



Institut de Formation Supérieure en Ostéopathie de Rennes

L'apport du crac dans la manipulation

BRETON
Arnaud

Promotion 13
Année 2020-2021



Bretagne Ostéopathie SARL
Parc Morier - Bât Artémis - 167A, Rue de Lorient • 35000 RENNES • Tél. : 02 99 36 81 93 • Fax : 02 99 38 47 65
www.bretagne-osteopathie.com • contact@bretagne-osteopathie.com

© 2009 Art 85314 - N° SIRET 504 421 937 00026 - Agencement Membre N° 2075 07
Déclaration d'activité enregistrée sous le n°52252616425 auprès du préfet de la région Bretagne. (Ce n° ne vaut pas agrément de l'Etat)

Table des matières

Remerciements	4
Liste des abréviations	5
I. Introduction	6
II. Contexte	7
A. Le crac dans l'ostéopathie	7
1. <i>Définition de la manipulation</i>	7
2. <i>Le crac et les manipulations</i>	7
a. <i>Techniques HVLA</i>	7
b. <i>HVLA vs MFOS</i>	8
c. <i>Généralités</i>	8
B. Physiologie du crac	10
1. <i>L'articulation synoviale (14–16)</i>	10
2. <i>Origine d'un son et propagation (17)</i>	11
3. <i>Sons articulaires (9, 18–21)</i>	13
4. <i>Mécanismes du crac</i>	14
a. <i>La cavitation (22–25)</i>	14
i. <i>Définition</i>	14
ii. <i>Causes</i>	14
iii. <i>Effets mécaniques</i>	14
iv. <i>Applications</i>	14
v. <i>Le bruit de cavitation</i>	14
b. <i>La tribonucléation</i>	15
c. <i>Les étapes du crac selon le principe de cavitation et de tribonucléation</i>	15
d. <i>Historique scientifique</i>	16
e. <i>En résumé</i>	17
III. Impacts du phénomène de cavitation	18
IV. Matériel et méthode	19
V. Résultats	20
A. Revue de littérature narrative	20
1. <i>Impact physico-chimiques du crac</i>	20
a. <i>Éloignement des surfaces articulaires</i>	20
b. <i>Modification de marqueurs biologiques et neurophysiologiques</i>	20
c. <i>Diminution de l'hypertonie musculaire</i>	20
d. <i>Influence sur le Système Nerveux Autonome (SNA)</i>	20
2. <i>Impacts cliniques</i>	21
a. <i>Mobilité articulaire</i>	21
b. <i>Posture</i>	21
c. <i>Force</i>	21
d. <i>Douleur</i>	21
e. <i>Seuil de douleur à la pression (PPT : Pain Pressure Threshold)</i>	23
f. <i>Qualité de vie, incapacité</i>	23
3. <i>Placebo</i>	23
4. <i>Risques / sécurité</i>	24
a. <i>Arthrose et autres pathologies ou effets néfastes (d'après Rizvi et al. 2018(10))</i>	24
b. <i>Cas isolés</i>	25
c. <i>Sécurité</i>	25
5. <i>Synthèse</i>	26
B. Revue systématique	27

1. Méthode.....	27
2. Résultats.....	27
3. Comparaisons des études.....	29
a. Comparaison de la qualité des études.....	29
b. Comparaison de la population.....	31
c. Comparaison des traitements.....	32
4. Risque de biais relatif aux études.....	33
5. Comparaison des résultats.....	33
a. Résultats non comparables.....	34
i. Peur/appréhension (questionnaire FABQ: kinésiophobie).....	34
ii. Marqueurs biologiques.....	34
iii. Tests fonctionnels objectifs.....	35
iv. Capacité respiratoire.....	36
b. Résultats comparables.....	37
i. Douleur.....	37
ii. Incapacité.....	38
iii. Mobilité.....	39
iv. Tests musculaires.....	40
v. Posture.....	41
vi. PPT.....	42
VI. Discussion.....	43
A. Discussion des résultats quantitatifs.....	43
B. Discussion des résultats qualitatifs.....	44
1. Résultats unanimes.....	44
2. Résultats majoritaires.....	44
3. Résultats controversés.....	45
4. Résultats intra-étude.....	45
C. Discussion des résultats qualitatifs non significatifs.....	46
D. Influence de l'effet de cavitation.....	47
E. Influence de l'investigation de la zone à manipuler.....	47
F. Biais et limites.....	48
1. Biais de population.....	48
2. Biais des interventions.....	48
3. Biais des outcomes.....	48
4. Biais de comparaisons.....	48
5. Biais de suivi.....	48
6. Biais méthodologique.....	49
G. Synthèse générale.....	50
H. Ouverture.....	50
VII. Conclusion.....	51
Bibliographie.....	52
Index des figures.....	57
Table des annexes.....	58
Résumé.....	69

Remerciements

Je remercie plusieurs personnes pour l'élaboration de ce TER :

- ✦ Florent Collonge, mon tuteur, pour le suivi professionnel et ses nombreux conseils et remarques instructives.
- ✦ Sylvie Breton pour ses conseils et son œil expert des rédactions de fin d'étude supérieures.
- ✦ L'Institut de Formation Supérieur en Ostéopathie de Rennes (IFSOR) au sens large pour le partage de son expertise en ostéopathie et le point de départ du questionnement de ce TER.
- ✦ Léa Le Berrigaud pour sa présence au quotidien.

Liste des abréviations

HVLA : High Velocity Low Amplitude : Haute Vitesse Basse Amplitude.

IFSOR : Institut de Formation Supérieure en Ostéopathie Rennes.

LTR : Lésion Tissulaire Réversible.

MFOS : Modèle Fondamental de l'Ostéopathie Structurel

MP : Métacarpo-Phalangiennes.

PPT : Pain Pressure Threshold : seuil de douleur à la pression.

RCT : Randomized Controlled Trial : essai contrôlé randomisé.

ROM : Range Of Motion : amplitude de mouvement.

SNA : Système Nerveux Autonome.

I. Introduction

Il y a quelque chose qui ne peut être contesté, c'est que le crac ne laisse personne indifférent. Parfois dénigré, critiqué, montré du doigt, parfois adulé, mis sur un piédestal, recherché, convoité, le crac divise, ne faisant pas consensus. Et pourtant, n'est-il pas partie intégrante de notre quotidien de thérapeute manuel ? N'est-il pas recherché, convoité dans notre processus d'apprentissage de la manipulation et dans le soin ?

De par sa présence dans notre pratique, j'ai été terriblement étonné que très peu d'écrits n'aient porté sur le sujet, et que la littérature scientifique en parle peu. Beaucoup d'études portent sur des manipulations mais ne précisent pas si la manipulation produit un crac ou non. Si des résultats sont avérés dans ces études, et si les manipulations incluent le crac, on ne peut pas savoir l'apport de ce crac. La manipulation sans crac aurait-elle eu les mêmes effets ? (moins bons ? équivalents?). Très peu d'études ont étudié l'impact de la présence du bruit articulaire ou non dans leurs résultats.

D'ailleurs, 49% de la population pensent que le bruit de cavitation signifie une remise en place de l'articulation et seulement 9% connaîtraient le "bon" mécanisme. Et croyance très importante pour nous thérapeutes manuels : 40% considèrent le bruit de cavitation comme significatif d'une manipulation réussie (1). Cette croyance des patients sur la manipulation réussie est aussi partagée par un grande partie de praticiens (2) (pour les HVLA).

Dans notre école d'ostéopathie structurelle, les manipulations avec effet cavitaire sont très présentes. Même si l'on entend souvent que « le crac ne guérit pas » ou « on ne recherche pas le crac », il m'a paru très vite que la présence de ce phénomène sonore lors d'une manipulation augmentait la satisfaction de la manipulation, pour ne pas dire manifestait la réussite de la manipulation. En effet, lors de cours pratiques ou de séances en clinique la même manipulation est répétée plusieurs fois et lorsqu'un crac localisé survient, cela ne donne pas lieu à une autre tentative de cette même manipulation (cela est même confirmé dans la littérature (3,4)).

Empiriquement, j'ai donc pu constater que le crac semble avoir une importance thérapeutique sans connaître son mécanisme, ses spécificités et ses conséquences.

Mais attention à ne pas trop se focaliser sur ce qu'on entend, comme le dit si bien JF Terramorsi *"Mieux vaut se méfier de l'interprétation de ce que nous sentons car on ne sent pas la réelle réalité ; [...] comme la vue et l'ouïe, le toucher nous trompe"* (5) p.222. Cela rejoint ma réflexion vis à vis de la littérature récente qui précise que l'on ignore la localisation précise de ce phénomène de cavitation (6). En d'autre termes, gardons également à l'esprit l'importance de la localisation de notre acte sans que cela soit le sujet de ce mémoire.

La question ici n'est pas de remettre en cause notre modèle qui établit que la lésion se situe dans le tissu conjonctif, et que l'on manipule donc le tissu conjonctif. Nous manipulons en tout cas pour changer l'état du tissu conjonctif. Nous ne manipulons pas pour avoir un crac, mais pour changer l'état du tissu conjonctif, pour lever la lésion, pour améliorer la symptomatologie. **Mais le crac n'aurait-il pas une influence sur l'état du conjonctif et sur la symptomatologie? Ce phénomène de cavitation aurait-il, à lui seul, un impact physico-chimique sur les tissus avoisinants et un impact clinique?**

C'est au vu de cette problématique que je présenterai en premier lieu de quelles manières le phénomène de cavitation s'instaure dans l'ostéopathie, puis sa physiologie, desquelles aboutira mon hypothèse, pour finalement la vérifier par une revue de la littérature.

II. Contexte

A. Le crac dans l'ostéopathie

1. Définition de la manipulation

Selon le syndicat d'ostéopathie (7) :

"La manipulation est une manœuvre unique, rapide, de faible amplitude, appliquée directement ou indirectement sur une composante du système somatique en état de dysfonction afin d'en restaurer les qualités de mobilité, de viscoélasticité, ou de texture. La manipulation porte la composante concernée au-delà, de son jeu dynamique constaté lors de l'examen, sans dépasser la limite imposée par son anatomie.

Appliquée sur une articulation ou sur un ensemble d'articulations, elle peut s'accompagner d'un bruit de craquement (phénomène de cavitation) qui n'en constitue cependant pas nécessairement un indice et qui est sans valeur pronostique.

La mobilisation est un mouvement passif parfois répétitif, de vitesse et d'amplitude variables, appliqué sur une composante du système somatique en état de dysfonction." (7)

Dans cette définition, il est noté que l'effet de cavitation est sans valeur pronostique. Ceci fait l'objet de toute mon attention dans cet écrit. Je vais m'attacher à vérifier si effectivement nous pouvons affirmer qu'il n'y a aucune valeur pronostique lorsque ce phénomène apparaît.

De plus, il est écrit que le bruit de craquement est un phénomène accompagnateur de la manipulation et non systématique.

Ceci semble rejoindre notre fondamental. En effet, dans notre concept, ce phénomène n'est pas décrit précisément ni discuté. Il est également considéré comme secondaire et non essentiel à la manipulation, puisqu'il n'est que très peu évoqué dans notre théorie ((5)p.130,p.253). Il semble juste donner une information de plus "Le fait d'avoir manipulé jusqu'au bout permet aussi de recueillir des informations sur la qualité de la réaction locale : craquement, pas craquement ; bruit sec, mouillé, aigu, grave ; autant d'informations qui renseignent sur l'état local ou le degré d'implication plus général" ((5)p.130).

Cette mise au second plan d'un point de vue du fondamental par rapport à sa présence dans la pratique a donc attiré mon attention.

2. Le crac et les manipulations

L'effet de cavitation s'obtient généralement pendant des techniques avec impulsions . Les techniques avec impulsions les plus décrites dans la littérature sont les HVLA (High Velocity Low Amplitude). Notre modèle, utilisant des techniques avec impulsion, se rapproche donc de ces techniques HVLA (avec quelques différences et particularités).

a. Techniques HVLA

High Velocity Low Amplitude : Vitesse élevée, faible amplitude. Il n'y a pas de consensus dans la définition, mais le nom est suffisamment explicite. Nous pouvons parler plus simplement de technique avec impulsion, c'est-à-dire avec vitesse élevée tout en respectant la physiologie donc l'amplitude. A cela, chaque profession ou courants manipulatifs en fera

une définition plus ou moins spécifique (chiropracteurs, ostéopathes dits positionnels... annexe 1).

b. HVLA vs MFOS

Le concept de manipuler en HVLA a été avancé par de nombreux chiropracteurs, ostéopathes et médecins pour se défendre vis à vis des attaques sur la dangerosité des manipulations structurelles. En effet, cela permet de se défendre contre le fait avancé que la manipulation sublaxerait les articulations, qu'elle serait a-physiologique (dépasser l'amplitude physiologique). Donc le fait de décrire la manipulation comme "basse amplitude et à haute vitesse" (=HVLA) est une défense.

Cependant, notre concept MFOS (Modèle Fondamental de l'Ostéopathie Structurel) critique cette notion en avançant que pour avoir de la vitesse, il faut accélérer, et pour cela il faut de l'amplitude.

La nuance serait que, dans notre concept, nous utilisons effectivement la vitesse, mais l'amplitude n'est pas si basse mais décalée dans l'espace, c'est-à-dire, avant et jusqu'à la cible, le tissu conjonctif (par exemple : l'articulation manipulée) sans le dépasser (ou peu). Cela rejoint le fait de prendre de l'élan, et cela est mal perçu. Cependant, nous ne prenons pas de l'élan pour déplacer l'objet mais pour venir le percuter. C'est-à-dire *"arriver à la barrière avec une vitesse non nulle". "L'effet du trust doit permettre de percuter la barrière avec la vitesse la plus appropriée sans chercher à dépasser cette barrière, au moins en première intention"* ((5) p.253).

