></p>	<p>Les auteurs ont utilisé la radiographie, la présence d'une douleur localisée et la scintigraphie pour le diagnostic.</p> <p>Mise à disposition d'un appareil d'ultrasons à domicile pour une utilisation autonome pendant 20 minutes par jour.</p> <p>Paramètres :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sonde de 3,88 cm<sup>2</sup></li> <li>• Fréquence : 1,5 MHz</li> <li>• Largeur d'impulsion : 200 ms</li> <li>• Puissance moyenne temporelle : 117 mW</li> </ul> <p>Le patient contrôle lui-même sa douleur et maintient une activité physique autant que possible durant le traitement.</p> <p>Après la fin du traitement : symptômes cliniques (douleur), radiographie, scintigraphie critère de jugement (retour au sport à 100%).</p>	<p><i>Le protocole est adapté, suffisamment détaillé (avec les paramètres de la machine).</i></p>
<p><b>Analyses statistiques</b></p>	<p>Absence d'analyse statistique</p>	
<p><b>RESULTATS</b></p> <p><b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b></p>	<p>Durée moyenne du traitement, : 11 mois (8-14) Durée moyenne du suivi après le traitement : 7,4 mois (6-12) Pas de récurrence pendant la période de suivi. Pas de fracture complète. Retour à une activité complète en moyenne <b>3 mois</b> (2-4) après le début du traitement. La non douleur a été obtenu après en moyenne <b>3,8 mois</b> (2-5) d'utilisation. Enfin, la guérison radiologique a été obtenu en moyenne <b>11 mois</b> (8-14) après le début du traitement.</p>	<p>Les résultats sont clairs, complets et bien rédigés. Nous notons la présence de cliché d'imagerie. Un tableau récapitulatif aurait facilité la compréhension des résultats et apporté plus de clarté.</p>

<b>DISCUSSION</b>		
<p><b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b></p>	<p>Résultats rapides par rapport à un traitement conservateur présenté dans 3 études. Ces études interdisent le sport pendant le traitement contrairement à cette étude.</p> <p>Tableau récapitulatif des études avec traitement conservateur et leurs résultats en confrontation avec leurs résultats.</p> <p>Conclusion : les ultrasons (LIPUS) permettent d'obtenir un statut de non douleur ainsi qu'un retour à l'activité et au sport plus vite qu'avec les autres méthodes. Cependant, les ultrasons ne réduisent pas le temps de guérison radiologique (la réparation osseuse).</p> <p>Discussion sur une étude ne trouvant pas d'amélioration entre un groupe traité par ultrasons et un groupe sans ultrasons après une opération chirurgicale.</p> <p>Discussion sur la non concomitance entre le statut de non douleur et la guérison radiologique expliquée par le fait que les ultrasons contribuent à diminuer l'œdème osseux.</p> <p>Les ultrasons accélèrent la perméabilité aux fluides de l'os et des tissus environnants et améliore l'œdème osseux et tissulaire.</p> <p>Recommandation d'une opération chirurgicale si le statut de non douleur n'est pas atteint dans les 4 mois de traitement par ultrasons.</p>	<p><i>Les résultats offrent une réponse à la question. Les biais ne sont pas discutés. Les auteurs comparent leurs résultats avec les données de la littérature.</i></p>
<p><b>Applicabilité et intérêt clinique</b></p>	<p>Conclusion : le traitement par ultrasons est utile pour un soulagement précoce de la douleur dans le cadre d'une fracture de fatigue à la partie antérieure du tibia, résultant d'un retour précoce au sport</p>	<p><i>Les résultats sont acceptables mais difficilement applicables au vu de la diversité des sujets ainsi que du petit nombre d'individus. Ils sont cependant intéressants pour les pratiques quotidiennes en kinésithérapie.</i></p>

<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	16 références dont 13 datent de plus de 5 ans	<i>Les références sont bien présentées et pertinentes. Bémol sur la proportion de celles datant de plus de 5 ans.</i>
<b>RESUME</b>		<i>Résumé bien construit et fidèle aux données de l'article.</i>
<b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b>	Score PEDro : 2	

<b>Titre de l'article</b>	Stress fracture in the world class athlete: a case study	
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Jensen J / Medicine & Science in Sports & Exercise / 1998 / 30 / 783-787	
	<b>DESCRIPTION</b>	<b>CRITIQUES ET COMMENTAIRES</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<p>Revue globale de la fracture de fatigue, traitement de la fracture de fatigue tibiale</p> <p>Référence à Heckmann montrant dans un essai contrôlé randomisé en double aveugle une accélération significative de la guérison dans le groupe utilisant les ultrasons</p> <p>Revue des ultrasons : leurs paramètres d'utilisation, leur utilité clinique pour un traitement ostéoarticulaires</p> <p>Objectif : Rapporter l'utilisation d'ultrasons à faible intensité pour accélérer la guérison de fracture de fatigue du tiers moyen de tibia chez une gymnaste de classe mondiale</p>	<p><i>L'objectif de l'étude est clairement énoncé. Introduction très complète avec de nombreuses références bibliographiques</i></p>
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>		
<b>MATERIEL ET METHODE</b>		
<b>Type d'étude</b>	Étude de cas	<i>Il s'agit du type d'étude ayant le plus impact au niveau de la littérature scientifique.</i>

