

**AIX MARSEILLE UNIVERSITÉ
ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION
FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE**

**L'EFFICACITE DE LA THERAPIE PAR ONDES DE CHOC
EXTRACORPORELLES DANS LA PRISE EN CHARGE
KINÉSITHÉRAPIQUE DES TENDINOPATHIES CHRONIQUES**

CARLOTTI Camille

Directrice de mémoire : Mme LAGADEC

D.E.M.K Marseille 2021

N°32

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier ma directrice de mémoire, Mme Lagadec, pour sa patience, ainsi que l'équipe enseignante de l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Marseille pour ces quatre années de découverte et de formation, achevées par ce mémoire.

Je remercie tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réalisation de ce mémoire et qui n'ont pas pu être cités ici, mais aussi l'ensemble du jury pour sa lecture attentive et la prise en considération de mon travail.

J'adresse également ma reconnaissance à tous les kinésithérapeutes, salariés ou libéraux, rencontrés lors de ces études pour leur bienveillance et les savoirs qu'ils m'ont transmis.

A titre plus personnel, je souhaiterai particulièrement adresser ma profonde gratitude à ma famille pour son soutien inconditionnel, mais aussi à mes ami(e)s qui m'ont aidée à supporter ces années si loin de chez moi.

Merci à Roxane, la meilleure des binômes, toujours là pour m'accompagner et m'aider tout au long de ces quatre années, et qui est devenue une amie aujourd'hui.

Aussi, je souhaiterais dire un grand merci à ma meilleure amie qui se reconnaîtra.

Enfin, une mention spéciale pour mon compagnon dont le soutien m'a été indispensable ; je le remercie d'avoir supporté mes états d'âme durant la longue réalisation de ce travail et de m'avoir encouragée quoi qu'il arrive

Table des matières

1.	Introduction	6
1.1	Présentation de la revue.....	6
1.2	Rappels anatomophysiologiques du tendon.....	7
1.2.1	Le tendon : définition et fonction.....	7
1.2.2	Structure du tendon	8
1.2.3	Biomécanique.....	8
1.3	Les tendinopathies	10
1.3.1	Définition et diagnostic.....	10
1.3.2	Classifications	12
1.3.3	Étiologie.....	13
1.3.4	Traitements	14
1.4	Ondes de choc extracorporelles.....	15
1.4.1	Définition et historique	15
1.4.2	Les deux types d'ondes de choc	16
1.4.3	Principes physiques.....	17
1.4.4	Différents paramètres.....	18
1.4.5	Effets thérapeutiques	18
1.4.6	Effets indésirables.....	20
1.4.7	Indications et contre indications	20
1.5	Problématique et objectifs de la revue	21
2.	Méthodologie	22
2.1	Critères d'éligibilité des études pour cette revue	22
2.1.1	Types d'études.....	22
2.1.2	Modèle PICO.....	22
2.2	Méthodologie de recherche des études	23
2.2.1	Les sources documentaires investiguées	23
2.2.2	Equation(s) de recherche	24
2.3	Extraction et analyse des données.....	25
2.3.1	Méthode de sélection des études	25
2.3.2	Extraction des données.....	26

2.3.3	Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées et recherche des types de biais	27
2.3.4	Méthode de synthèse des résultats.....	28
3.	Résultats	29
3.1	Description des études	29
3.1.1	Diagramme de flux.....	29
3.1.2	Études exclues	30
3.1.3	Études incluses	31
3.2	Risque de biais des études incluses	33
3.2.1	Grille d'analyse utilisée	33
3.2.2	Synthèse des biais retrouvés.....	34
3.3	Effet de l'intervention sur les critères de jugement de la revue.....	36
3.3.1	Analyse du critère de jugement principal	36
3.3.2	Analyse du ou des critère(s) de jugement secondaire(s)	44
4.	Discussion	48
4.1	Analyse des principaux résultats	48
4.1.1	Effets des ondes de choc sur la douleur	48
4.1.2	Effets des ondes de choc sur les critères de jugement secondaires	53
4.1.3	Conclusion de l'analyse des résultats	55
4.2	Applicabilité des résultats en pratique clinique	56
4.2.1	Outils d'estimation.....	56
4.2.2	Ce résultat est-il applicable à mes patients ?	59
4.3	Qualité des preuves.....	60
4.4	Biais potentiels de la revue	62
5.	Conclusion	63

Liste des abréviations et acronymes

- SRR : Service de rééducation et de Réadaptation
- ODC : Ondes de choc
- ODCf : Ondes de choc focales
- ODCr : Ondes de choc radiales
- CMS : Constant and Murley Score
- Visa-P : Victorian Institute of Sports Assessment–Patellar
- ECR : Essai Clinique Randomisé
- EBM : Evidence Based Medicine

1. Introduction

1.1 Présentation de la revue

C'est au cours de mon tout premier stage qu'une ébauche du sujet de mon mémoire de fin de cursus est née. J'ai réalisé ce premier stage d'observation en tant que néo-étudiante en kinésithérapie à l'hôpital de Bastia, au sein du Service de Rééducation et de Réadaptation fonctionnelle (SRR).

Je me suis occupée au début de ce stage, en étant bien évidemment supervisée, d'un monsieur qui présentait, au-delà de sa pathologie principale, une tendinopathie chronique de l'épaule très invalidante.

« Les tendinopathies sont des pathologies douloureuses des tendons, ces structures fibreuses qui relient nos muscles à nos os. Ces douleurs peuvent être intenses, au point de gêner les gestes de la vie quotidienne ». [1]

« Elles sont essentiellement provoquées par des gestes répétitifs qui exercent une sollicitation excessive sur des tendons peu entraînés, mal échauffés ou fragilisés par une maladie ou des médicaments ». [1]

Par la suite, j'ai eu l'occasion de participer à la rééducation de nombreux patients souffrant de cette pathologie lors de mes stages. En effet, on retrouve de plus en plus de personnes souffrant de tendinopathies chroniques, dont la qualité de vie est impactée par des symptômes qui perdurent.

Les sportifs sont souvent particulièrement touchés, mais d'autres étiologies sont possibles comme une mauvaise posture et/ou des gestes très répétitifs au travail, ou la sollicitation trop brutale des tendons de personnes très sédentaires.

Il existe de nombreux traitements fonctionnels et pharmaceutiques, mais je me suis intéressée tout particulièrement au traitement de ces pathologies grâce à la thérapie par ondes de choc extracorporelles. L'utilisation de ces ondes mécaniques sonores fait partie des compétences des kinésithérapeutes, comme stipulé dans le Code de la Santé Publique [2] et depuis une vingtaine d'années, elles sont largement utilisées en France dans le domaine de la kinésithérapie pour lutter contre les tendinopathies chroniques. Cependant leur efficacité reste controversée.

En discutant avec des kinésithérapeutes diplômés, je me suis rendue compte que certains professionnels l'utilisent volontiers alors que d'autres n'y adhèrent pas du tout ; le choix de cet objet d'étude s'est alors confirmé.

En appui sur des études scientifiques disponibles sur ce sujet et au moyen d'une revue de littérature, j'ai alors décidé de mener toute une réflexion sur l'efficacité du traitement des tendinopathies chroniques par l'application d'ondes de choc extracorporelles.

1.2 Rappels anatomophysiologiques du tendon

1.2.1 Le tendon : définition et fonction [3], [4], [5], [6]

Tout d'abord, il me semble pertinent de faire quelques rappels sur le tendon physiologique.

Les tendons sont des faisceaux ou des bandes de fibres solides, lisses et luisantes qui relient les muscles aux os. Ils sont de formes variables (ronds, plats, courts ou longs) et peuvent être compris dans une gaine ou non.

Les tendons font partie des structures qui lient et qui stabilisent les articulations du système squelettique. Ils ne produisent pas activement un mouvement, comme le font les muscles, mais ils jouent un rôle essentiel dans le mouvement articulaire. Leur fonction est d'attacher le muscle à l'os et de transmettre les forces musculaires aux pièces osseuses pour permettre le mouvement des articulations. Ils permettent aussi au muscle d'être à une distance optimale de l'articulation, et agissent donc directement sur la façon dont la force musculaire va mobiliser les os autour d'une articulation donnée.

Les tendons et les muscles forment une unité à part entière qui agit comme une composante dynamique.

Les tendons sont des tissus conjonctifs denses qui ont une vascularisation pauvre et indépendante, mais qui peut augmenter considérablement lors d'un exercice physique. Si les tendons sont très peu vascularisés, leur innervation sensitive est quant à elle riche et elle joue un rôle dans la régulation de la contraction musculaire.

Ainsi, le métabolisme du tendon est bas mais il peut augmenter selon les sollicitations mécaniques.

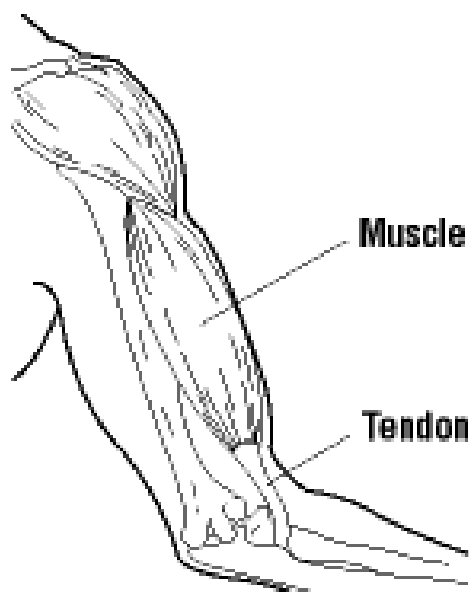


Figure 1 : Schéma d'un muscle et de son insertion osseuse à l'aide du tendon

1.2.2 Structure du tendon

« Les tendons sont constitués de faisceaux fibreux denses, flexibles et très résistants, doués de propriétés viscoélastiques et capables d'emmagasiner de l'énergie pour la restituer secondairement ». [4]

« L'organisation histologique du tendon permet une adaptation avec élasticité, solidité et travail sans perte d'énergie ». [7]

Comme nous pouvons le constater sur le schéma ci-dessous, le tendon a une structure échelonnée.

Son unité fondamentale est le **tropocollagène**, sécrété par des cellules nommées fibroblastes. Après leur sécrétion, plusieurs molécules de tropocollagène fusionnent entre elles et vont former des **microfibrilles** qui elles-mêmes s'unissent afin de former des **fibrilles** ou **fibres primaires**.

De la même façon, ces fibrilles vont s'assembler à leur tour pour donner des **fibres**, de plus gros diamètre.

Enfin, plusieurs fibres vont donner des **faisceaux** et c'est l'accolement de ces faisceaux qui donnent le **tendon**.

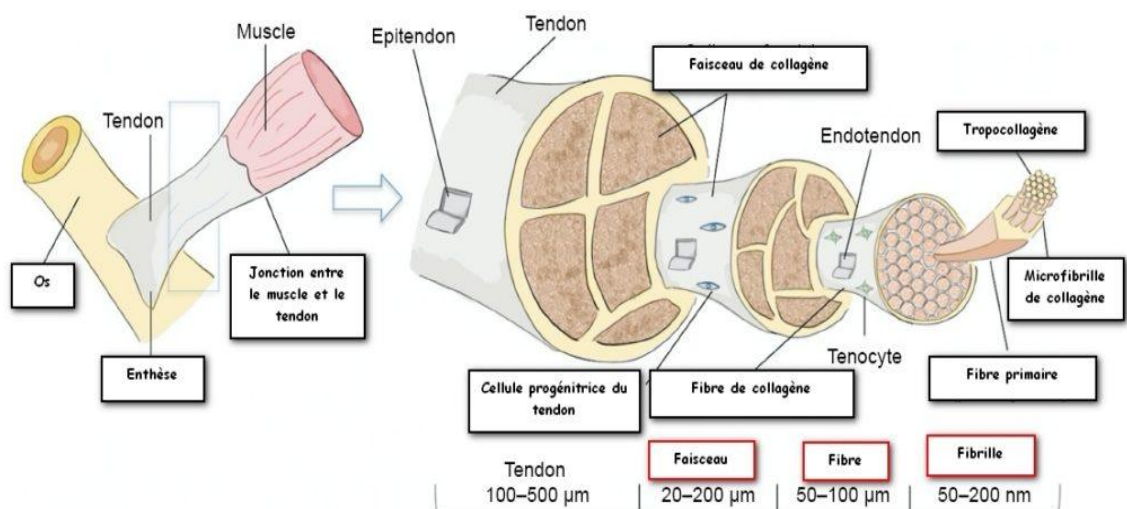


Figure 2 : Structure d'un tendon [8]

1.2.3 Biomécanique

Les tendons ont une résistance supérieure aux muscles ; ils peuvent supporter une masse énorme (jusqu'à 17 fois le poids d'un sujet) et sont soumis en permanence à des forces de tension, compression et cisaillement, notamment au niveau des enthèses (zones d'encrage dans l'os du tendon).

En fonction des contraintes mécaniques subies, par exemple lors d'un entraînement physique, le tissu tendineux se soumet à des modifications mécaniques et biochimiques afin d'augmenter sa résistance.

Cependant, si cet entraînement est trop intense, ou que les séances sont trop rapprochées, le catabolisme devient majoritaire, ce qui est délétère pour le tendon. La production de médiateurs de l'inflammation augmente considérablement, et c'est ainsi qu'apparaissent les lésions tendineuses aiguës ou chroniques.

Ainsi, le tissu tendineux est capable de s'adapter aux contraintes mécaniques qu'il reçoit avec une grande résistance, et se caractérise également par une grande élasticité.

« Le comportement biomécanique du tendon dépend du nombre et du type de liaisons inter et intramoléculaires ». [9] « La courbe typique de déformation d'un tendon par étirement montre une première phase, nommée « toe region » ou « pied de la courbe », de croissance exponentielle qui correspond à la mise en tension progressive et réversible des fibres tendineuses. À partir du moment où toutes les fibres tendineuses sont tendues, une seconde phase linéaire fait suite jusqu'à environ 4 % d'élongation. Au-delà, le tendon se déforme irréversiblement et, au terme de cet étirement, il y a une troisième portion de la courbe qui est extra-physiologique et qui va d'environ 4 % d'élongation, limite maximale de rupture microscopique, à environ 10-14 % d'élongation, limite à laquelle on peut observer les premières lésions macroscopiques. Cette phase se poursuit par une dernière portion de courbe en plateau qui va jusqu'à la rupture tendineuse ». [4]

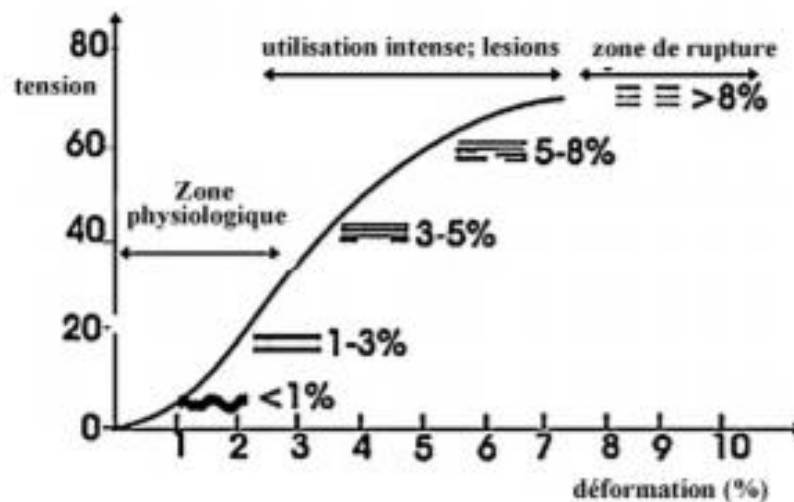


Figure 3 : Courbe stress contraintes, d'après Rees et al [10]

Il faut noter que le risque de rupture augmente lorsqu'il y a une mise en tension rapide ou de manière oblique, en dehors de l'axe physiologique de travail du tendon. La contraction excentrique majore les risques.

1.3 Les tendinopathies

1.3.1 Définition et diagnostic

La tendinopathie apparaît le plus souvent à la suite d'une **hyper-utilisation chronique** qui va engendrer des modifications de la structure tendineuse et des douleurs invalidantes. [11]

Le mouvement répétitif d'une articulation peut donc provoquer à long terme l'inflammation du tendon si celui-ci est sollicité au-delà de ses limites supportables.

Certains tendons vont être plus susceptibles d'être touchés par ces pathologies, notamment :

- Les tendons **patellaires** (genoux)
- Les tendons **calcanéens** (s'insérant sur le pied)
- Les tendons des **épicondyliens latéraux** (coudes)
- Les tendons du **supra-épineux** (épaules)

Cliniquement, les tendinopathies sont caractérisées par une triade symptomatique :

- Douleur à la **palpation**
- Douleur à l'**étirement**
- Douleur à la **contraction contrariée**

Si ces trois symptômes sont réunis, il y a de grandes chances qu'il s'agisse d'une tendinopathie, mais l'examen clinique devra être confirmé par l'échographie, la radiographie ou l'IRM.

On décrit trois stades de douleur en fonction du temps :

- **Aigüe**, si les symptômes sont présents pendant six semaines
- **Subaiguë**, si les symptômes persistent entre six et douze semaines
- **Chronique**, si les symptômes durent au-delà de trois mois

Cook et Purdam ont proposé un schéma en 2009 selon lequel il existe trois grands types de tendinopathies [12] :

- La **tendinopathie réactionnelle** est la plus commune. Elle apparaît en réponse à une augmentation trop rapide de la charge d'entraînement, une modification d'un programme d'entraînement, une activité inhabituelle ou un traumatisme direct. Il s'agit principalement d'une réaction non inflammatoire et ce stade est réversible. En réalité, c'est une adaptation du tendon à une surcharge avec pour but d'augmenter la résistance charge/surface par un épaississement et une augmentation de la raideur.
- La **tendinopathie remaniée** est l'évolution de la pathologie. A ce stade, la fréquence, l'intensité et la durée de la mise en charge du tendon jouent un rôle majeur dans la

physiopathologie. Si la prise en charge est précoce et bien menée, une réversibilité est envisageable.

- La **tendinopathie dégénérative** : dans les formes chroniques de surcharge, le tendon présente des zones de dégénérescence cellulaire. Le tissu qui constitue le tendon est très endommagé. Cliniquement, le tendon peut présenter un épaissement généralisé avec un ou plusieurs nodules, entraînant une majoration du risque de rupture.

« La réparation tendineuse se met en place de manière spontanée suite à des micro-ruptures. Cependant, la guérison est difficile car le processus de dégradation biologique (dégradation-élimination des tissus abîmés) peut aboutir à la formation de kystes, nodules ou calcifications, ce qui rend le tendon fragile ». [13]

De manière simplifiée, ce processus de réparation comprend 3 phases qui se chevauchent :

- La **phase inflammatoire**, est une « phase de nettoyage » qui dure **3 à 5 jours** : elle commence avec la formation d'un hématome peu de temps après la blessure. Un amas cellulaire inflammatoire s'amoncelle sur le site lésé, et génère une réaction inflammatoire telle que pour n'importe quel autre tissu du corps humain. Les plaquettes forment un caillot en coagulant à l'endroit de la lésion pour stabiliser les bords tendineux déchirés. Ensuite, des médiateurs sont libérés par ce caillot et des macrophages et polynucléaires neutrophiles nettoient les débris nécrosés.

- La **phase réparatrice** est une « phase de reconstruction du tendon » qui va durer **3 à 6 semaines** : il y a cellularité accrue et de grandes quantités d'eau sont absorbées. Beaucoup de collagène de type III est synthétisé et disposé de manière aléatoire, et une néo-vascularisation se crée.

- La **phase de remodelage** est une « phase de réajustement de la forme du tendon » : c'est à ce stade que commence la réorganisation du tissu tendineux. Elle dure environ **1 à 2 ans**, selon les patients. Il y a dans un premier temps une phase de consolidation, qui se caractérise par une diminution de la cellularité précédemment accrue, car le tissu devient plus fibreux grâce au remplacement du collagène de type III par le collagène de type I. Ce collagène va s'organiser longitudinalement par rapport au tendon, c'est-à-dire dans le sens de la charge musculaire, ce qui permet au tissu tendineux de retrouver sa rigidité et sa force de tension, le but étant d'obtenir un tissu tendineux identique à celui initial. Puis, durant le stade de maturation, l'objectif sera de récupérer tout ce qui a été perdu au niveau du tendon durant la lésion, à savoir une cellularité, une vascularisation et une texture normale. Cependant, le tendon ne retrouve généralement pas l'intégralité de ses capacités d'origine.

Les tractions et les mobilisations précoces sont des facteurs qui semblent favoriser la cicatrisation tendineuse. En revanche, l'immobilisation et la prise de certains médicaments de façon précoce tels que les anti-inflammatoires non stéroïdiens semblent être quant'à eux délétères dans ce processus.

1.3.2 Classifications

→ Selon la localisation

Les tendinopathies peuvent toucher différentes parties du tendon :

- Tendinopathie d'**insertion** :
 - Fissure
 - Nodule
 - Calcification
 - Tendinose (dégénérescence du tissu tendineux sans processus inflammatoire)
 - Tendinite vraie (dégénérescence du tissu tendineux avec processus inflammatoire)
- Tendinopathie **corporeale**, qui représente une atteinte au niveau du corps du tendon :
 - Enthésopathie (lésion de la jonction ostéo-tendineuse)
- Tendinopathie **périphérique**, c'est-à-dire l'inflammation des structures péri tendineuses :
 - Ténosynovite
 - Epaissement du péri tendon
 - Bursite

→ Non corrélées à l'anatomopathologie

Il existe plusieurs classifications pour les tendinopathies. La plus utilisée est celle de Blazina qui distingue cinq stades en fonction de la gravité de l'atteinte et basée sur la pratique d'activité sportive :

	Expression de la douleur
STADE 1	Douleur après l'effort, survenant au repos, sans répercussion sur l'activité sportive
STADE 2	Douleur apparaissant pendant l'effort, disparaissant après l'échauffement, puis réapparaissant avec la fatigue
STADE 3a	Douleur permanente lors du sport, limitée à l'entraînement
STADE 3b	Douleur permanente lors du sport, pouvant entraîner l'arrêt, marquée par une gêne dans la vie quotidienne
STADE 4	Rupture du tendon

Tableau 1 : Classification de Blazina [14]

Celle-ci a été modifiée par la suite par Leadbetter, qui rajoute comme informations la clinique, l'évolution et l'anatomo-pathologie :

	Expression de la douleur	Clinique	Évoluant depuis :	Anatomo-pathologie
STADE 1	Douleur après le sport, disparaissant au repos en quelques heures	Pas de signe clinique particulier	moins de 2 semaines	Lésions microscopiques et réversibles
STADE 2	Douleur pendant et après le sport, ne disparaissant pas ou peu au repos	Douleur localisée Peu ou pas de signes inflammatoires	entre 2 et 6 semaines	Lésion microscopiques et réversibles
STADE 3	Douleur persistant plusieurs jours après l'arrêt de l'activité, réapparition rapide à la reprise Limitations fonctionnelles nettes	Présence de signes inflammatoires	supérieure à 6 semaines	Apparition de lésions macroscopiques et irréversibles
STADE 4	Douleurs permanentes empêchant toute activité sportive et gênant les activités quotidiennes courantes	Signes inflammatoires importants		Dans la majorité des cas, présence de lésions macroscopiques et irréversibles

Tableau 2 : Classification de Leadbetter[14]

D'autres classifications telles que celles de Ferretti ou de Nirschi ont également été développées.