Cette barrière ne pourrait-elle pas correspondre à une certaine mise en tension maximale "physiologique" du système articulaire intéressé, qui aurait pour diverses raisons des propriétés rhéologiques modifiées?

c. Généralités

Le crac est considéré, majoritairement mais pas unanimement, par la littérature scientifique, comme un indicateur pour une technique HVLA réussie.

Dans la littérature, de nombreux praticiens et équipes de recherches répètent les manipulations jusqu'à l'obtention d'un crac (6).

De plus, une étude récente en chiropractie ayant pour but de démontrer les changements de forces et de vitesse (à l'aide d'un coussin de pression) et la réaction électromyographique lors des manipulations a montré que lorsqu'aucun crac n'était obtenu à la première tentative, la deuxième manipulation était donnée avec plus de force et de vitesse (4). Ceci peut rejoindre notre fondamental *"Si personne ne répond, nous serons obligés de frapper un peu plus fort, c'est-à-dire d'arriver un peu plus vite sur la porte sans aller plus loin"* ((5) p.157-158).

Empiriquement, le crac fait partie des 5 caractéristiques nécessaires à une manipulation réussie. Il doit être présent pour satisfaire les critères de manipulations proposés.

Mourad et al. (2019) (6) insistent sur l'importance d'étudier la signification clinique du phénomène du crac. Existe-il une relation entre le nombre de crac et le degré de changement clinique (douleur et incapacité)?

Ils ignorent, dans leur étude, la localisation précise du crac (même articulation ou articulations des facettes homo ou controlatérales) car un seul modèle ne peut pas, selon

eux, être en mesure d'expliquer tous les sons audibles lors de la manipulation (6). De plus, ce même auteur dans sa thèse de 2018-2019 précise qu'on obtient très rarement un seul bruit articulaire lors des manipulations vertébrales donc vouloir localiser l'action sur un seul étage homolatéral par exemple n'est pas réaliste (8).

B. Physiologie du crac

De nombreuses articulations produisent un son, mais toutes les articulations ne présentent pas le bruit de crac caractéristique. Ce son a été décrit dans la littérature comme: crac, pop, clunk, click, crepitus ou snap (Protapapas et Cymet, 2002 (9) cité par Rizvi et al. (10)). Ce sont les articulations synoviales qui produisent le son de crac caractéristique que l'on décrit en manipulation (11–13). D'autres mouvements articulaires peuvent également produire des sons, mais peuvent être dus, par exemple, à des ligaments qui se déplacent sur des os (13). Toutes les articulations ne peuvent pas être craquées, une fois craquées elles ne peuvent plus l'être pendant environ 20 minutes (11,12).

1. L'articulation synoviale (14–16)

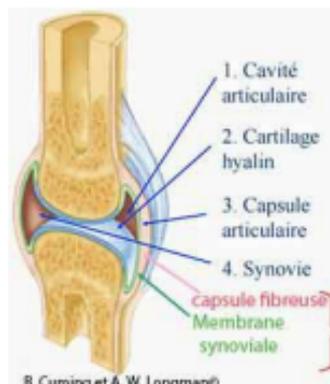


Figure 1: l'articulation synoviale
(provenant de <https://www.medecine-des-arts.com/fr/article/articulations-synoviales-anatomie-artistique-lecon-54.php>)

L'articulation synoviale est l'articulation la plus aboutie et par conséquent la plus complexe. Elle est composée de 3 structures conjonctives inter-corrélées :

- Le cartilage :

Il est non innervé et nourrit par imbibition des éléments présents dans la synovie, il est composé de 3 parties :

- Le gel du cartilage qui lui donne ses propriétés physico-chimiques majeures (pression osmotique et potentiel électrocinétique) ce qui permet d'entraîner et de contenir l'eau et les ions positifs.
- Les fibres, composées de collagène, qui confèrent une résistance à la déformation et régulent le volume d'eau dans le cartilage.
- Les cellules (chondrocytes), de différentes formes suivant les zones,

véritables tissus vivants du cartilage, qui permettent un équilibre en régénérant les composants de la matrice fibre-gel.

C'est l'interaction de ses 3 parties qui donnent la mécanique globale du cartilage articulaire.

- Le liquide synovial ou synovie

Composé essentiellement de sérum physiologique, de protéines, de lipides, de lubriline et d'acide hyaluronique.

Ses rôles sont de nourrir les cartilages, et de gérer la lubrification des surfaces articulaires. Il participe également à résister aux forces de compressions et de cisaillement.

Ce liquide aurait, par sa composition (notamment des lipides), des propriétés rhéologiques variables, dépendant de l'environnement. L'acide hyaluronique lui confère une viscosité importante lui donnant les propriétés de gel.

Les cartilages et la membrane synoviale forment la cavité articulaire.

- L'appareil capsulo-ligamentaire
 - La capsule articulaire, manchon fibreux, est composée d'une couche externe fibreuse, et d'une couche interne la membrane synoviale, très vascularisée et innervée, sécrétant le liquide synovial. Elle peut former, suivant les localisations, des culs de sac et des franges synoviales.
 - Les ligaments sont des moyens d'unions très résistants. Ils sont classés en 3 catégories : extra-capsulaires et donc indépendants de celle-ci, capsulaire (épaississements fibreux de la capsule) et intra-capsulaires mais en dehors de la cavité articulaire.

C'est l'ensemble de ces éléments qui participe à la diminution extrême des forces de frictions, et permet la transmission, la distribution et l'amortissement des contraintes.

L'articulation synoviale est complexe et c'est son homéostasie, et non la présence de tel ou tel élément singulier, qui lui confère toutes ses propriétés.

2. Origine d'un son et propagation (17)

Avant de présenter les mécanismes physiques amenant au crac, il est important de comprendre la physique du son puisque le crac est un son que l'on perçoit.

Le son est une vibration qui se propage, c'est-à-dire une onde. Il se propage dans un milieu (élastique) par la vibration des molécules de ce milieu (air, eau, verre etc...) jusqu'à faire vibrer notre tympan pour qu'on l'intègre comme un son (grâce à l'ouïe).

Le son est créé par l'interaction mécanique entre deux structures formant la source du son. La conséquence de cette interaction est un mouvement de vibration (autour d'une position d'équilibre) de certains points d'une structure, se propageant de proche en proche par l'intermédiaire des particules se poussant (et se repoussant à la position initiale) les unes après les autres (onde de compression longitudinale). L'onde sonore se propage grâce à

l'élasticité du milieu.

Un milieu élastique est un élément pouvant se déformer sous l'action d'une contrainte mécanique puis reprenant sa forme initiale (quand la contrainte disparaît).

En revanche, il n'y a aucun déplacement de matière, mais seulement d'énergie. En effet, les particules se déplacent uniquement autour de leur position d'équilibre les unes après les autres, elles retrouvent donc leur position initiale. Ce qui est différent de la propagation du mouvement vibratoire, permise par les particules.

Le son ne se propage que s'il y a un support matériel : dans l'air c'est donc possible, dans le vide ça ne l'est pas car ce n'est pas un milieu matériel élastique.

La vibration des molécules se fait par une surpression de ces dernières avant de se détendre. Elles se poussent donc entre elles, créant un mouvement se transmettant de proche en proche. Exemple représentatif : le ressort.

Dans le cas de l'onde dans le ressort, la fonction ressemble à :

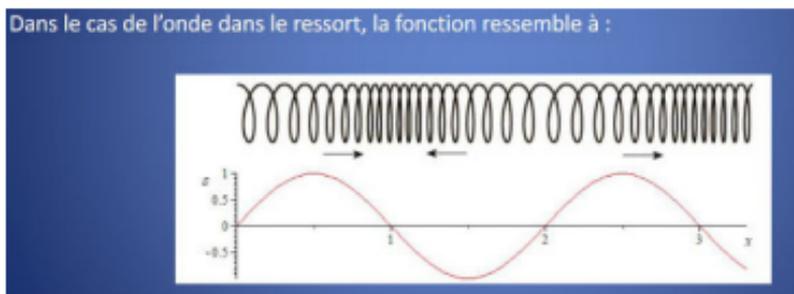


Figure 2: l'onde dans le ressort (provenant du cours d'acoustique(17) p34)

Un son est représenté sous la forme d'une onde. Cette onde se caractérise par un pic de pression puis un creux de dépression. Le nombre de vibrations en une seconde est la fréquence (en Hz). Plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu. On entend en général les fréquences entre 20 et 20000 Hz.

Une onde longitudinale est décrite lorsque le mouvement des molécules du milieu est parallèle à la direction de propagation de l'onde (=ressort). Contrairement à la propagation transversale où le mouvement des molécules est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde (comme des vagues, le mouvement de l'eau va de haut en bas, mais la vague se déplace horizontalement)).

Si, lors du passage de la déformation, les différents points du milieu se déplacent *perpendiculairement à la direction de propagation*, la déformation est un *signal transversal*.

Si, lors du passage de la déformation, les différents points du milieu se déplacent *dans la direction de propagation*, la déformation est un *signal longitudinal*.

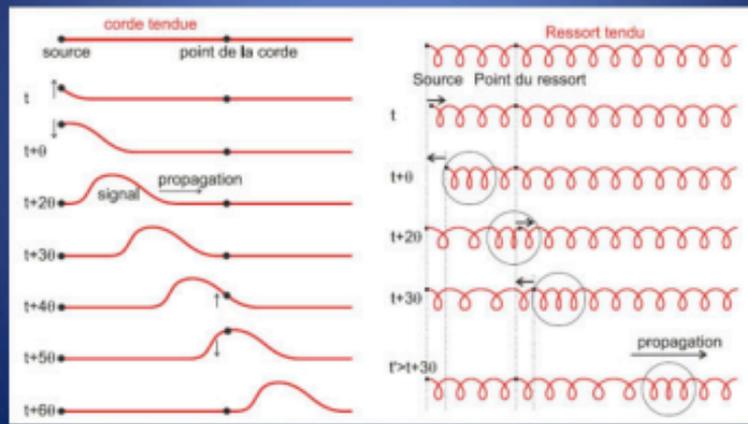


Figure 3: propagation transversale et longitudinale (provenant du court d'acoustique (17) p16)

Plus un matériau est dense, plus les molécules sont rapprochées, plus le son se déplace vite (air < eau < verre).

Le crac qui est un son est donc une onde (une vibration qui se propage) partant de l'articulation synoviale et se propageant dans un milieu (le corps humain) allant jusqu'à l'oreille pour pouvoir le percevoir.

3. Sons articulaires (9,18–21)

Le crac abordé dans ce mémoire est à différencier des autres bruits articulaires qui sont appelés plus communément les grincements. Cela peut être expliqué, lors d'une mobilisation articulaire, par divers types de ressauts, des subluxations, ou simplement des frottements avec sensation d'accrochage voire de crissement audible, pouvant même être ressentis à la palpation. Il s'agit donc principalement d'un glissement d'une partie du système locomoteur sur une autre, tels un cartilage contre un os, un tendon qui passe par-dessus un muscle ou un muscle contre un os etc... Sans oublier les sons traumatiques (déchirure, fracture ...). Différentes classifications sont proposées suivant les types de sons entendus (pop, clac, cloc, clic, clunk ...), ou suivant leurs causes (chirurgie, déséquilibre, pathologie) mais aucun consensus n'est établi, du fait de la pauvreté bibliographique sur le sujet, qui, elle, est unanime (9,20).

4. Mécanismes du crac

a. La cavitation (22–25)

i. Définition

La cavitation est la formation de bulles en conséquence d'une baisse de pression. Plus précisément, c'est l'évaporation d'un liquide (sous forme de bulles) lorsque la pression ambiante passe en dessous de la pression de vapeur saturante de ce liquide.

"La cavitation est le processus par lequel une réduction locale de la pression inférieure à la pression de vapeur conduit à la formation d'une bulle dans les fluides" (Brennen, 2014 cité par Rizvi et al. (10)).

ii. Causes

Cette baisse de pression peut être due à une onde acoustique ou lumineuse faisant varier la densité du liquide ou l'écoulement d'un fluide.

Elle peut également être due au frottement ou à la séparation de deux surfaces : la tribonucléation.

iii. Effets mécaniques

De manière générale, les effets du phénomène de cavitation sont négatifs pour les équipements. Le bruit est important donc dérangeant et peut même dépasser les limites de l'oreille humaine. Il y a des vibrations sur les parois solides en conséquence des ondes provoquées par la cavitation. Il peut avoir une érosion mécanique des parois à forte exposition à la cavitation, surtout si le collapse se produit proche des parois, ceci provoquant des jets liquides à très grande vitesse.

Attention, ces effets sont répertoriés pour des machines et non de l'humain. Effectivement les machines s'usent sous la contrainte et la fonction tandis que les organismes vivants sont plus performants sous la contrainte : l'entraînement. Cependant, il n'est donc pas si déraisonnable de penser que le crac articulaire pourrait avoir des effets néfastes sur le corps, une réponse est présentée dans la revue de littérature.

iv. Applications

Lorsque la cavitation est maîtrisée elle est tout de même utilisée à bon escient dans différents domaines. En sonochimie pour des réactions chimiques à haut rendement, dans les cuves à ultrasons pour nettoyer des objets, dans le monde du pétrole en forage. Mais aussi dans le médical, pour détruire les calculs rénaux avec ondes ultrasonores induisant le phénomène de cavitation. Également pour détartrage dentaire par projection d'eau ou en esthétique par la lipocavitation.

v. Le bruit de cavitation

Le bruit est provoqué par le grossissement de la bulle et son collapse. On observe la création d'un choc par le collapse et d'une onde de choc. Le bruit serait donc dû à la

variation de volume de bulles surtout au collapse de la bulle.

b. La tribonucléation

Le phénomène de tribonucléation est un processus dans lequel l'adhésion visqueuse dans le fluide entre deux surfaces à proximité s'oppose à leur séparation jusqu'à ce qu'une force plus importante que la force d'adhérence soit appliquée, créant une pression négative conduisant à la formation d'une cavité de vapeur, expliquant la formation de bulles dans le liquide synovial.