<p><b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b></p>	<p>1 gymnaste de classe mondiale de 14 ans présentant une douleur à la face antérieure du tibia Antécédents : maladie de Sever, fasciite plantaire</p>	<p><i>Le sujet a bien été défini avec de nombreux détails.</i></p>
<p><b>Critères de jugement principal, Critères de jugement secondaires</b></p>	<p>Douleur, temps de retour au sport à 100%</p>	<p><i>Les critères de jugement sont simples mais pertinents</i></p>
<p><b>Protocole utilisé</b></p>	<p>Examen radiographique normal ; IRM révélant un œdème osseux de 3 à 5 cm et un œdème périosté, un scanner montrant une augmentation de l'activité ostéoclastique. =&gt; conseil d'arrêter la gymnastique, prescription d'une attelle, d'une supplémentation en vitamine ainsi que du massage quotidien.</p> <p>Utilisation des ultrasons en complément d'un régime alimentaire ainsi que d'une réhabilitation structurée. Utilisation à la maison 20 minutes, 3 fois par jour</p>	<p><i>Le protocole est adapté et bien présenté. Il manque les paramètres de la machine à ultrasons</i></p>
<p><b>Analyses statistiques</b></p>	<p>Absence d'analyses statistiques</p>	
<p><b>RESULTATS</b></p>	<p>Moins de douleur 1 semaine plus tard. 2 semaines plus tard, une douleur minime l'autorisant à réutiliser le trampoline 3 semaines plus tard, radiographie normale, entraînement normal avec intensité modérée. 1 mois après la blessure, participation à un meeting puis aux JO dans les jours qui suivent. Une légère douleur persiste à la palpation profonde Médaille d'or aux JO avec un douleur minime</p>	<p><i>Les résultats sont présentés de manière claire et très détaillée.</i></p>
<p><b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b></p>		

	2 mois après, radiographie normale, absence totale de douleurs, présence d'une réaction cutanée.	
<b>DISCUSSION</b>		
<b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b>	Retour à l'entraînement à 100% en 3 semaines et un retour à la compétition (JO) après 33 jours grâce au traitement par ultrasons alors que différents auteurs préconisent un arrêt du sport de minimum 6-8 semaines.	<i>Les résultats offrent une réponse à la question. L'auteur se référence à des auteurs quant au délai de traitement préconisé en général pour ce type de blessure.</i>
<b>Applicabilité et intérêt clinique</b>		<i>Les résultats sont acceptables mais difficilement applicables au vu de la diversité des sujets ainsi que du petit nombre d'individus.</i>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	29 références bibliographiques dont 19 datant de plus de 5 ans.	<i>Les références sont-elles bien présentées et pertinentes. Beaucoup d'articles datent entre 5 et 10 ans ce qui permet de dire que ces références bibliographiques sont actualisées. Le nombre de références est élevé pour une étude de cas, cela rassure sur les données explicitées dans l'introduction.</i>
<b>RESUME</b>		Le résumé est-il bien construit, présenté de manière objective et fidèle aux données de l'article.
<b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b>	Score PEDro : 1	

<b>Titre de l'article</b>	Role of therapeutic ultrasound in healing of tibial stress fracture in a runner: a case study	
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Manzer M / Saudi Journal of Sports Medicine / 2013 / 13 / 107-109	
	<b>DESCRIPTION</b>	<b>CRITIQUES ET COMMENTAIRES</b>
<b>INTRODUCTION</b>		
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>	Revue sur la fracture de fatigue et sur l'utilisation des ultrasons	<i>Introduction très brève et succincte. Il n'y a ni hypothèse ni objectif.</i>
<b>MATERIEL ET METHODE</b>		
<b>Type d'étude</b>	Étude de cas	<i>Il s'agit du type d'étude ayant le plus impact au niveau de la littérature scientifique.</i>
<b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b>	1 homme de 20 ans, coureur. Diagnostic d'une fracture de fatigue face antérieure du tibia de Grade 3 à l'IRM avec un retard de 2 mois par rapport à ses premières douleurs  Douleur au bout de 28 secondes d'application des ultrasons en mode diagnostic du côté pathologique contre 1 minutes 26 secondes sur côté sain.	<i>La description du cas est très détaillée, l'auteur va dans le détail aussi bien au niveau du diagnostic d'imagerie que dans le diagnostic clinique</i>
<b>Critères de jugement principal, Critères de jugement secondaires</b>	Douleur à l'appui unipodal, à la course, au saut Durée avant le déclenchement de la douleur des ultrasons en mode diagnostic	<i>Les critères de jugement sont pertinents, simples mais très efficaces. Il manque cependant un critère d'imagerie.</i>

<b>Protocole utilisé</b>	Utilisation 20 min par jour, 5 fois par semaine pendant 4 semaines. Paramètres : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fréquence : 3MHz,</li> <li>• Puissance : 0,8W/cm<sup>2</sup></li> <li>• Mode pulsé</li> <li>• Cycle de service : 20%</li> </ul> Poursuite des activités fonctionnelles sans attelle. Examen clinique à la fin des 4 semaines	<i>Le protocole est adapté et bien décrit</i>
<b>Analyses statistiques</b>	Absence d'analyses statistiques	
<b>RESULTATS</b>		
<b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b>	Course sans douleur ainsi qu'un saut en unipodal sur le membre inférieur touché sans douleur également après 30 jours L'application des ultrasons en mode diagnostic sur le site de la blessure déclenche une douleur après 58 secondes	<i>Les résultats sont-clairement présentés et cohérents avec ce qui est attendu</i>
<b>DISCUSSION</b>		
<b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b>	Amélioration de la douleur dans les activités de la vie quotidienne après le traitement par ultrasons. Passage de 28 à 58 secondes avant le déclenchement de la douleur après l'application des ultrasons en mode diagnostic sur le site de la blessure.  Comparaison avec Brand (traitement) et Romani (diagnostic)	<i>Les résultats offrent une réponse à la question. L'auteur évoque les résultats d'autres auteurs.</i>
<b>Applicabilité et intérêt clinique</b>		<i>Les résultats sont acceptables mais difficilement applicables au vu de la diversité des sujets ainsi que du petit nombre d'individus.</i>



<b>Is ro</b>	2 références bibliographiques (1999 et 2000)	<i>Les références sont-elles présentées mais trop peu nombreuses et assez anciennes.</i>
<b>RESUME</b>		Le résumé est bien construit, présenté de manière objective et fidèle aux données de l'article.
<b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b>	Score PEDro : 1	