La classification de Nirschi est une classification originale basée sur la douleur (7 stades) et sur l'expression anatomo-pathologique du tendon (4 stades), ce qui nous donne plus de renseignements sur l'état actuel du patient.

1.3.3 Étiologie

Bien que la tendinopathie ait une origine multifactorielle, le facteur la déclenchant est le plus souvent un geste répétitif qui sollicite toujours le même groupe musculo-tendineux ou une mauvaise ergonomie du geste. Elle touche principalement la population sportive, sédentaire ou qui exerce un travail avec des gestes très répétitifs.

L'étiologie multifactorielle des tendinopathies implique des facteurs de risque intrinsèques ou extrinsèques, cette catégorisation n'excluant aucune interaction entre les composants des deux catégories.

Facteurs intrinsèques	Facteurs extrinsèques
Age	Surcharge de travail
Sexe (prévalence masculine)	Défaut de progressivité
Génétique	Sur sollicitation de certains muscles
Obésité	Matériel non adapté (sportif ou de travail)
Hypercholestérolémie	Déshydratation
Hyper uricémie	Prise de certains médicaments (corticoïdes, fluoroquinolones, statines, anabolisants)
Dysthyroïdie	Tabac
Anomalies biomécaniques (défaut d'axe anatomique, récurvatus de coude ou raideur musculo-tendineuse)	Stress

NB : Les cases grisées du tableau représentent les facteurs intrinsèques non modifiables, sur lesquels on ne peut jouer.

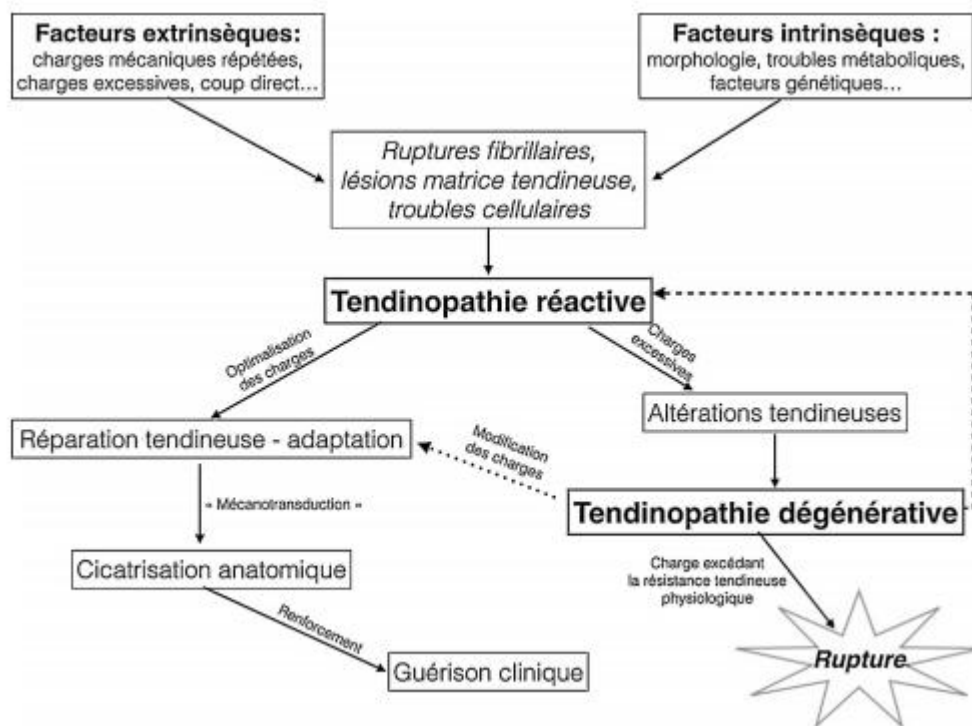


Figure 4 : Physiopathologie de la tendinopathie [15]

1.3.4 Traitements

Il existe des traitements médicamenteux et des traitements kinésithérapiques pour les tendinopathies.

Je me suis plutôt intéressée ici aux traitements kinésithérapiques.

Selon la zone inflammée, l'étiologie, la gravité de la lésion et l'évaluation faite lors du bilan, il y aura différents types de traitements des tendinopathies en kinésithérapie.

« Le traitement de la tendinopathie en kinésithérapie se fait habituellement en quatre étapes synergiques :

- Diminution de l'inflammation : En cas d'inflammation aiguë et de douleurs importantes, **le drainage lymphatique manuel** est indiqué afin de diminuer l'inflammation, de favoriser la vascularisation et d'entamer le processus de guérison. Diminuer l'inflammation rapidement permet de réduire la quantité de tissu cicatriciel qui sera développé. Ce tissu étant moins résistant que le tendon, il pourrait entraîner une faiblesse chronique au tendon affecté.

- En inflammation chronique : Des **frictions transverses** sur le tendon permettront une diminution des adhérences tissulaires. Elles permettront également de prévenir la création de nouvelles adhérences. Ces frictions permettront également une stimulation des fibres de collagène et favoriseront leur remodelage dans le sens des autres fibres présentes dans la région.

- Traitement des zones périphériques : Une **évaluation du fonctionnement de la région entourant le tendon** permettra de déterminer les sources possibles de stress sur le tendon. Il arrive souvent qu'une articulation ne bougeant pas bien entraîne un stress chronique sur un tendon créant son inflammation.

- Conseils et exercices de prévention : Des **conseils** pour accélérer la guérison et pour prévenir le retour de la problématique seront offerts pendant les rendez-vous. Il pourrait s'agir d'exercices **de renforcement, d'étirement, de positionnement au travail** ou encore **de suggestion quant 'aux modalités du sport pratiqué** (équipement, vitesse de progression, choses à éviter.) » [16]

Ces 4 axes peuvent être complétés par d'autres techniques, résumées dans le tableau ci-dessous :

Exercice	Électrothérapie	Thérapie Manuelle	Autres thérapies
Excentrique	Ultrasons	Mobilisations	Massage transverse profond
Stretching	Laser	Cyriax	Tape
Isométrique	Ondes de chocs		Acupuncture
Contrôle lombo-pelvien	Iontophorèse		

Tableau 3 : Recommandations pour les tendinopathies en kinésithérapie [17]

Mais aussi :

- La **cryothérapie**, qui est une technique de traitement par le froid, agissant directement sur l'inflammation.
- L'**électrothérapie**, qui permet grâce à un courant électrique de réparer le tendon abîmé.

Je me suis intéressée à la **thérapie par ondes de choc**, utilisée pour accélérer la cicatrisation en stimulant la circulation, et pour diminuer la douleur.

1.4 Ondes de choc extracorporelles

1.4.1 Définition et historique



Figure 5 : Image illustrant la propagation de l'onde de choc dans les tissus [18]

Dans les années 80, les ondes de choc (ODC) extracorporelles (radiales et focales) étaient initialement une technique de lithotripsie, ce qui veut dire qu'elles étaient utilisées en **urologie** pour détruire les lithiases rénales par une onde dite « primaire », et elles présentaient de très bons résultats.

Dans les années 90, elles ont été introduites en traumatologie pour traiter des fractures et des lésions musculo-squelettiques. Depuis plusieurs années, elles sont employées dans le champ d'activité de traitement de pathologies locomotrices, en particulier des tendinopathies.

Ces ODC constituent donc une arme supplémentaire, non invasive, dans l'arsenal thérapeutique du masseur-kinésithérapeute depuis près de vingt ans.

« Dans le traitement des troubles musculo-squelettiques et plus particulièrement des tendinopathies, l'onde sonore est dite « secondaire » ; en effet, elle va d'abord altérer la structure des tissus pour ensuite induire une néo-vascularisation et une reconstruction tissulaire ». [19] L'organisme réagit en augmentant l'activité métabolique tout autour de la zone douloureuse pour ainsi accélérer la cicatrisation et régénérer les tissus affectés. [20]

Les ODC sont des ondes sonores mécaniques oscillantes (comme le tonnerre ou les applaudissements) caractérisées par une variation de pression de forte amplitude sur un temps très court et qui ont la capacité de traverser tous les états de la matière (liquides, solides, gaz). L'onde générée transmet de l'énergie depuis le générateur d'ODC vers des zones qui peuvent être éloignées (jusqu'à 11cm de profondeur dans les tissus pour certains types d'ODC).

Il existe deux types d'ODC qui se complètent mais aussi se concurrencent, qu'on distingue selon leur modèle de propagation : les ondes de choc radiales et les ondes de choc focales.

1.4.2 Deux types d'ondes de choc

➤ Les ODC focales (ODCf), qui sont émises à distance de l'émetteur

« Les ondes de choc focales sont des **ondes sonores** qui **convergent** focalement vers une zone précise » [21], **éloignée de la source**, qu'on appelle « la zone focale ». Un champ de pression est créé quand l'onde est générée, et il va converger vers cette zone, située profondément dans les tissus, au niveau de laquelle l'énergie et la pression sont maximales. L'énergie est exprimée en mille-joule et la puissance de l'onde est exprimée en mJ/mm² : c'est la densité d'énergie acoustique.

« Les ODCf étaient traditionnellement produites par des sources électrohydrauliques, mais le sont désormais aussi par des sources électromagnétiques et piézoélectriques » [22].

Au début, on retrouvait les générateurs d'ODCf surtout en milieu hospitalier car ils étaient très volumineux, coûteux et souvent couplés à des appareils d'imagerie. Cependant, de

nos jours des machines beaucoup plus réduites voient le jour, ce qui rend l'accès à ce type d'ODC plus facile, notamment en libéral.

➤ Les ODC radiales (ODCr), qui sont émises au contact de l'émetteur

Celles-ci diffèrent en tout point des ODCf ; ce sont des **ondes de pression mécaniques et non sonores** qui sont transmises à travers la surface de la peau, puis elles **divergent** et s'affaiblissent rapidement lorsqu'elles pénètrent les tissus. L'onde est produite par pression hydraulique (cette pression permet d'éjecter un projectile qui vient percuter le lieu d'application) et elle a une amplitude de pression beaucoup plus réduite et plus longue dans le temps que l'ODCf, ce qui permet à l'énergie de se concentrer au niveau de l'applicateur et donc de se propager à partir d'un point central puis de se dissiper rapidement **aux alentours**, à l'aide d'un peu de gel.

L'appareil délivrant les ODCr est de petite taille et son prix est raisonnable ; c'est donc celui qu'on retrouve préférentiellement en **kinésithérapie libérale**.

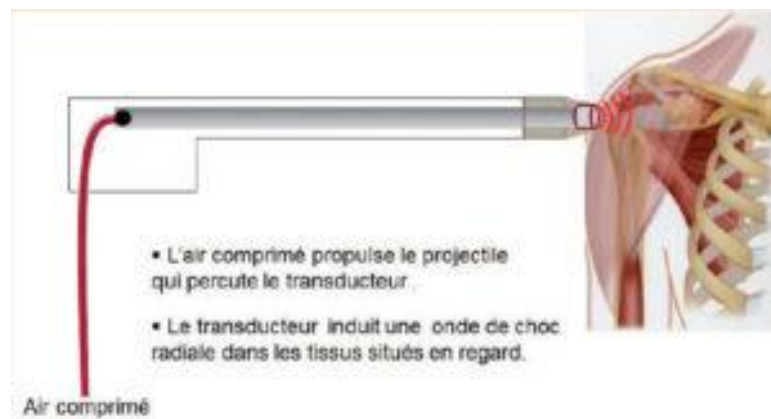


Figure 6 : Propulsion d'une ODCr [23]

1.4.3 Principes physiques [24], [25], [26]

Les ODC sont composées de deux phases :

- ☞ Une phase positive : très brève (10ms) correspondant à la **compression**, durant laquelle les ODC vont venir heurter les tissus en contact avec un pic de pression hautement positif, ne dépassant pas les 10 nanosecondes, puis une partie des ondes va être réfléchi alors que l'autre partie va traverser ces mêmes tissus jusqu'à être totalement absorbée. Cette phase est responsable de **l'effet direct**.
- ☞ Une phase négative : elle suit la phase positive ; la **baisse de pression** forme une onde élastique, responsable de **l'effet indirect**. Durant cette phase, l'amplitude est plus basse et de plus longue durée ce qui est à l'origine de phénomènes de cavitation. Ces phénomènes correspondent à une production et à un mouvement de bulles gazeuses dans un tissu ou un fluide, provoqués par le retour de l'état gazeux de gaz normalement dissous dans le liquide. Ces bulles vont ensuite imploser à

vitesse élevée, ce qui va entraîner une ODC et produire des micro-dommages tissulaires responsables d'une partie de l'effet thérapeutique.

Ces deux effets, direct et indirect, sont des processus puissants qui peuvent altérer des structures même solides.

1.4.4 Différents paramètres

Quelque soit le type d'ODC, la personne qui délivre ce traitement va pouvoir jouer sur différents paramètres selon le patient qu'il a en face de lui et l'effet qu'il veut obtenir. Il y a des paramètres qui concernent l'appareil qui génère les ODC lui-même et d'autres kinésithérapeute-dépendants.

☞ Les paramètres qui dépendent de la machine

- Le nombre d'impulsions délivrées par l'appareil lors de la séance
- L'intensité de l'énergie développée par l'appareil (en mJ/mm²)
- La fréquence qui représente le nombre de coups par seconde (en Hertz)

☞ Les paramètres kinésithérapeute-dépendants

- Le nombre de sessions délivrées (en général entre 3 et 5) et l'intervalle de temps entre chacune de ces sessions, c'est-à-dire l'espacement entre celles-ci (généralement 1 semaine minimum)
- La taille de l'applicateur qui va permettre de balayer une zone plus ou moins large
- La pression d'application : habituellement, il n'est pas nécessaire d'appliquer une pression élevée.

1.4.5 Effets thérapeutiques

La cicatrisation tendineuse dure en moyenne **6 semaines** ; ainsi, l'efficacité totale du traitement par ODC nécessite généralement d'attendre ce délai incompressible.

Le corps humain de lui-même, sans aide extérieure, va réaliser la cicatrisation en quatre étapes :

- Amélioration de la circulation sanguine et de la néo-vascularisation
- Augmentation des facteurs de croissance
- Augmentation des cellules souches mésenchymateuses
- Stimulation du métabolisme [27]

Les **effets indirects** des ODC sont plutôt **biologiques** et de **court à moyen** termes et les **effets directs** seront plutôt **mécaniques** à **long terme**.

☞ Effets indirects

Ces effets permettent d'agir sur l'amélioration de la douleur grâce à la théorie du « gate control » à court terme, mais aussi grâce à une action biochimique à moyen terme :

D'une part, les ODC viendraient stimuler les grosses fibres nerveuses sensitives cutanées, qui ont une vitesse de conduction rapide, ce qui aurait pour effet d'inhiber les afférences douloureuses dans la moelle. En effet, lorsque ces fibres sont stimulées, elles viendraient bloquer les influx nociceptifs véhiculés par les fibres lentes de faible diamètre, ce qui aurait pour effet de créer « un embouteillage » dans la moelle épinière et de diminuer la sensation de douleur [28] : c'est de ce mécanisme qu'il s'agit lorsque l'on parle de « gate control ». Cette action peut-être observée immédiatement lors de la séance, mais l'effet se dissipe rapidement.

D'autre part, la percussion locale par la tête de la pièce à main est décrite comme « douloureuse » voire « très douloureuse » par les patients, ce qui va amener le cerveau humain à rapidement libérer des endorphines et des substances inhibitrices de la douleur pour lutter contre cette « agression ». Il donne également l'ordre d'augmenter la prolifération de cytokines à travers les parois vasculaires, ce qui aura pour but d'accélérer la cicatrisation.

☞ Effets directs

Les ODC ont une **action mécanique défibrosante** « traumatisante » qui est primordiale. Le but de ce traitement est de traumatiser le tendon pathologique, c'est-à-dire de créer une nouvelle lésion au niveau microscopique, pour permettre au métabolisme de se relancer, de créer une hypervascularisation dans la zone ciblée et de recommencer une cicatrisation locale.

Comment ces ondes vont-elles transformer une zone d'inflammation chronique en une zone d'inflammation aiguë ?

D'une part, la succession de pressions et de dépressions générée par l'appareil se rapproche de l'action produite par le massage transversal profond. D'autre part, comme nous l'avons vu dans les principes physiques, les phénomènes de cavitation créent des microtraumatismes tissulaires responsables d'une partie de l'effet thérapeutique retrouvé.

Enfin, dans le cas des tendinopathies calcifiantes, les ODC permettraient de détruire les calcifications, de la même façon qu'elles sont capables de détruire efficacement les calculs rénaux.

Cette action mécanique aurait une efficacité à long terme, avec des tissus cicatriciels qui se réorganisent, le corps du tendon qui se remodèle et les enthèses du tendon qui se régularisent.

Il est important de noter tout de même qu'une session d'ODC délivrée à un patient reste néanmoins douloureuse et peut produire des effets indésirables bénins à court terme.

1.4.6 Effets indésirables

Cette thérapie extracorporelle est un traitement non invasif, généralement réalisé par un kinésithérapeute, qui comporte globalement peu d'effets indésirables. Lorsqu'ils apparaissent, ils sont de faible gravité et ne durent pas, ce qui explique leur faible documentation.

Les ODC entraînent quasi systématiquement une **rougeur locale transitoire** de la peau et des douleurs. Elles peuvent parfois « générer des **pétéchies**, qui sont des « petites taches cutanées de couleur rouge à violacée ne blanchissant pas sous la pression » [29], des **tuméfactions** ou des **érythèmes** » [30].

Cependant, il est à noter que des lésions plus graves peuvent être observées si l'on expose directement des organes aux ODC : lésions rénales, hépatiques, vasculaires ou neurologiques et arythmies cardiaques.

De plus, il est possible de créer des lésions tendineuses potentiellement graves ou des fractures si l'énergie utilisée est trop élevée.

1.4.7 Indications et contre indications [30], [31], [32]

Les principales indications de la thérapie par ODC sont :

- Tendinopathies chroniques et entésopathies (cheville, genou, coude et épaule)
- Suites de chirurgie tendineuse
- Calcifications de l'épaule
- Pathologies osseuses type pseudarthrose
- Retard de consolidation osseuse
- Fractures de stress ou de fatigue
- Ostéonécrose aseptique
- Ostéochondrite disséquante
- Traitement musculaire de l'hypertonie spastique
- Contractures musculaires tenaces
- Points de fibromyalgie
- Points gâchette ou « trigger points »
- Fibroses musculaires
- Aponévrosite plantaire
- Doigt à ressaut
- Maladie de Laperyronie (maladie touchant le bout du pénis)
- Travail du tissu cicatriciel

Les principales contre-indications sont :

- Patients hémophiles
- **Patients sous anti-coagulants ou avec des troubles de la coagulation**

- Traitement des lésions osseuses du squelette thoracique (poumons, intestins et passage de troncs nerveux et gros vaisseaux à proximité)
- Prothèses valvulaires, stents coronariens, stimulateurs cardiaques, pompes à insuline
- Crane et colonne vertébrale
- **Enfants** car ils ont encore du cartilage de croissance
- Infections virales ou bactériennes
- Tumeurs
- **Grossesse**
- **Pathologie inflammatoire (bursite, ténosynovite, SPA)**
- Terrain fragilisé, altération de l'état général
- Problèmes neurologiques
- Infections cutanées locales
- Injection de corticoïdes dans un délai de 6 semaines (risque de rupture)

1.5 Problématique et objectifs de la revue

Les tendinopathies chroniques concernant une grande partie de la population, et leur traitement par ondes de choc extracorporelles étant controversé, j'en suis venue à me demander :

L'utilisation de la thérapie par ondes de choc extracorporelles dans la prise en charge kinésithérapique de patients présentant des tendinopathies apporte-elle des bénéfices, notamment une diminution de la douleur, en comparaison à une rééducation excluant cette thérapie ?

Pour y répondre, j'ai choisi d'effectuer une revue de littérature dont le cadre donne un aperçu de l'état actuel des études sur le sujet et permet de rechercher un consensus sur les pratiques autour de l'utilisation des ondes de choc, pas seulement en France mais aussi à l'international.

L'objectif principal de ce travail a été d'évaluer **l'efficacité de la thérapie par ondes de choc sur les tendinopathies chroniques** en comparant les douleurs pré et post traitement chez des patients recevant, ou non, cette thérapie dans leur rééducation.

Un objectif secondaire a été d'actualiser les données concernant la thérapie par ondes de choc des tendinopathies chroniques.

D'autres critères de jugement secondaires ont été étudiés comme le score visa-P ou le score CMS pour évaluer l'intérêt de ce traitement.

2. Méthodologie

2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue

2.1.1 Types d'études

La question clinique posée était une **question thérapeutique**. La méthodologie de synthèse de revue de littérature semblait être pertinente pour répondre au questionnement professionnel qui découlait de la problématique de cette étude.

Comme vu précédemment, le but de ce travail était d'évaluer l'efficacité du traitement par ODC sur les tendinopathies, comparativement à une rééducation basée sur les traitements conservateurs de cette pathologie. Ainsi, les schémas d'étude choisis ont été des études expérimentales et plus particulièrement des **essais cliniques randomisés (ECR)**, correspondant à un fort niveau de preuves selon l'Evidence Based Medicine (EBM).

Une période de vingt ans a été retenue ; pour être éligibles, les études devaient alors être ultérieures au 1^{er} Janvier 2000 (l'année 2020 ayant été retenue et non 2021). Pour être sélectionnée, une étude devait donc être un **ECR datant de moins de vingt ans**, mais elle devait aussi se référer au modèle PICO (Population, Intervention, Comparaison, Outcomes) afin d'interroger les bases de données le plus efficacement possible.

2.1.2 Modèle PICO

➤ Population

La population ciblée concernait des patients adultes présentant une tendinopathie chronique, atteints d'une douleur qui dure depuis plus de trois mois et avec échec des traitements conservateurs.