La tribonucléation est donc un mécanisme décrivant la formation de bulles par écartements ou frottements de deux surfaces. *“La tribonucléation est définie comme la création de petites bulles de gaz par l'action d'établir et de rompre le contact entre des surfaces solides immergées dans un liquide contenant du gaz dissous. La tribonucléation provoque la formation de bulles car de grandes pressions négatives sont générées par l'adhésion visqueuse entre deux surfaces articulaires étroitement opposées séparées par un mince film de liquide synovial visqueux. La formation de bulles s'avère proportionnelle au produit de la viscosité du fluide et à la vitesse de séparation des surfaces solides”* (Boutin et al. 2017 (26)).

La tribonucléation est donc une cause de la cavitation, ou une cavitation amenée dans des conditions particulières : la séparation de deux surfaces (ou leur frottement). Plus précisément, *“La bulle de cavitation est supposée provenir de la basse pression générée par la tribonucléation et évoluer ensuite à mesure que la pression du fluide synovial change à l'intérieur d'une articulation”* (Suja et Barakat 2018 (27))

Expérimentalement, il est observé que les articulations avec un espace au repos supérieur à 1,4 mm ne peuvent pas être craquées (11). Cela pourrait s'expliquer du fait que la cavitation provient de la tribonucléation. Plus les deux surfaces sont proches l'une de l'autre avant la séparation, plus la tribonucléation est efficace pour déclencher la cavitation lorsque de faibles pressions sont générées

c. Les étapes du crac selon le principe de cavitation et de tribonucléation

- ✦ L'articulation est d'abord au repos avec les surfaces articulaires « en contact ».
- ✦ Une tension lui est appliquée.
- ✦ Une dépression (pression négative) est générée par écartement des deux surfaces articulaires (espace fermé qui augmente par écartement).
- ✦ Si la pression devient inférieure à la pression de vapeur saturante alors la création d'une bulle est possible.
- ✦ *Le phénomène de cavitation en lui-même s'arrête ici, les suites ne sont que les conséquences de ce phénomène.*
- ✦ La bulle est instable car elle est le siège d'une dépression dans un milieu liquidien sous pression.
- ✦ Collapse (et/ou explosion) des bulles créant un choc et une onde de choc.
- ✦ Onde de choc = Son = Crac. Comme vu précédemment, le son est une onde mécanique se propageant.

d. Historique scientifique

Ce mécanisme est débattu dans la littérature scientifique depuis le début du siècle dernier (Fick 1911 cité par Rizvi et al. (10)). D'abord confié aux vibrations provoquées par l'écartement rapide de l'espace articulaire dû à la formation d'un espace (Roston et Haines, 1947 cité par Rizvi et al. (10)), puis contesté par Unsworth et al. en 1971 (11), attribuant la production du son à l'effondrement d'une bulle après avoir été créée par phénomène de cavitation. C'est ce modèle qui fera l'unanimité pendant 40 ans et un résumé est présenté en annexe 2. D'autres mécanismes ont été proposés comme par exemple le son émanant du recul ligamentaire (Brodeur, 1995 cité par Rizvi et al. (10)) ou le son attribué au resserrement brusque de la capsule fibreuse autour de l'articulation lors de la libération articulaire (Mennel, 1939 cité par Rizvi et al (10)) mais n'ont jamais été confirmés par d'autres chercheurs.

La formation de bulles dans l'espace articulaire fait office de consensus mais le mécanisme de formation de la bulle et la source du craquement font débat. En effet, en 2015 une étude (12) a contredit la pensée établie sur l'origine du crac. Elle montre que le son du crac est la conséquence de la création de la cavité et non l'effondrement de la bulle et précise que c'est la tribonucléation qui en est à l'origine. En utilisant l'IRM, cette étude s'appuie sur le fait qu'il reste une bulle après le crac, et donc ce ne peut pas être son effondrement qui cause le bruit. Kawchuk et ses collègues ont donc émis l'hypothèse que la croissance soudaine de bulles provoquée par la tribonucléation et non leur effondrement était responsable du son. Cependant, les auteurs précisent, en fin de discussion, que la création d'une cavité médiée par tribonucléation ne peut pas expliquer l'ampleur observée des sons qui s'entendent dans toute la pièce.

De plus, des travaux plus récents (Suja et Barakat 2018 (27)), ont décidé d'utiliser un modèle mathématique (décrivant la dynamique des bulles) pour soutenir les données expérimentales disponibles et pour pouvoir déterminer la source du bruit du crac articulaire notamment, car les études expérimentales (cf Kawchuk en 2015) ne sont pas concluantes en raison des limitations de la résolution temporelle (TRM, entre autres, a une résolution trop faible pour examiner la source du crac (100 fps alors qu'il faudrait 1200 fps comme suggéré par Watson et al. (1990) cité par Rizvi et al. (10)). Précédemment, une seule étude théorique avait été menée par Kanagawa et Taira (2014) cité par Rizvi et al. (10), dont les résultats ont montré que les bulles de cavitations soumises à des impulsions peuvent produire des sons aigus. Suja et Barakat (27), suite à leur étude, soutiennent l'effondrement des bulles de cavitation comme source du son de craquement. Ils ont montré qu'un effondrement partiel de la bulle dans leur modèle avait la même signature acoustique que celle observée lors d'expériences.

Fait très intéressant : les résultats peuvent également expliquer les résultats de Kawchuk et al. (2015) (12) car la cavité qui a persisté après la production de son dans leur étude pourrait être le résultat d'un effondrement partiel d'une bulle.

Suja et Barakat (27) notent que leur modèle est bien en accord avec les mesures rapportées dans la littérature et démontre ainsi le potentiel d'études numériques et théoriques en alliance aux études expérimentales.

Ils ajoutent que leur étude théorique ne tient pas compte de la formation de la bulle et que ce mécanisme pourrait être à l'origine du crac. Ils suggèrent donc que des études prochaines devraient être consacrées au comportement initial, terminal et à long terme des bulles de cavitation, mais aussi à l'acoustique de la formation de la bulle et d'une preuve de la persistance de bulles après cavitation pour valider leurs résultats (27).

De prochaines études pourraient possiblement résoudre le débat sur le mécanisme du crac en utilisant de l'imagerie en temps réel avec une résolution suffisante.

e. En résumé

- Un consensus est établi sur la présence de la bulle dans l'articulation lors du crac.
- Le mécanisme du crac est la cavitation causée par tribonucléation.
- Plusieurs origines possibles sur le son du crac articulaire :
 - L'implosion totale ou partielle d'une bulle : confirmée par des études expérimentales et théoriques.
 - La création d'une bulle : étude expérimentale par IRM.

Malgré les incertitudes sur la ou les cause(s) du phénomène sonore, la présence de ce phénomène mécanique est indiscutable . Son point de départ est l'articulation. Sa propagation se déroule dans le corps manipulé. **Ce phénomène pourrait-il influencer l'état des tissus conjonctifs avoisinants?**

L'hypothèse que j'aimerais vérifier par ce travail est que **le phénomène de cavitation augmenterait les effets de la manipulation.**

III. Impacts du phénomène de cavitation

Il existe très peu d'études qui ont analysé l'influence de l'apparition ou non de bruit de cavitation lors de manipulations similaires. Ces études se sont concentrées essentiellement sur la douleur et sur la mobilité articulaire.

Le phénomène de cavitation augmenterait l'effet de la manipulation sur la douleur, principalement sur la sommation sensorielle temporelle (véhiculée par les fibres C) (28). Cependant cet avis n'est pas partagé par toutes les études (29–31), mais ces dernières sont remises en causes en terme de valeur scientifique (2).

Une revue de littérature menée sur les animaux (Szajkowski et al. 2019 (32)) avance qu'il n'y a aucune preuve directe indiquant la nécessité d'obtenir le phénomène de cavitation au cours des manipulations HVLA pour agir sur la douleur. Les HVLA avec ou sans cavitation ont des résultats.

Ce phénomène de cavitation augmenterait également la mobilité articulaire. En effet, les articulations Métacarpo-Phalangiennes (MP) ayant subi cet effet ont une légère augmentation de la mobilité passive globale (ROM (Range Of Mobility)) ainsi que la flexion active et l'extension passive (pertinence clinique incertaine) 5 minutes après (pas de mesure au long terme) (26). L'article ayant comme limitations principales un échantillon assez faible (40 sujets) et des sujets jeunes. L'évaluation du bruit de cavitation sur les MP s'est faite à l'oreille du praticien et la mesure au goniomètre manuel.

IV. Matériel et méthode

Au vu du peu de résultats émanant de la littérature scientifique, la recherche a été élargie aux études comparant les manipulations (HVLA notamment) à d'autres traitements. Les manipulations généralement associées au phénomène de cavitation (mais pas systématiquement) sont prises comme référence pour comparer le phénomène de cavitation à tout autre traitement. Cela inclut un biais assumé d'interprétation des résultats, bien que pour la majorité des études, les manipulations (souvent HVLA) sont répétées s'il n'y a pas d'obtention du phénomène de cavitation.

Une revue de littérature (narrative review) a d'abord été faite sans stratégie de recherche (synthèse non méthodique de la littérature). J'ai voulu extraire un maximum d'informations de la littérature (quantitatives) pour pouvoir exploiter tous les possibles effets de la cavitation. Ce travail est donc peu qualitatif avec beaucoup de limites et de biais dans les études. Quelques revues de littératures ont servi de point de départ. J'ai effectué un tableau récapitulatif de 85 articles.

Ensuite, une revue systématique a été réalisée en effectuant une synthèse par outcomes. Cette revue systématique est construite selon la méthode PRISMA (33,34).

V. Résultats

A. Revue de littérature narrative

1. Impact physico-chimiques du crac

a. Éloignement des surfaces articulaires

Comme vu dans la théorie du phénomène de cavitation, un éloignement des deux surfaces articulaires est obtenu pendant environ 15-20 minutes (10,11,35) voire plus selon les auteurs (36) (d'après le TER de Floquet), temps pour que les bulles de gaz se dissolvent dans le liquide synovial après l'effet de cavitation, en raison de la viscosité du liquide synovial les deux surfaces mettent du temps à revenir.

b. Modification de marqueurs biologiques et neurophysiologiques

Plusieurs études ont révélé des modifications complexes de marqueurs biologiques (Szajkowski et al. 2019 (32) : revue de littérature sur les animaux), des modifications cellulaires (Reggars 1998 (37)), une diminution de la sécrétion de cytokines (Teodorczyk-Injeyan 2006 cité par Bialosky et al. 2010 (28)) , et des mécanismes neuro physiologiques complexes (Bialosky et al. 2009 d'après aspinall et al. 2019 (38)) soutenant que l'acte mécanique de la manipulation HVLA en général conduit à une cascade neurophysiologique. Cela peut impliquer des facteurs périphériques (par exemple des modifications des médiateurs et nocicepteurs inflammatoires), des facteurs spinaux (par exemple une altération de l'excitabilité des neurones de la corne dorsale) et des facteurs supraspinaux (par exemple l'activation du gris periaqueducal).

c. Diminution de l'hypertonie musculaire

Quelques études ont évoqué une diminution de l'hypertonie musculaire après manipulation (35,39,2).

d. Influence sur le Système Nerveux Autonome (SNA)

En 2018, l'étude de Minarini et al. (40) parle d'un effet sur le SNA, la manipulation HVLA augmenterait l'activité parasympathique cependant cette étude estime n'être qu'une base pour des recherches futures sur cet argument.

D'autant plus que les études explorant l'impact que peut avoir des manipulations sur le SNA à distance (par exemple : manipulation thoracique D5 et impact sur l'activité autonome cardio vasculaire (41)) n'ont révélé aucune influence de la manipulation sur le SNA (également les manipulations thoraciques D3-D4 et le diamètre des pupilles (29)), cependant ces dernières semblent manquer de cohérence et de fiabilité.

2. Impacts cliniques

Les impacts cliniques sont des effets étudiés dans un second temps pour ce mémoire, car beaucoup d'études s'intéressent à la mesure de ces derniers probablement par leur facilité de mesure et leur fiabilité référencée dans la littérature (questionnaires, échelles de douleur etc...) par rapport à des modifications physico-chimiques.

Ces effets cliniques sont les plus intéressants pour la pratique ostéopathe puisque notre pratique est avant toute chose du soin humain. Les outils de mesures des sciences humaines sont donc probablement plus intéressants que ceux purement physico-chimiques pour évaluer nos soins.

a. Mobilité articulaire

Plusieurs études relatent une amélioration de la mobilité (ROM : Range Of Mobility) des articulations suite à des manipulations HVLA (26,42–46).