<b>Titre de l'article</b>	Do Capacitively Coupled Electric Fields Accelerate Tibial Stress Fracture Healing?	
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Beck B, Matheson G, Berman G, Norling T, Fredericson M, Hoffmann A / The American Journal of sports Medicine / 2007 / 36 / 545-53	
	<b>DESCRIPTION</b>	<b>CRITIQUES ET COMMENTAIRES</b>
<b>INTRODUCTION</b>	Revue de la fracture de fatigue ainsi que de son traitement.	<i>L'objectif de l'étude est clairement défini. L'introduction est complète et bien écrite.</i>
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>	La place de l'électrothérapie dans le traitement des fractures de fatigue. Objectif : Évaluer les effets du CCEF vs le placebo dans le traitement des fractures de fatigue tibiales	
<b>MATERIEL ET METHODE</b>		<i>Le type de l'étude est approprié pour répondre à l'objectif de l'étude et vérifier les hypothèses</i>
<b>Type d'étude</b>	Essai contrôlé randomisé en double aveugle	
<b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b>	44 sujets (20H, 24F) Critères d'inclusion <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entre 18 et 50 ans</li> <li>• 1 ou plus fracture de fatigue tibiale</li> <li>• Sans autre traitement que le repos</li> <li>• Postéromédial du tiers moyen au tiers distal et proximo-médial du tibia</li> </ul> Critères d'exclusion :	<i>La sélection des populations est correcte et très bien définie Il y a eu randomisation mais cela n'apparaît que dans les résultats Les groupes sont comparables. Les grades utilisés sont différents de ceux de la classification de Fredericson, limitant l'interprétation de ces derniers. La taille de l'échantillon est suffisante, une taille de 20 par groupe suffit pour montrer des différences statistiquement significatives</i>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Région antérieure du tibia, présentant des signes de retard de consolidation ou de pseudarthrose</li> <li>• Femme enceinte</li> <li>• Pacemaker</li> <li>• Maladie métabolique osseuse</li> <li>• Prise de médicaments influençant la consolidation osseuse</li> </ul> <p>Groupe Intervention (N=23) Groupe Placebo (N=21)  Tests réalisés pour diagnostiquer la fracture de fatigue donne un score sur 21.  + imagerie en aveugle (radiographie, scanner, IRM) donnant un score sur 16 (4 grades)</p> <p>Caractéristiques exhaustives de la population collectés</p> <p>2 perdus de vu dans le groupe contrôle (perte d'intérêt)  5 non analysés</p>	<p><i>Il y a un diagramme de flux et une présentation des perdus de vue.</i></p>
<p><b>Critères de jugement principal,  Critères de jugement secondaires</b></p>	<p>Temps de consolidation placebo vs CCEF  Temps de consolidation hommes vs femmes</p>	<p><i>Les critères de jugement sont pertinents, validés et fiables</i></p>
<p><b>Protocole utilisé</b></p>	<p>Des appareils fonctionnels et non fonctionnels ont été livrés en double aveugle par le fabricant  Caractéristiques de la machine :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Courant sinusoïdal 3 à 6,3 V à 60 kHz et 5 à 10mA (2 électrodes)</li> <li>• 15h par jour, alarme activée en cas de perte de signal ou de batterie insuffisante</li> </ul> <p>Conseils standard de rééducation pour les deux groupes, interdiction de toute activité douloureuse (vélo et piscine possible)  Paracétamol si besoin, Interdiction de prendre des AINS, aucun n'a indiqué en avoir pris.</p>	<p><i>Le protocole est adapté, correctement présenté et très détaillé. Le suivi du patient est très poussé.</i></p>

	<p>Contact tous les deux jours pour savoir si présence de douleurs</p> <p>Tentative course si pas de douleurs en marchant, tentative de saut si pas de douleurs en courant 50m</p> <p>Si pas de douleurs en sautillant sur le MI pathologique pendant 30 secondes à une hauteur de 10 cm, le sujet est considéré comme guéri et l'expérience est arrêté (confirmation imagerie)</p>	
<b>Analyses statistiques</b>	<p>Analyse de la variance de deux manières avec ANOVA</p> <p>Test t de comparaison pour la compliance</p>	
<b>RESULTATS</b>	<p>Pas de différence entre les 2 groupes ainsi que dans la compliance.</p> <p>Pas de différence dans le temps de consolidation intergroupes cependant, les femmes ont un temps de consolidation inférieur aux hommes.</p> <p>Une augmentation du nombre d'heures d'utilisation diminue le temps de consolidation dans les deux groupes, la relation est significative uniquement pour le groupe Traitement.</p> <p>Plus les sujets du groupe Traitement participent à des activités en charge plus le temps de consolidation augmente, ce n'est pas le cas pour le groupe Placebo.</p> <p>Pas de différences de temps de consolidation chez les sujets présentant un Grade &gt;2 par rapport aux sujets présentant un Grade &lt;2 dans le groupe Traitement</p> <p>Différence significative de temps de consolidation pour la même comparaison dans le groupe Placebo</p> <p>⇒ Grade 3 et 4 ont un temps de guérison 24,5 jours plus court dans le groupe Traitement par rapport au groupe Placebo.</p>	<p><i>Les résultats sont cohérents avec les objectifs de l'étude. Ils sont présentés d'abord de manière brute puis récapitulés grâce à un tableau clair afin de gagner en lisibilité.</i></p> <p><i>Les comparaisons et corrélations sont très nombreuses.</i></p>
<b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b>		