➤ Intervention

L'intervention a été l'application d'un traitement par ODC afin de tenter d'analyser, au vu des résultats, s'il est judicieux de l'utiliser dans la prise en charge rééducative des patients présentant une tendinopathie chronique.

➤ Comparaison

La population a été divisée en un groupe expérimental qui recevait des ODC et un groupe témoin recevant un traitement placebo, pour pouvoir comparer les résultats et ainsi analyser l'efficacité des ODC. La comparaison s'est donc faite avec un groupe placebo ayant reçu uniquement des traitements conservateurs et/ou des traitements pharmaceutiques, ou un traitement fictif d'ODC, mais aucune session d'ODC.

➤ Outcomes / Critères de jugement

Le critère de jugement principal a été l'évaluation de la douleur pré puis post traitement, mais les études ont englobé d'autres critères de jugement, que j'ai considérés comme secondaires : le Constant and Murley Score (CMS) et le score Visa-P.

P	Patients adultes présentant une tendinopathie chronique
I	Traitement par ODC
C	Traitement placebo
O	Principal : douleur , Secondaires : score CMS et score Visa-P

2.2 Méthodologie de recherche des études

Ce travail a été réalisé en suivant la liste des principes de réalisation d'une revue systématique, nommée « *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis* » (PRISMA).

Les canaux principaux de la recherche des études ont été les bases de données scientifiques, accessibles via internet. Je me suis référée au modèle PICO détaillé ci-dessus pour créer des équations de recherche appropriées qui m'ont permis de cibler les articles en rapport avec le sujet traité.

Ma recherche internet a été complétée par une recherche manuelle sur plusieurs livres commandés.

Pour des raisons évidentes de compréhension linguistique, je n'ai retenu que les articles en français et en anglais, représentant ainsi un premier filtre dans ma sélection.

2.2.1 Les sources documentaires investiguées

Pour ma recherche d'essais, j'ai investigué des bases de données scientifiques en ligne grâce à des mots-clés MeSH :

➤ PubMed :

Hébergé par la « bibliothèque américaine de médecine », c'est le principal moteur de recherche de données bibliographiques pour l'ensemble des domaines médicaux et para-médicaux. « PubMed est gratuit et donne accès à la base de données bibliographiques MEDLINE, qui est la plus grande base de données dans le domaine biomédical » [33]. De nombreux articles relatifs à mon domaine d'activités y sont accessibles librement.

➤ Cochrane Library :

C'est une « organisation internationale indépendante à but non lucratif (...) qui regroupe plus de 28 000 volontaires dans plus de 100 pays ». Cette collaboration s'est formée « à la suite d'un besoin d'organiser de manière systématique les informations concernant la recherche médicale. De telles informations consistent en des preuves scientifiques pour la prise de décisions médicales, fondées sur des essais cliniques bien menés. Le but est de

regrouper des données scientifiquement validées de manière accessible et résumée. Ces travaux sont publiés dans la bibliothèque Cochrane (Cochrane Library) ». [34]

➤ Science Direct :

« Science Direct est un site web (...) qui permet d'accéder à plus de 3 800 revues académiques qui forment plus de 14 millions de publications scientifiques revues par des pairs. Les résumés de la plupart des articles sont accessibles gratuitement alors que le texte intégral (...) est généralement accessible moyennant une inscription ou un *pay-per-view* ». [35]

➤ PEDro :

« Le partenariat PEDro a été créé par un petit groupe de physiothérapeutes praticiens et universitaires. Sa mission est d'améliorer l'efficacité des services de physiothérapie en se basant sur les données probantes et les meilleures pratiques ». [36] Il s'agit d'un site spécifique à la kinésithérapie.

➤ Kinédoc :

C'est la banque de données francophone, gratuite et évolutive, de la kinésithérapie. Elle est animée par un réseau international de bénévoles désireux de faire progresser la recherche dans ce domaine à l'aide d'une documentation structurée et accessible.

2.2.2 Equation(s) de recherche

Pour pouvoir trouver, au milieu de la masse gigantesque d'études disponibles en ligne, des essais pertinents pour mon travail, il a fallu créer une équation de recherche précise pour chaque site, à l'aide de mots clés assemblés grâce à des opérateurs booléens.

Cette équation de recherche est tirée de la question clinique de recherche et donc de l'acronyme PICO.

Les mots-clés choisis sont les suivants :

Français	Anglais
Tendinopathies	Tendinopathy
Tendinites	Tendinitis
Tendinopathie d'Achille	Achille tendinopathy
Tendinopathie des épicondyliens latéraux	Tennis elbow
Tendinopathie patellaire	Patellar tendinopathy
Tendinopathie de la coiffe des rotateurs	Tendinopathy of rotator cuff
Ondes de choc	Shock wave
Thérapie par ondes de choc	Extracorporeal Shock Wave Therapy
Kinésithérapie	Physiotherapy

Les opérateurs booléens « AND », « OR » et « NOT » ont permis d'associer ces différents mots-clés et d'utiliser un maximum de termes MeSH, pour obtenir le plus de résultats exploitables possibles et exclure dès le départ un très grand nombre d'articles non souhaités.

Moteurs de recherche	Equations de recherche	Occurrences obtenues
PubMed	(Tendinopathy OR tendinitis OR achille tendinopathy OR patellar tendinopathy OR tennis elbow OR rotator cuff) AND (shock wave OR shock wave therapy OR extracorporeal Shock Wave Therapy OR eswt)	104
Cochrane Library	(« Extracorporeal Shock Wave Therapy » OR « Extracorporeal Shock Wave » OR « Shock wave » OR « eswt ») AND (« tendinopathy » OR « tendinitis »)	66
Science Direct	(« Tendinopathy ») AND (« shock wave therapy » OR « eswt »)	97
PEDro	1. Tendinopathy 2. Shock wave therapy 3. Eswt	25
Kinédoc	(Ondes de choc) ET (tendinopathies ou tendinites)	20

2.3 Extraction et analyse des données

2.3.1 Méthode de sélection des études

Après l'établissement de mes équations de recherche, une grande quantité de résultats sont ressortis des bases de données. Mais malgré le choix de formules adéquates, certains résultats n'étaient pas vraiment pertinents et le but étant de garder uniquement les études intéressantes pour la problématique posée ; il a donc fallu réaliser une deuxième sélection plus minutieuse des études.

Celle-ci s'est déroulée « en entonnoir », de la façon suivante :

- ♦ Sélection selon le **type** d'articles :
 - Application du filtre « clinical trial » pour ne sélectionner que les essais cliniques
 - Application du filtre temporel « 20y » pour ne sélectionner que les articles parus sur les 20 dernières années.
- ♦ Sélection par la **langue** de l'article : les études dans une langue autre que l'anglais et le français ont été écartées.
- ♦ Sélection par le **titre** de l'étude : s'il n'évoquait pas la problématique exacte de mon sujet, l'article était rejeté.
- ♦ Sélection par l'**abstract** : celui-ci m'informait si l'article contenait des critères de non-inclusion à mon travail, s'il portait sur une intervention autre que celle recherchée ou s'il utilisait des critères de jugement qui n'étaient pas intéressants dans ce cadre. De plus, si l'abstract n'était pas soigné et qu'il manquait des

informations importantes, il y avait de grandes chances que l'article n'ait pas une pertinence clinique importante, ce qui a permis d'écarter plusieurs études.

- ♦ Suppression des **doublons** (intra et inter bases de données)
- ♦ Recueil des articles à priori éligibles jusqu'alors à ma revue, impression en version intégrale puis **lecture et analyse complètes**. La sélection, à ce stade, s'est basée sur le modèle PICO et sur les critères d'inclusion et d'exclusion qu'il a été nécessaire de définir :

Critères d'inclusion
- Patients adultes (≥ 18 ans) présentant une tendinopathie - Douleur exprimée chronique > 3 mois - Traitements conservateurs inefficaces - Utilisation d'un groupe témoin (placebo) - Articles postérieurs à l'année 2000 - Essais cliniques randomisés - Articles en français et en anglais

Critères d'exclusion
- Patients mineurs - Tendinopathies aiguës - Etudes comparatives à un autre traitement - Etudes publiées il y a plus de 20 ans

- ♦ Au terme de ces étapes, il ne m'est resté qu'un petit nombre d'études ($n=12$). Il ne me restait plus qu'à **évaluer** celles-ci ainsi que leurs risques de biais, à l'aide de **l'échelle PEDro** pour obtenir enfin ma sélection finale.

2.3.2 Extraction des données

Une fois la sélection de mes études faite, il m'a fallu extraire des données de celles-ci pour les analyser, les comparer aux données extraites des autres études sélectionnées, et les introduire dans les résultats de mon étude. Une lecture visant à analyser mes articles non plus sur la forme, mais sur le fond a alors été nécessaire.

Les premières données extraites ont été le nom des auteurs, la date et le lieu de publication et le type d'étude.

Puis, les informations sélectionnées concernant les participants ont été :

- La pathologie
- La moyenne d'âge
- Le sexe ratio
- Les critères d'inclusion
- Les critères d'exclusion

Il était important de savoir quel type d'intervention avait été faite sur ces participants et d'extraire le protocole réalisé sur le groupe expérimental mais aussi de s'intéresser au comparateur, c'est-à-dire le groupe témoin recevant un placebo.

Enfin, l'extraction des données des résultats s'est basée sur le suivi réalisé des patients et sur les critères de jugement.

2.3.3 Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées et recherche des types de biais

La notion de « médecine fondée sur les preuves » (EBM) et de « données validées par la recherche » oblige à une certaine rigueur dans les études, nécessaire à la pertinence de la conclusion que je peux tirer de l'étude et de ses résultats. Cette pratique est essentielle dans les secteurs de la réadaptation et de la santé puisqu'elle permet de réaliser des interventions efficaces tout en éliminant celles qui sont dommageables.

La recherche médicale obéit à des schémas méthodologiques stricts, qu'il était primordial de rechercher dans les 12 articles sélectionnés à ce stade.

Les études intégrées à ce travail étant des ECR, l'échelle la plus adaptée pour s'assurer de leur fiabilité scientifique est l'**échelle PEDro** (Annexe 1). Celle-ci est constituée de 11 éléments méthodologiques, et elle va non seulement étudier la validité de mes articles mais aussi permettre de faire ressortir les risques de biais.

L'item 1 est lié à la validité externe et n'est pas comptabilisé dans le score final ; il s'intéresse à la cohérence d'une étude avec ce qu'il existe dans la littérature sur le sujet traité par celle-ci, les items 2 à 9 évaluent la validité interne et les éléments 10 et 11 permettent de regarder si les données statistiques sont rapportées de façon complète.

Chaque réponse équivaut à 1 point, il n'y a que deux réponses possibles : « oui » ou « non », c'est-à-dire « 0 » ou « 1 ». Ainsi, le score maximal possible est de 10. S'il y a le moindre doute sur l'item, le point n'est pas accordé. Il faut que le critère soit clairement explicité dans l'article.

Cette échelle est un moyen rapide et efficace pour analyser sur la forme ma sélection d'articles, et savoir lesquels ont une assez bonne qualité pour être intégrés à un travail qui

se veut être fiable. Plus le score est élevé, moins l'étude risque de comporter des biais et plus la puissance de cette étude sera importante.

- ♦ ≥ 9 : étude d'excellente qualité
- ♦ Entre 6 et 8 : bonne qualité
- ♦ ≥ 5 : moyenne qualité
- ♦ ≤ 4 : mauvaise qualité

Chacune de mes 12 études a été soumise aux critères de cette échelle. Après cette analyse, si le score était ≥ 5 , l'étude a pu être incluse à mon travail. Si, en revanche, le score était < 5 , les études ont été exclues car cela représentait une source de biais trop importante, ce qui amoindrissait la valeur des résultats obtenus.

Au total, après ce dernier filtre appliqué, il m'est resté 4 articles à analyser, qui seront présentés dans la troisième partie de cette revue.

2.3.4 Méthode de synthèse des résultats

Les résultats de mes études ont dans un premier temps été analysés individuellement, de façon narrative. Pour certains ECR, les résultats étaient présentés directement avec toutes les données nécessaires à leur interprétation (différences des moyennes, intervalles de confiance etc.). Pour d'autres, il a fallu les calculer.

Puis, il a été nécessaire d'analyser statistiquement les résultats obtenus afin d'établir un lien de cause à effets entre ceux-ci et l'intervention réalisée, afin d'apprécier l'efficacité réelle du traitement.

Pour cela, les résultats du groupe expérimental et du groupe témoin ont été comparés entre eux à l'aide d'outils mathématiques permettant de savoir s'ils étaient statistiquement significatifs et s'il y avait un intérêt à mettre systématiquement en place ce traitement dans la rééducation des tendinopathies.

3. Résultats

3.1 Description des études

3.1.1 Diagramme de flux

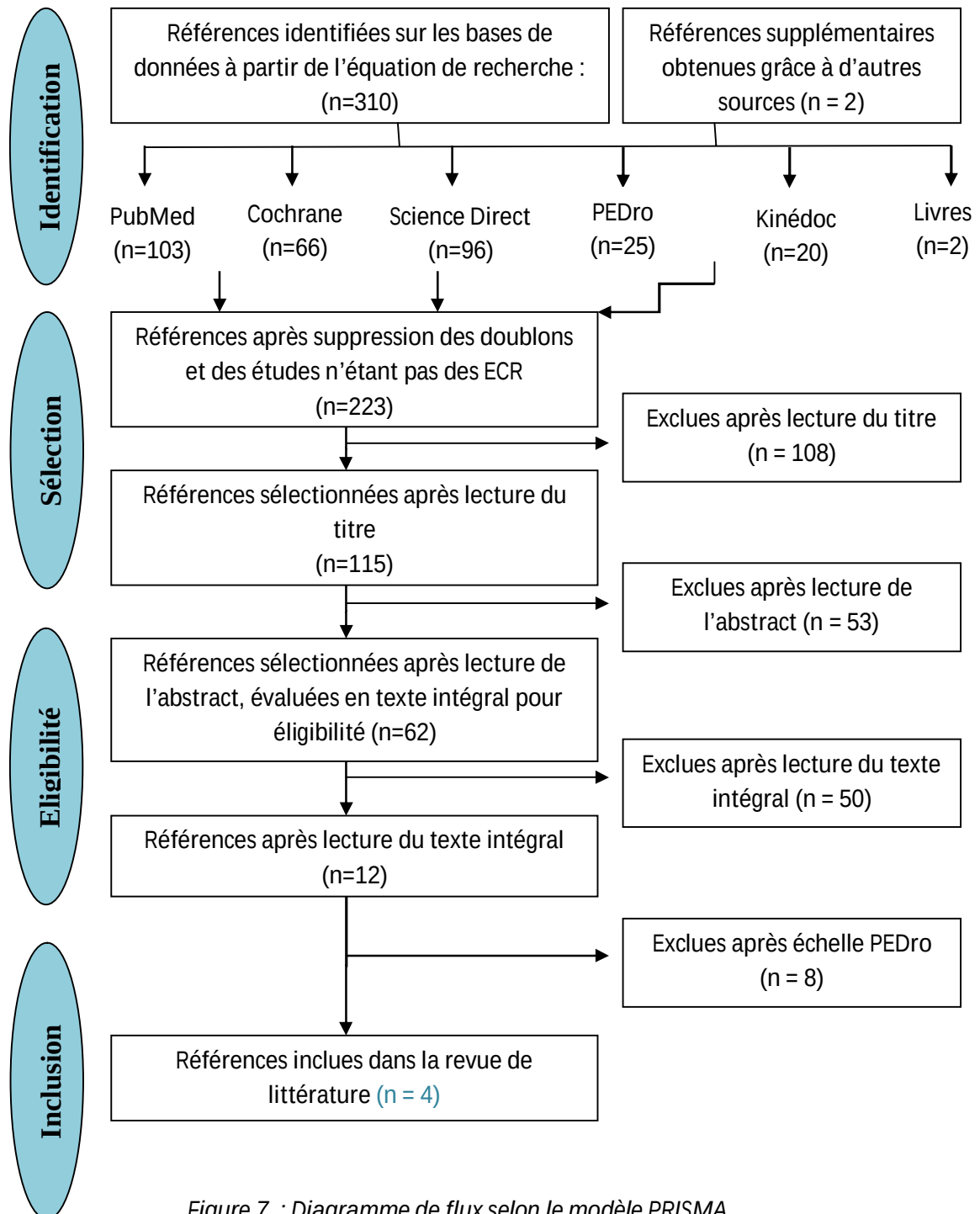


Figure 7 : Diagramme de flux selon le modèle PRISMA

3.1.2 Études exclues

Sur les 312 références trouvées grâce aux équations de recherche, 89 ont été exclues d'entrée, soit parce qu'elles étaient des doublons, soit parce que ce n'étaient pas des essais cliniques randomisés :

- ➔ 37 sur Pubmed
- ➔ 3 sur Cochrane Library
- ➔ 24 sur Science Direct
- ➔ 12 sur PEDro
- ➔ 13 sur Kinedoc

Une fois ce premier niveau de sélection appliqué, comme je l'ai expliqué plus haut : le titre et l'abstract ont été étudiés. Cette nouvelle étape de sélection a abouti à l'exclusion de 161 articles.

Les raisons pour lesquelles ces études ont été exclues sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Motif d'exclusion des études	Nombre d'études exclues
<u>Mauvaise population</u> :	
➔ Efficacité des ODC mais sur des patients ne présentant pas de tendinopathies	61
➔ Efficacité des ODC dans des études menées sur des animaux	2
<u>Mauvaise intervention</u> :	
➔ Etudes traitant des tendinopathies mais pas de leur traitement par ODC	33
<u>Mauvais comparateur</u> :	
➔ Etudes évaluant l'efficacité des ODC en comparaison à un autre traitement spécifique et non à un placebo	31
➔ Etudes évaluent l'efficacité des ODC radiales versus ODC focales	8
➔ Etudes comparant ODC à basse énergie et ODC à haute énergie	5
<u>Mauvais outcome</u> :	
➔ Etudes avec critères de jugement absents ou non pertinents	16
Etudes complètement hors-sujet	5

Ensuite, une étude de l'accessibilité de chacun des articles a permis d'extraire 13 articles sur les 62 sélectionnés à ce stade.

Les textes ont alors été lus intégralement, ce qui m'a permis d'écarter encore 37 articles qui ne correspondaient pas aux critères préétablis.

Pour finir, le dernier niveau de sélection a été le passage des références sélectionnées à ce niveau à l'échelle PEDro et j'ai alors enfin obtenu mes 4 références finales et exploitables, que j'ai pu intégrer à ma revue de littérature. 8 articles ayant eu une trop mauvaise note à l'échelle PEDro ont été exclus.

Quelques exemples d'études qui auraient pu être intéressantes mais qui ont dû être exclues sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Auteurs	Motif(s) d'exclusion
Zwerver (2010) [37]	C'est une étude pertinente qui regroupe ses résultats dans un essai clinique randomisé visiblement bien construit, mais le texte intégral est inaccessible malgré les filtres de sélection pré-établis.
Leuween (2009) [38]	Cet article qui obtient une note de 8/10 à l'échelle PEDro compare le traitement chirurgical aux ODC et non pas le traitement conservateur aux ODC
Zhang (2020) [39]	Cette étude plus récente aurait été volontiers intégrée à ma revue de littérature, mais il s'agit d'une étude cas-témoins et non d'un essai clinique randomisé.
Konjen (2015) [40]	C'est un essai clinique randomisé à priori très complet, mais il compare l'efficacité des ODC radiales versus ODC focales et ce n'est pas ce que je recherche car les deux types d'ODC sont englobés dans ce travail, sans faire de distinction entre les deux.
Vulpiani (2007) [41]	Malgré un score PEDro de 9/10, cette étude a dû être exclue car il n'y a qu'un groupe expérimental, pas de groupe témoin, ce qui expose fortement l'étude au biais de confusion.
Thijs (2017) [42]	Cette étude évaluée à 8/10 à l'échelle PEDro évalue l'efficacité des ODC + entraînement excentrique versus placebo + entraînement excentrique.
J.D Rome (1996) [43]	Etude antérieure à l'année 2000
JA. Ogden (2004) [44]	Cette étude présente un contenu insuffisant, avec trop peu de données scientifiques à analyser

3.1.3 Études incluses

Au total, 4 essais cliniques randomisés ont été inclus dans cette revue de littérature.

Toutes ces études étaient rédigées en anglais et avaient une date de publication postérieure à l'année 2000.

Les caractéristiques de ces études ont été réunies sous forme de tableaux. Les détails de ces 4 études y sont développés afin de synthétiser les informations nécessaires à cette revue (Annexes 2, 3, 4, 5).

Ci-après, j'ai réalisé un tableau synthétisé récapitulatif des 4 études incluses :

Etudes	Population	Intervention	Comparaison	Outcomes
Etude de C.A Speed et al (2002) [45]	75 patients : - <u>Groupe expérimental</u> (GE) = 40 - <u>Groupe témoin</u> (GT) = 35	- 3 sessions d'ODC à un 1 mois d'intervalle, de 1500 impulsions d'une intensité de 0.18 mJ/mm ² sans anesthésie locale - Gel de couplage utilisé - Appareil à ODC : « Sonocur Plus Unit » - Pas d'autres traitements	Traitement placebo : pas de gel de couplage utilisé donc pas de conduction d'ODC. Un bruit similaire à celui généré par l'appareil à ODC était délivré pour ne pas que le patient sache qu'il était dans le GT.	- <u>Principal</u> : Amélioration de la douleur sur l'EVA (dans cet article valeurs sur 100)
Etude de Gerdesmeyer et al (2003) [46]	144 patients : - <u>GE1</u> : ODC haute énergie = 48 - <u>GE2</u> : ODC basse énergie = 48 - <u>GT</u> = 48	- 2 sessions à intervalle de 15 jours : * <u>GE1</u> : 1500 impulsions à 0.32 mJ/mm ² , * <u>GE2</u> : 6000 impulsions à 0.08 mJ/mm ² . - Pour les deux, 120 impulsions/minute sont délivrées - Au total : 0.960J/mm ² , sans anesthésie. - 10 séances de kiné après le traitement.	- Groupe placebo : pas de gel de couplage utilisé donc pas ou très peu de conduction des ondes. A tous les autres égards, le traitement est le même que les GE (même intensité, même nombre d'impulsions etc) - 10 séances de kiné après le traitement également	- <u>Principal</u> : Le CMS score * Douleur * AVQ * Amplitude * Force - <u>Secondaire</u> : Douleur à l'EVA
Etude de Wang et al (2007) [47]	50 patients : - <u>GE</u> = 27 - <u>GT</u> = 23	- 1500 impulsions à 0.18 mJ/mm ² avec gel lubrifiant et sans anesthésie. - 1 impulsion/seconde puis 2 impulsions/seconde, si tolérées par le patient - 3 patients (4tendons) ont reçu une deuxième session	- Pas de groupe placebo car pas d'ODC fictives, comparé aux traitements conservateurs (AINS, physiothérapie, programme d'exercices, sangle à genou, modification du niveau d'activités)	- <u>Principal</u> : Douleur à l'EVA - <u>Secondaire</u> : Score Visa-P,
Etude de Zwerver et al (2011) [48]	62 patients : - <u>GE</u> = 31 - <u>GT</u> = 31	- 3 sessions espacées d'1 semaine sans anesthésie : 2000 impulsions à une fréquence de 4Hz. - Augmentation progressive (toutes les 100 impulsions) de la densité de flux d'énergie du minimum 0.1 au maximum 0.58 mJ/mm ²	- Traitement placebo, même traitement que pour le GE mais pas de gel de transmission donc pas ou peu d'ODC	- <u>Principal</u> : Le score Visa-P - <u>Secondaire</u> : Douleur à l'EVA

3.2 Risque de biais des études incluses

3.2.1 Grille d'analyse utilisée

La grille d'analyse adaptée pour évaluer la qualité méthodologique d'études scientifiques est l'échelle PEDro (Annexe 1). Elle permet aussi d'analyser les risques de biais présents dans les études sélectionnées. En effet, différents items de cette échelle permettent de dégager des biais auxquels sont exposées les études. La fiabilité et la validité interne d'un travail dépend donc des items de cette échelle PEDro.