Une étude vient à contre sens en concluant que les HVLA du bassin n'altèrent pas la mobilité des Sacro Iliques (SI) dans les conditions de l'étude. Les auteurs estiment que d'autres études dans différentes conditions, avec des patients douloureux cette fois, sont nécessaires pour comprendre pleinement le comportement des SI après manipulation (47).

b. Posture

Des résultats positifs sur la posture ont été notés dans différentes études comme une amélioration du contrôle postural debout pour les cervicales hautes (46) et du sens kinesthésique cervical (48), une amélioration de l'instabilité segmentaire chez les lombalgiques chroniques (49). Une autre étude relate qu'il n'y a aucun changement sur les variables de contrôle postural sur des manipulations lombaires (50) et enfin une autre étude conclut que la manipulation du bassin n'a aucun effet sur la proprioception du genou chez des patients asymptomatiques, donc pas d'effet sur les fuseaux musculaires et l'activation des organes tendineux de Golgi (51).

c. Force

L'étude de Lawrence et al. (2020) (52) suggère que les manipulations HVLA de la région de la cheville amélioreraient la force de l'abducteur de hanche chez des personnes souffrant d'antécédents d'entorse de cheville et de faiblesse musculaire au test du Tenseur du Fascia Lata (TFL).

La revue de littérature de Giacalone et al. en 2020 (45) sur les manipulations HVLA cervicales dans le cadre de Troubles Musculo-Squelettiques (TMS) conclut qu'il y a des améliorations de la force musculaire dans la zone traitée et à distance.

d. Douleur

Comme le constate Fagundes Loss et al. (2020) (50), de nombreuses études ont montré un bénéfice des manipulations HVLA sur la douleur, même si quelques-unes ont conclu de manière différente. J'ai relevé 7 articles soulignant l'effet positif de la manipulation HVLA sur la douleur contre 3 articles affirmant l'inverse et deux revues de littératures dont les résultats sont difficilement interprétables au vu de l'hétérogénéité des traitements.

Dunning et al. en 2012 (43) ont montré que les manipulations avec thrust de C1-C2 et T1-T2 amélioreraient significativement à court terme la douleur dans les cervicalgies mécaniques par rapport aux mobilisations de ces étages (type maitland). Dunning et al. en 2016 (42), avec une étude clinique randomisée contrôlée a montré que les manipulations thoraciques et cervicales avec thrust et effet de cavitation apportaient davantage de résultats sur la douleur et l'incapacité jusqu'à 3 semaines post manipulation en comparaison aux mobilisations sans thrust associées à des exercices fonctionnels à la maison pour des sujets atteints de céphalées. Masarrachio et Cleland en 2013 (53) ont montré que l'ajout de manipulations thoraciques avec thrust (HVLA) améliorent la douleur pour des cervicalgies traitées par manipulations cervicales sans thrust et des exercices à domicile. Giacalone et al. 2020 (45) montrent que les techniques HVLA, sur des sujets souffrant de troubles musculo-squelettiques, sont capables d'influencer la modulation de la douleur (ainsi que la mobilité et la force) à la fois dans la zone traitée et à distance. Bronfort et al. (2004) (39), dans une revue de littérature très bien menée en sélectionnant de manière très claire les études se rapportant aux manipulations HVLA et des mobilisations simples en comparaison avec d'autres thérapies, ont montré que les lombalgies traités par HVLA offrent de meilleurs résultats sur la douleur (surtout en aiguë, comparativement aux mobilisations simples). En revanche, pour les cervicalgies cela ne se confirme pas, cela est même moins efficace que l'exercice physique dans les cervicalgies chroniques, et sur les cervicalgies aiguës, les études étant peu nombreuses et non concluantes. Sarker et al. en 2020 (49) montrent que les HVLA fournissent une réduction de la douleur chez les lombalgies chroniques non spécifiques de haute gravité en comparaison aux deux autres groupes (exercices de stabilité du tronc et exercices supervisés).

En revanche, Daniel García-Pérez-Juana et al. en 2018 (48), conclut que les HVLA cervicales améliorent le PPT (seuil de douleur à la pression) seulement de l'articulation zygapophysaire C5 à C6 (seule zone où les résultats ont dépassé le changement minimal détectable). Elles n'ont pas amélioré l'intensité de la douleur cervicale une semaine après l'intervention. Cependant, n'ayant pas d'accès à l'article complet, il n'y a pas de détail sur les manipulations et sur les manipulations fictives. Fagundes Loss et al. en 2020 (50), concluent que la manipulation vertébrale lombaire a un effet similaire au traitement placebo sur la douleur et le contrôle postural immédiatement après traitement. Enfin, Thomas et al. en 2020 (54) montrent dans leur RCT sur des lombalgies chroniques légères à modérées, que la manipulation vertébrale lombaire ne semble pas être efficace sur la douleur, tout comme la mobilisation lombaire, car il n'y a aucune différence significative entre ces deux groupes et le groupe placebo.

De plus, la revue de littérature de 2019, de Coulter et al. (55) après avoir sélectionné seulement 6 études comparables sur les nombreuses présélectionnés, montre à un, trois et six mois, un léger effet en faveur de la manipulation associée à l'exercice, par rapport à un régime d'exercice seul, pour une réduction de la douleur et du handicap pour des cervicalgies chroniques non spécifiques. Il semble que de multiples approches intégrées auraient un meilleur impact potentiel. Et Masarrachio et al. en 2019 (56) dans une autre revue de littérature, dans un contexte de cervicalgie, estime que la HVLA thoracique s'avère plus bénéfique à court terme que la mobilisation thoracique, la mobilisation cervicale et d'autres soins, mais pas meilleure que la manipulation cervicale ou la manipulation placebo de la colonne thoracique pour améliorer la douleur et le handicap.

e. Seuil de douleur à la pression (PPT : Pain Pressure Threshold)

Ce type de mesure pourrait être intégré aux mesures de la douleur.

Dans la revue de littérature d'Aspinall et al. en 2019 (38) incluant 15 études depuis 2016, pour les douleurs musculo squelettiques, les manipulations HVLA améliorent le seuil de pression douloureuse (seul facteur sensitif suffisamment bien évalué dans la littérature selon les auteurs) bien qu'il y ait de faibles preuves et pas de différence significative par rapport aux traitements fictifs.

Cependant dans un article de 2017 de Jordon et al. (57) sur des sujets asymptomatiques et jeunes, de multiples traitements de manipulation cervicale et lombaire n'influencent pas les PPT. Ils précisent que les changements de PPT observés chez les individus symptomatiques sont susceptibles d'être principalement influencés par les neuromodulateurs liés à la douleur plutôt que par un effet mécanique isolé de la manipulation vertébrale.

f. Qualité de vie, incapacité

En ce qui concerne les mesures de handicap, d'incapacité ou de qualité de vie, les résultats semblent contrastés. Plusieurs articles sont déjà cités dans la partie "douleur".

En effet, Dunning et al., Sarker et al., Masaracchio et al., Daniel García-Pérez-Juana et al. et Thomas et al. (42,48,49,54,56) arrivent aux mêmes conclusions (que sur la douleur) pour le handicap (ou l'incapacité ou la qualité de vie) de la zone étudiée. C'est-à-dire, une amélioration constatée pour les 3 premières et aucune différence pour les deux autres.

De plus, les résultats de l'étude de Sonu Punia et al. 2020 (58) ont révélé que les manipulations HVLA de la colonne cervicale supérieure étaient efficaces pour améliorer les symptômes subjectifs des patients évalués par l'indice d'incapacité des maux de tête (HDI).

Par ailleurs, les études récentes sur ce sujet estiment que des recherches de plus grande qualité doivent être menées pour comparer directement les résultats de la douleur et de l'incapacité chez les personnes ayant eu une manipulation vertébrale avec et sans bruit audible. En effet, bien que la présence de crac audible soit requise dans les méthodes de chacune de ces études, aucune conclusion ferme ne peut être tirée quant à la pertinence clinique du crac sans comparaison directe (2).

3. Placebo

Définition (59):

"L'effet placebo est une réponse positive qui suit l'administration d'une substance inerte ou non, une intervention physique ou psychique. À noter que l'on parle d'effet nocebo lorsque des effets négatifs surviennent dans les mêmes conditions, autrement dit après l'administration d'une substance inerte ou non, une intervention physique ou psychique.

Par ailleurs, il faut distinguer l'effet placebo spécifique du non spécifique.

- *L'effet placebo spécifique est de mettre en lien avec les attentes d'un patient après l'administration du placebo. Une amélioration clinique ou un effet placebo est constaté dans les cas où le patient s'attend à un bénéfice. À l'inverse, lorsque ce dernier éprouve des craintes ou redoute un événement indésirable, on constate souvent un effet nocebo.*

- *On parle d'effet placebo non spécifique pour évoquer l'effet du contexte (suggestion verbale, lieu des soins, etc.) sur l'amélioration de l'état de santé du patient, c'est-à-dire en l'absence de toute administration ou geste médical."*

L'effet placebo semble largement admis et reconnu dans les HVLA dans l'amélioration d'une partie de la douleur (à cela on ajoute également des effets contextuels) (Aspinall et al. 2019 (38) : en citant Balosky et al. 2009 et 2011). Cela rejoint le principe d'effet placebo spécifique si je reprend les chiffres sur les croyances de Demoulin montrant que 40% de la population considèrent le bruit articulaire comme témoin d'une manipulation réussie.

D'autre part, pour contrer ce phénomène, des groupes de comparaisons dits "placebo" sont parfois mis en place mais l'étude de Puhl et al. en 2017 (60) montre qu'il y a un problème de qualité sur le groupe placebo dans la majorité des études portant sur les manipulations vertébrales, en effet le démasquage de groupe témoin est fort probable. A cela s'ajoute l'impossibilité de mise en aveugle du thérapeute dans toute thérapie manuelle comme le décrivent beaucoup d'études dans leurs parties "limites".

4. Risques / sécurité

a. Arthrose et autres pathologies ou effets néfastes (d'après Rizvi et al. 2018(10))

Au vu du mécanisme physique amenant au crac, il n'est pas illogique de croire qu'il peut causer des préjudices aux structures de l'articulation (et la force appliquée pour l'obtenir peut exercer une pression sur les ligaments et tissus mous), amenant à des pathologie comme l'arthrose qui est la plus connue et fréquente (Glyn Jones et al. 2015). D'ailleurs, Watson et al. (1989), ont conclu que l'énergie produite lors du crac était supérieure à ce qui est nécessaire pour endommager la jonction osseuse cartilagineuse-sous-chondrale ou la surface articulaire, conduisant potentiellement à une dégénérescence articulaire à long terme. D'autant que les surfaces se séparent rapidement au-delà de la plage physiologique normale (9).

Et comme vu précédemment, seulement une très faible part de la population connaît le bon mécanisme du crac donc, dans la croyance générale, toutes les craintes sont possibles.

Swezey et Swezey (1975), Castellanos et Axelrod (1990), ont réalisé des études transversales et n'ont pas trouvé de différence significative dans la prévalence de l'arthrose chez les personnes qui faisaient craquer leurs articulations et ceux qui ne le faisaient pas. Mais cette dernière aurait conclu que la main était plus enflée et sa force de préhension diminuée chez ceux qui se la faisaient craquer avec une déficience fonctionnelle de la main et cette pratique devrait donc être découragée. Une étude plus récente (Boutin et al. 2017), s'est donc penchée sur le sujet et sur d'autres mesures avec le même principe de comparaison entre un groupe qui se craque les articulations métacarpo-phalangiennes (MP) et un autre non. Leurs conclusions : aucune différence au niveau du QuickDASH (questionnaire évaluant la fonction et les symptômes), de la force de préhension, de la laxité articulaire, et dans le gonflement de la main. Ils ont constaté une petite augmentation de l'amplitude des mouvements des articulations craquées. Ils n'évaluaient pas les effets à long terme, pour l'arthrose par exemple.

Concernant la corrélation du crac et de l'arthrose, les preuves les plus hautes sont celles de

l'étude cas-témoins (Deeweber et al. 2011), avec radios prouvant l'arthrose ou non sur des sujets de 50 à 89 ans. La prévalence est similaire pour ceux qui ont craqué les articulations (18%) et ceux qui ne l'ont pas fait (21,5%), et l'exposition totale au crac (fréquence quotidienne x nombre d'années de crac) n'est pas significativement corrélée à l'arthrose pour cette articulation.

Une étude (Yildizgören et al., 2016) confirme également qu'il n'y a aucune différence de préhension entre les groupes, mais ont relevé une augmentation de l'épaisseur du cartilage de la tête métacarpienne des articulations craquées. Ils affirment que cela peut être un signe précoce d'arthrose mais relèvent la jeunesse de leur échantillon (moyenne 23,7 +/- 2 ans).

L'histoire qu'on entend souvent est celle du médecin qui a craqué ses MP d'une seule main pendant 50 ans et n'a relevé aucun signe de pathologie articulaire (Unger, 1998).

Pour conclure, les preuves entre crac et arthroses proviennent d'études essentiellement observationnelles qui n'ont pas montré d'association (Power et al. 2016).

b. Cas isolés

Cependant, un rapport de cas décrit, suite à de nombreuses tentatives de crac, un cas de luxation du tendon extenseur du V et un cas de déchirure partielle du ligament collatéral ulnaire du I.

Deux autres rapports ont décrit un cas de nodules hyperkératosiques sur les articulations des doigts associés à des antécédents de crac (Peterson et al. 2000), et la perte de capacité de crac articulaire associé à une hyperparathyroïdie secondaire chez des patients atteints d'insuffisance rénale terminale (Ross et al. 2013).