	<p>Pas de relation significative entre les temps de consolidation et la sévérité de l'atteinte ou le délai de commencement du traitement</p> <p>Relation significative entre la sévérité de l'atteinte et le temps de consolidation depuis la date de la blessure dans le groupe Placebo</p>	
<b>DISCUSSION</b>		
<b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b>	<p>Pas de différence sur le taux de consolidation entre les deux groupes, les hommes consolident 8 jours plus vite que les femmes. Cette différence est plus importante dans le groupe Traitement, ce qui indique qu'une interaction entre le traitement et le sexe existe.</p> <p>Comparaison des résultats avec Benazzo</p> <p>Discussion sur les avantages et désavantages de l'électrothérapie et son fonctionnement</p> <p>Explication des résultats et de leur différence avec le temps de consolidation d'un traitement classique</p> <p>Hypothèse : plus la fracture de fatigue tibiale est sévère, plus le bénéfice du CCEF est observé.</p>	<p><i>Les résultats offrent une réponse partielle à la question. Les auteurs comparent leurs résultats avec les données de la littérature</i></p>
<b>Applicabilité et intérêt clinique</b>		<p><i>Les résultats sont acceptables au vu de l'étude, de sa population et de son faible risque de biais. Ils sont intéressants pour les pratiques quotidiennes en kinésithérapie.</i></p>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<p>35 références bibliographiques, dont 28 datant de plus de 5 ans</p>	<p><i>Les références sont bien présentées et pertinentes. Seulement 7 références datent de moins de 5 ans</i></p>
<b>RESUME</b>		<p><i>Le résumé est bien construit, présenté de manière objective et fidèle aux données de l'article.</i></p>

<b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b>	Score PEDro : 7	
--	-----------------	--

<b>Titre de l'article</b>	Use of capacitive coupled electric fields in stress fractures in athletes	
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Benazzo F, Mosconi M, Beccarisi G, Galli U / Clinical Orthopedics and related research / 1995 / 310 / 145-149	
	<b>DESCRIPTION</b>	<b>CRITIQUES ET COMMENTAIRES</b>
<b>INTRODUCTION</b>	Revue rapide de la fracture de fatigue et de son traitement Objectif de l'étude : Rapporter les résultats du traitement de fractures de fatigue sur 21 athlètes à l'aide d'un CCEF	<i>L'introduction est brève mais l'objectif est clairement énoncé.</i>
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>		
<b>MATERIEL ET METHODE</b>	Série de cas	<i>Le type de l'étude est adapté à l'objectif fixé cependant il manqué un groupe témoin pour confirmer l'efficacité de la technique et gagner en crédibilité scientifique</i>
<b>Type d'étude</b>		
<b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b>	<p>21 sujets (17H, 4F), 25 fractures de fatigue</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entre 17 et 29 ans</li> <li>• Athlétisme (13), Footballeurs (6), Basketteurs (2), Gymnaste (1), entraînement au moins 3 fois par semaine</li> <li>• Naviculaire (13), Fibula (2), Tibia (2), 5<sup>ème</sup> métatarsien (6), Talus (1), 2<sup>ème</sup> métatarsien (1)</li> <li>• Diagnostic par radiographie standard, scintigraphie osseuse ou scanner</li> </ul>	<i>La sélection des populations est correcte et bien définie. Il y a un tableau récapitulant la population et la localisation de leur fracture de fatigue. Il n'y a cependant pas de précision sur le grade des fractures de fatigue.</i>

<b>Critères de jugement principal, Critères de jugement secondaires</b>	Temps mis pour ne plus ressentir de douleur Temps mis pour retourner au sport à 100% Radiographie montrant une consolidation Scintigraphie négative	<i>Les critères de jugement sont pertinents, validés, fiables.</i>
<b>Protocole utilisé</b>	Émission d'un courant sinusoïdal d'une amplitude de 3 à 6,3 V, une fréquence de 60 kHz, un niveau de courant effectif de 5-10 mA. Le commencement de l'intervention a eu lieu au moment du diagnostic. Le traitement continue tant que la fracture n'est pas consolidée. Il y a un monitoring radiologique 2 fois par semaine Les sujets sont classés en trois groupes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soigné</li> <li>• Amélioré</li> <li>• Non soigné</li> </ul>	<i>Le protocole est adapté, correctement présenté et suffisamment détaillé.</i>
<b>Analyses statistiques</b>	Il n'y a pas d'analyse statistique	
<b>RESULTATS</b>	Temps entre le début des symptômes, le diagnostic et le début du traitement varie de 7 à 730 jours Le temps de traitement moyen avant résolution des symptômes est de 52 jours, 60 jours au niveau du naviculaire 22 fractures de fatigue ont été classées dans le groupe soigné (88%), 2 dans le groupe amélioré (8%), 1 dans le groupe non soigné (4%)	<i>Les résultats sont cohérents avec les objectifs de l'étude. Un tableau récapitulatif le parcours de chacun des sujets serait appréciable pour la lisibilité et la compréhension des résultats.</i>
<b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b>		



<b>DISCUSSION</b>	Revue de l'électrothérapie et son utilisation dans le traitement de la fracture de fatigue. Justification du choix du type de l'étude (peu de sujets)	
<b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b>	Discussion sur la chronicité de la fracture de fatigue et sa tendance à ressembler à une pseudarthrose  Recours à la chirurgie nécessaires dans la majorité des cas de l'étude	<i>Les résultats offrent une réponse à la question. Ils comparent leurs résultats avec ceux retrouvés dans la littérature. Les auteurs évoquent les biais de leur étude et tentent de les expliquer.</i>
<b>Applicabilité et intérêt clinique</b>	Conclusion sur l'intérêt de cette technique chez les sportifs. Nécessite plus d'études pour l'appliquer à une population non sportive	<i>Les résultats sont applicables à la population étudiée. Ils sont intéressants pour les pratiques quotidiennes en kinésithérapie mais nécessiteraient un ECR pour plus de puissance dans l'acceptabilité des résultats.</i>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	14 références bibliographiques datant de plus de 5 ans	<i>Les références sont bien présentées et pertinentes. Il est dommageable que toutes les références datent de plus de 5 ans</i>
<b>RESUME</b>		<i>Le résumé est-il bien construit, présenté de manière objective et fidèle aux données de l'article</i>
<b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b>	Score PEDro : 2	