Il faut noter l'existence de 4 **principaux biais** :

- Le biais de sélection
- Le biais d'évaluation
- Le biais de suivi
- Le biais d'attrition

Items	Biais
2 à 4	<u>Sélection</u> : La répartition aléatoire des sujets dans les groupes (item 2) permet la comparaison entre le traitement et le placebo. Si l'étude ne remplit pas le critère concernant l'assignation secrète (item 3), il y a un risque que la décision de l'inclusion du sujet à l'étude ait été influencée par la connaissance ou non de réception de l'intervention. Le dernier item contrôlant les risques de ce type de biais (item 4) permet de s'assurer de la similitude des groupes en début d'étude, au regard des indicateurs pronostiques les plus importants
5 à 7	<u>Evaluation</u> : tous les participants à l'étude : sujets, thérapeutes et examinateurs doivent être en aveugle pour éviter ce biais. Une étude en double ou triple aveugle sera de meilleure qualité qu'une étude en simple aveugle.
8	<u>Suivi</u> : les mesures doivent être obtenues pour 85% ou plus des participants initiaux à l'étude.
9	<u>Attrition</u> : ce biais est en lien avec les patients « perdus de vue », c'est-à-dire les patients qui ne finissent pas l'étude. Ces patients, qui ne sortent pas de façon aléatoire, sont susceptibles d'induire un biais d'attrition. Pour minimiser celui-ci, les données pour les patients exclus de l'étude doivent être analysées « en intention de traiter ».
Pas dans l'échelle PEDro mais à prendre en compte	<u>Confusion</u> : il est présent lorsque qu'il n'y a pas de groupe contrôle dans une étude, donc pas de comparaison, ce qui peut engendrer une mauvaise interprétation des résultats

Les derniers items (10 et 11) de l'échelle PEDro sont représentatifs de la pertinence clinique d'une étude. Ils sont considérés comme acquis si l'étude est reproductible à une plus grande population grâce à des informations statistiques assez détaillées. Néanmoins, si cette échelle est un excellent juge de la conception des études sur leur forme, il a fallu

prendre en compte d'autres critères pour réellement déterminer la pertinence clinique des études.

Si je reprends mes études incluses dans cette revue de littérature, je peux synthétiser leur analyse via l'échelle PEDro dans le tableau suivant :

Etude (auteur et année de publication)	<u>Items de l'échelle PEDro</u>											Note /10
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Speed <i>et al</i> (2002) [45]												8/10
Gerdesmeyer <i>et al</i> (2003) [46]												7/10
Wang <i>et al</i> (2007) [47]												6/10
Zwerver <i>et al</i> (2011) [48]												9/10

Tableau 4 : Synthèse des études incluses et de leur score PEDro. Les cases gris clair représentent un « oui » et les cases gris foncé un « non ».

3.2.2 Synthèse des biais retrouvés

Biais dégagés via l'échelle PEDro :

❖ Biais de sélection

- En ce qui concerne les études de **Speed et al [45]** et de **Wang et al [47]**, il n'a pas été précisé si l'assignation des sujets dans les différents groupes s'est faite de façon secrète ou non (item 3), ce qui pourrait avoir des répercussions sur la taille d'effet.
- Pour l'étude de **Gerdesmeyer et al [46]**, l'assignation était bien secrète mais en revanche, les groupes n'étaient pas tout à fait similaires en début d'étude, en ce qui concerne les indicateurs pronostiques principaux (item 4). De ce seul fait, les résultats pourraient différer de manière significative.
- Pour l'étude de **Zwerver et al [48]**, un biais en rapport avec les caractéristiques de la population, donc un biais de sélection de la population, a été retrouvé. En effet, dans le groupe expérimental, il y avait 58% de sujets avec une tendinopathie patellaire bilatérale contre 41% dans le groupe contrôle. L'étiologie peut différer selon la latéralité (unilatérale ou bilatérale), donc cette différence du taux de sujets avec une tendinopathie patellaire bilatérale pouvait représenter un biais de population (item 4). L'étude précisait que les groupes étaient similaires en début d'étude alors cet item a été validé, mais il semblait judicieux de préciser tout de même l'existence de ce petit risque de biais.

❖ Biais d'évaluation

- L'**ensemble des 4 études** s'exposaient au risque de ce biais d'évaluation. En effet, dans aucune d'elles, les thérapeutes ayant administré le traitement n'étaient « en aveugle » (item 6).
- De plus, l'étude de **Wang et al [47]** les participants (item 5) et les thérapeutes ayant administré le traitement n'étaient pas en aveugle.

❖ Biais de suivi

- Seule l'étude de **Gerdesmeyer et al [46]** présentait une majoration de ce biais.

❖ Biais d'attrition

- Seule l'étude de **Wang et al [47]** s'exposait à ce biais d'attrition. En effet, au départ il y avait 53 patients sélectionnés pour l'étude, répartis aléatoirement dans les groupes et ayant reçu un traitement. Cependant, 2 patients du groupe ayant reçu les ODC et 1 patient du groupe ne les ayant pas reçues ont été perdus de vue et les résultats pour ces patients n'ont pas été analysés « en intention de traiter » (item 9), c'est-à-dire que les résultats présentés dans l'étude n'ont été obtenus que pour 50 patients au lieu de 53.

❖ Validité externe et informations statistiques

- Pas de biais retrouvé dans aucune des 4 études choisies (items 1, 10, 11)

Autres types de biais :

❖ Biais de confusion

- L'étude de **Wang et al [47]** comparait un groupe recevant le traitement par ODC à un groupe ne recevant pas d'ODC et ayant seulement des traitements conservateurs pour rééducation, au lieu d'un traitement fictif d'ODC. Il y avait donc un groupe témoin certes, mais pas de groupe placebo pour les ODC. La comparaison étant « erronée », l'étude était fortement exposée à une mauvaise interprétation des résultats.

❖ Biais méthodologique

- Dans le groupe expérimental de l'étude de **Wang et al [47]**, 27 patients ont été traités par ODC, en une seule session. Or, pour seulement 3 de ces sujets la réponse au traitement a été mauvaise, et ils ont alors reçu une seconde session d'ondes, ce qui peut de façon logique biaiser les résultats.

J'ai pu alors faire un tableau récapitulatif :

Etudes	Biais rencontrés
Speed <i>et al</i> (2002) [45]	- Sélection - Evaluation
Gerdesmeyer <i>et al</i> (2003) [46]	- Sélection - Evaluation
Wang <i>et al</i> (2007) [47]	- Sélection - Evaluation - Attrition - Confusion - Méthodologique
Zwerver <i>et al</i> (2011) [48]	- Sélection (population) - Evaluation

3.3 Effet de l'intervention sur les critères de jugement de la revue

3.3.1 Analyse du critère de jugement principal

Le critère de jugement principal choisi a été la **douleur**, représentée sur l'Echelle Visuelle Analogique (EVA) ou « Visual Analog Scale (VAS) » en anglais (Annexe 6). « C'est une échelle d'auto-évaluation qui est sensible, reproductible, fiable et validée aussi bien dans les situations de douleur aiguë que de douleur chronique. Elle doit être utilisée en priorité, lorsque c'est possible. » [49].

Même s'il peut être difficile de coter une sensation qui n'est pas objective, l'EVA estime l'intensité de la douleur sur une échelle allant de 0 à 10 (ou parfois de 0 à 100) [50], présentée sur une petite règlette. Le sujet doit indiquer où se situe sa douleur sur la règlette, ce qui lui permet de donner une estimation de son ressenti.

- ♦ Extrémité basse : en bas, 0, « pas de douleur » ou « pas mal du tout »
- ♦ Extrémité haute : en haut, 10, « douleur très forte » ou « très très mal » [50]

Ce critère de jugement était présent dans l'ensemble des articles inclus, parfois en critère de jugement principal et parfois en critère de jugement secondaire.

Dans cette partie, les résultats ont été retranscrits tels qu'ils ont été obtenus dans les différents articles, puis ils ont été analysés et commentés plus tard.

J'ai synthétisé les moyennes du score EVA dans des tableaux, et ce, pour chaque étude. A partir de ces moyennes, j'ai calculé la différence des moyennes pré-post traitement et les intervalles de confiance à 95%.

❖ Speed (2002) [45]

Les résultats sont analysés comme si tous les sujets avaient répondu aux exigences du protocole, durant 3 mois. En effet, les sujets perdus de vue ont été analysés « en intention de traiter ».

Les scores ont été évalués à l'aide d'une EVA notée sur 100 points. Dans un souci d'uniformité avec mes autres études, tous les scores obtenus dans l'étude ont été divisés par 10.

☞ Résultats de l'évaluation des douleurs dans la journée

Moyenne des scores sur l'EVA			
	Groupe expérimental : ODC (n=40)	Groupe témoin : placebo (n=35)	Différence moyennes post- traitement inter- groupe + IC à 95%
Mesures de base	7.34 ± 1.45	6.72 ± 2.17	- 0.62 ± 1.52 [-1.46 ; 0.22]
1 mois après le traitement	6.59 ± 2.28	6.11 ± 2.27	
2 mois après le traitement	5.47 ± 2.71	5.43 ± 2.85	
3 mois après le traitement	4.79 ± 3.14	5.15 ± 3.24	0.36 ± 3.10 [-1.11 ; 1.83]
Différence moyennes pré-post traitement intra-groupe + écarts types (tableur)	- 2.55 ± 2.91* p < 0,001	- 1.57 ± 3.19* p < 0,001	

Tableau 5 : Résultats pour le critère de jugement principal : la douleur diurne ; Speed et al [45].

Les valeurs qui présentent un astérisque (*) dans le tableau sont celles qui sont données comme statistiquement significatives dans l'article. Pour toute la suite des résultats, ce même code a été appliqué.

La **différence** des moyennes **inter-groupe post-traitement** a été représentée par la case rouge du tableau ; elle est égale à 0,36 avec pour intervalle de confiance (IC) à 95% : [-1,11 ; 1,83] (calculé à l'aide d'un tableur).

La taille d'effet du traitement est égale à la **différence** des moyennes **inter-groupe pré-post traitement**, soit : (Valeur post traitement du GE – Valeur pré-traitement du GE) – (Valeur post traitement du GT – Valeur pré-traitement du GT) = (Différence des moyennes intra-groupes pré-post traitement GE – Différence des moyennes intra-groupes pré-post traitement GT) = (-2,55) – (-1,57) = **-0,98**.

Une autre façon de calculer la taille d'effet :

(Différence des moyennes inter-groupe pré-traitement) – (Différence des moyennes inter-groupe post-traitement) = (-0,62) – (0,36) = **-0,98**

Je peux obtenir grâce à un tableur Excel l'intervalle de confiance (IC) à 95 % de ma taille d'effet. L'intervalle de confiance permet de connaître la précision de cette estimation, si l'on s'intéresse à la population globale. Je trouve : **[-2,39 ; 0,43]**.

La différence de moyenne pré-post traitement inter-groupe étant de -0,98, elle est comprise dans cet IC. Ainsi, la différence de moyenne est au pire de -2,39 et au mieux de 0,43. Cet IC « prend le 0 », ce qui n'est pas une très bonne chose, et il est relativement large, ce qui peut être dû à des écarts types trop élevés. Plus l'écart type est petit et plus l'intervalle de confiance est étroit.

Il n'apporte donc aucune information sur la précision de l'estimation de ma mesure et il y a une forte marge d'erreur.

J'ai calculé le d de Cohen pour le test-t de Student (Annexe 7).

Il existe plusieurs versions du d de Cohen pour le test t de Student. La version la plus couramment utilisée de la taille de l'effet du test t de Student, qui compare deux groupes (A et B), est calculée en divisant la différence des moyennes des deux groupes par l'écart-type commun.

$$d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s}$$

Avec :

- $\bar{X}_1$ = moyenne du groupe 1 expérimental
- $\bar{X}_2$ = moyenne du groupe 2 témoin
- s = écart type mis en commun des deux groupes

Je suppose ici que les variances des deux groupes sont égales ; la variance commune est estimée par la variance regroupée [51]:

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1) s_1^2 + (n_2 - 1) s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

L'écart type de $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$ se calcule alors comme suit :

$$s = s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

Avec :

- n_1 = nombre de sujets dans le groupe 1
- n_2 = Nombre de sujets dans le groupe 2
- s_1 = Ecart type du groupe 1
- s_2 = Ecart type du groupe 2

Après application de mes valeurs dans ces équations, j'obtiens :

$$d = \frac{0.98}{2.12} = 0.4$$

☞ Résultats de l'évaluation des douleurs nocturnes

Moyenne des scores sur l'EVA			
	Groupe expérimental : ODC (n=40)	Groupe témoin : placebo (n=35)	Différence moyennes post-traitement inter-groupe + IC à 95%
Mesures de base	4.04 ± 2.83	4.44 ± 3.21	0.4 ± 3.13 [-0.99 ; 1.79]
1 mois après le traitement	4.90 ± 2.66	3.37 ± 3.36	
2 mois après le traitement	3.58 ± 2.83	3.29 ± 3.39	
3 mois après le traitement	3.35 ± 2.96	3.01 ± 3.57	- 0.34 ± 3.35 [-1.84 ; 1.16]
Différence moyennes pré-post traitement intra-groupe + écarts types (tableur)	- 0.69 ± 2.7	- 1.43 ± 3.25* p < 0,05	

Tableau 6 : Résultats pour le critère de jugement principal : la douleur nocturne ; Speed et al [45].

La taille d'effet est égale à : $(0,4) - (-0,34) = +0,74$

A l'aide de mon tableur, j'ai trouvé comme IC à 95% pour la taille d'effet : [-0,71 ; 2,19]. Cet IC « prend le 0 » également et est assez large. Il n'apporte donc, dans ce cas non plus, aucune information sur la précision de l'estimation de ma mesure.

Selon la même méthode que précédemment, j'ai calculé le d de Cohen et ai obtenu 0,27.

☞ **Résultats de l'évaluation des réponses positives au traitement**

Sujets avec 50% d'amélioration de la douleur à la fin de l'étude			
	<u>Groupe expérimental</u> (n=40)	<u>Groupe placebo</u> (n=35)	<u>Test de Fisher</u>
Douleurs la journée	14 (35%)	12 (34%)	- p = 0.325 - RR = 1,361 - IC à 95% = [0,749 ; 2,474]
Douleur nocturnes	12 (30%)	14 (43%)	- p = 1.0 - RR = 0,933 - IC à 95% = [0,522 ; 1,670]

Tableau7 : Résultats pour le critère de jugement principal : l'amélioration de la douleur ; Speed et al [45]

❖ Gerdesmeyer (2003) [46]

Cette étude compare 3 groupes de patients : un groupe expérimental qui reçoit des ODC à haute énergie, un groupe expérimental qui reçoit également des ODC mais à basse énergie et un groupe placebo. J'ai regardé l'intensité des impulsions émises dans toutes mes autres études et constaté que ce sont plutôt des ODC à moyenne voire haute énergie ; par conséquent, j'ai décidé d'analyser dans cette étude uniquement les résultats du groupe expérimental recevant des ODC haute énergie et ceux du groupe placebo. Il serait aussi intéressant de regarder la différence d'efficacité entre les ODC à haute énergie et celles à basse énergie, mais ce n'est pas le but de mon sujet.

De plus, cette étude présentait en critère de jugement principal le score CMS, et en critère de jugement secondaire la douleur via l'EVA. Comme j'ai choisi la douleur comme critère de jugement principal, je l'étudierai dans ma partie « analyse du critère de jugement principal » même s'il s'agit du critère secondaire de l'étude. Il y avait initialement 48 sujets dans chaque groupe, mais à l'issue de l'étude (12 mois) seulement 44 patients pour le groupe expérimental et 32 patients pour le groupe témoin ont obtenu des résultats analysables.

	Différences des moyennes intra-groupes (IC à 95%)		Différence des moyennes inter-groupes (IC à 95%)
	Groupe expérimental (n=44)	Groupe témoin (n=42)	Groupe expérimental vs Groupe témoin
Score EVA à 3 mois	- 5 [-5.7 ; - 4.2]	- 1.8 [-2.5 ; -1.1]	3.2 * [2.2 ; 4.2] p < 0.01
	Groupe expérimental (n=47)	Groupe témoin (n=41)	Groupe expérimental vs Groupe témoin
Score EVA à 6 mois	- 5.5 [-6.2 ; -4.8]	-1.1 [-1.8 ; -0.5]	3.7 * [2.7 ; 4.7] p < 0.01
	Groupe expérimental (n=35)	Groupe témoin (n=32)	Groupe expérimental vs Groupe témoin
Score EVA à 12 mois	- 5.6 ± 2.03 [-6.3 ; -4.9]	- 1.9 ± 2.08 [-2.7 ; -1.2]	3.7 * [2.7 ; 4.7] p < 0.01

Tableau 8 : Résultats pour le critère de jugement principal : la douleur ; Gerdesmeyer et al [46].

La taille d'effet est égale à -3,7.

A l'aide de mon tableur, j'ai trouvé les écarts-types pour chaque groupe puis un intervalle de confiance à 95% pour la taille d'effet, égal à : [2,70 ; 4,70]. Cet IC est étroit et il ne comprend pas le « 0 ». Les résultats obtenus pour cet échantillon sont donc très représentatifs de la population totale.

Le d de Cohen = 0,72.

❖ Wang (2007) [47]

Le suivi des patients a été réalisé à 1, 3, 6 et 12 mois puis une fois par an.

Moyennes des scores sur l'EVA			
	Groupe expérimental : ODC (n=30)	Groupe témoin : placebo (n=24)	Différence moyennes post-traitement inter-groupe + IC à 95%
Mesures de base	6.00 ± 1.74	5.38 ± 0.92	- 0.62 ± 1.58 [-1.42 ; 0.18] p = 0.120
Après traitement (12mois)	0.59 ± 1.01	4.72 ± 1.35	4.13 ± 3.48* [3,49 ; 4,77] p < 0,01
Différence moyennes pré-post traitement intra-groupe + écarts types	- 5.41 ± 2.6* p < 0.01	- 0.66 ± 1.1 p = 0,450	

Tableau 9 : Résultats pour le critère de jugement principal : la douleur ; Wang et al [47].

La taille d'effet est égale à - 4,75. A l'aide de mon tableur, j'ai trouvé comme IC à 95% pour la taille d'effet : [-5,80 ; -3,90]. Cet IC « ne prend pas le 0 » et est assez étroit.

Le d de Cohen est égal à 0,8.

❖ Zwerver (2011) [48]

Comme pour l'article de Gerdesmeyer et al [46], la douleur est le critère de jugement secondaire de l'article mais je l'ai analysé comme critère de jugement principal ici.

Moyenne des scores sur l'EVA						
	<u>Groupe expérimental</u> : ODC (n=31)		<u>Groupe témoin</u> : placebo (n=31)		Différence moyennes post-traitement inter-groupe + IC à 95%	
	Douleur durant les AVQ	Douleur durant le sport	Douleur durant les AVQ	Douleur durant le sport	Durant les AVQ	Durant le sport
Mesures de base	2.9 ± 1.8	4.9 ± 2.3	3.4 ± 2.0	4.6 ± 2.3	0.5 [-0.47;1.5]	- 0.3 [-1.47;0.87]
1 semaine après le traitement	2.1 ± 2.0	3.8 ± 2.4	2.7 ± 2.2	3.8 ± 2.8	- 0.2 [-1.2;0.8]	- 0.4 [-1.8;1.0]
12 semaines après le traitement	2.2 ± 2.2	4.4 ± 2.6	2.9 ± 2.5	4.2 ± 3.1	- 0.3 [-1.4;0.9]	-0.2 [-1.6;1.3]
22 semaines après le traitement	2.1 ± 2.5	3.2 ± 2.7	2.3 ± 1.9	4.0 ± 3.0	0.2 [-1.0;1.4]	- 1.0 [-2.6;0.6]

Tableau 10 : Résultats pour le critère de jugement principal : la douleur ; Zwerver et al [49].

Les valeurs représentées en bleu dans le tableau n'étaient pas données dans l'article mais ont été calculées pour pouvoir trouver la taille d'effet.

	Durant les AVQ	Durant le sport
Taille d'effet du traitement	+0.3	+0.7
d de Cohen	0.3	0.26

Le p serait probablement > 0.05 dans le cas de la douleur à l'EVA durant le sport.

3.3.2 Analyse du ou des critère(s) de jugement secondaire(s)

Afin de comprendre au mieux les critères de jugement secondaires utilisés ci-après, j'ai dans un premier temps expliqué les échelles suivantes :

☞ Le score Visa-P (Annexe 8)

C'est un indice fiable de la gravité des symptômes chez les patients atteints de **tendinopathie patellaire** [52].

Il se compose de huit questions couvrant trois domaines : la douleur, la fonction et la l'activité.

Les 7 premières questions sont notées sur un score de 0 à 10 et la question 8 de 0 à 30. Le score final pourra donc évoluer de 0 à 100, qui serait donc le score d'une personne en bonne santé et totalement asymptomatique [53]

Il est important de noter que ce questionnaire Visa-P n'est pas un outil diagnostic.