Des séquelles indésirables occasionnelles sont également décrites par 3 études citées par Boutin et al. 2017 (26) :

- ◆ lésions aiguës de la MP (Chan 1999 : faits relatés de deux cas de blessures réalisées sur eux même de deux patients sur deux craquements "énergiques"),
- ◆ formation de coussinets articulaires (épaississement du tissu fibreux des articulations, chez une patiente de 14 ans ayant 3 ans d'antécédents de nodules hyperkératosiques qui n'a aucun antécédent particulier traumatique ou autre mécanique des mains mais qui a juste fait craquer ses doigts lors de la consultation et a avoué le faire souvent) (Peterson 2000),
- ◆ ossifications ligamentaires et calcification (Watson 1989 : avis personnel sur un cas , aucune preuve scientifique)

c. Sécurité

D'un point de vue sécurité, d'après Coulter et al. (2019) (55), les manipulations et mobilisations cervicales semblent sûres. Cependant, étant donné le faible taux d'événements indésirables graves, d'autres types d'études sur des échantillons plus grands seraient requis pour déterminer la sécurité de la manipulation et / ou de la mobilisation pour la cervicalgie chronique non spécifique. Masaracchio et al. 2019 (56) concluent également que la manipulation thoracique n'augmente pas les effets indésirables. Aucune autre étude n'a montré un risque avéré.

5. Synthèse

Il semble donc se dégager peu d'effets physiologiques et cliniques du phénomène de cavitation. En effet, un consensus n'est admis que pour très peu de critères. Cela est probablement dû aux études manquant de fiabilité scientifique dans leur élaboration (faible preuve scientifique). En effet, je retrouve beaucoup d'études cliniques reposant sur des petits échantillons et sur des critères de mesures peu fiables. Il est vrai qu'il semble très difficile d'élaborer une étude scientifique sans biais sur ce sujet.

Nous pouvons retenir plusieurs points essentiels ne semblant plus souffrir de contestations. Le premier est l'**augmentation de l'espace articulaire** de manière transitoire. Le second serait l'**augmentation de la mobilité articulaire** à court terme. Le troisième serait que l'effet de cavitation participe à la **diminution de la douleur** mais sans en connaître exactement la raison (croyance/placebo, diminution du seuil de pression douloureuse, physiologie ?). De plus, l'**effet placebo** semble largement admis pour les techniques HVLA. Et dernièrement et pas des moindres, le phénomène de cavitation **n'engendre pas de pathologie** notamment d'arthrose.

B. Revue systématique

1. Méthode

La recherche a été effectuée sur le moteur de recherche Google Scholar.

La méthode PICO a été utilisée.

Population : humain, adultes, symptomatiques

Intervention : manipulation avec impulsion

Comparaison : autre que manipulation avec impulsion

Outcomes : cliniques et physico-chimiques

Les critères d'inclusions étaient donc : des études avec l'application de manipulation, l'application de tout autre traitement sans impulsion en comparaison, une population humaine.

Les critères d'exclusions étaient donc : une population asymptomatique, aucun groupe de comparaison, pas de mesure clinique ou physico-chimique.

Une recherche avec les mots clés suivant a été effectuée : manipulation, manipulative, HVLA, High velocity low amplitude (manipulation or manipulative or HVLA or high velocity low amplitude)

Sélection par lecture des titres, puis des résumés, puis sur des études RCT après 2010.

2. Résultats

Un total de 1580 articles en est ressorti de la recherche par mots clés (26/06/21).

La première sélection par lecture des titres (en excluant directement les articles ne faisant pas référence à des manipulations structurelles, incluant les articles avec des outcomes cliniques ou physico-chimiques) a réduit la liste à 239 articles

Ensuite, la sélection faite à la lecture du résumé et/ou de l'article complet, en excluant les articles qui n'avaient pas de population humaine, non rédigés en français ou anglais, et qui respectaient les critères d'inclusion et d'exclusion a porté le nombre d'articles à 58.

Enfin, la dernière sélection se basant sur des études RCT avec l'article complet et depuis ces dix dernières années et l'application de tout autre traitement sans impulsion en comparaison, des populations symptomatiques uniquement pour réaliser un travail qualitatif et extraire de la littérature les données scientifiques les plus hautes, a permis de retenir au final un total de 13 articles pour une analyse qualitative des effets de la manipulation. Une grille d'extraction type reprise de Benjamin Hernach (61) (exemple en annexe 3) a été utilisée pour chaque article pour pouvoir extraire le maximum de données à étudier (soit 13 grilles).

Diagramme Flow

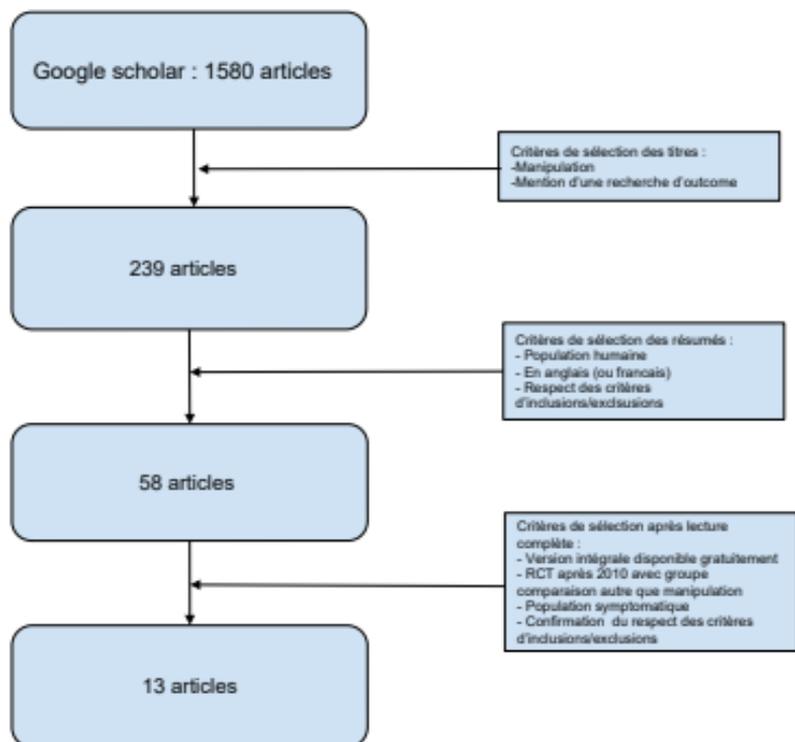


Figure 4: diagramme flow

nouvelle fois un manque d'informations à ce sujet, il en est de même pour l'étude de Nejati et al. (62). De plus, l'étude de Masarachio et al. (53) manque de clarté à ce sujet. Fait important, mais complexe à prendre en compte ici, les critères auto évalués par les patients (questionnaires, EVA etc...) sont considérés en "examineurs aveugles" si et seulement si le critère "patients aveugles" est validé. Cela peut donc rendre l'évaluation complexe pour différentes études si elles ont des examinateurs pour certains outcomes et des auto-évaluations pour d'autres outcomes.

Enfin, de manière globale les mesures ont été obtenues à plus de 85%, les statistiques ont été effectuées et présentées de manière sérieuse. En effet, seule l'étude de Rodriguez-Sanz et al. (65) n'a pas obtenu 85% des mesures, Nejati et al. (62) et Thomas et al. (54) n'ont pas inclus de manière claire les intentions de traiter des traitements manquants, Fagundes Loss et al. (50) et Sonu Punia et al. (58) manquent de clarté dans leurs comparaisons intergroupes et enfin Nejati et al. (62) n'ont pas précisé l'écart-type et Thomas et al. (54) ne l'inclut pas dans les tableaux mais seulement dans leur conclusion.

A noter également que, malheureusement pour l'étude de Bronfort et al. (63) et de Dunning et al. (2016) (42) , il manque une grande partie des résultats (non présents dans les tableaux). D'autre part, Gomez et al. (46) ont publié leurs résultats essentiellement sous forme de différence intra et inter groupe ce qui n'a pas rendu tout à fait possible une extraction de données similaire aux autres études (annexe 4). Thomas et al. (54) n'ont pas rendu disponibles les résultats après intervention (uniquement sous forme de courbes : annexe 5). Enfin, Sonu Punia et al. (58) a rendu ses résultats disponibles sur le HDI (inventaire d'incapacité des céphalées) uniquement pour le groupe expérimental, pas pour le groupe de comparaison.

Les résultats présentés seront donc les résultats directement disponibles avec quelques exceptions qui ne pourront toutefois pas être réellement interprétables (cf différents tableaux de synthèses par outcome).

b. Comparaison de la population

N°	Nom	Population		Méthode	Type d'intervention	Durée de l'intervention (en semaines)	Nombre de participants	Méthode	Type d'intervention	Durée de l'intervention (en semaines)	Nombre de participants	Méthode	Type d'intervention	Durée de l'intervention (en semaines)	Nombre de participants	
		Pré-intervention	Post-intervention													
1	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
2	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
3	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
4	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
5	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
6	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
7	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
8	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
9	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109
10	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
11	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
12	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112
13	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
14	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114
15	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115
16	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116
17	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117
18	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
19	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
20	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
21	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
22	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122
23	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123
24	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124
25	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
26	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
27	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127
28	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128
29	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129
30	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130

Figure 6: tableau de comparaison des populations et interventions

Je peux faire 3 groupes d'années de publication sur les 13 études : 7 études sont publiées entre 2019 et 2020, 2 entre 2016 et 2018 et 4 entre 2012 et 2013.

Sur les 13 études, 5 ont porté sur la zone lombaire, 5 sur la zone cervicale et 3 sur les zones dorsales et cervicales.

7 études portent sur des symptômes supérieurs à 3 mois (chroniques) tandis que 4 se focalisent sur une population avec des symptômes de moins de 3 mois.

Une étude n'a mis aucun critère de chronicité, cependant la moyenne de durée des symptômes est de 12 mois on peut donc plutôt la catégoriser dans les plus de 3 mois. Et une dernière étude n'a donné aucune information.

En ce qui concerne l'âge, 2 études ont une moyenne d'âge entre 20 et 30 ans, 5 études entre 30 et 40 ans et 6 entre 40 et 50 ans.

La plupart des études (9) ont un échantillon se composant majoritairement de femmes, 3 études ont des pourcentages équivalents et une étude présente une majorité d'hommes (Balthazard et al. (66)).

En termes de tailles d'échantillons, 3 études ont des petits échantillons (entre 20 et 30), 5 études ont des échantillons de taille moyenne (entre 30 et 70) et 5 études ont des échantillons supérieurs à 100 dont une seule à plus de 200.

c. Comparaison des traitements

4 études ont réalisé 3 groupes d'interventions différentes, le reste en a effectué 2.

La majorité des études a comparé la manipulation à la mobilisation, la manipulation simulée ou des exercices. 5 études ont inclus un traitement de comparaison alternatif (médicaments, laser/US débranchés, repos). Cependant, Balthazard et al. (66) et Bronfort et al. (63) n'ont pas isolé l'intervention "manipulation" des autres techniques manuelles ne provoquant pas d'effet de cavitation (la manipulation est inclus dans le seul groupe avec des techniques manuelles vs placebo ou médicaments ou exercices)

Les intervenants sont majoritairement des physiothérapeutes (dans 10 études), 3 études incluent des médecins, 3 études incluent des ostéopathes (soit médecin, physiothérapeute ou uniquement ostéopathe), une seule étude inclut des chiropracteurs et une étude ne précise pas la nature de l'intervenant.

10 études ont un temps d'intervention de 1 mois ou moins et 3 études ont des interventions durant 1 à 3 mois. Toutes les études ont une fréquence d'interventions (excluant les exercices à domicile) de 1 à 2 par semaine sauf une qui a une fréquence quotidienne. S'y ajoute la subtilité des exercices à domicile quotidiens, il y a alors 6 études (dont celle qui a déjà une intervention quotidienne avec intervenant) incorporant une intervention avec une fréquence quotidienne.

Le temps par intervention est difficile à synthétiser, on remarque que pour les interventions uniquement passives (manipulations ou mobilisations) cela est estimé à moins de 10 minutes et on en retrouve dans 8 études. Pour les interventions actives la durée varie entre 20-30min à 1h en supervision et jusqu'à 1h30 estimée pour intervention d'exercices à domicile. On en retrouve dans 7 études.

Je peux donc estimer un temps total d'intervention sur la totalité de l'étude. Cela est donc très variable allant de 1 minute à 128 heures suivant les interventions dans les études, et dans les mêmes études les temps d'interventions peuvent être très variables les uns des

Les résultats sont regroupés dans des tableaux présentant pour chaque article les mesures de base et post-traitement pour chaque modalité, ce qui permet de mettre en évidence l'impact du traitement sur l'efficacité de la méthode sur les paramètres étudiés.

a. Résultats non comparables

Plusieurs études ont mesuré des types de résultats bien spécifiques présents uniquement dans leur étude.

i. Peur/appréhension (questionnaire FABQ: kinésiophobie)

Article	Modalités	Type de mesure	Base	Post-traitement	3 mois	6 mois
Balthazard et al	TM (manip +VA + mob + tech massage) + auto (-dém) +	FABQ ek	21	17	18	18
	Passifs (US débranché) + Exo (dém)		20	17	21	19
Balthazard et al	TM (manip +VA + mob + tech massage) + auto (-dém)	FABQ ps	11	13	11	11
	Passifs (US débranché) + Exo (dém)		15	15	15	13
FABQ : Fear Avoidance Beliefs Questionnaire						
FABQ ek : Work - avoidance "total" (sur 42 points)						
FABQ ps : Physical Activity - Avoidance "total" (sur 24 points)						

Figure 8: tableau des résultats de l'étude portant sur la peur/appréhension (questionnaire FABQ)

Dans l'étude de Balthazard et al. (66) il n'y a pas de changement significatif pour la peur et l'appréhension dans les deux groupes.