<b>Titre de l'article</b>	Low level laser therapy in treatment of stress fractures tibia : a prospective randomized trial	
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Chauhan A, Sarin P / Medical Journal, Armed Forces India / 2006 / 62 / 27-29	
	<b>DESCRIPTION</b>	<b>CRITIQUES ET COMMENTAIRES</b>
<b>INTRODUCTION</b>		
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>	L'objectif de l'étude est de savoir si l'application du laser à bas niveau sur des sujets avec une suspicion de fracture de fatigue du tibia est bénéfique.	<i>La contextualisation est très succincte. Seul l'objectif global de l'étude est présent</i>
<b>MATERIEL ET METHODE</b>		
<b>Type d'étude</b>	Essai randomisé prospectif	<i>Le type de l'étude est approprié pour répondre à l'objectif de l'étude</i>
<b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b>	107 personnes sélectionnés en première intention, 39 exclus car ayant reçu un traitement 68 hommes réparties en 2 groupes de 34 de manière aléatoire Groupe A "contrôle" : âge moyen 22 ans Groupe B "test" : âge moyen 22,5 ans	<i>La sélection des populations est correcte, bien définie et bien expliquée La randomisation est présente Les groupes sont comparables La taille de l'échantillon est suffisante</i>

<p><b>Critères de jugement principal, Critères de jugement secondaires</b></p>	<p>Évaluation de la douleur avec l'EVA</p> <p>Temps nécessaire à la disparition des symptômes et de retour à une marche sans douleur</p> <p>Récidive des symptômes après la fin du traitement</p>	<p><i>Les critères de jugement sont-ils pertinents, validés et simples. Il n'y a pas de contrôle à l'aide de l'imagerie.</i></p>
<p><b>Protocole utilisé</b></p>	<p>Commun aux deux groupes : repos au lit, mobilité restreinte, élévation du membre inférieur et compression.</p> <p>Le groupe contrôle est exposé à une simple lampe rouge. Le groupe test est exposé à une machine de laser à bas niveau avec une longueur d'onde de 830nm, une énergie de 8J/cm<sup>2</sup> pour le traitement et 16J/cm<sup>2</sup> pour la détection du point douloureux.</p> <p>Utilisation une seule fois par jour</p> <p>Le paramètres pris en compte est la douleur : au commencement du traitement, au quotidien, durant le traitement, à l'arrêt du traitement puis à 7 et 14 jours après l'arrêt du traitement</p>	<p><i>Le protocole est adapté, bien présenté. Nous ne savons pas depuis quand les sujets souffrent d'une fracture de fatigue.</i></p>
<p><b>Analyses statistiques</b></p>	<p>Utilisation de ANOVA pour la variance et du t de Student</p>	
<p><b>RESULTATS</b></p>	<p>Tableau récapitulatif des différents sports pratiqués par les participants</p> <p>Tableau résumant les manifestations cliniques des participants</p>	<p><i>Les résultats sont cohérents avec les objectifs de l'étude. Ils sont clairement présentés sous forme de tableau, ce qui améliore la clarté des résultats. Il y a une différenciation entre les résultats statistiquement significatifs et ceux qui ne le sont pas.</i></p>

<p><b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b></p>	<p>Dans le groupe A, 15 sont encore symptomatiques à la fin des 21 jours de traitement tandis qu'ils ne sont que 3 dans le groupe B</p> <p>L'analyse statistique révèle des résultats qui ne sont pas statistiquement significatifs</p> <p>Le nombre d'individus victime de récurrence suite à l'arrêt du traitement est résumé dans un tableau et ces données sont statistiquement significatives avec un <math>p &lt; 0,05</math> avec un plus petit nombre de récurrence en faveur du groupe test par rapport au groupe placebo à 7 et 14 jours après l'arrêt du traitement.</p>	
<p><b>DISCUSSION</b></p> <p><b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b></p>	<p>Résumé sur la fracture de fatigue ainsi que sur la thérapie laser à basse énergie.</p> <p>Il résulte de l'étude que le temps de résolution des symptômes est plus faible avec le traitement au laser par rapport au traitement traditionnel. De plus la récurrence est moins importante une fois que les individus retournent à leurs activités.</p> <p>Les résultats sont non significatifs du fait du nombre insuffisant de cas et de la période de suivi courte</p>	<p><i>Les résultats offrent-ils une réponse à la question. Les auteurs comparent les paramètres de la machine avec les données de la littérature. Ils discutent de la non significativité des résultats (nombre trop restreint d'individus, période de suivi trop courte)</i></p>
<p><b>Applicabilité et intérêt clinique</b></p>		<p><i>Les résultats sont applicables à la population étudiée, une étude plus importante serait nécessaire selon les auteurs afin de pouvoir appliquer ce traitement de manière plus systématique. Les résultats sont intéressants pour les pratiques quotidiennes en kinésithérapie.</i></p>
<p><b>BIBLIOGRAPHIE</b></p>	<p>17 références bibliographiques dont 16 datant de plus de 5 ans</p>	<p><i>Les références sont bien présentées et pertinentes. Il est regrettable qu'il n'y ait qu'une seule référence datant de moins de 5 ans.</i></p>

<b>RESUME</b>		Le résumé est bien construit, présenté de manière objective et fidèle aux données de l'article.
<b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b>	Score PEDro : 4	

<b>Titre de l'article</b>	Extracorporeal shock wave therapy for resistant stress fracture in athletes	
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Taki M, Iwata O, Shiono M, Kimura M, Takagishi K / The American Journal of Sports Medicine / 2007 / 35 / 1188-1192	
	<b>DESCRIPTION</b>	<b>CRITIQUES ET COMMENTAIRES</b>
<b>INTRODUCTION</b>		
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>	Focus sur le traitement des fractures de fatigue. Objectif : évaluer les effets des ondes de chocs sur les fractures de fatigue, en particulier sur les récalcitrantes	<i>L'objectif est clairement défini. Il n'y a pas d'hypothèses. L'introduction est très brève, nous n'avons pas beaucoup d'informations</i>
<b>MATERIEL ET METHODE</b>		
<b>Type d'étude</b>	Série de cas	<i>Le type de l'étude est adapté à l'objectif fixé cependant il manque un groupe témoin pour confirmer l'efficacité de la technique et gagner en crédibilité scientifique.</i>
<b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b>	5 athlètes souffrant de fractures de fatigue chroniques (6-12 mois) (4H, 1F), ayant entre 17 et 22 ans. Localisation : tibia, métatarsien, pubis, malléole médiale	<i>La population est correctement présentée et bien définie. Le nombre de sujets est restreint, ce qui limite sa puissance. Manque de précision par contre sur le grade de ces fractures de fatigue.</i>