❖ Wang [47]

Moyennes des scores Visa-P			
	Groupe expérimental : ODC (n=30)	Groupe témoin : placebo (n=24)	Différence moyennes post-traitement inter-groupe + IC à 95%
Mesures de base	42.57 ± 10.22	39.25 ± 10.85	- 3.32 ± 3.54 [-9.09 ; 2.45] p = 0.129
Après traitement (12mois)	92.0 ± 10.17	41.04 ± 10.96	-50.96 ± 9.48* [-56.74 ; -45.18] p < 0,001
Différence moyennes pré-post traitement intra-groupe + écarts types	+49.43 ± 10.19 * p < 0.001	+1.79 ± 10.92 p = 0,286	

Tableau 11 : Résultats pour le critère de jugement secondaire : le score Visa-P ; Wang et al [47].

J'ai calculé la différence des moyennes **pré-post traitement inter-groupe** pour pallier à l'hétérogénéité des valeurs de départ et j'ai ainsi obtenu la taille d'effet : **+47.64**.

A l'aide des moyennes pré-post traitement du score VISA-P et de leurs écarts-types calculés, je peux obtenir grâce à un tableur Excel l'IC à 95 % de ma taille d'effet. L'intervalle de confiance permet de connaître la précision de l'estimation. Je trouve un intervalle de confiance à 95% égale à : **[41,84 ; 53,44]**.

La **différence de moyenne pré-post traitement inter-groupe** étant de 47,64 et elle est comprise dans cet IC. Celui-ci permet d'apporter une estimation de mon résultat. Ainsi, la

différence de moyenne est au pire de 41,84 et au mieux de 53,44. Il ne « prend pas le 0 », ce qui est une bonne chose, mais il est relativement large.

❖ Zwerver [48]

Le groupe expérimental a reçu 3 séances d'ondes de choc et le groupe contrôle a reçu un placebo. Les valeurs des moyennes des 62 participants sont résumées dans le tableau suivant. Les données en bleu sont celles qui ont été calculées.

Moyenne des scores Visa-P			
	<u>Groupe expérimental</u> : ODC (n=31)	<u>Groupe témoin</u> : placebo (n=31)	Différence moyennes post-traitement inter-groupe + IC à 95%
Mesures de base	59.4 ± 11.7	62.4 ± 13.4	3.0 [-3.39 ; 9.39]
1 semaine après le traitement	66.8 ± 16.2	66.3 ± 19.0	3.6 [-3.2 ; 10.4]
12 semaines après le traitement	66.7 ± 17.5	68.9 ± 20.3	0.8 [-7.7 ; 9.3]
22 semaines après le traitement	70.5 ± 18.9	72.7 ± 18.0	0.7 [-8.0 ; 9.4]
Différence pré-post traitement intra-groupe + écarts types	+11.1 ± 18,6	+10.3 ± 15.5	

Tableau 12 : Résultats pour le critère de jugement secondaire : le score Visa-P ; Zwerver et al [48].

La taille d'effet est égale à +0.8 avec un IC à 95% qui vaut [-9,50 ; 7,90]. Celui-ci est immense à cause des écarts-types très grands et il prend le 0, donc il est très peu significatif.

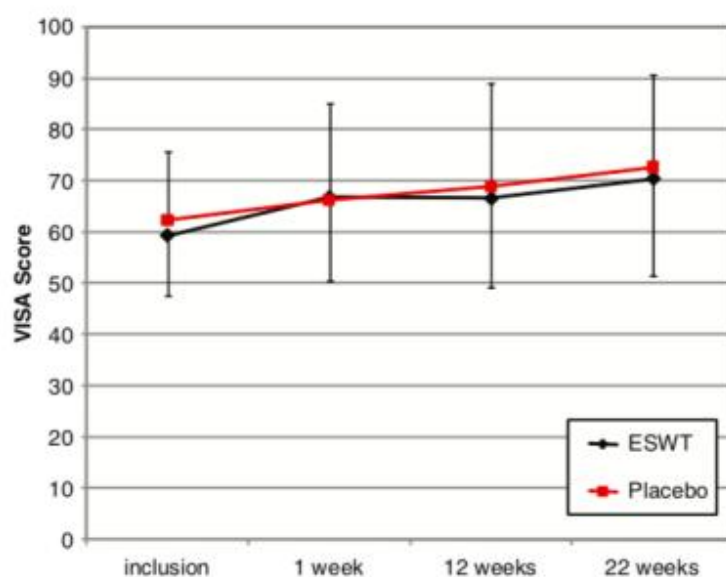


Figure 8: Evolution des scores Visa-P du début à la fin de l'étude de Swerver et al [48]

☞ Le score CMS

« Le score de Constant-Murley (CMS) est une échelle de 100 points composée d'un certain nombre de paramètres individuels. Ces paramètres définissent le niveau de douleur et la capacité à effectuer les activités quotidiennes normales du patient. Le score de Constant-Murley a été introduit pour déterminer la fonctionnalité après le traitement d'une blessure à l'épaule. Le test est divisé en quatre sous-échelles: douleur (15 points), activités de la vie quotidienne (20 points), force (25 points) et amplitude de mouvement: élévation vers l'avant, rotation externe, abduction et rotation interne de l'épaule (40 points) ». [55]

« Plus le score est élevé, meilleure est la qualité de la fonction » [54]

« Les constatations subjectives (sévérité de la douleur, activités de la vie quotidienne et travail dans différentes positions) des participants sont responsables de 35 points et des mesures objectives (AROM sans douleur, mesures exo-et endorotation via des points de référence et mesure de la force musculaire) sont responsables des 65 points restants ». [55]

« Le score de Constant-Murley est applicable quel que soit le diagnostic et est l'un des systèmes de notation les plus fréquemment utilisés dans le suivi des blessures à l'épaule ». [56]

❖ Gerdesmeyer [46]

	Différences des moyennes intra-groupes (IC à 95%)		Différence des moyennes inter-groupes (IC à 95%)
	Groupe expérimental (n=44)	Groupe témoin (n=42)	Groupe expérimental vs Groupe témoin
Score CMS total à 3 mois	26.2 [22.3 ; 30.2]	9.8 [5.1 ; 14.5]	-16.4 * [-22.5 ; -10.3] p < 0.01
Proportion des patients avec 30% d'amélioration	0.77 [0.62 ; 0.89]	0.21 [0.10 ; 0.37]	0.56 * [0.36 ; 0.71] p < 0.01
	Groupe expérimental (n=47)	Groupe témoin (n=41)	Groupe expérimental vs Groupe témoin
Score CMS total à 6 mois	31.0 [26.7 ; 35.3]	6.6 [1.4 ; 11.8]	-24.4 * [-31 ; -17.8] p < 0.01
Proportion des patients avec 30% d'amélioration	0.89 [0.77 ; 0.96]	0.17 [0.07 ; 0.32]	0.72 * [0.55 ; 0.84] p < 0.01
	Groupe expérimental (n=35)	Groupe témoin (n=32)	Groupe expérimental vs Groupe témoin
Score CMS à 12 mois	31.6 [27.6 ; 36]	13.7 [8.4 ; 19.0]	-17.9 * [-24.7 ; -11.1] p < 0.01
Proportion des patients avec 30% d'amélioration	0.94 [0.81 ; 0.99]	0.22 [0.09 ; 0.40]	0.72 * [0.53 ; 0.85] p < 0.01

Tableau 13 : Résultats pour le critère de jugement secondaire : le score CMS ; Gerdesmeyer et al [46].

4. Discussion

Comme énoncé dans les précédentes parties, le but principal de cette revue de littérature était d'analyser l'efficacité du traitement par ondes de choc extracorporelles sur les tendinopathies chroniques.

Ce traitement est devenu populaire dans la prise en charge de ces pathologies, mais en dépit de l'enthousiasme grandissant pour l'utilisation des ODC, les avis restent très controversés quant 'à l'efficacité scientifiquement prouvée de celles-ci.

Les équations de recherche établies par rapport à ma problématique ont permis de trouver de nombreux articles, mais au final, après analyse approfondie, il n'est resté que peu d'études qui répondaient à mes critères pré-établis. Dans cette partie, les résultats des 4 études incluses dans ma revue présentés dans le chapitre ci-dessus, ont été repris et analysés.

4.1 Analyse des principaux résultats

Avant de commencer à analyser les différents résultats, il est important de préciser qu'un niveau p de 0.05 indique une probabilité de 5% que la relation entre les variables trouvées dans mon échantillon soit due au hasard. Ainsi, je considère que les résultats avec $p > 0.05$ ne sont pas significatifs.

4.1.1 Effets des ondes de choc sur la douleur

Dans l'article de **Speed et al [45]**, 75 sujets ont participé à l'étude et il n'y avait aucune différence significative entre les deux groupes au regard des indicateurs pronostiques principaux au début de l'étude.

Tandis que le traitement par ODC est classé soit en « haute énergie » pour une densité de flux d'énergie $> 0.2 \text{ mJ/mm}^2$ ou « basse énergie » pour une densité de flux d'énergie $< 0.1 \text{ mJ/mm}^2$, cette étude examine une dose intermédiaire : 0.18 mJ/mm^2 .

Les deux groupes ont montré des améliorations significatives dans la variation de la moyenne des scores EVA à partir de deux mois post traitement ; dans le groupe expérimental, le score de douleur moyen était de 7.34/10 au départ et 4.79/10 à la fin des trois mois et dans le groupe simulé, le score de douleur moyen était de 6.72/10 au départ et 5.15/10 à la fin du suivi. Tous les sujets ont donc eu une réelle amélioration de la douleur, subie la journée, à la fin du suivi. En effet, la valeur de p est inférieure à 0.001 pour les différences de moyenne intra groupe expérimental et intra groupe témoin.

Les résultats étaient évalués sur une EVA allant de 0 à 100. Dans un souci d'homogénéité, j'ai décidé de ramener toutes ces valeurs sur 10 points pour que les résultats soient plus facilement comparables aux autres articles étudiés.

Les sujets traités par ODC ont montré une amélioration significative de la douleur nocturne, avec un $p < 0.05$ uniquement pour le groupe témoin. En effet, au sein du groupe expérimental, il y a eu une diminution de 0,69 points sur l'EVA en moyenne, mais cette différence n'est pas significative.

En outre, que ce soit pour les douleurs diurnes ou les douleurs nocturnes, il n'existe aucune différence significative inter groupes en ce qui concerne les degrés de changement des scores de la douleur durant la période étudiée.

Si je m'intéresse à la douleur diurne, à trois mois, une amélioration de 50% par rapport à la ligne de base a été notée dans 35% du groupe expérimental et 34% du groupe témoin mais avec un $p = 0.325$ donc non significatif.

De plus, le risque relatif (RR) a été calculé par les auteurs ; selon les conventions habituelles, un $RR < 1$ témoigne d'un effet bénéfique tandis que $RR = 1$ marque un traitement sans efficacité. Un $RR > 1$ signale un effet délétère (c'est-à-dire quand le critère de jugement a valeur d'échec du traitement). Dans ce cas, le $RR = 1.361$ donc les résultats sont en faveur du traitement placebo et le traitement est considéré comme inefficace.

Pour la douleur nocturne, à trois mois, une amélioration de 50% par rapport à la ligne de base a été notée dans 30% du groupe expérimental et 43% du groupe témoin avec un $p = 1.0$ donc vraiment très peu significatif. Le traitement n'est donc à priori pas plus efficace sur les douleurs subies la nuit.

« Une taille d'effet est une mesure de la force de l'effet observé d'une variable sur une autre et plus généralement d'une inférence. La taille d'un effet est donc une grandeur statistique descriptive calculée à partir de données observées empiriquement afin de fournir un indice quantitatif de la force de la relation entre les variables et non une statistique inférentielle qui permettrait de conclure ou non si la dite relation observée dans les données existe bien dans la réalité. En ce sens, la taille de l'effet est complémentaire d'autres mesures statistiques telle que la valeur p d'un test t . Quelques exemples de mesures de taille d'effet :

- le r d'une corrélation de Pearson mesure la force d'association entre les deux variables que l'on cherche à corrélérer ;
- le d de Cohen permet de caractériser la magnitude d'un effet associé dans une population donnée par rapport à une hypothèse nulle ». [57]

Valeur de d	Interprétation grossière
0.2	Petit effet
0.5	Effet modéré
0.8	Grand effet

Dans cet article, le d de Cohen (qui est donc directement proportionnel à la taille d'effet), vaut 0,4 dans le cas des douleurs diurnes et 0,27 dans le cas des douleurs nocturnes. Cela représente donc un effet plutôt faible du traitement par ODC en comparaison au placebo.

Les résultats de cette étude indiquent donc un effet placebo prolongé du traitement par ODC qui semble être à l'origine des améliorations de la douleur chez les patients atteints d'épicondylite latérale, sans bénéfice supplémentaire du traitement par rapport à une thérapie fictive.

Dans l'article de **Gerdesmeyer et al [46]**, 144 patients ont été répartis aléatoirement dans 3 groupes de 48 : un groupe expérimental 1 avec traitement par ODC à haute énergie, un groupe expérimental 2 avec traitement à basse énergie et un groupe témoin. J'ai choisi d'exclure de mes résultats le groupe expérimental 2, car la comparaison entre un traitement à haute énergie et un autre à basse énergie ne fait pas partie de mon sujet, bien qu'il s'agisse d'un point important à étudier.

Il faut aussi noter que cette étude s'expose au biais de suivi, car au contrôle réalisé à 12 mois, seul 66% des sujets du groupe témoin et 72% des sujets du groupe expérimental ont été analysés.

De plus, tous les sujets, quelque soit leur groupe, ont reçu en plus du traitement par ODC réel ou fictif, 10 séances de kinésithérapie. Il s'agit donc de comparer un groupe ayant reçu « ODC + 10 séances de kinésithérapie », et un autre ayant reçu « ODC fictives + 10 séances de kinésithérapie ». Je considère alors que les 10 séances de kinésithérapie ont été identiques et que leur effet a été le même pour tous les sujets.

Evidemment, le programme effectué lors des 10 séances de kinésithérapie n'était pas le même pour tous les sujets, et la différence de traitement conservateur qui leur a été dispensé ainsi que la variation d'effet de ce traitement choisi, observable entre les sujets, représentent une source de biais et nécessitent une interprétation avec prudence des résultats.

Cette étude ne donne pas les scores EVA des sujets au départ et à l'arrivée, mais elle donne les moyennes des différences pré-post traitement intra groupe et inter groupe.

Pour évaluer l'efficacité du traitement par ODC en comparaison au groupe témoin, les différences pré-post traitement intra groupes ne sont pas très importantes. En effet, dans les deux groupes, on retrouve une amélioration significative de la douleur (avec cependant plus de médication anti douleur nécessaire pour le groupe témoin).

Il est plus judicieux de regarder la **différence pré-post traitement inter groupes** :

- Lors du premier suivi, c'est-à-dire 3 mois après le traitement, on observe un Δ , avec un $p < 0,01$. Cela signifie qu'à l'issue de ce premier suivi, les sujets du groupe expérimental ont, en moyenne, 3,2 points de moins sur l'EVA que ceux du groupe témoin.
- Lors du deuxième suivi, c'est-à-dire 6 mois après le traitement, on observe un Δ avec un $p < 0,01$.
- Lors du dernier suivi, à 12 mois post-traitement, Δ et $p < 0,01$.

Ainsi, pour chaque suivi réalisé à l'issue du traitement, il y a une différence significative observée entre les deux groupes, et ce en faveur du groupe expérimental.

Le d de Cohen vaut pour cet article 0,72 ; je peux donc considérer que la thérapie par ODC (en comparaison à une thérapie placebo) a un grand effet et qu'elle représente alors un bénéfice dans le traitement des tendinopathies chroniques.

Les résultats de cette étude sont donc en faveur d'une thérapie par ondes de choc dans le traitement des tendinopathies calcifiantes de la coiffe des rotateurs, en ce qui concerne les valeurs sur l'EVA de la douleur.

Pour l'étude de **Wang et al [47]**, 54 patients ont été répartis dans deux groupes. Le premier groupe a été constitué de 30 patients recevant des ODC, et le deuxième groupe comportant 24 sujets est un groupe témoin mais non placebo. En effet, les sujets n'ont pas reçu d'ODC fictives mais simplement des traitements conservateurs autres que la thérapie par ODC, incluant des étirements, des exercices de renforcement du quadriceps et des ischios-jambiers, de la physiothérapie avec des compresses chaudes et froides, des massages par friction, l'utilisation de sangles pour le genou pour réduire les contraintes sur le tendon patellaire et des modifications d'activité.

J'observe une différence significative des valeurs de l'EVA pour la douleur dans le groupe expérimental, avec un $p < 0,01$. Au début de l'étude, la moyenne des valeurs pour ce groupe était $6,00 \pm 1,74$ et elle est tombée à $0,59 \pm 1,01$ après le traitement.

Dans le groupe témoin, la douleur est passée de $5,38 \pm 0,92$ en moyenne à $4,72 \pm 1,35$ en moyenne. Cette différence pré-post traitement intra groupes n'est pas statistiquement significative, avec un $p = 0,450$.

Si je considère la **différence des moyennes pré-post traitement inter groupes** au début de l'étude, j'observe un Δ avec un $p = 0,120$ donc la différence est très peu significative.

Cependant, cette différence est devenue statistiquement significative après le traitement, en faveur du groupe expérimental, avec un $p < 0,001$ et un Δ

De plus, des résultats satisfaisants ont été observés pour 90% du groupe expérimental contre seulement 50% du groupe contrôle, avec un $p < 0,01$.

Le d de Cohen vaut 0,82, ce qui représente un grand effet du traitement par ODC en comparaison au groupe témoin.

La thérapie par ODC semble plus efficace que les traitements conservateurs dans la prise en charge de la douleur des patients présentant une tendinopathie chronique du tendon patellaire.

La dernière étude est celle de **Zwerver et al [48]** ; elle intègre 62 athlètes atteints de tendinopathies chroniques du tendon patellaire répartis en deux groupes constitués de 31 sujets, le premier étant un groupe expérimental recevant le traitement et le second était un groupe témoin recevant le traitement placebo c'est-à-dire des ODC fictives.

La douleur a été évaluée durant les activités de la vie quotidienne puis durant le sport.

Les différences de moyennes pré-post traitement intra-groupes n'ont pas été données par les auteurs, on sait seulement qu'une semaine après le traitement final, beaucoup plus d'athlètes du groupe ODC ont signalé une amélioration subjective de leur douleur (65% versus 32%) et évalué le traitement comme bénéfique ($p = 0,01$). Plus d'athlètes du groupe expérimental ont aussi déclaré qu'ils recommanderaient ce traitement pour cette pathologie à leurs amis et familles ($p = 0,01$)

Les **différences de moyennes pré-post traitement inter-groupes** ont été précisées ainsi que leurs intervalles de confiance à 95%.

22 semaines après le traitement, le Δ des moyennes pré-post traitement entre les deux groupes durant les AVQ est égal à 0,2 avec un intervalle de confiance à 95% égal à $[-1,0 ; 1,4]$ et le Δ des moyennes pré-post traitement inter groupes durant le sport est égal à 1,0 avec pour IC à 95% $[-2,6 ; 0,6]$.

Ces différences inter groupes sont minimales ; les valeurs de p ne sont pas données, mais comme les IC de confiance sont larges et « prennent le 0 », les valeurs trouvées ne sont probablement pas statistiquement significatives.

Cette étude semble démontrer que les ODC ne sont pas très efficaces comme traitement des tendinopathies patellaires chroniques d'athlètes en pleine saison de compétition, et présentant des symptômes depuis moins d'un an. Ce traitement n'aurait pas de bénéfices supplémentaires comparé à un traitement placebo. Néanmoins, l'article précise qu'il est possible que les ODC n'influencent pas les tendinopathies à ce stade précoce (< 1 an), et que la régénération tendineuse a pu être entravée par le fait de continuer l'entraînement à haut niveau pendant la période d'étude. Ainsi, il n'invite pas à cesser l'utilisation des ODC sur les tendinopathies patellaires chroniques malgré une absence d'efficacité significative dans ses résultats.

4.1.2 Effets des ondes de choc sur les critères de jugement secondaires

Dans l'étude de **Wang et al [47]**, le critère de jugement secondaire est le score Visa-P. Au plus ce score est élevé, au plus le patient est en bonne santé.

A la fin de l'étude, c'est-à-dire à 12 mois, il y a eu une amélioration des moyennes des valeurs du score Visa-P pour les deux groupes, expérimental et témoin, mais seule l'amélioration pour le groupe expérimental (+49,43 points) est significative avec un $p < 0,001$.

Pour le groupe témoin, les sujets ont en moyenne évolué de 1,79 points mais avec un $p = 0,286$ donc cette évolution n'est pas considérée comme significative.

Si l'on considère **les différences des moyennes post-traitement inter groupes**, le Δ , ce qui veut dire qu'à l'issue du traitement, il y a une différence statistiquement significative ($p < 0,001$) de 50,96 points en moyenne entre les deux groupes, en faveur du groupe expérimental.

Les résultats de cette étude en ce qui concerne le score Visa-P sont donc largement en faveur de l'efficacité du traitement par ondes de choc dans les tendinopathies chroniques patellaires.

Pour **Zwerver et al [48]**, le score Visa-P a également été étudié en parallèle de la douleur pour évaluer l'efficacité de mon intervention.

Les moyennes de ce score pour les groupes expérimental et témoin étaient de $59,4 \pm 11,7$ et $62,4 \pm 13,4$ respectivement, au début de l'étude et ils ont évolué durant la période d'étude pour les deux groupes. Le Δ $11,1 \pm 18,6$ ce qui représente une évolution de $20,9\% \pm 35,2\%$ et le Δ $(18,8\% \pm 30,6\%)$. Il y a eu un effet significatif dans le temps ($p < 0,01$) mais pas d'effet statistiquement significatif du traitement en interaction avec le temps ($p = 0,82$).

Il n'y a pas d'autres p calculés dans l'article, mais au vu des écarts types très grands, les intervalles de confiance sont larges et « prennent le 0 », et les résultats ne sont donc pas significatifs.

La **différence des moyennes post traitement inter groupes** à 22 semaines post traitement est égale à Δ en faveur du groupe témoin, ce qui signifie que la moyenne des scores Visa-P était légèrement plus haute dans le groupe témoin, à la fin de l'étude. Cela dénote d'une non-efficacité totale du traitement.

De plus, la figure qui est donnée dans l'article concorde bien avec les données statistiques. En effet, sur celle-ci, il n'y a pas de grande différence dans les scores Visa-P entre le groupe expérimental recevant les ODC et le groupe témoin, et ceux-ci sont même plus élevés dans le groupe placebo.