La manipulation n'aurait pas tendance à améliorer la peur ou l'appréhension à court, moyen et long terme.

ii. Marqueurs biologiques

Article	Modalités	Base	Post-traitement
Lohman et al.	Manipulations	154,5	185,1
	Manipulations simulées (mise en position)	158,8	189,1
Lohman et al.	Manipulations	116	135,4
	Manipulations simulées (mise en position)	125,6	131,6
Lohman et al.	Manipulations	52,2	73,8
	Manipulations simulées (mise en position)	62,9	67,3
Lohman et al.	Manipulations	9,57	10,8
	Manipulations simulées (mise en position)	12,74	13,97
	Oxytocin	en pg/ml	
	Neurotensin	en pg/ml	
	Orexin A	en pg/ml	
	Cortisol	en µg/dl	

Figure 9: tableau des résultats de l'étude portant sur les marqueurs biologiques

Lohman et al. (64) ont mesuré par prise de sang les concentrations de différents marqueurs biologiques.

Nous pouvons observer une augmentation significative de l'ocytocine, de la neurotensine et

de l'orexine A pour le groupe de manipulations, contrairement au groupe de simulations. Il n'y a cependant pas de changement significatif pour le cortisol dans les deux groupes.

Par cette étude, la manipulation semble donc bien modifier les marqueurs biologiques pouvant jouer sur la nociception en dehors du cortisol.

iii. Tests fonctionnels objectifs

Article	Modalités	Base	6 semaines	3 mois	6 mois
Nejati et al	exos supervisés + exos domiciles	12,58	12,11	10,35	11,76
	Manipulations	11,7	10	11,65	11,52
	Manipulations + exos supervisés + exos domiciles	11,88	10,7	9,58	11
Nejati et al	exos supervisés + exos domiciles	25,17	24,35	22	24,05
	Manipulations	24	21,94	23,17	23,47
	Manipulations + exos supervisés + exos domiciles	26,29	24,58	23,11	23,35
	TUG	Timed Up and Go exprimé en secondes			
	Self-Paced walk	exprimé en secondes (distance non précisé)			

Figure 10: tableau des résultats de l'étude portant les tests fonctionnels objectifs

Nejati et al. (62) ont dans leur étude également utilisé des tests fonctionnels objectifs : le TUG qui est très référencé dans la littérature et le SPW qui est moins référencé consistant à prendre le temps nécessaire à parcourir une distance donnée.

Plus le temps est court, meilleur est le résultat. A la semaine 6, le groupe de manipulations présente de meilleurs résultats. Cependant, les résultats ne perdurent pas dans le temps. A 3 mois, il a de moins bons résultats que le groupe qui combine les deux types d'intervention. Ce résultat semble rejoindre notre concept lorsque l'on dit que la fonction entretient la structure et donc qu'il est normal que le groupe qui ajoute un travail fonctionnel ait de meilleurs résultats au long terme. L'ajout de la manipulation par rapport au groupe d'exercices seul, montre qu'il y a de meilleurs résultats dans le TUG à la semaine 6 mais non significatif pour le SPW pour la semaine 6 et aucune différence significative pour les deux tests pour les résultats plus éloignés, même si les résultats sont plus élevés pour le groupe avec l'ajout de la manipulation.

Il semble donc avoir de légers bienfaits à moyen terme de la manipulation sur ces tests fonctionnels objectifs.

iv. Capacité respiratoire

Article	Modalités	Type de mesures	Base	Post-traitement
Sonu Punia	Manipulations	FVC	3,02	2,98
et al.	Repos temps égal		3,1	3,12
Sonu Punia	Manipulations	FEV1	2,56	2,52
et al.	Repos temps égal		2,62	2,64
Sonu Punia	Manipulations	FEV1/FVC	85,09	84,9
et al.	Repos temps égal		84,57	84,91
Sonu Punia	Manipulations	PEF	6,52	6,65
et al.	Repos temps égal		6,35	5,98

FVC : Forced Vital Capacity : Capacité vitale forcée : quantité totale d'air expiré pendant le test FEV

FEV1 : Forced Expiratory Volume 1 : Volume expiratoire forcée pendant la première seconde

PEF : Peak Expiratory Flow : Débit expiratoire de pointe ; débit maximal généré lors d'une expiration forcée

Unités de mesure non présentes

Figure 11: tableau des résultats de l'étude portant sur la capacité respiratoire

Sonu Punia et al. (58) dans leur étude ont fait passer des explorations fonctionnelles respiratoires rigoureuses avec du matériel professionnel (Spirolab III : annexe 7).

Il n'y a aucun résultat significatif en faveur du groupe de manipulations sur les différentes mesures de capacités respiratoires.

La manipulation semble donc ne pas avoir d'influence sur les capacités respiratoires dans la population sélectionnée (patients migraineux sans tabagisme chronique et TMS, ni pathologie cardio-respiratoire et neurologique).

b. Résultats comparables

i. Douleur

Étude	Méthode	Mois	Manipulation	Exerc.	Manip. + Exerc.	Exerc. + Manip.	Exerc.	Manip.	Manip. + Exerc.	Exerc. + Manip.	Exerc.	Manip.	Manip. + Exerc.	Exerc. + Manip.	Exerc.	Manip.
Nejati et al. (62)	Essai contrôlé randomisé - double aveugle - à court terme - 10 semaines - 100 patients - 100 patients - 100 patients	12	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Rodriguez-Sanz et al. (65)	Essai contrôlé randomisé - double aveugle - à court terme - 10 semaines - 100 patients - 100 patients - 100 patients	12	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Balthazard et al. (66)	Essai contrôlé randomisé - double aveugle - à court terme - 10 semaines - 100 patients - 100 patients - 100 patients	12	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Masaracchio et al. (53)	Essai contrôlé randomisé - double aveugle - à court terme - 10 semaines - 100 patients - 100 patients - 100 patients	12	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Dunning et al. (2012) (43)	Essai contrôlé randomisé - double aveugle - à court terme - 10 semaines - 100 patients - 100 patients - 100 patients	12	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Sarker et al. (49)	Essai contrôlé randomisé - double aveugle - à court terme - 10 semaines - 100 patients - 100 patients - 100 patients	12	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Thomas et al. (54)	Essai contrôlé randomisé - double aveugle - à court terme - 10 semaines - 100 patients - 100 patients - 100 patients	12	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

Figure 12: tableau des résultats des études portant sur la douleur

Les résultats de Nejati et al. (62) sont assez contradictoires suivant les périodes. A 6 semaines, la manipulation a de meilleurs résultats que les deux autres groupes (donc également sur le groupe combinant la manipulation avec les exercices). A 3 mois, la manipulation présente les moins bons résultats. A 6 mois, les 3 groupes semblent similaires avec des améliorations significatives intergroupes. En résumé, la manipulation a de meilleurs résultats à court terme mais pas à long terme où les exercices ont de meilleurs résultats.

D'autre part, dans 5 études il y a de meilleurs résultats en faveur des groupes avec manipulation à court, moyen et long terme. En effet, pour Balthazard et al. (66) il y a de meilleurs résultats aux différentes périodes pour le groupe avec manipulation (directement et jusqu'à 6 mois post-traitement).

De la même manière que pour Rodriguez-Sanz et al. (65) pour le groupe qui a rajouté de la manipulation (de 1 mois à 6 mois), pour Masaracchio et al. (53) (seulement résultats pris à 2 semaines pour l'ajout de manipulation au traitement du groupe de comparaison), Dunning et al. (2012) (43) (seulement pris à 2 jours en faveur du groupe de manipulations comparé au groupe de mobilisations, Sarker et al. (49) (2 semaines et 1 mois pour le groupe de manipulations, en comparaison au groupe "exos classique + doms" et aussi au groupe "gainage").

En revanche, Fagundes Loss et al. (50) ne montrent aucune différence significative à très court terme (immédiatement après traitement) entre les groupes de manipulation et de manipulation simulée.

Pour Bronfort et al. (63) également il n'y a aucune différence significative entre le groupe de manipulations et le groupe d'exercices à tous les temps mesurés (court et long terme), une tendance semblant se dégager, pour des résultats un peu plus élevés et rapides en faveur du groupe de manipulation sans différence statistiques significatives. Cependant les deux groupes ont des résultats supérieures au groupe "médicaments" à partir de la 8ème semaine pour les manipulations et de la 12ème semaine pour les mobilisations.

Thomas et al. (54) n'ont pas publié leurs résultats sous forme de tableau mais uniquement sous forme de courbes (annexe 5), mais concluent à aucune différence entre manipulations,

mobilisations et placebo.

Une tendance majoritaire semble se dégager en faveur de la manipulation pour améliorer la douleur en particulier à court terme, cependant, cela est contredit par certaines études.

ii. Incapacité

Étude	Méthode	Score	Post-intervention	3 mois	6 semaines	3 semaines	1 mois	6 mois	3 mois	6 mois
Nejati et al.	2000 (2000) + mobilisation	22,52					22,52	18,17	19,94	
	Mobilisation	23,97					18,17	18,91	18,17	
	Mobilisation + manipulation + mobilisation + mobilisation	19,87					7,31	7,47	7,64	
Sethi et al.	Mobilisation + manipulation + mobilisation + mobilisation	37	28							
	Mobilisation + manipulation + mobilisation + mobilisation	37	28							
	Mobilisation + manipulation + mobilisation + mobilisation	37	28							
Khanlou et al.	Mobilisation + mobilisation	14,24					14,24	12,83	14,1	
	Mobilisation + mobilisation	17,27					2,12	4,67	4,17	
Khanlou et al.	Mobilisation + mobilisation + mobilisation	28,7		12,9						
	Mobilisation + mobilisation + mobilisation	28,7		19,9						
Zhang et al. 2010	Mobilisation + mobilisation	27,1		10,8						
	Mobilisation + mobilisation	21,2		10,1						
Zhang et al. 2010	Mobilisation	18,1		11,9			6,5		8,4	
	Mobilisation + mobilisation	19,2		10,1			10		10,1	
Saito et al.	Mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation	27,87					10,04	10,11		
	Mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation	22,67					8,17	4,68		
	Mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation	22,58					15,02	14,17		
Nejati et al.	Mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation	22,67					7,67	7,31	4,9	
	Mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation	22,67					7,67	7,31	4,9	
	Mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation + mobilisation	15,7					4,17	1,64	4,41	
Thomas et al.	Mobilisation	15,7	NA				NA			
	Mobilisation	15,7	NA				NA			
	Mobilisation + mobilisation	15,7	NA				NA			
Soni Punia et al.	Mobilisation	44,91	34				36,36			
	Mobilisation + mobilisation	NA	NA				NA			

Figure 13: tableau des résultats des études portant sur l'incapacité

En observant les résultats des différents questionnaires, de manière générale, les résultats sont en faveur des groupes avec de la manipulation (combinée ou non à un autre traitement) de manière statistiquement significative à tout temps et jusqu'à 6 mois, sauf une exception dans l'étude de Nejati et al. (62), le groupe de manipulations seules a de meilleurs résultats que le groupe exercices seulement à 6 semaines, et de moins bons résultats au long terme à 3 et 6 mois pour l'ODI. Pour le Roland-Morris ceci est pareil à 6 semaines, ensuite le groupe de manipulations a de moins bons résultats à 3 mois, mais à 6 mois il a de nouveau les meilleurs résultats, même au groupe combinant les deux interventions ce qui semble ne pas pouvoir s'expliquer. De plus, pour Roland-Morris, le groupe combinant les deux interventions ne montre de meilleurs résultats que sur les exercices à 6 semaines et 3 mois, mais équivalents sur les exercices à 6 mois. Pour synthétiser les résultats de Nejati et al. (62), l'ajout de la manipulation à un traitement actif augmente les résultats à l'ODI mais pas pour Roland-Morris. Thomas et al. (54) n'ont pas publié leurs résultats sous forme de tableau mais uniquement sous forme de courbes, mais conclut à aucune différence entre manipulations, mobilisations et placebo.

Les résultats de l'étude de Soni Punia et al. (58) montrent une amélioration intra groupe manipulation jusqu'à 1 mois mais, pour une raison inconnue, n'a pas publié les résultats du groupe de comparaison, ce qui rend les résultats non exploitables au final.

La manipulation semble donc bien améliorer l'incapacité.

iii. Mobilité

Article	Mobilité	Base	Post-traitement	3 jours	1 semaine	2 semaines	1 mois	3 mois	6 mois
Rodriguez-Sanz et al.	Actif (°) et passif (°)	19,8					11,49	10,36	10,40
	Manipulation + mobilisation	19,38					17,25	16,60	16,90
	Manipulation + mobilisation + ultrasons	22,07					20,06	19,21	19,28
	Manipulation + mobilisation + ultrasons débranchés	21,12					11,91	10,07	10,06
	Manipulation + mobilisation + ultrasons débranchés + exercices	18,21					16,25	15,90	15,91
	Manipulation + mobilisation + ultrasons débranchés + exercices + thérapie manuelle	19,45					11,55	11,15	11,15
Dunning et al. (2012)	Manipulation + mobilisation	25		30,4					
	Mobilisation + exercices	29,7		32,1					
	Manipulation + exercices	31		36,5					
	Mobilisation + exercices	19,7		19,7					
Gomez et al.	Flexion/extension	17,26	18,100		16,549	16,408			
	Manipulation + mobilisation	18,14	19,451		18,209	18,078			
Table	Actif (°) : test de mobilité active portant sur un segment articulaire Passif (°) : mobilité constatée (°) à un moment, fait validé dans la littérature scientifique								
PRE	Actif (°) : test de mobilité active portant sur un segment articulaire Passif (°) : mobilité constatée (°) à un moment, fait validé dans la littérature scientifique								
Flexion cervicale SAS Kurok	Actif (°) : mobilité active en flexion des cervicales supérieures en position debout, à la fois à l'arrêt et en mouvement de exécution d'un traitement								
CFRT (cervical range of motion)	Actif (°) : mobilité active (°) Passif (°) : mobilité constatée (°) Pré (°) : mobilité constatée (°) à un moment, fait validé dans la littérature scientifique Post (°) : mobilité constatée (°) à un moment, fait validé dans la littérature scientifique								

Figure 14: tableau des résultats des études portant sur la mobilité

Tout d'abord, les tests FRT et CFRT de l'étude de Rodriguez-Sanz et al. (65) , Dunning et al. (2012) (43) et de Gomez et al. (46) sont sensiblement identiques bien que Gomez et al. ne considèrent que le côté le plus limité contrairement aux autres. Ce sont des tests de mobilité passive en rotation cervicale. Le test de flexion cervicales supérieures est quant à lui actif, en position debout et ne semble pas être référencé dans la littérature. Tous les tests ont utilisé un appareil de mesure CROM (Cervical Range-of-Motion Instrument) référencé dans la littérature.