<b>Critères de jugement principal, Critères de jugement secondaires</b>	Temps de retour au sport Consolidation osseuse avec le contrôle radiologique et/ou scanner	<i>Les critères de jugement sont pertinents et validés. Ils ne sont cependant pas clairement énoncés, ils apparaissent dans le tableau récapitulatif.</i>
<b>Protocole utilisé</b>	Appareil d'ondes de chocs directement en contact avec la peau du patient <ul style="list-style-type: none"> <li>• De 0,29 à 0,4 mJ/mm<sup>2</sup></li> <li>• De 2 000 à 4 000 impulsions</li> </ul> 2 cas ont eu besoin d'une attelle pendant 4 semaines sur pseudarthrose, les 3 autres ont eu ordre d'arrêter le sport.  Radiographie standard ou scanner pour vérifier la consolidation osseuse à postériori. Après consolidation, retour au sport autorisé	<i>Le protocole est adapté et bien présenté. Il manque quelques détails sur le mode d'administration du traitement par exemple.</i>
<b>Analyses statistiques</b>	Absence d'analyse statistique	
<b>RESULTATS</b>		
<b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b>	Présentation des résultats au cas par cas  Consolidation osseuse entre 2 et 3 mois et demi Retour au sport entre 3 et 6 mois	<i>Les résultats sont cohérents avec les objectifs de l'étude.          Un tableau récapitulatif de tous les sujets est appréciable et aide à la clarté des résultats ainsi qu'à sa grande lisibilité. Les résultats globaux ne sont pas présents dans le corps de l'article, ils ne sont présents uniquement dans un tableau.</i>
<b>DISCUSSION</b>		
<b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b>	Confrontation des résultats avec les différents auteurs retrouvés dans la littérature scientifique. Reprise des cas et discussion sur le devenir des patients.	<i>Les résultats offrent une réponse à la question          Les auteurs comparent leurs résultats avec les données de la littérature</i>

<b>Applicabilité et intérêt clinique</b>	Les ondes de chocs peuvent être sûres et efficaces pour les fractures de fatigue, en particulier sur les récalcitrantes.	<i>Les résultats sont acceptables mais difficilement applicables au vu de la diversité des sujets ainsi que du petit nombre d'individus. Ils sont cependant intéressants pour les pratiques quotidiennes en kinésithérapie.</i>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	26 références bibliographiques dont 22 datant de plus de 5 ans	<i>Les références sont bien présentées et pertinentes. La proportion trop importante d'articles datant de plus de 5 ans est dommageable.</i>
<b>RESUME</b>	Pas de résumé	
<b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b>	Score PEDro : 2	



<b>Titre de l'article</b>	Stress fractures of the base of the metatarsal bones in young trainee ballet dancers
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Albisetti W, Perugia D, De Bartolomeo O, Tagliabue L, Camerucci E, Calori G / International Orthopaedics / 2009 / 34 / 51-55

	DESCRIPTION	CRITIQUES ET COMMENTAIRES
<b>INTRODUCTION</b>	Contextualisation des fractures de fatigue au sein des danseurs.	<i>L'introduction est bien référencée. L'objet de la recherche est bien amené.</i>
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>	But de l'étude : expérience sur le diagnostic et le traitement des fractures de fatigue au niveau de la base du 2 <sup>ème</sup> et 3 <sup>ème</sup> métatarsiens chez les jeunes danseurs	<i>Ce n'est pas une question de recherche mais une explication du contenu de l'étude. Il n'y a pas d'hypothèses.</i>
<b>MATERIEL ET METHODE</b>		
<b>Type d'étude</b>	Série de cas	<i>Le type de l'étude est adapté à l'objectif fixé cependant il manque un groupe témoin pour confirmer l'efficacité de la technique et gagner en crédibilité scientifique</i>
<b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b>	De septembre 2005 à septembre 2007, les auteurs ont collecté les données cliniques sur 150 sujets de 10 à 21 ans. 19 (9 hommes, 10 femmes) présentent des fractures de fatigue à la base d'un métatarse (16 du 2 <sup>ème</sup> , 3 du 3 <sup>ème</sup> ). Moyenne d'âge 16,4 ans. Réalisation d'une radiographie standard après 11 jours (7-20), IRM et scanner si suspicion de fracture de fatigue. Grade 1 : n=1 ; Grade 2 : n=9 ; Grade 3 : n=8 ; Grade 4 : n=1.	<i>La radiographie standard n'est pas le seul élément diagnostic, l'IRM vient le confirmer. Les critères d'inclusion et d'exclusion sont absents. Il manque les antécédents des sujets. Il aurait été intéressant de savoir s'ils avaient déjà eu une fracture de fatigue précédemment</i>