Ainsi, pour le score VISA-P, la différence des moyennes est minime et non significative, et elle semble prouver l'inexistence d'efficacité du traitement. Il faut tout de même rappeler, comme pour l'étude des valeurs de la douleur sur l'EVA que les athlètes ont continué le sport et la compétition pendant toute la durée du traitement et que les données sont à prendre avec précaution car les scores VISA des participants ne sont pas homogènes.

Enfin, j'ai analysé les résultats pour le score CMS, spécifique à l'épaule, de **Gerdesmeyer et al [46]**.

Les deux groupes ont eu une grande amélioration statistiquement significative de leur score CMS à la fin de l'étude. En effet, au premier suivi soit à 3mois, le groupe expérimental avait un score de 26,2 en moyenne, et il y avait 77% des patients avec une amélioration de 30% minimum en comparaison au début de l'étude. A 12 mois, la moyenne des scores CMS était de 31,6 avec 94% des patients présentant une amélioration de 30%.

Pour le groupe témoin, les scores étaient de 9,8 en moyenne à 3 mois (et 21% des patients ayant connu une amélioration de 30%) et ils sont arrivés à 13,7 en moyenne (et 22% des sujets avec 30% d'amélioration) à 12 mois.

Ce qui m'a le plus intéressée est **la différence des moyennes post traitement inter groupes :**

- A 3 mois, le Δ — avec un $p < 0,01$, ce qui signifie qu'il y avait une différence significative, à l'issue du traitement, de 16,4 points dans les moyennes des scores CMS entre les groupes, en faveur du groupe expérimental. Si je regarde la proportion des patients avec 30% d'amélioration, le Δ , soit 56% de plus de sujets du groupe expérimental avec une amélioration statistiquement significative ($p < 0,01$). Il y a moins d'1% de chance que ces valeurs ne soient pas uniquement dues au hasard.

- A 6 mois, le Δ — points en moyenne entre les deux groupes, avec un $p < 0.01$ donc je peux considérer cette différence comme statistiquement significative. Aussi, il y a eu 72% de plus de patients du groupe expérimental avec une amélioration significative ($p < 0.01$) de 30% de leur score CMS.

- A 12 mois, la différence inter groupe post traitement de la proportion des patients avec 30% d'amélioration est considérée par l'article comme significative ($p < 0,01$) avec un Δ , et la différence des moyennes du score CMS, égale à Δ — , est elle aussi considérée comme significative ($p < 0,01$).

Ainsi, on observe dans cette étude une évolution significative du score CMS de patients présentant des tendinopathies chroniques calcifiantes de la coiffe des rotateurs, après application d'un traitement par ODC en comparaison à un traitement placebo, à court, moyen et long termes (3 à 12 mois). Il faut néanmoins noter une limitation de l'étude : l'existence de différents types de sédations intraveineuses, utilisées dans le groupe expérimental, peut fausser les résultats, même si selon les auteurs, il est impossible que l'utilisation seule de ces sédations joue sur cette condition de douleurs chroniques et/ou sur le score CMS.

4.1.3 Conclusion de l'analyse des résultats

Sur mes 4 études incluses :

- Gerdesmeyer [46] et Wang [47] ont trouvé une efficacité au traitement,
- Speed [45] et Zwerver [48], eux, n'ont pas trouvé de bénéfice à l'application d'ondes de choc sur les tendinopathies chroniques.

L'étude de **Wang [47]** de 2007 a démontré une réelle efficacité statistiquement significative et elle a prouvé la supériorité des ondes de choc par rapport à un traitement conservateur composé d'AINS, de physiothérapie ou d'exercices excentriques. Les auteurs ont conclu que les ondes de choc ont un rôle bénéfique sur la douleur et sur le retour aux activités sportives. Il faut noter que dans cet essai, les sportifs ont arrêté leur activité pendant quatre à six semaines après le traitement, qu'il n'y avait pas de groupe placebo et surtout que 3 patients (et 4 tendons) qui n'avaient pas obtenu une bonne réponse au traitement ont reçu une deuxième session d'ODC, ce qui est une source de biais non négligeable.

En ce qui concerne l'étude de **Gerdesmeyer [46]**, de 2003, elle conclut également que les ondes de choc ont un rôle bénéfique sur la douleur et le score CMS. Il faut rappeler que cette étude utilise des sédations intraveineuses et chaque sujet, peu importe le groupe auquel il appartient, a reçu 10 séances de kinésithérapie, ce qui nécessite une interprétation avec parcimonie des résultats de cette étude.

L'étude de **Zwerver [48]**, de 2011, qui a comparé l'application de session d'onde de choc avec un placebo trouve, pour le score Visa-P et EVA, une différence minime et non significative, en faveur du groupe expérimental pour la douleur mais du groupe témoin pour le score Visa-P. Il est à noter que les athlètes ont continué le sport et la compétition pendant toute la durée du traitement, ce qui a certainement joué sur les capacités de régénération du tendon patellaire et sur l'efficacité de la thérapie par ondes de choc

Enfin, pour **Speed [45]**, dans son étude de 2002, c'est l'effet placebo qui semble influencer les résultats globaux, et non l'efficacité du traitement.

Mes études regroupées dans cette revue de littérature sont donc très hétérogènes avec des résultats qui diffèrent. Certaines de ces études obtiennent des données non significatives,

en raison d'écarts types trop larges ou d'un nombre de participants trop faible et ne me permettent pas d'apporter des précisions sur les estimations de leurs données.

Les différences entre ces études peuvent être dues à une efficacité qui varie selon la localisation de la lésion et le type de tissus mous mais aussi à la différence entre les populations étudiées (les essais cliniques ne sont pas menés dans les mêmes pays).

L'hétérogénéité des paramètres de traitement tels que l'intensité, l'énergie focale ou les différences entre les machines utilisées sont aussi certainement responsables, en partie, des différents résultats obtenus.

Enfin, les articles sont également hétérogènes par leur traitement comparateur. Deux articles utilisent des placebos uniquement, un autre utilise des placebos avec de la kinésithérapie et le dernier utilise des traitements conservateurs (physiothérapie, excentrique).

Ces caractéristiques doivent être traitées de manière plus rigoureuse pour obtenir des résultats plus homogènes.

Néanmoins, pour toutes les études, il n'y a pas eu d'anesthésie locale, tous les thérapeutes ont appliqué le gel de contact et l'onde de choc a été focalisée sur le point le plus douloureux.

Globalement, je ne peux pas donner un avis tranché sur la question, car les résultats sont à l'image des avis rencontrés : controversés et parfaitement partagés.

4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique

4.2.1 Outils d'estimation

Afin de déterminer l'applicabilité des résultats que j'ai trouvés en pratique clinique, il faut généraliser les résultats observés sur mes échantillons de sujets à une population beaucoup plus élevée et plus réelle.

Pour ce faire, il y a plusieurs outils statistiques qui permettent de juger le caractère significatif ou la pertinence clinique du résultat.

La valeur p a été majoritairement utilisée pour l'interprétation des résultats. C'est grâce à celle-ci que j'ai pu conclure sur le caractère significatif ou pas d'un résultat donné.

J'ai aussi calculé la taille d'effet, puis le d de Cohen afin d'interpréter la pertinence clinique de mes études et le poids de l'efficacité du traitement.

Il est possible qu'un résultat statistiquement significatif ne se traduise pas par une importance clinique, les deux ne sont pas nécessairement corrélés.

Les populations étudiées dans les essais cliniques randomisés sont limitées en nombre et elles répondent à des critères bien particuliers. Pour savoir si l'effectif de l'échantillon étudié est suffisamment élevé pour permettre une mesure précise de l'effet qu'aurait ce traitement sur la population entière, il faut utiliser les intervalles de confiance à 95%. Ces IC se basent sur la valeur trouvée pour les sujets de l'échantillon et permettent de déterminer une marge d'erreur de l'échantillon afin d'estimer ce que serait le résultat sur une plus grande population, en l'encadrant dans une fourchette de valeurs.

Ils servent à donner une idée de quel serait le résultat sur une population plus importante et plus hétérogène.

Au plus l'échantillon sélectionné est représentatif de la population générale, au plus l'IC à 95% sera étroit, et il ne passera pas par la valeur 0. S'il est large et qu'il « prend le 0 », cela veut dire que les résultats sont très peu pertinents cliniquement. En effet, si l'IC comprend une valeur impliquant une absence d'effet ou pire un effet inverse à l'effet désiré, les résultats seront incertains en situation réelle.

Il est alors important d'étudier ces différents intervalles de confiance pour avoir une estimation de l'effet réel de la thérapie par ODC, sur une population générale et non sur un échantillon.

Comme je regardais les différences des moyennes pré-post traitement intergroupes, il est ici judicieux d'étudier les **IC des différences intergroupes**, car je cherche à étudier l'efficacité du traitement par ODC par rapport à un traitement placebo (ou à des traitements conservateurs seuls)

	<u>Critère de jugement principal</u>		<u>Critères de jugement secondaires</u>	
	La douleur		Le score Visa-P	Le score CMS
Speed et al [45]	<u>3mois post traitement</u> :			
	Diurne :	Nocturne :		
	0,36 ± 3,10 [-1,11 ; 1,83] d = 0,4	- 0,34 ± 3,35 [-1,84 ; 1,16] d = 0,3		
Gerdesmeyer et al [46]	12 mois : 3,7 [2,7 ; 4,7] d = 0,72			12 mois : - 17,9 [-24,7 ; -11,1]
Wang et al [47]	12 mois : 4,13 ± 3,48 [3,49 ; 4,77] d = 0,82		12 mois : -50,96 ± 9,48 [-56,74 ; -45,18]	
Zwerver et al [48]	<u>22 semaines post traitement</u> :		22 semaines :	
	AVQ :	Sport :		
	0,2 [-1 ; 1,4] d = 0,36	-1 [-2,6 ; 0,6] d = 0,26		

Tableau 14 : Différences des moyennes pré-post traitement intergroupes + écarts types après le « ± » + IC à 95% entre crochets + d de Cohen, à la fin de l'étude pour tous les articles et pour tous les critères de jugement.

Les cases en rouge et rose représentent les situations où l'IC à 95% ne passe pas par la valeur 0, c'est-à-dire un effet nul du traitement, et où la réponse sera uniquement positive au traitement (pas négative pour certains et positive pour d'autres), ce qui est un critère de pertinence.

- En rouge foncé, l'IC est très étroit ; Wang [47] et Gerdesmeyer [46] ont choisi des échantillons de la population qui sont représentatifs de la population générale, et il sera possible d'appliquer cliniquement leurs résultats sur **l'amélioration de la douleur** à un plus grand nombre.

- En rose, l'IC est un peu plus large et l'effet est un peu plus dispersé. Il reste néanmoins une bonne estimation de mes mesures (score Visa-P et CMS) si je veux les appliquer à la population générale.

Il est possible d'observer, à travers ce tableau synthétique, que si deux études sont applicables à une population généralisée, les deux autres rendent l'efficacité estimée dans la population générale très imprécise.

Les études incluses ne permettent donc pas de trancher sur une réponse claire quant'à l'efficacité des ODC en pratique clinique, ni sur la douleur, ni sur l'amélioration des critères secondaires choisis.

Il est important de noter que beaucoup de paramètres varient selon les études : le nombre de séances, le traitement comparateur, l'appareil, la puissance, la fréquence etc. Il serait intéressant de faire des recherches sur ces différentes variables et de déterminer un protocole précis et identique pour tout le monde.

Les résultats des études donneraient éventuellement plus de réponses à la problématique.

4.2.2 Ce résultat est-il applicable à mes patients ?

→ Les patients de l'étude et le contexte sont-ils similaires à ceux rencontrés en pratique clinique ?

Il faut s'assurer, peu importe le lieu d'exercice du métier de kinésithérapeute, que les patients sélectionnés présentent bien une tendinopathie chronique, c'est-à-dire avec des symptômes qui durent depuis plus de 3 mois et en échec des traitements conservateurs.

Les patients des études sélectionnées semblent être similaires à ceux que je pourrais rencontrer en pratique courante. En effet, les âges choisis sont hétérogènes (en dehors des enfants qui ont encore du cartilage de croissance) et les hommes et les femmes sont mélangés, sans préférence de sexe.

Les critères d'exclusion correspondent seulement aux contre-indications des ODC.

Il n'y a que la douleur supérieure ou égale à 5 sur l'EVA dans les escaliers, pour l'article de Wang [47] et le score Visa-P < 80 pour Wang [47] et Zwerver [48] qui ne sont pas forcément applicables à tous les patients rencontrés lors de la pratique courante.

En ce qui concerne le contexte de soin, dans le cadre de mon sujet, les conditions sont assez simples à reproduire.

Si le kinésithérapeute a les moyens d'investir dans un générateur à ODC, alors il y a peu de contraintes associées à l'application de ce traitement ; son utilisation est assez aisée et le contexte d'application du traitement est semblable aussi bien dans les études que dans la réalité.

Il n'y a pas de consensus exact sur le réglage des paramètres à appliquer. La fréquence se situe généralement autour de 4Hz et la densité de flux d'énergie varie selon les études,

mais la plupart du temps elle s'adapte aux patients et à ce qu'ils supportent, avec une augmentation progressive selon le seuil de tolérance.

Un gel de couplage ou un lubrifiant chirurgical est systématiquement appliqué pour permettre la conduction correcte des ODC, et un pack de froid est posé sur la zone traitée après l'application des ODC.

Seule la position dans laquelle est administré le traitement peut varier. Les patients sont couchés dans la plupart de mes études, mais ils pourraient être assis en pratique courante.

→ Le critère de jugement est-il important pour mes patients ?

Un des symptômes majeurs des tendinopathies est la douleur ; c'est pour cette raison que j'ai choisi en critère de jugement principal l'amélioration subjective de la douleur pré-post traitement, sur l'EVA.

Le score Visa-P évalue la douleur, la fonction et les activités des patients et le score CMS s'intéresse quant 'à lui à la douleur et la capacité à effectuer les activités quotidiennes normales du patient.

Ces critères de jugement semblent donc pertinents pour l'intérêt des patients.

→ Les effets indésirables contrebalancent-ils le bénéfice du traitement ?

Comme je l'ai dit dans mon introduction, hormis la douleur pour le patient, il existe peu d'effets indésirables causés par cette intervention (ils sont retrouvés seulement chez 10 à 20% des patients [58]) et s'ils surviennent, ils sont minimes.

Pour réaliser l'intervention décrite dans les études, le kinésithérapeute a besoin d'un appareil générateur d'ondes de choc focales ou radiales. Les appareils à ODCr sont moins coûteux, mais ils restent tout de même onéreux (environ 10 000euros) ce qui peut représenter un frein dans la pratique courante.

Bien qu'il s'agisse d'un gros investissement, celui-ci est intéressant car ces appareils ne servent pas uniquement à traiter les tendinopathies. En effet, ils peuvent être utilisés aussi dans les pathologies osseuses, les calcifications, les trigger points, les blessures musculaires ou encore les cicatrices.

4.3 Qualité des preuves

Celle-ci se base, comme son nom l'indique, sur la qualité de preuves des essais cliniques, ainsi que sur les grades de recommandation.

Selon la Haute Autorité de Santé (HAS), « le niveau de preuve d'une étude caractérise la capacité de l'étude à répondre à la question posée ». [59]

« Cette compétence est jugée sur la correspondance de l'étude au cadre du travail (question, population, critères de jugement) et sur les caractéristiques suivantes :

- Adéquation du protocole d'étude à la question posée

- Existence ou non de biais importants dans la réalisation
- Adaptation de l'analyse statistique aux objectifs de l'étude
- Puissance de l'étude et en particulier la taille de l'échantillon » [59]

Niveau de preuve	Description
Fort	- Le protocole est adapté pour répondre au mieux à la question posée - La réalisation est effectuée sans biais majeur - L'analyse statistique est adaptée aux objectifs - La puissance est suffisante
Intermédiaire	- Le protocole est adapté pour répondre au mieux à la question posée - Puissance nettement insuffisante (effectif insuffisant ou puissance a posteriori insuffisante) - Et/ou des anomalies mineures.
Faible	- Autres types d'études

Tableau 15 : Classification générale du niveau de preuve d'une étude [59]

« Il existe différents grades de recommandation classés en grade A, B ou C selon les modalités suivantes :

- Une recommandation de **grade A** est fondée sur des preuves scientifiques établies par des études de fort niveau de preuve
- Une recommandation de **grade B** est fondée sur une présomption scientifique fournie par des études de niveau intermédiaire de preuve
- Une recommandation de **grade C** est fondée sur des études de moindre niveau de preuve » [59]

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
A : Preuve scientifique établie	<u>Niveau 1</u> - Essais comparatifs randomisés de forte puissance - Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés - Analyse de décision fondée sur des études bien menées
B : Présomption scientifique	<u>Niveau 2</u> - Essais comparatifs randomisés de faible puissance - Etudes comparatives non randomisées bien menées - Etudes de cohortes.
C : Faible niveau de preuve scientifique	<u>Niveau 3</u> - Etudes cas-témoins
	<u>Niveau 4</u> - Etudes comparatives comportant des biais importants

	- Etudes rétrospectives - Séries de cas - Etudes épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale)
--	--

Tableau 16 : Grade des recommandations [59]

Etudes	Niveau de preuve	Grade de recommandation
Speed et al [45]	Intermédiaire	B
Gerdesmeyer et al [46]	Intermédiaire	A
Wang et al [47]	Intermédiaire	B
Zwerver et al [48]	Fort	A

Tableau 17 : Niveau de preuve et grade de recommandation des études incluses dans la revue

4.4 Biais potentiels de la revue

Différents biais sont intervenus dans la rédaction de cette revue. Le premier à souligner est l'écriture par une seule personne, ce qui implique que tout le travail (recherches et analyse) n'a été soumis qu'à un seul jugement et avis. C'est pour cette raison que la plupart du temps, les revues de littérature sont composées par plusieurs auteurs qui effectuent indépendamment les uns des autres leurs recherches avant de mettre leur travail en commun.

Les critères de sélection rigoureux des articles comme la gratuité de l'intégralité des articles ou l'inclusion des travaux rédigés uniquement en anglais ou en français entraînent une source de biais, car de nombreux articles pertinents ont certainement été exclus.

De plus, j'ai basé ma réflexion sur seulement 4 études, comportant chacune des petites sources de biais, et sur 335 patients au total pour juger de l'efficacité réelle d'un traitement application sur la population globale, ce qui est beaucoup trop faible.

Aussi, les études sélectionnées ont été menées dans des pays différents, ce qui peut représenter un biais d'études car les caractéristiques de la population selon l'endroit de la Terre varient.

Enfin, il y a des paramètres dans le traitement par ODC qui sont opérateurs-dépendants, et donc qui ne sont pas reproductibles dans le temps.

5. Conclusion

Cette revue avait pour but, rappelons-le, d'évaluer l'efficacité du traitement par ondes de choc sur les tendinopathies chroniques. Elle devait apporter un éclairage sur l'utilisation de cette thérapie dans le cadre de ces pathologies et permettre de faire un état des lieux à ce jour.

Les résultats obtenus pour la moitié des études choisies (n=2) ne sont pas concluants et ne permettent pas d'affirmer une amélioration statistiquement significative de la douleur ou du score Visa-P. De plus, si l'on cherchait à les appliquer à la pratique clinique, ce qui est la finalité lorsque l'on mène des études scientifiques, je me suis rendue compte qu'ils ne présentaient pas toujours une supériorité clinique affirmée une fois transposés à la réalité.

Pour l'autre moitié de mes études (n=2), il semblerait y avoir un bénéfice à l'application de ce traitement, avec des résultats significatifs en faveur des groupes expérimentaux ayant reçu des ondes de choc et une réelle amélioration de la douleur, du score Visa-P ou du score CMS.

Cependant, il est essentiel de noter que l'ensemble de ces résultats sont à interpréter avec prudence en raison de nombreuses sources de biais au sein des études et de mon travail.

Il n'est pas possible, au vu des articles inclus à cette revue, d'affirmer ou au contraire d'infirmier une quelconque efficacité des ODC sur les tendinopathies chroniques. Si je me fie, en pratique courante, à l'avis et au ressenti des patients (dont j'ai jadis fait partie) je pourrais me placer en faveur de cette thérapie, mais les données scientifiques disponibles sont partagées, à l'image de ma revue de littérature.

De plus, les articles qui traitent de ce sujet sont souvent exposés à un trop grand nombre de biais. La technique des ondes de choc pourrait alors faire l'objet de nouvelles études avec des populations plus grandes, sur un terme plus long, dissociant les modes d'application et approfondissant la présentation des résultats.

En effet, mon travail traitait des ondes de choc dans leur globalité, sans distinction entre les ondes de choc focales ou les ondes de choc radiales ou encore entre les ondes de choc à haute ou basse énergie. Si je m'intéressais à une problématique moins globale, il serait probablement plus aisé de conclure plus pertinemment.

Aussi, avant de mener des essais cliniques plus poussés et menés en vue de répondre à des problématiques plus précises, il serait éventuellement nécessaire de se mettre d'accord sur un protocole unique et reproductible, qui permettrait, enfin, de pouvoir trancher sur

l'efficacité (éventuelle) du traitement par ondes de choc extracorporelles pour les tendinopathies chroniques.