Dans les trois études, les résultats sont unanimement en faveur des groupes de manipulation avec des améliorations de mobilité statistiquement significatives dans tous les groupes et en comparaison avec les différents traitements (exercices, mobilisations, ultrasons débranchés) à tous les temps de mesures jusqu'à 6 mois. Fait intéressant, les niveaux de mobilité de base des patients sont très différents suivant les groupes. J'observe tout de même que seul le groupe comparatif de traitement manuel (mobilisations) a obtenu des améliorations alors que pour les thérapies "hands off" il n'y a eu aucune amélioration (voir même des régressions) de la mobilité et donc les différences inter groupes sont d'autant plus significatives.

La manipulation semble donc bien améliorer de manière significative la mobilité.

iv. Tests musculaires

Auteur	Modalités	Base	Post-déformation	2 jours	1 mois	3 mois	6 mois
Balthazard et al.	TM (manip. MCA + mio + tech musco) + auto (Hornel)	97	98			97	76
	Placebo (lib. déformation) + Ecca (y-dors)	93	97			79	86
Hattarazi et al.	TM (manip. MCA + mio + tech musco) + auto (Hornel)	98	104			100	94
	Placebo (lib. déformation) + Ecca (y-dors)	98	107			104	108
Dunning 2012 et al.	Manip. dorsaux + cervicaux	24,1		27,5			
	Manipulations + cervicaux	29,7		34,9			
Rodriguez-Sanz et al.	auto (Hornel)	35%			3,05%	6,50%	3,05%
	auto (Hornel) + manipulations	35%			8,05%	17,20%	41,45%
	Sorensen (s)	Test d'endurance statique des extenseurs du bras					
	Shirado (s)	Test d'endurance statique des abducteurs					
	Test Testeur cranio-cervicale (cmHg)	Test de force statique des flexisseurs du cou à différents niveaux de résistance. Les niveaux sont 20, 22, 24, 26, 28 et 30cmHg					
		Niveau maximal force 15kg					
	test flexion cranio-cervicale (kg)	Pourcentage de réussite de chaque entente au niveau le plus difficile					

Figure 15: tableau des résultats des études portant sur les tests musculaires

Balthazard et al. (66) ont utilisé des tests d'endurance musculaire référencés. Dunning et al. (2012) (43) et Rodriguez-Sanz et al. (65) ont utilisé le même test référencé de force musculaire des flexisseurs cervicaux profonds mais exprimé ici de manière différente. Ce test consiste à opposer une force déterminée par un appareil stabilisateur de pression avec biofeedback (type chattanooga), en décubitus dorsal, appareil derrière la nuque, ceci à différents paliers.

Dans l'étude de Balthazard et al. (66) le groupe manipulation présente des résultats similaires au groupe placebo sur les tests d'endurance musculaire de Shirado et Sorensen. Ils sont même moins bons que le placebo de manière significative à 3 et 6 mois.

Dans les études de Dunning et al. (2012) (43) et Rodriguez-Sanz et al. (65), les groupes comportant de la manipulation ont de meilleurs résultats au test de flexion cranio-cervicale à 2 jours pour Dunning et al. et jusqu'à 6 mois pour Rodriguez-Sanz et al.. Les résultats ne sont pas directement comparables car Rodriguez-Sanz et al. ont présenté leurs résultats sous forme de graphiques avec des pourcentages de réussite aux différents niveaux de difficulté présentés dans l'annexe 8 (ci-dessus : le pourcentage de réussite au niveau le plus difficile) tandis que Dunning et al. les ont présentés sous forme de moyenne de groupe des meilleurs résultats individuels.

Une amélioration de la capacité à développer plus de force et non de l'endurance semble apparaître en faveur de la manipulation.

v. Posture

Auteur	Méthode	Base	Post-intervention	1 semaine	2 semaines	1 mois
Jefferson Fagundes Loss et al.	Manipulation	1,1	1,1			
	Manipulation simple (mise en position 20sec)	2,2	1,7			
Jefferson Fagundes Loss et al.	Manipulation	-12,7	-11,3			
	Manipulation simple (mise en position 20sec)	-14,3	-12,3			
Jefferson Fagundes Loss et al.	Manipulation	2,5	2,5			
	Manipulation simple (mise en position 20sec)	2,7	2,7			
Jefferson Fagundes Loss et al.	Manipulation	1	0,6			
	Manipulation simple (mise en position 20sec)	1	1,2			
Jefferson Fagundes Loss et al.	Manipulation	0,6	0,5			
	Manipulation simple (mise en position 20sec)	0,6	0,6			
Sarker et al.	Exos étriqués + netto dynamique (1 conseil égo-centré) + indicateur auto-centré	155,54		145,82	143,59	
	Manipulation (2 impulsions espacées de 30sec) (conseils égo-centrés)	67,34		44,36	43,74	
Gomez et al.	Exos étriqués (1 conseil égo-centré)	69,32		57,09	53,79	
	Manipulation	1,63	1,637	1,649	1,677	
Gomez et al.	L/S (mm)	1,67	1,692	1,674	1,671	
Zone de fatigue (mm²)	Dispersion du COP dans les directions AP et ML					
COP déplacement (cm)	Excursion du centre de pression					
COP vitesse (cm/s)	Vitesse d'excursion du centre de pression					
Différence COP/COPG dans AP (cm)	Différence (excursion du centre de pression/centre de gravité projeté) direction antéro-postérieure					
Différence COP/COPG dans ML (cm)	Différence (excursion du centre de pression/centre de gravité projeté) direction latérale					
COP P (g/cm²)	Centre de pression du pied (=stabilité segmentaire)					
L/S (mm)	Ratio surface/longueur (stabilité posturale): fournit des informations sur la précision du contrôle postural et le coût énergétique.					

Figure 16: tableau des résultats des études portant sur la posture

Les différentes études ont utilisé des plateformes de forces pour Fagundes Loss et al. (50) et Gomez et al. (46) et une plateforme d'analyse de la marche pour Sarker et al. (49). Ils ont donc effectué des mesures bien précises et pas directement comparables entre les études.

Pour l'étude de Fagundes Loss et al. (50), il n'y a aucun changement significatif en faveur de la manipulation.

Pour l'étude de Sarker et al. (49), les résultats sont significativement meilleurs dans le groupe de manipulation à 2 semaines et à un mois, et cela également en comparaison inter groupe.

Pour l'étude de Gomez et al. (46), le groupe manipulation présente une amélioration significative du rapport longueur de surface (L/S), sur les 2 semaines, cependant les résultats des autres variables ne sont pas présentés ici car l'auteur les a présenté d'une manière non brute mais il précise qu'il y a une amélioration des paramètres stabilométriques globaux (annexe 4).

Une tendance se dégage en faveur de la manipulation dans l'amélioration de certains paramètres posturaux.

vi. PPT

Article	Modalités	Zone	Base	Post-intervention	1mois	3mois	6mois
Rodriguez-Sanz et al.	exos (+doigts)	MP1 Droite	358,14		307,24	310,21	304,66
	exos (+doigts) + manipulations		365,93		417,54	431	470
Rodriguez-Sanz et al.	exos (+doigts)	C2C3 Droite	173,70		196,45	148,70	145,93
	exos (+doigts) + manipulations		208,60		250,83	277,86	305,83
Rodriguez-Sanz et al.	exos (+doigts)	Sous C0 Droite	198,1		190,79	161,50	163,07
	exos (+doigts) + manipulations		211,45		202,85	207,72	244,48
Rodriguez-Sanz et al.	exos (+doigts)	MP1 Gauche	364,34		343,45	338,93	323,41
	exos (+doigts) + manipulations		338,9		397,87	421,72	483,52
Rodriguez-Sanz et al.	exos (+doigts)	C2C3 Gauche	174,50		185,9	158,97	160,76
	exos (+doigts) + manipulations		195,9		279,70	298,14	332,52
Rodriguez-Sanz et al.	exos (+doigts)	Sous C0 Gauche	190,50		196,9	181,9	182,45
	exos (+doigts) + manipulations		207,9		267	314,14	380,66
Afferese Fagundes Loss et al.	Manipulation	Processus épineux (de la plus hypomobile)	6,1	6,5			
	Manipulation simulée (mise en position 20sec)		7	6,8			
Afferese Fagundes Loss et al.	Manipulation	Erecteurs à droite du segment le plus hypomobile	6,6	7,3			
	Manipulation simulée (mise en position 20sec)		7,2	6,8			
Afferese Fagundes Loss et al.	Manipulation	Erecteurs à gauche du segment le plus hypomobile	6,6	7,3			
	Manipulation simulée (mise en position 20sec)		7,1	7,1			

Figure 17: tableau des résultats des études portant sur le PPT

Les mesures de seuil de douleur à la pression (PPT) ont été effectuées dans différentes zones à l'aide d'un algomètre de pression.

Dans les deux études et pour toutes les zones, le PPT est amélioré pour le groupe comportant les manipulations par rapport au groupe n'en comportant pas (manipulation simulée, exercices). Les résultats sont significatifs pour l'étude de Rodriguez-Sanz et al. (65) mais pas pour l'étude de Fagundes Loss et al. (50) .

Il semble donc que la manipulation améliore le seuil de pression douloureuse.

VI. Discussion

Tout d'abord, les seules études mesurant directement les effets du crac semblent montrer des résultats sur l'amélioration d'un type de douleur (sommation temporelle) d'après Boutin et al. (26) et sur la mobilité articulaire d'après Blalock et al. (28). Les trois autres études ne montrant pas de résultats positifs ont été critiquées pour leur manque de fiabilité.

A. Discussion des résultats quantitatifs

Duromètre	Nombre études positives	Nombre études négatives	Nombre études nulles	Ratio en pourcentage positif	Remarques
Éloignement des surfaces articulaires	4	0	0	100%	
Modification marqueurs biologiques / neurophysiologiques	0	0	0	100%	
Diminution de l'hypertonie musculaire	3	0	0	100%	
Éloignement de l'axe de flexion	1	0	0	100%	
Mobilité sur 30/60	1	0	3	25%	
Mobilité	0	0	1	0%	
Force	3	0	2	60%	
Seuil de flexion	3	0	0	100%	
Douleur	7	2	3	70%	
HR	15	0	1	94%	Le 15 est une seule étude de fiabilité
Incapacité	1	0	2	33%	
Risques	1	0	0	100%	Risques de blessure ne dépassant pas 10% (placebo est largement admis)
Effets	7	0	0	100%	La littérature n'est pas représentative sur les rapports de cas individuels d'effets néfastes et aucun de suivi sur le cas des études de fiabilité concernent par aucun effet néfaste.

Figure 18: tableau de synthèse des résultats quantitatifs

Ce premier état des lieux montre un certain nombre d'effets potentiels en faveur de la manipulation. Effectivement, l'éloignement des surfaces articulaires, la modification de marqueurs biologiques et neurophysiologiques, la diminution de l'hypertonie et l'amélioration aux tests de force semblent être unanimes.

Des résultats majoritaires sont retrouvés également en faveur de la manipulation sur la mobilité, l'incapacité, la douleur et le seuil de pression douloureuse.

Les résultats sur les paramètres posturaux sont assez controversés.

Malgré des rapports de cas délétères avec très peu de valeur scientifique, il n'y a aucune preuve contre la manipulation sur des effets néfastes, des risques et des pathologies.

Enfin, l'effet placebo semble être largement admis.

B. Discussion des résultats qualitatifs

	Outcomes	Nombre études positives	Nombre études négatives	Nombre études ambiguës	Ratio en pourcentage positif	Revisions
	Douleur	5	1	3	65.56	Etude de Neely et al. pas que du positif
	Incapacité	7	1	1	77.78	Etude de Neely et al. pas que du positif
	Mobilité	3	0	0	100.00	
	Tests musculaires	2	0	1	66.67	100% pour tests de force, 0% pour tests d'endurance
	Posture	2	0	1	66.67	
Interventions	IPP?	1	1	0	50.00	Résultats de Fagundes Loss et al. non significatifs
Index étude	Pour l'apprehension			1	0.00	
	Paramètres biomécaniques	1			100.00	
	Tests fonctionnels (OWEN)		1		0.00	Résultats positifs sur moyen terme
	Concordance complétoire			1	0.00	

Figure 19: tableau de synthèse des résultats qualitatifs

1. Résultats unanimes

Les résultats sont unanimement en faveur de la manipulation pour la mobilité.

Dans ces trois études, c'est essentiellement la région cervicale qui est traitée dans des populations avec des douleurs chroniques, autour de 40 ans de moyenne d'âge pour chaque échantillon. Les temps d'intervention sont très variés (1min à 30h) et de suivi également (2), 15), 3 mois). L'étude de Dunning et al. (2012) (43) est différente dans le sens où la zone à traiter n'est pas une recherche de "lésion" mais protocolisée.