<b>Critères de jugement principal, Critères de jugement secondaires</b>	Douleur à la palpation IRM	<i>Les critères de jugement ne sont pas énoncés de manière claire, il y a un manque de précision à ce propos.</i>
<b>Protocole utilisé</b>	Traitement avec du repos (étirement, exercices en isométrique en décharge) et des ondes de chocs (6,5 MHz, 2 000 impulsions, 0,06-0,28 mJ/mm <sup>2</sup> ) 3 à 5 fois par mois. 1 patient non traité par ondes de chocs -> EMF, US Durée environ 3 à 5 semaines après le diagnostic. Réévaluation de la douleur 1 fois par semaine, autorisation retour progressif si douleur diminuée (interdiction aux sauts). Lorsqu'il n'y a plus de douleurs : reprise complète des activités et de la danse. IRM un mois après la fin du traitement attestant de la guérison	<i>Le protocole est bien décrit, le suivi dans le temps des patients est rigoureux.</i>
<b>Analyses statistiques</b>	Il n'y a pas d'analyses statistiques	
<b>RESULTATS</b>	A 2,2 ans en moyenne, tous les sujets étaient guéris et n'avaient plus de douleur (1,3 - 3,3). Retour au sport en moyenne après 4,6 semaines (3 - 5,3) après la première application. Retour aux activités à 100% en moyenne 18 jours (14 - 23) après la fin du traitement, 6,3 semaines après l'apparition des symptômes. Absence de récurrence	<i>Les résultats sont bruts, concis et complets. Le tableau résume correctement la situation de chacun des 19 sujets</i>
<b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b>		
<b>DISCUSSION</b>	Pas d'implication directe de la différence de longueur des membres inférieurs sur le développement des fractures de fatigue selon les auteurs. Mise en cause du pied pronateur ou « over pointed » créant des contraintes au niveau des articulations tarsométatarsiennes induisant la fracture de fatigue. Les sujets rapportent des perturbations menstruelles, une perte de poids, une augmentation de l'intensité de l'entraînement les mois précédant la survenue de la fracture Importance du diagnostic précoce	<i>Les résultats offrent une réponse à la question. Les biais ne sont pas discutés. Les auteurs comparent leurs résultats avec les données de la littérature.</i>
<b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b>		

<b>Applicabilité et intérêt clinique</b>		<i>Les résultats sont en faveur de l'utilisation des ondes de chocs. Les auteurs relativisent quant à leurs résultats et insistent sur le diagnostic précoce et la gestion des facteurs de risque</i>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	26 références bibliographiques dont 17 datant de plus de 5 ans	<i>Les références sont bien présentées et pertinentes. Bémol sur les 17 références datant de plus de 5 ans</i>
<b>RESUME</b>		<i>Le résumé construit et fidèle aux données de l'article</i>
<b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b>	Score PEDro : 2	

<b>Titre de l'article</b>	Shock waves in the treatment of stress fractures	
<b>Auteurs / revue / année / Vol / Pages</b>	Moretti B, Notarnicola A, Garofalo R, Moretti L, Patella S, Marlinghaus E, Patella V / Ultrasound in Medicine & Biology / 2009 / 35 / 1042-1049	
	<b>DESCRIPTION</b>	<b>CRITIQUES ET COMMENTAIRES</b>
<b>INTRODUCTION</b>	Contextualisation de la fracture de fatigue, son traitement et l'utilisation des ondes de chocs. Objectif : Voir les effets des ondes de chocs sur les athlètes souffrant de fractures de fatigue non consolidées ne répondant à aucun autre traitement conservateur.	<i>L'objectif de l'étude est clairement défini. Il n'y a pas d'hypothèse concernant le l'issue du traitement.</i>
<b>Objectif(s) de l'étude / Question de recherche / Hypothèses de recherche</b>		
<b>MATERIEL ET METHODE</b>	Série de cas	<i>Le type de l'étude est adapté à l'objectif fixé cependant il manqué un groupe témoin pour confirmer l'efficacité de la technique et gagner en crédibilité scientifique</i>
<b>Type d'étude</b>		
<b>Population (nb, critères d'inclusion, d'exclusion, groupe témoin...)</b>	10 patients, hommes, footballeurs, entre 20 et 29 ans Fractures de fatigue non consolidées : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Métatarsiens (n=6)</li> <li>• Tibia (n=4)</li> </ul>	<i>La sélection des individus est bien définie, les individus sont bien détaillés. Manque de précision sur le grade des fractures de fatigue</i>

<p><b>Critères de jugement principal, Critères de jugement secondaires</b></p>	<p>Fusion osseuse à la radiographie standard Temps de retour au sport</p>	<p><i>Les critères de jugement sont et assez fiables même si la radiographie standard n'est pas le gold standard. Il manque quelques évaluations fonctionnelles. De plus, les critères de jugement son devinés parce que ce sont ceux qui apparaissent dans les résultats mais ils ne sont pas clairement énoncés avant.</i></p>
<p><b>Protocole utilisé</b></p>	<p>Utilisation d'ultrasons pour déterminer avec précision l'endroit de la fracture. Application directe des ondes de chocs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,09 à 0,17 mJ/mm<sup>2</sup></li> <li>• 4 000 impulsions toutes les 48h</li> <li>• 3 applications sur les métatarsiens, 4 sur les tibias</li> </ul> <p>Attelle pendant 6 semaines pour les métatarsiens Interdiction de courir et sauter pour les tibias Conseil d'arrêter des activités sportives 6 à 8 semaines</p> <p>Suivi par examen clinique et radiographie standard</p>	<p><i>Le protocole est adapté, bien présenté. Manque de suivi des patients dans les activités sportives réalisées post-traitement.</i></p>
<p><b>Analyses statistiques</b></p>	<p>Absence d'analyse statistique</p>	
<p><b>RESULTATS</b></p> <p><b>Présentation, précision et lisibilité des résultats (tableaux, figures, cohérence avec le texte, indices de dispersion...)</b></p>	<p>Présentation des résultats au cas par cas.</p> <p>Les ondes de chocs ont été bien tolérées par tous les patients. Un patient (métatarsien) a eu besoin d'une deuxième session. Pas de complication dans aucun cas</p> <p>Observation d'une consolidation osseuse entre 6 et 14 semaines après le traitement. Retour au sport à 100% entre 3 et 10 mois après le traitement</p>	<p><i>Les résultats sont bruts, cohérents avec les objectifs de l'étude, clairement présentés. Un tableau résumant chaque sujet aurait aidé à la clarté de la présentation.</i></p>