Bibliographie

- [1] <https://www.vidal.fr/maladies/appareil-locomoteur/tendinite.html#:~:text=Les%20tendinites%20sont%20essentiellement%20provoqu%C3%A9es,une%20maladie%20ou%20des%20m%C3%A9dicaments.>
- [2] https://www.ordremk.fr/wp-content/uploads/2017/05/code-de-la-sante-publique_-_legifrance-articles-r4321-1-a-r4321-145.pdf
- [3] https://www.cchst.ca/oshanswers/diseases/tendon_disorders.html?&wbdisable=true#:~:text=Qu'est%20ce%20qu',permettre%20le%20mouvement%20des%20articulations.
- [4] <http://www.labrha.fr/2016/09/26/tendons/#:~:text=Les%20tendons%20sont%20de%20forme,les%20t%C3%A9nocytes%20cellules%20conjonctives%20sp%C3%A9cialis%C3%A9es.>
- [5] <https://www.interiale.fr/prevention/nos-precieuses-articulations-a-la-loupe/#:~:text=Les%20tendons%20pr%C3%A9sentent%20de%20nombreuses,essentiel%20dans%20le%20mouvement%20articulaire.>
- [6] http://prevost.pascal.free.fr/public/pdf/SSPP5_tendon.pdf
- [7] Tendon normal : anatomie, physiologie - EM consulte
- [8] <https://houssiere.eu/index.php/en-tendons-efficaces-nous-courons-bien-entendu/#:~:text=Ou%20comment%20dire%20des%20choses,organisation%20dans%20le%20corps%20humain%20!&text=Le%20tendon%20relie%20un%20os,ligament%20il%20relie%20deux%20os.>
- [9] <http://up13.steps.free.fr/Files/Other/Biomeca%20Tendon+Ligament-%20M2%20JF%202015-2016%20-%20pdf%20etudiants%20M2%20EBNS.pdf>
- [10] Rees JD, Wilson AM, Wolman RL. Current concepts in the management of tendons disorders. Rheumatology (Oxford) 2006;45:508-21
- [11] <https://orleansosteopathe.fr/tendinopathies/#:~:text=Celle%20ci%20engendre%20une%20douleur,lors%20de%20la%20palpation%20locale.>
- [12] J.L Cook, C.R Purdam (2009) Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy 10.1136/bjsm.2008.051193
- [13] <https://running-care.com/blog/2019/12/10/tout-connaître-sur-la-tendinopathie-tendinite-en-course-a-pied/#:~:text=Le%20processus%20de%20r%C3%A9paration%20se,Ceci%20rendant%20le%20tendon%20fragile.>
- [14] <https://www.ks-mag.com/article/985-tendinopathies-les-classifications>
- [15] Kaux JF, Forthomme B, Le Goff C, Crielaard JM, Croisier JL. Current opinions on tendinopathie. J Sports Sci Med 2011;10:238–53.
- [16] <https://kinesante.ca/kinesithérapie/traitement-tendinite/>
- [17] <https://www.neuroxtrain.com/article/63763/?>
- [18] <https://docteurduchesnedelamottepierre.fr/les-ondes-de-choc-radiales/>
- [19] <https://kinedoc.org/work/kinedoc/9c1800cf-ba62-45c2-92a0-1191e968a68e.pdf>
- [20] Dr Philippe Arnaud, La liporéduction par ondes de choc
- [21] <https://www.masseur-kinesithérapeute-richard-etienne.fr/therapie-ondes-de-chocs-focales-radiales/#:~:text=D%C3%A9finition%20des%20ondes%20de%20choc&text=Les%20ondes%20de%20choc%20focales,et%20r%C3%A9g%C3%A9n%C3%A9rer%20les%20tissus%20affect%C3%A9s.>
- [22] Van Den Steene JY. Les ondes de choc : principes techniques, bases physiologiques et thérapeutiques. Rev du Podol 2015 ;11 :25-8.doi :10.1016/j.revpod.2015.02.005.
- [23] https://www.maisondeskines.com/_upload/article-pdf/KS542P57.pdf
- [24] Van der Worp H, van den Akker-?-Scheek I, van Schie H, Zwerver J. ESWT for tendinopathy: technology and clinical implications. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA. juin

2013;21(6):1451

[25] M Thiel , M Nieswand, M Dörffel The use of shock waves in medicine--a tool of the modern OR: an overview of basic physical principles, history and research Minim Invasive Ther Allied Technol. 2000;9(3-4):247-53.

[26] Van Den Steene J-?-Y. Les ondes de choc : principes techniques, bases physiologiques et thérapeutiques. Rev Podol. mars 2015;11(62):25 8

[27] Hong Li , Jia Jiang, Yang Wu, Shiyi Chen Potential mechanisms of a periosteum patch as an effective and favourable approach to enhance tendon-bone healing in the human body 2012 Mar;36(3):665-9. doi: 10.1007/s00264-011-1346-z. Epub 2011 Oct 19.

[28] <https://getjolt.fr/blogs/infos/le-mecanisme-des-micro-chocs-et-vibrations-pour-le-corps-etude-realisee-par-philippe-gaspin-pour-jolt%E2%84%A2>

[29] <https://sante.journaldesfemmes.fr/fiches-maladies/2470488-petechies-causes-symptomes-traitement/>

[30] http://www.nantes-mpr.com/autres_rubriques/ondes_de_choc.htm

[31] <http://centre-orthopedique-santy.com/focus-onde-de-choc-le-traitement/>

[32] <https://www.revmed.ch/RMS/2004/RMS-2473/23695#:~:text=En%20conclusion%2C%20les%20traitements%20par,dans%20certaines%20pathologies%20abarticulaires%20chroniques.>

[33] [https://fr.wikipedia.org/wiki/PubMed#:~:text=PubMed%20est%20gratuit%20et%20donne,par%20exemple%20dans%20PubMed%20Central\).](https://fr.wikipedia.org/wiki/PubMed#:~:text=PubMed%20est%20gratuit%20et%20donne,par%20exemple%20dans%20PubMed%20Central).)

[34] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Cochrane_\(organisation\)#:~:text=Cochrane%20\(pr%C3%A9c%C3%A9demment%20la%20Collaboration%20Cochrane,dans%20plus%20de%20100%20pays.&text=Elle%20a%20un%20si%C3%A8ge%20%C3%A0,pour%20y%20apporter%20des%20contributions.](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cochrane_(organisation)#:~:text=Cochrane%20(pr%C3%A9c%C3%A9demment%20la%20Collaboration%20Cochrane,dans%20plus%20de%20100%20pays.&text=Elle%20a%20un%20si%C3%A8ge%20%C3%A0,pour%20y%20apporter%20des%20contributions.)

[35] <https://fr.wikipedia.org/wiki/ScienceDirect#:~:text=ScienceDirect%20est%20un%20site%20web,scientifiques%20revues%20par%20des%20pairs.>

[36] <https://pedro.org.au/french/about/who-we-are/#:~:text=Le%20partenariat%20PEDro%20a%20%C3%A9t%C3%A9,de%20physioth%C3%A9rapeutes%20praticiens%20et%20universitaires.&text=Notre%20mission%20est%20d'am%C3%A9liorer,probantes%20et%20les%20meilleures%20pratiques.>

[37] Johannes Zwerver , Evert Verhagen, Fred Hartgens, Inge van den Akker-Scheek, Ron L Diercks The TOPGAME-study: effectiveness of extracorporeal shockwave therapy in jumping athletes with patellar tendinopathy. Design of a randomised controlled trial BMC Musculoskelet Disord. 2010 Feb 8;11:28.

[38] Van Leeuwen MT, Zwerver J, Van Den Akker-Scheek I. Extracorporeal Shockwave therapy for patellar tendinopathy: A review of the literature. Br J Sports Med 2009.

[39] Cici Zhang , Lixia Duan , Qiong Liu , Wen Zhang . Application of shear wave elastography and B-mode ultrasound in patellar tendinopathy after extracorporeal shockwave therapy 2020 Jul;47(3):469-476. doi: 10.1007/s10396-019-00979-7. Epub 2019 Nov 21.

[40] Nipaporn Konjen, Tapakorn Napnark, Siriporn Janchai. A comparison of the effectiveness of radial extracorporeal shock wave therapy and ultrasound therapy in the treatment of chronic plantar fasciitis: a randomized controlled trial. J Med Assoc Thai. 2015 Jan;98 Suppl 1:S49-56.

[41] Vulpiani MC, Vetrano M, Savoia V, Di Pangrazio E, Trischitta D, Ferretti A. Jumper's knee treatment with extracorporeal shock wave therapy: A long-term follow-up observational study. J Sports Med Phys Fitness 2007

[42] Thijs KM, Zwerver J, Backx FJG, Steeneken V, Rayer S, Groenenboom P, et al. Effectiveness of

shockwave treatment combined with eccentric training for patellar tendinopathy: A double-blinded randomized study. Clin J Sport Med 2017.

[43] J D Rompe, C Hope, K Küllmer, J Heine, R Bürger. Analgesic effect of extracorporeal shock-wave therapy on chronic tennis elbow. 1996 Mar;78(2):233-7.

[44] J A Ogden. Extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis: randomised controlled multicentre trial, 2004 Aug;38(4):382. doi: 10.1136/bjsm.2004.011601.

[45] C A Speed, D Nichols, C Richards, H Humphreys, J T Wies, S Burnet, B L Hazleman Extracorporeal shock wave therapy for lateral epicondylitis--a double blind randomised controlled trial, J Orthop Res. 2002 Sep;20(5):895-8. doi: 10.1016/S0736-0266(02)00013-X.

[46] Ludger Gerdesmeyer¹, Stefan Wagenpfeil, Michael Haake, Markus Maier, Markus Loew, Klaus Wörtler, Renee Lampe, Romain Seil, Gerhart Handle, Susanne Gassel, Jan D Rompe Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of chronic calcifying tendonitis of the rotator cuff: a randomized controlled trial JAMA. 2003 Nov 19;290(19):2573-80.doi: 10.1001/jama.290.19.2573.

[47] Wang CJ, Ko JY, Chan YS, Weng LH, Hsu SL. Extracorporeal shockwave for chronic patellar tendinopathy. Am J Sports Med. 2007 Jun;35(6):972-8.

[48] Zwerver J, Hartgens F, Verhagen E, Van Der Worp H, Van Den Akker-Scheek I, Diercks RL. No effect of extracorporeal shockwave therapy on patellar tendinopathy in jumping athletes during the competitive season: A randomized clinical trial. Am J Sports Med 2011

[49] http://www.antalvite.fr/pdf/echelle_visuelle_analogique.htm

[50] <https://pediadol.org/eva-echelle-visuelle-analogique/>

[51] <https://support.minitab.com/fr-fr/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/2-sample-t/methods-and-formulas/methods-and-formulas/>

[52] Visentini PJ, Khan KM, Cook JL, Kiss ZS, Harcourt PR, Wark JD. The VISA score: An index of severity of symptoms in patients with jumper's knee (Patellar Tendinosis). J Sci Med Sport 1998. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(98\)80005-4](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(98)80005-4)

[53] <https://www.elastoplast.fr/pages/local/fr-epp/scientific-section/articles-scientifiques/evaluation-de-la-severite-des-tendinopathies>

[54] https://www.physio-pedia.com/Constant-Murley_Shoulder_Outcome_Score

[55] AA Romeo, A. Mazzocca et al . Échelles de notation de l'épaule pour l'évaluation de la réparation de la coiffe des rotateurs ; orthopédie clinique et recherche connexe 2004; 427; 107-114

[56] LI Katolik, AA Romeo et al .Normalisation du score de Constant; Chirurgie du coude d'épaule en J 2005; 14; 279-285

[57] https://fr.wikipedia.org/wiki/Taille_d%27effet#:~:text=En%20statistique%2C%20une%20taille%20d,plus%20g%C3%A9n%C3%A9ralement%20d'une%20inf%C3%A9rence.&text=Traditionnellement%2C%20un%20d%20autour%20de,%CF%89%20dans%20une%20ANOVA.

[58] Julia, Hirt, Croisier. Tendon et jonction tendinomusculaire : de la biomécanique aux applications thérapeutiques. Elsevier Masson; 2011

[59] https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/201306/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf

Table des figures

- Figure 1 : Schéma d'un muscle et de son insertion osseuse à l'aide du tendon
- Figure 2 : Structure d'un tendon
- Figure 3 : Courbe stress contraintes, d'après Rees et al [10]
- Tableau 1 : Classification de Blazina
- Tableau 2 : Classification de Leadbetter
- Figure 4 : Physiopathologie de la tendinopathie
- Tableau 3 : Recommandations pour les tendinopathies en kinésithérapie
- Figure 5 : Image illustrant la propagation de l'onde de choc dans les tissus
- Figure 6 : Propulsion d'une ODCr [23]
- Figure 7 : Diagramme de flux selon le modèle PRISMA
- Tableau 4 : Synthèse des études incluses et de leur score PEDro
- Tableau 5 : Résultats pour le critère de jugement principal : la douleur diurne ; Speed et al [45]
- Tableau 6 : Résultats pour le critère de jugement principal : la douleur nocturne ; Speed et al [45]
- Tableau 7 : Résultats pour le critère de jugement principal : l'amélioration de la douleur ; Speed et al [45]
- Tableau 8 : Résultats pour le critère de jugement principal : la douleur ; Gerdesmeyer et al [46]
- Tableau 9 : Résultats pour le critère de jugement principal : la douleur ; Wang et al [47]
- Tableau 10 : Résultats pour le critère de jugement principal : la douleur ; Zwerver et al [49]
- Tableau 11 : Résultats pour le critère de jugement secondaire : le score Visa-P ; Wang et al [47]
- Tableau 12 : Résultats pour le critère de jugement secondaire : le score Visa-P ; Zwerver et al [48]
- Figure 8 : Evolution des scores Visa-P du début à la fin de l'étude de Swerver et al [48]

- Tableau 13 : Résultats pour le critère de jugement secondaire : le score CMS ; Gerdesmeyer et al [46]
- Tableau 14 : Différences des moyennes pré-post traitement intergroupes + écarts types après le « $\pm$ » + IC à 95% entre crochets + d de Cohen, à la fin de l'étude pour tous les articles et pour tous les critères de jugement.

Annexe 1 : L'échelle PEDro (en français)

Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non ☐ oui ☐	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non ☐ oui ☐	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non ☐ oui ☐	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non ☐ oui ☐	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non ☐ oui ☐	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non ☐ oui ☐	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non ☐ oui ☐	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non ☐ oui ☐	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non ☐ oui ☐	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non ☐ oui ☐	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non ☐ oui ☐	où:

L'échelle PEDro est basée sur la liste Delphi développée par Verhagen et ses collègues au département d'épidémiologie de l'Université de Maastricht (*Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). Cette liste est basée sur un "consensus d'experts" et non, pour la majeure partie, sur des données empiriques. Deux items supplémentaires à la liste Delphi (critères 8 et 10 de l'échelle PEDro) ont été inclus dans l'échelle PEDro. Si plus de données empiriques apparaissent, il deviendra éventuellement possible de pondérer certains critères de manière à ce que le score de PEDro reflète l'importance de chacun des items.

L'objectif de l'échelle PEDro est d'aider l'utilisateur de la base de données PEDro à rapidement identifier quels sont les essais cliniques réellement ou potentiellement randomisés indexés dans PEDro (c'est-à-dire les essais contrôlés randomisés et les essais cliniques contrôlés, sans précision) qui sont susceptibles d'avoir une bonne validité interne (critères 2 à 9), et peuvent avoir suffisamment d'informations statistiques pour rendre leurs résultats interprétables (critères 10 à 11). Un critère supplémentaire (critère 1) qui est relatif à la validité "externe" (c'est "la généralisabilité" de l'essai ou son "applicabilité") a été retenu dans l'échelle PEDro pour prendre en compte toute la liste Delphi, mais ce critère n'est pas comptabilisé pour calculer le score PEDro cité sur le site Internet de PEDro.

L'échelle PEDro ne doit pas être utilisée pour mesurer la "validité" des conclusions d'une étude. En particulier, nous mettons en garde les utilisateurs de l'échelle PEDro sur le fait que les études qui montrent des effets significatifs du traitement et qui ont un score élevé sur l'échelle PEDro, ne signifie pas nécessairement que le traitement est cliniquement utile. Il faut considérer aussi si la taille de l'effet du traitement est suffisamment grande pour que cela vaille la peine cliniquement d'appliquer le traitement. De même, il faut évaluer si le rapport entre les effets positifs du traitement et ses effets négatifs est favorable. Enfin, la dimension coût/efficacité du traitement est à prendre compte pour effectuer un choix. L'échelle ne devrait pas être utilisée pour comparer la "qualité" des essais réalisés dans différents domaines de la physiothérapie, essentiellement parce qu'il n'est pas possible de satisfaire à tous les items de cette échelle dans certains domaines de la pratique kinésithérapique.

Dernière modification le 21 juin 1999. Traduction française le 1 juillet 2010

Précisions pour l'utilisation de l'échelle PEDro:

Tous les critères	Les points sont attribués uniquement si le critère est clairement respecté. Si, lors de la lecture de l'étude, on ne retrouve pas le critère explicitement rédigé, le point ne doit pas être attribué à ce critère.
Critère 1	Ce critère est respecté si l'article décrit la source de recrutement des sujets et une liste de critères utilisée pour déterminer qui était éligible pour participer à l'étude.
Critère 2	Une étude est considérée avoir utilisé une <i>répartition aléatoire</i> si l'article mentionne que la répartition entre les groupes a été faite au hasard. La méthode précise de répartition aléatoire n'a pas lieu d'être détaillée. Des procédures comme pile ou face ou le lancé de dés sont considérées comme des méthodes de répartition aléatoire. Les procédures quasi-aléatoires, telles que la répartition selon le numéro de dossier hospitalier ou la date de naissance, ou le fait de répartir alternativement les sujets dans les groupes, ne remplissent pas le critère.
Critère 3	Une <i>assignation secrète</i> signifie que la personne qui a déterminé si un sujet répondait aux critères d'inclusion de l'étude ne devait pas, lorsque cette décision a été prise, savoir dans quel groupe le sujet serait admis. Un point est attribué pour ce critère, même s'il n'est pas précisé que l'assignation est secrète, lorsque l'article mentionne que la répartition a été réalisée par enveloppes opaques cachetées ou que la répartition a été réalisée par table de tirage au sort en contactant une personne à distance.
Critère 4	Au minimum, lors d'études concernant des interventions thérapeutiques, l'article doit décrire au moins une mesure de la gravité de l'affection traitée et au moins une mesure (différente) sur l'un des critères de jugement essentiels en début d'étude. L'évaluateur de l'article doit s'assurer que les résultats des groupes n'ont pas de raison de différer de manière cliniquement significative du seul fait des différences observées au début de l'étude sur les variables pronostiques. Ce critère est respecté, même si les données au début de l'étude ne sont présentées que pour les sujets qui ont terminé l'étude.
Critères 4, 7-11	Les <i>critères de jugement</i> essentiels sont ceux dont les résultats fournissent la principale mesure de l'efficacité (ou du manque d'efficacité) du traitement. Dans la plupart des études, plus d'une variable est utilisée pour mesurer les résultats.
Critères 5-7	Être " <i>en aveugle</i> " signifie que la personne en question (sujet, thérapeute ou évaluateur) ne savait pas dans quel groupe le sujet avait été réparti. De plus, les sujets et les thérapeutes sont considérés être " <i>en aveugle</i> " uniquement s'il peut être attendu qu'ils ne sont pas à même de faire la distinction entre les traitements appliqués aux différents groupes. Dans les essais dans lesquels les critères de jugement essentiels sont autoévalués par le sujet (ex. échelle visuelle analogique, recueil journalier de la douleur), l'évaluateur est considéré être " <i>en aveugle</i> " si le sujet l'est aussi.
Critère 8	Ce critère est respecté uniquement si l'article mentionne explicitement <i>à la fois</i> le nombre de sujets initialement répartis dans les groupes <i>et</i> le nombre de sujets auprès de qui les mesures ont été obtenues pour les critères de jugement essentiels. Pour les essais dans lesquels les résultats sont mesurés à plusieurs reprises dans le temps, un critère de jugement essentiel doit avoir été mesuré pour plus de 85% des sujets à l'une de ces reprises.
Critère 9	Une <i>analyse en intention de traiter</i> signifie que, lorsque les sujets n'ont pas reçu le traitement (ou n'ont pas suivi l'intervention contrôle) qui leur avait été attribué, et lorsque leurs résultats sont disponibles, l'analyse est effectuée comme si les sujets avaient reçu le traitement (ou avaient suivi l'intervention contrôle) comme attribué. Ce critère est respecté, même sans mention d'une analyse en intention de traiter si l'article mentionne explicitement que tous les sujets ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle comme attribué.
Critère 10	Une comparaison statistique <i>intergroupe</i> implique une comparaison statistique d'un groupe par rapport à un autre. Selon le plan expérimental de l'étude, cela peut impliquer la comparaison de deux traitements ou plus, ou la comparaison d'un traitement avec une intervention contrôle. L'analyse peut être une simple comparaison des résultats mesurés après administration des traitements, ou une comparaison du changement dans un groupe au changement dans un autre (quand une analyse factorielle de variance a été utilisée pour analyser les données, ceci est souvent indiqué sous la forme d'une interaction groupe x temps). La comparaison peut prendre la forme d'un test sous hypothèses (qui produit une valeur "p", décrivant la probabilité que les groupes diffèrent uniquement du fait du hasard) ou prendre la forme d'une estimation (par exemple: différence de moyennes ou de médianes, différence entre proportions, nombre nécessaire de sujets à traiter, risque relatif ou rapport de risque instantané dit "hazard ratio") et de son intervalle de confiance.
Critère 11	Une <i>estimation de l'effet</i> est une mesure de la taille de l'effet du traitement. L'effet du traitement peut être décrit soit par une différence entre les groupes, soit par le résultat au sein (de chacun) de tous les groupes. Les <i>estimations de la variabilité</i> incluent les écarts-types, les erreurs standards, les intervalles de confiance, les intervalles interquartiles (ou autres quantiles) et les étendues. Les estimations de l'effet et/ou de la variabilité peuvent être fournies sous forme graphique (par exemple, les écarts-types peuvent être représentés sous forme de barres d'erreurs dans une figure) à la condition expresse que le graphique soit clairement légendé (par exemple, qu'il soit explicite que ces barres d'erreurs représentent des écarts-type ou des erreurs-standard). S'il s'agit de résultats classés par catégories, ce critère est considéré respecté si le nombre de sujets de chaque catégorie est précisé pour chacun des groupes.

Annexes 2, 3, 4 et 5 : Caractéristiques détaillées de chaque étude incluse à la revue

Etude	Participants	Intervention	Comparaison	Outcome
<u>Auteurs</u> : - C.A Speed - D. Nichols - C. Richards - H.Humphreys - J.T Wies - S.Burnet - B.L Hazleman <u>Nom</u> : “Extracorporeal Shockwave Therapy for lateral epicondylitis” <u>Année</u> : 2002 <u>Pays</u> : Angleterre <u>Type d'étude</u> : Essai Clinique Randomisé (ECR)	75 patients adultes (>18ans) présentant un diagnostic clinique d'épicondylite latérale (ou tendinopathie du coude) chronique. → Groupe expérimental (GE) : 40 patients - <u>Age</u> : 46.5 (26-70) ans - <u>Genre</u> (H/F) : 19/21 - <u>Durée des symptômes</u> : 15.9 (3-42) mois - <u>Bras dominant affecté</u> : 28 → Groupe témoin (GT) : 35 patients - <u>Age</u> : 48.2 (31-65) ans - <u>Genre</u> (H/F) : 14/21 - <u>Durée des symptômes</u> : 12 (3-40) mois - <u>Bras dominant affecté</u> : 26 <u>Critères d'inclusion</u> : - Patients majeurs (>18ans) avec des douleurs unilatérales du coude depuis au moins 3mois. - Point de sensibilité au niveau, ou proche, de l'insertion de l'extenseur commun sur l'épicondyle latéral - Douleur au niveau de l'épicondyle latéral à la résistance de l'extension de l'ensemble du 3^{ème} doigt de la main <u>Critères d'exclusion</u> : Autres pathologies du coude (instabilité, arthrite ou problème dermatologique local), polyarthrite généralisée, problèmes neurologiques, anticoagulants, traitements pour cette zone dans les 6semaines précédentes, grossesse, diabète, infections, tumeurs, maladies vasculaires	- Tous les sujets ont commencé par évaluer leur douleur du coude sur l'EVA, le jour et la nuit. - 1500 impulsions ont été délivrées à une densité de flux d'énergie de 0.18 mJ/mm², à 3 reprises avec 1 mois d'intervalle - Pas d'anesthésie utilisée - Gel de couplage utilisé pour optimiser le traitement - Le dispositif utilisé est un « Sonocur Plus Unit » qui génère des ODC mécaniques en utilisant un générateur électromagnétique - Deux paramètres ont été utilisés pour focaliser le traitement sur la zone cible : 1) localisation échographique de la région d'intérêt, 2) au début du traitement, le sujet a orienté le kinésithérapeute vers la zone de douleur maximale. - Pas d'autres traitements n'ont été autorisés pendant la période d'étude	- Traitement placebo - Pas de gel de couplage utilisé donc pas ou très peu de conduction des ODC - Le patient entend le bruit généré par le dispositif (« Sonocur Plus Unit » également) à chaque ODC délivrée, comme pour le GE, mais en réalité les impulsions sont délivrées à une densité de flux minime : 0.04 mJ/mm² et le contact avec la région d'intérêt est évité. - Pas d'anesthésie utilisée - 3 sessions d'ODC fictives, comme pour le GE	- <u>Suivi des patients</u> : Réalisé 1 mois plus tard, 2 mois plus tard et enfin 3 mois plus tard - <u>Critère de jugement principal</u> : Douleur via l'EVA (jour et nuit) - <u>Critère(s) de jugement secondaire(s)</u> : Aucun.

Etude	Participants	Intervention	Comparaison	Outcome
<u>Auteurs</u> : - Ludger Gerdesmeyer -Stefan Wagenpfeil - Michael Haake - Markus Loew - Klaus Wörtler - Renee Lampe - Romain Seil - Gerhart Handle - Susanne Gassel - Jan D.Rompe <u>Nom</u> : “Extracorporeal Shockwave Therapy for the Treatment of Chronic Calcifying Tendonitis of the Rotator Cuff” <u>Année</u> : 2003 <u>Pays</u> : Allemagne et Autriche <u>Type d'étude</u> : ECR	144 patients adultes (>18ans) présentant une tendinopathie calcifiante chronique de la coiffe des rotateurs. → GE 1 : ODC haute énergie : 48 patients - <u>Age</u> : 51.6 ± 8.5 ans - <u>Genre</u> (H/F) : 13/35 - <u>Durée des symptômes</u> : 42.6 ± 23.2 mois - <u>Taille du dépôt calcifique</u> : 182 ± 135 mm → GE 2 : ODC basse énergie : 48 patients - <u>Age</u> : 47.3 ± 8.5 ans - <u>Genre</u> (H/F) : 16/32 - <u>Durée des symptômes</u> : 42.8 ± 25.2 mois - <u>Taille du dépôt calcique (mm)</u> : 195 ± 166 mm → Groupe témoin (GT) : 48 patients - <u>Age</u> : 52.3 ± 9.8 ans - <u>Genre</u> (H/F) : 28/20 - <u>Durée des symptômes</u> : 41.3 ± 28.6 mois - <u>Taille du dépôt calcique (mm)</u> : 128 ± 112 mm Critères d'inclusion : Patients majeurs (>18ans) avec un dépôt calcique d'au moins 5mm de diam de type I ou II selon Gärtner, des symptômes depuis 6mois ou plus et une tendinopathie résistante aux traitements conservateurs comme la physiothérapie (exercices actif et passif, mobilisations, renforcement), une anesthésie locale ou des injections de corticostéroïdes et aux AINS (ibuprofène ou diclofénac). Critères d'exclusion : Déchirure de la coiffe, bursite sous acromiale, dépôts de type III selon Gärtner, maladies rhumatismales, diabète, troubles de la coagulation, grossesse, arthrite, chirurgie de l'épaule, tumeur, instabilité de l'épaule, troubles neurologiques périphériques et échec d'une précédente session d'ODC.	- Patients placés en position couchée - Utilisant la fluoroscopie en vue antérieure et postérieure, l'épaule a été tournée jusqu'à ce que le dépôt calcique soit identifié dans une libre position. - Pour les GE1 et GE2, une fine feuille de polyéthylène était placée entre l'épaule et la tête délivrant les ODC. - Un gel de couplage a été utilisé, entre la tête et la feuille et entre la feuille et l'épaule. - La position de mise au point exacte a été contrôlée en utilisant la fluoroscopie durant la session d'ODC et ajustée si nécessaire. - <u>GE1</u> : 1500 impulsions à 0.32 mJ/mm² - <u>GE2</u> : 6000 impulsions à 0.08 mJ/mm² - Pour les deux groupes, 120 impulsions/min ont été délivrées. - Des analgésiques adéquats ont pu être délivrés par voie intraveineuse si besoin - Aucune anesthésie autorisée. - Tous les patients ont reçu un deuxième traitement par ODC de J12 à J16 ; les patients des deux groupes ont reçu au total une dose cumulée d'énergie de 0.960 J/mm². - 10 séances de kiné après le traitement (mob active et passive, massage, thérapie manuelle) - Antalgiques autorisés tout au long de l'étude si douleurs - Aucune autre thérapie autorisée avant la fin des 6mois de suivi	- Traitement placebo - Feuille de polyéthylène à chambre à air placée contre la peau du patient mais aucun gel de couplage n'a été appliqué sur la tête. - A tous les autres égards, l'installation était la même. - Les patients ont reçu 1500 impulsions avec 120 imp/min avec un niveau d'énergie de 0.32 mL/mm². - Au total, 0.960 J/mm² ont été délivrés pour le GT aussi. - La position couchée empêchait les patients de voir le dispositif, mais ils entendaient le bruit singulier généré par ce traitement. - 10 séances de kiné après le traitement (mob active et passive, massage, thérapie manuelle) - Antalgiques autorisés - Aucune autre thérapie autorisée avant la fin des 6mois de suivi	- <u>Suivi des patients</u> : Réalisé à 3, 6 et 12 mois. - <u>Critère de jugement principal</u> : CMS score incluant : - Douleur - AVQ - Amplitude de mouvement - Force - <u>Critère(s) de jugement secondaire(s)</u> : - Douleur via la VAS

Etude	Participants	Intervention	Comparaison	Outcome
<u>Auteurs</u> : - Ching-Jen Wang - Jih-Yang Ko - Yi-Sheng Chan - Lin-Hsiu Weng - Shan-Lin Hsu <u>Nom</u> : “Extracorporeal Shockwave for Chronic Patellar Tendinopathy” <u>Année</u> : 2007 <u>Pays</u> : Taiwan <u>Type d'étude</u> : Essai Clinique Randomisé	50 patients adultes (>21ans) dont 54 tendons traités, présentant une tendinopathie patellaire (TP) chronique, au niveau de l'extrémité proximale. →Groupe expérimental : 27 patients (30 tendons, donc 3 patients traités en bilatéral), dont 15 athlètes (basketball, jogging, musculation, handball, lutte) - <u>Age</u> : 29,4 ± 10,5 (16-47) ans - <u>Genre</u> (H/F) : 14/13 - <u>Durée des symptômes</u> : 16,2 ± 17,2 (6-64) mois → Groupe témoin : 23 patients (24 tendons), donc 1 patient traité en bilatéral dont 14 athlètes (basketball, jogging, musculation, handball, lutte) - <u>Age</u> : 30,2 ± 10,4 (16-46) ans - <u>Genre</u> (H/F) : 13/10 - <u>Durée des symptômes</u> : 11,3 ± 10,9 (6-46) mois <u>Critères d'inclusion</u> : - Patients majeurs, en bonne santé générale, capables de comprendre la nature de l'étude et de signer le consentement éclairé et présentant une TP établie par un examen physique et l'histoire de la maladie - Douleur ≥ 5 dans les escaliers - Visa-P < 80 <u>Critères d'exclusion</u> : Patients sous injection de cortisone, immunosuppresseurs, diabète, infections, maladies vasculaires ou du collagène, arthrite, problèmes de coagulation, fractures autour du genou, arythmie cardiaque ou pacemakers et femmes enceintes	ODC en ambulatoire sans aucune anesthésie . - <u>Appareil</u> : « Ossatron » ; 1500 impulsions à 14 KV (équivalent à une densité de flux d'énergie de 0,18 mJ/mm²). - Point de sensibilité maximale trouvé par palpation - Localisation de la lésion focalisée avec le laser . - La profondeur de la propagation de l'ODC a été estimée cliniquement et confirmée par un guide à ultrasons . - Un lubrifiant chirurgical a été appliqué sur la peau - <u>Fréquence initiale</u> : 1 impulsion/sec puis 2 imp/sec si le patient le tolérait. - <u>Après le traitement</u> : inspection de la zone traitée, application d'une poche de glace et prescription d'antalgiques non narcotiques - Autorisation activité légère mais sport interdit pendant 4 à 6 semaines - 3 patients (4 tendons) ont reçu une seconde session .	Pas d'ODC , utilisation des traitements conservateurs seulement : - <u>AINS</u> en première intention puis différentes modalités si mauvaise réponse, - <u>Physiothérapie</u> , incluant des compresses chaudes ou froides, la phonophorèse, et le massage par friction - <u>Programme d'exercices</u> incluant des étirements du TP et renforcement du quadriceps et des ischio-jambiers - <u>Utilisation d'une</u> « knee strap » ou sangle à genou - <u>Modification des niveaux d'activités</u> Aucune injection de cortisone	- <u>Suivi des patients</u> : Réalisé à 1,3,6 et 12 mois puis une fois par an . - <u>Critère de jugement principal</u> : Douleur via l'EVA - <u>Critères de jugement secondaires</u> : - Score VISA-P - Amplitude du genou - Amélioration fonctionnelle - Evaluation échographique avec 1) épaisseur du TP et 2) vascularisation

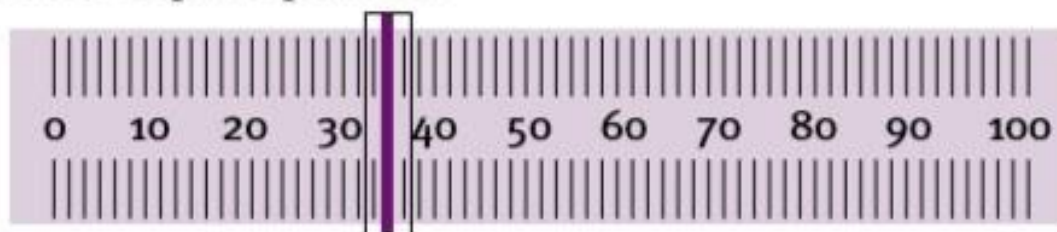
Etude	Participants	Intervention	Comparaison	Outcome
<u>Auteurs</u> : - Johannes Zwerver - Fred Hartgens - Evert Verhagen - Henk van der Worp - Inge van den Akker-Scheek - Ron L.Diercks <u>Nom</u> : “No effect of Extracorporeal Shockwave Therapy on PT in Jumping Athletes During the Competitive Season ” <u>Année</u> : 2011 <u>Pays</u> : Pays Bas <u>Type d'étude</u> : ECR	62 patients adultes ayant entre 18 et 35 ans présentant une tendinopathie patellaire (TP) chronique, majoritairement à l'extrémité proximale. Si la TP était bilatérale, seul le genou le plus douloureux a été traité. → Groupe expérimental : 31 patients - <u>Age</u> : 24.2 ± 5.2 ans - <u>Genre</u> (H/F) : 20/11 - <u>Sport</u> (volleyball, basketball, handball) : 27/4/0 - <u>Durée des symptômes</u> : 7.3 ± 3.6 mois → Groupe témoin : 31 patients - <u>Age</u> : 25.7 ± 4.5 ans - <u>Genre</u> (H/F) : 21/10 - <u>Sport</u> (volleyball, basketball, handball) : 30/0/1 - <u>Durée des symptômes</u> : 8.1 ± 3.8 mois <u>Critères d'inclusion</u> : - Patients de 18 à 35 ans avec antécédents de douleurs du genou (TP) pendant le sport et sensibilité de cette même zone à la palpation - Symptômes présents de 3 à 12 mois (cette saison ou saison précédente) - Visa-P < 80 <u>Critères d'exclusion</u> : Patients avec troubles du genou, AINS à long terme, fluoroquinolones, chirurgie du genou ou injections de corticostéroïdes dans les 3 mois, contre-indications aux ODC (grossesse, tumeurs, anticoagulants, coagulopathies)	- Traitement administré par <u>5 kinésithérapeutes (KT) expérimentés</u> : 3 séances d'ODC à 1 semaine d'intervalle et utilisation d'un dispositif piézo-électrique d'Allemagne. - Le KT a palpé le TP pour trouver le point le plus douloureux. Sur cette zone, 2000 impulsions à une fréquence de 4 Hz ont été administrées. - La densité du flux d'énergie a été appliquée selon le seuil de tolérance de chaque patient, de 0.1 mJ/mm² (niveau 5) jusqu'à un maximum de 0.58 mJ/mm² (niveau 20). - Toutes les 100 impulsions, le KT a demandé au patient si le traitement est tolérable. Si oui, le KT augmentait la densité d'énergie d'un niveau, et ce jusqu'au niveau maximal. - Un gel de transmission a été appliqué. - Le patient était en décubitus dorsal avec le genou légèrement fléchi. - Les tampons de mise au point mesuraient entre 5 et 10mm selon la stature du patient. - Aucune anesthésie n'a été utilisée - Les athlètes continuaient leur activité sportive mais s'ils avaient mal dans les 48h suivant le traitement, ils pouvaient prendre des antalgiques (acétaminophènes) à la dose maximale : 3x1000mg par jour.	- Traitement placebo. - La procédure est la même que pour le GE sauf qu'il n'y a pas de gel de transmission appliqué → ODC pas (ou très peu) conduites avec des densités de flux d'énergie négligeables < 0.03 mJ/mm². - Mêmes instructions données par le KT - Douleur possible car le tampon de mise au point était pressé sur la zone douloureuse - Les impulsions du dispositif d'ODC étaient entendues par le patient - KT augmentait (fictivement) le niveau toutes les 100 impulsions. - Prise d'antalgique possible si douleur	- <u>Suivi des patients</u> : - Mesures prises S1, S12 et S22 - <u>Critère de jugement principal</u> : Score Visa-P - <u>Critères de jugement secondaires</u> : - Douleur via l'EVA (dans les AVQ, durant le sport, après 3 sauts maximum sur une jambe, et après le triple-hop test)

Annexe 6 : L'Echelle Visuelle Analogique (EVA)

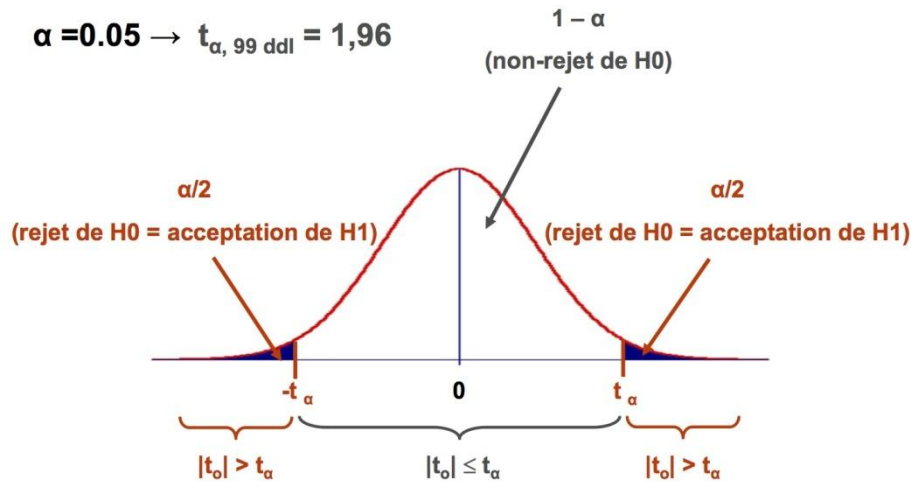
Face présentée au patient



Face vue par le praticien



Annexe 7 : Le test t de Student



Le test-t de Student est un test statistique permettant de comparer les moyennes de deux groupes d'échantillons. Il s'agit donc de savoir si les moyennes des deux groupes sont significativement différentes au point de vue statistique.

Il existe plusieurs variants du test-t de Student :

- Le test-t de Student pour échantillon unique
- Le test-t de Student comparant deux groupes d'échantillons indépendants (on parle de test de Student non apparié)
- Le test-t de Student comparant deux groupes d'échantillons dépendants (on parle de test de Student apparié).

Cet article a pour objectif de décrire les formules pour les différents types de test de Student. Le test de Student est dit paramétrique car, comme nous allons le voir, la formule dépend de la moyenne et de l'écart-type des observations à comparer.

Annexe 8 : Le questionnaire Visa-P

1. Combien de minutes pouvez-vous rester assis sans douleur ?

0 min										100 min	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

2. Ressentez-vous des douleurs lorsque vous descendez les escaliers (avec un cycle de marche normal)?

Douleur extrême										Pas de douleur	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

3. Ressentez-vous des douleurs au genou lors de son extension active sans appui ?

Douleur extrême										Pas de douleur	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

4. Ressentez-vous des douleurs lorsque vous êtes debout pieds joints, et que vous vous laissez aller en avant pour vous réceptionner avec la jambe douloureuse (fente avant genou en charge) ?

Douleur extrême										Pas de douleur	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

5. Présentez-vous des difficultés lors de squats ?

Incapable										Aucun problème	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

6. Présentez-vous des douleurs pendant ou immédiatement après avoir réalisé 10 sautilllements unipodaux (sur une jambe) ?

Douleur extrême/incapable										Pas de douleur	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

7. Pratiquez-vous actuellement un sport ou une autre activité physique ?

0	Pas du tout
4	Entraînement/compétition modifié
7	Entraînement/compétition complet mais à un niveau différent (inférieur) de celui qui a vu les symptômes apparaître
10	Entraînement/compétition à un niveau identique ou supérieur de celui qui a vu les symptômes apparaître

8. Complétez uniquement A, B ou C pour cette question :

- Si vous ne ressentez aucune douleur pendant la pratique sportive, veuillez compléter uniquement la Q8A.
- Si vous ressentez une douleur pendant la pratique sportive mais qu'elle ne vous empêche pas de poursuivre celles-ci, veuillez compléter uniquement la Q8B.
- Si vous ressentez une douleur qui vous empêche de poursuivre l'activité sportive, veuillez compléter uniquement la Q8C.

Q8A) Si vous ne ressentez aucune douleur pendant la pratique sportive, combien de temps pouvez-vous vous entraîner/jouer ?

0 min		0-5 min		6-10 min		11-15 min		>15 min	
0	7	14	21	30					

Q8B) Si vous ressentez de la douleur pendant la pratique sportive mais qu'elle ne vous empêche pas de poursuivre celle-ci, combien de temps pouvez-vous vous entraîner/jouer ?

0 min		0-5 min		6-10 min		11-15 min		>15 min	
0	4	10	14	20					

Q8C) Si vous ressentez une douleur qui vous empêche de poursuivre l'activité sportive, combien de temps pouvez-vous vous entraîner/jouer ?

0 min		0-5 min		6-10 min		11-15 min		>15 min	
0	2	5	7	10					

Score total : /100

Résumé

CONTEXTE : Les tendinopathies chroniques avec des symptômes qui perdurent sont très présentes dans la population et elles impactent la qualité de vie des sujets. En kinésithérapie, les ondes de choc extracorporelles sont souvent utilisées pour traiter ces pathologies mais leur efficacité n'est pas scientifiquement prouvée et les avis dans la littérature sont controversés.

OBJECTIF : Le but de cette revue de littérature est d'évaluer l'efficacité du traitement par ondes de choc sur les tendinopathies chroniques en comparant les résultats de plusieurs articles scientifiques ayant mené des essais cliniques randomisés et de faire un état des lieux de la littérature scientifique actuelle sur le sujet traité.

METHODE ET RECHERCHE : Dans cette revue de littérature, les sources documentaires investiguées sont les bases de données scientifiques en ligne : PubMed, Cochrane Library, Sciences Direct, PEDro et Kinedoc sur une période de 20 ans. Des livres ont aussi servi à élaborer ce travail.

RESULTATS : Un total de 4 études et de 355 patients ont été inclus dans ce document. Les résultats sont parfaitement partagés avec 2 articles qui montrent des résultats significatifs en faveur de l'efficacité de cette thérapie et 2 autres qui considèrent les ondes de choc comme inefficaces.

CONCLUSION : Les résultats obtenus dans cette revue de littérature sont à l'image des avis suscités par la question par les kinésithérapeutes, et ne permettent ni d'affirmer, ni d'infirmer l'efficacité des ondes de choc dans le traitement des tendinopathies chroniques. Ces résultats restent à nuancer du fait de l'existence de biais dans certaines études mais aussi dans la réalisation de ce travail et du manque de pertinence clinique de la plupart. Il serait donc intéressant de réaliser des études mieux menées, avec un protocole précis d'application des ondes de choc dans le but d'homogénéiser les résultats.

Mots clés : *Tendinopathies, Ondes de choc, Douleur, Placebo*

Abstract

BACKGROUND : Chronic tendinopathies with persistent symptoms are very present in the population and impact subjects quality of life's. In physiotherapy, extracorporeal shock waves are often used to treat these pathologies but their effectiveness is not scientifically proven and opinions in the literature are disputed.

PURPOSE : The aim of this literature review is to assess the effectiveness of shock wave treatment in chronic tendinopathies by comparing the results of several scientific articles that have conducted randomized clinical trials, and to review the current literature on the subject.

METHOD AND INVESTIGATION : In this literature review, the documentary sources investigated are the online scientific databases : PubMed, Cochrane Library, Sciences Direct, PEDro et Kinedoc over a period of 20 years. Books were also used to develop this review.

RESULTS : A total of 4 studies and 355 patients were included in this work. The results are perfectly torned with 2 articles which show significant results in favor of the effectiveness of this therapy and 2 articles which consider shock waves to be ineffective.

CONCLUSION : Results obtained in this review of literature raised on the issue by physiotherapists, and neither confirm or deny the effectiveness of shock waves in the treatment of chronic tendinopathies. Results remain to be qualified due to the existence of bias in some studies but also in the performance of this work and the lack of clinical relevance of most. Therefore, it would be interesting to carry out better conducted studies, with a precise protocol for applying shock waves in order to standardize the results.

Key words : *Tendinopathy, Shock wave therapy, Pain, Sham*