<b>DISCUSSION</b>	Brainstorming sur la fracture de fatigue (facteurs de risque, diagnostic, traitement...)	
<b>Discussion des résultats, réponses à la question de recherche, justification des réponses</b>	<p>Revue de la littérature de l'utilisation des ondes de chocs et leur effet retrouvé dans le traitement de la fracture de fatigue.</p> <p>Discussion de leur étude et comparaison avec Taki, Hermann et Martini</p> <p>Conclusion sur leur étude et l'effet des ondes de chocs sur les athlètes souffrant de fractures de fatigue non consolidées ne répondant à aucun autre traitement conservateur.</p>	<p><i>Les résultats offrent une réponse à la question. Les biais ne sont pas évoqués. Les auteurs comparent leurs résultats avec les données de la littérature</i></p>
<b>Applicabilité et intérêt clinique</b>	Les ondes de chocs peuvent être sûres et efficaces pour les fractures de fatigue, en particulier sur les récalcitrantes.	<p><i>Les résultats sont applicables à la population étudiée Ils sont intéressants pour les pratiques quotidiennes en kinésithérapie mais nécessiteraient un ECR pour plus de puissance dans l'acceptabilité des résultats</i></p>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	41 références bibliographiques dont 25 datant de plus de 5 ans	<i>Les références sont présentes en nombre conséquent, bien présentées et pertinentes. Il est regrettable que 25 références datent de plus de 5 ans</i>
<b>RESUME</b>		<i>Le résumé est bien construit, présenté de manière objective et fidèle aux données de l'article</i>
<b>Niveau de preuve (selon HAS) / Note PEDro</b>	Score PEDro : 2	

ANNEXE II : Attribution des scores PEDro

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Gan 2014	X	X	X		X	X	X			X		6
Rue 2004	X	X			X					X	X	4
Yadav 2008		X	X		X	X	X			X	X	7
Yadav 2000	X							X		X		2
Brand 2009								X		X		2
Uchiyama 2007								X		X		2
Jensen 1998								X				1
Manzer 2013								X				1
Beck 2008	X	X			X	X	X	X		X	X	7
Benazzo 1995								X		X		2
Chauhan 2006	X	X			X			X		X		4
Taki 2007								X		X		2
Albisetti 2009								X		X		2
Moretti 2009								X		X		2

## **Intérêt clinique des agents électrophysiques adjuvants sur la douleur, le temps de retour au sport et la consolidation osseuse dans le traitement de la fracture de fatigue du membre inférieur**

**Introduction** : la fracture de fatigue est une blessure de surmenage, résultant d'un déséquilibre entre des contraintes osseuses trop importantes et un remodelage osseux insuffisant. Cette pathologie représente jusqu'à 20% des blessures chez les sportifs et touche principalement les membres inférieurs. Le traitement conventionnel de cette blessure consiste en du repos et une remise en charge progressive avec une rééducation qui peut être longue. Certains agents électrophysiques tels que les ultrasons, les champs électromagnétiques, le laser et les ondes de chocs peuvent être utilisés en tant que traitement adjuvant dans le traitement des fractures de fatigue. L'objectif de cette étude est donc de définir si l'utilisation de ces agents électrophysiques, en plus du traitement conventionnel de la fracture de fatigue, permet de diminuer la douleur, de favoriser la consolidation osseuse et de réduire le délai de retour au sport.

**Matériel et méthode** : les recherches ont été effectuées sur PubMed, PEDro, CochraneLibrary, ScienceDirect et Kinédoc.

**Résultats** : 14 références ont été retenues pour permettre leur analyse. Des résultats encourageants sur les ultrasons sont soutenus par un ECR, deux autres ECR ne notent aucune différence avec le groupe placebo. Une efficacité relative du laser est retrouvée par un ECR. Les champs électromagnétiques montrent une efficacité plus importante sur les fractures de fatigue à haut grade. Les ondes de chocs sont principalement utilisées pour traiter des fractures de fatigue chroniques et montrent une efficacité modérée à travers des séries de cas avec un niveau de preuve faible.

**Discussion** : il semble que l'utilisation d'agents électrophysiques permette de réduire la douleur, de favoriser la consolidation osseuse et de diminuer le délai de retour au sport dans des proportions différentes en fonction de l'agent électrophysique et de la fracture de fatigue à traiter.

**Conclusion** : de nouvelles études à haut niveau de preuve sont nécessaires pour recommander l'utilisation des agents électrophysiques dans le traitement des fractures de fatigue au quotidien.

**Mots clés** : fracture de fatigue, kinésithérapie, agents électrophysiques, retour au sport

---

## **Clinical interest of adjuvant electrophysical agents on the pain, the time to return to sport and bone healing in the treatment of stress fracture on the lower limb**

**Introduction**: stress fracture is an overuse injury, it results from an imbalance between excessive bone stress and insufficient bone turnover. Stress fracture accounts for up to 20% of injuries in athletes and mainly affects lower limbs. Its conventional treatment consists of rest and progressive re-loading, but recovery is known to be long. Certain electrophysical agents such as ultrasound, electromagnetic fields, laser and shock waves can be used as an adjunct therapy in the treatment of stress fractures. Our objective is to determine whether the use of electrophysical agents, in addition to conventional treatment of stress fracture, decreases pain, promotes bone consolidation and reduces the time to return to sport.

**Material and method**: research were carried out on PubMed, PEDro, CochraneLibrary, ScienceDirect, and Kinédoc.

**Results**: 14 references were selected for in this systematic review. Encouraging results on ultrasound are supported by one RCT, two other RCTs didn't find difference with the placebo group. A relative efficiency of the laser is found by an RCT. The electromagnetic fields show a greater efficiency on high grade of stress fractures. Shock waves are mainly used to treat chronic stress fractures and support moderate efficacy across series of cases with a low level of evidence.

**Discussion**: it seems that the use of electrophysical agents can decrease pain, promote bone consolidation and reduce the time to return to sport in different proportions depending on the electrophysical agent and the type of stress fracture.

**Conclusion**: new studies with a high level of evidence are needed to advise the daily use of electrophysical agents in the treatment of stress fracture of the lower limb.

**Keys words**: stress fracture, physiotherapy, electrophysical agents, return to sport