2. Résultats majoritaires

Ils sont majoritaires surtout pour l'incapacité mais également pour les paramètres posturaux et les tests musculaires (aucun résultat positif pour l'endurance mais unanimement positif pour la force).

Pour les tests musculaires, c'est l'étude de Balthazard et al. (66) qui ne montre pas davantage d'amélioration en faveur de la manipulation. C'est la seule étude à faire des tests d'endurance musculaire et non de force. Les régions traitées sont variées (cervicales, lombaires et thoraciques), dans une population chronique, entre 40 et 50 ans de moyenne d'âge. Seulement l'étude de Dunning et al. (2012) (43) a des temps d'intervention très courts (environ 5 min) et des temps de suivi également courts (48h) et il n'y a pas de recherche de "lésion". En ce qui concerne l'amélioration des tests de force, je pense qu'il faut interpréter les bénéfices avec prudence et pragmatisme. En effet, il semble logique de considérer que la manipulation permet à l'individu de développer de nouveau sa force, ce qui était impossible avant les interventions probablement à cause de la douleur. Je précise donc qu'il ne faut pas interpréter ces résultats en concluant que la manipulation augmente la force d'un individu, ce qui serait un non sens physiologique.

Pour les paramètres posturaux, c'est l'étude de Fagundes Loss et al. (50) qui ne montre pas d'avantage d'amélioration pour la manipulation. Les régions traitées sont lombaires pour Sarker et al. (49) et Fagundes Loss et al. et cervicales pour Gomez et al. (46). L'étude de Sarker et al. est la seule avec une population non chronique (moins de 3 mois) et très jeune (environ 25 ans de moyenne d'âge) avec 105 participants. Seule l'étude de Fagundes Loss et al. estime non nécessaire d'obtenir un effet de cavitation lors des manipulations. Les temps de suivi sont de 0 jour, 15 jours et 1 mois. Seule l'étude de Sarker et al. a instauré des temps d'intervention de plusieurs heures (entre 10 et 20h suivant les groupes) alors que les

deux autres études ont proposé des interventions ne dépassant pas 5 minutes au total.

Pour l'incapacité, il y a 9 études différentes, les populations et traitements sont donc très variés.

3. Résultats controversés

Les résultats sont en faveur de la manipulation pour le seuil de douleur à la pression et la douleur mais controversés tout de même.

En ce qui concerne le seuil de douleur à la pression les résultats sont positifs malgré les améliorations non significatives statistiquement pour Fagundes Loss et al. (50). Les deux études sont sensiblement différentes, en effet, les régions traitées sont cervicales et lombaires, les temps de suivi sont pour Fagundes Loss et al. très court (uniquement post manipulation) et long pour Rodríguez-Sanz et al. (65) (6 mois), et les temps d'intervention très différents (environ 5 minutes et 30 heures). Les populations sont cependant chroniques ce qui serait un facteur péjoratif pour l'amélioration des symptômes, et pas jeunes (supérieur à 40 ans en moyenne).

Pour la douleur, il y a 10 études différentes, les populations et traitements sont donc très variés.

4. Résultats intra-étude

En ce qui concerne les résultats étudiées dans une seule étude, il y a des changements significatifs sur les marqueurs biologiques de la nociception (sauf pour le cortisol), des résultats positifs sur les tests fonctionnels objectifs qu'à moyen terme (6 semaines), et pas de changement pour la peur ou l'appréhension et les capacités respiratoires.

Pour les marqueurs biologiques, l'étude de Lohman et al. (64) a pour principales caractéristiques d'avoir une population non chronique (douleur de moins de 3 mois), que des femmes, un temps d'intervention très court (environ 5-10 minutes) et pas de suivi autre que le jour même. De multiples crac sont obtenus lors des manipulations.

Pour les tests fonctionnels objectifs, l'étude de Nejati et al. (62) a pour principales caractéristiques une population chronique avec une moyenne d'âge de 47 ans environ, un temps d'intervention très différents entre les groupes pouvant expliquer les résultats non maintenus au long terme en faveur de la manipulation, une recherche de "lésion" qui est une recherche de dysfonction et non pas de lésion (test de flexion avant en position debout ou « standing forward flexion test » et test de Gilet), réalisé par des médecins du sport.

Pour la peur et l'appréhension, l'étude de Balthazard et al. (66) a pour principales caractéristiques une population chronique avec 42 ans de moyenne d'âge, des interventions longues dans les deux groupes (22h environ) et très différentes (US débranché et exercices à domicile vs manipulations, mobilisations, techniques musculaires et exercices à domicile) cependant la manipulation n'est pas différencié des autres techniques manuelles sans cavitation.

Pour les capacités respiratoires, l'étude de Sonu Punia et al. (58) a pour principales caractéristiques l'échantillon le plus petit des études (21) avec environ 36 ans de moyenne d'âge, avec des interventions réalisées une seule fois et d'un temps probablement très court (inférieur à 10 minutes) en opposant des manipulations à un repos du même temps ce qui impose donc un risque très élevé d'effet placebo. Il manque beaucoup de précisions sur les autres paramètres.

C. Discussion des résultats qualitatifs non significatifs

Cette partie est composée d'une critique personnelle des résultats non significatifs, ce qui lui donne beaucoup de subjectivité.

6 études comportent des résultats non significatifs pour certains critères en faveur de la manipulation : l'étude de Fagundes Loss et al. (50) (PPT, douleur et posture), de Thomas et al. (54) (incapacité et douleur), de Balthazard et al. (66) (endurance musculaire et peur/appréhension), de Nejati et al. (62) (tests fonctionnels, incapacité et douleur long terme), de Bronfort et al. (63) (douleur) et de Sonu Punia et al. (58) (capacités respiratoires).

L'étude de Thomas et al. (54) a pour principales caractéristiques une population jeune (25ans), nombreuse (125), chronique portant sur la région lombaire. Les points pouvant engendrer peu de résultat sont la chronicité de la population (bien que plusieurs études ont des résultats positifs), les temps d'intervention très courts d'environ 10 minutes mais égaux entre les groupes. Les auteurs ont publié leurs résultats uniquement sous forme de courbe ce qui interroge. La qualité de l'étude est très légèrement sous la moyenne des autres (7,5/11 ; moyenne=8/11).

L'étude de Bronfort et al. (63) portant sur la région cervicale avec la plus grande population (272), subaiguë, de 47,9 ans de moyenne d'âge et un temps de suivi au long terme (1an). Cependant, malgré une qualité dans la moyenne (8/11), je constate deux particularités dans l'intervention : les manipulations sont inclus avec les autres traitements manuels donc non différenciés (mais cela n'explique pas le manque de résultat en faveur du groupe), et une très large différence de temps d'intervention est également retrouvée entre les groupes avec environ 5 heures de traitement estimé pour le groupe de thérapie manuelle versus 128 heures pour le groupe d'exercices (car exercices à domicile) et moins d'une heure pour le groupe médicaments (durée de séance avec le médecin et non pas le temps de traitement de prise des médicaments qui serait donc largement supérieur). Cela peut expliquer le manque de résultats significatifs en faveur du groupe de thérapie manuelle bien que j'admets que le temps d'intervention court pour la thérapie manuelle en fait sa caractéristique.

L'étude de Balthazard et al. (66) qui a déjà été détaillée plus tôt a une très bonne note de qualité (9/11). Elle a pour caractéristique d'avoir des résultats en faveur de la manipulation pour les outcomes douleur et incapacité mais pas pour les tests d'endurance musculaire et de peur/appréhension. Tout comme Bronfort, cette étude n'a pas différencié la manipulation des autres techniques manuelles sans cavitation. Cependant, je m'attarde sur le fait qu'il y ait des résultats sur certains outcomes. Pour la peur/appréhension je me pose la question de la possibilité d'apport d'une thérapie passive sur cet outcome sachant que les deux groupes comportent également la même intervention active d'exercices à domicile. Pour les tests d'endurance musculaire, je me pose également l'ajout potentiel d'une thérapie passive sur l'amélioration de l'endurance. Elle pourrait participer éventuellement à une économie d'énergie ou une efficacité (l'histoire des rameurs de notre concept p.10(5)).

L'étude de Fagundes Loss et al. (50) a également été détaillée dans les grandes lignes, elle a un score de 8,5/11 sur l'échelle PEDro ce qui est légèrement au-dessus de la moyenne. Je note une caractéristique majeure et pas des moindres pour ce mémoire : c'est la seule étude précisant que l'effet de cavitation n'est pas nécessaire et donc pas recherché. Les autres points plutôt "péjoratifs" sont les temps d'interventions (moins de 5 minutes) et de suivi (jour même) très courts sur une population chronique.

L'étude de Nejati et al. (62) déjà présentée plus haut, a une note de qualité plutôt faible (6/11) bien en dessous de la moyenne. D'autre part, le temps total de traitement du groupe

de manipulations est évalué à 0,17 heure versus 126 heures (car exercices à domicile) de traitement pour les deux autres groupes, ce qui peut nuancer et possiblement expliquer pourquoi il y a des résultats en faveur de la manipulation à court terme et non au long terme. L'intervention de manipulation a, de plus, été effectuée qu'une seule fois à T0.

Enfin, l'étude de Sonu Punia et al. (58) a la note de qualité la plus faible (5,5/10). Comme déjà exposé, il manque beaucoup de précisions sur la population et les traitements ainsi que sur les résultats puisqu'aucune donnée du groupe de comparaison sur l'incapacité n'a été exposé dans leur étude.

D. Influence de l'effet de cavitation

Il est intéressant de noter que la seule étude ne faisant pas de l'effet de cavitation un critère de la manipulation est celle de Fagundes Loss et al. (50) et que cette étude n'obtient aucun résultat significatif sur les outcomes présentés en faveur de la manipulation versus manipulation simulée.

Les 5 études précisant l'importance de l'apparition de l'effet de cavitation pour la réussite de l'intervention (Dunning et al. (2012) (43) et (2016) (42), Lohman et al. (64), Sarker et al. (49) et Thomas et al. (54)) ont toutes des résultats en faveur du groupe de manipulations sauf celle de Thomas et al..

Cette analyse simpliste fait apparaître une tendance en faveur de l'effet de cavitation pour des résultats positifs des groupes de manipulations.

E. Influence de l'investigation de la zone à manipuler

Les deux études ne présentant pas d'investigation de zone lésionnelle sont celles de Masaracchio et al. (53) et Dunning et al. (2012) (43). Tous les outcomes présentés de ces études sont en faveur de la manipulation également.

Il ne semble donc pas se dégager d'influence stricte de la recherche de zone lésionnelle sur les résultats ce qui correspond aux conclusions de Karas et al. (67).

Ce résultat est perturbant vis-à-vis de ce que j'ai pu apprendre à l'IFSOR. Je tente de l'expliquer de trois manières sans intégrer tout effet placebo ou contextuel : la manipulation pourrait ne pas être si spécifique que l'on voudrait (discuté dans la partie ouverture), l'effet de cavitation pourrait avoir un impact sur les tissus voisins en se propageant (cf partie physiologie du crac), pour ces deux raisons on pourrait donc manipuler des zones non lésionnelles tout en ayant un impact sur les zones lésionnelles. Le 3ème argument que je pourrais avancer est celui de la spécificité de la lésion : la lésion est elle uniquement liée à un étage ou peut-on parler d'organisation lésionnelle tel un système conjonctif pris dans cette lésion incorporant plusieurs étages? Pour cette dernière vision, on pourrait donc penser qu'on peut atteindre cette organisation lésionnelle par différentes manipulations sur des zones différentes.

F. Biais et limites

1. Biais de population

Le seul critère retenu était celui d'une population symptomatique pour se rapprocher de la clinique. Cela engendre donc des différences significatives entre les différentes études, par exemple l'étude de Lohman et al. (64) n'inclut que des femmes, les études de Thomas et al. (54) et Sarker et al. (49) ont des populations relativement jeunes et l'étude de Sonu Punia et al. (58) inclus que des migraineux et exclut toute pathologie cardio-respiratoire, neurologique, TMS et tabagisme chronique.

2. Biais des interventions

Cela est un biais majeur de ce TER, puisque les manipulations ne sont jamais tout à fait les mêmes et ne sont pas des manipulations enseignées à l'IFSOR.

De plus, comme précisé précédemment, la manipulation est ici associée au phénomène de cavitation alors que ce dernier n'est qu'un effet secondaire de celle-ci et qu'il n'apparaît pas forcément à chaque fois et de manière localisé.

Aucune preuve stricte n'est présente dans ces études sur la localisation précise du crac. Ce point a été tout de même pris en compte pour différencier les études qui recherchent un crac ou non.

Toutes les études ne traitent pas les mêmes zones (lombaire, dorsale, cervicale...).

Enfin, les zones à manipuler ne sont pas comparables directement puisque certaines sont protocolisées et d'autres sont choisies par des tests différents entre eux. Cela a été pris en compte et ne semble pas directement influencer les résultats.

3. Biais des outcomes

L'objectif du mémoire étant de dégager les différents effets du crac, tous les outcomes ont été retenus (primaires et secondaires). Cela amène donc un biais important puisque peu d'outcomes sont directement comparables, il a donc été choisi de les regrouper par catégorie en précisant les différents tests de mesure. De ce fait, on peut retrouver des penchants dans les différentes catégories d'outcomes.

4. Biais de comparaisons

Les études ont toutes des groupes de comparaisons différents et plus ou moins nombreux (1 ou 2). Cela rend difficilement comparables les études entre elles.

5. Biais de suivi

Les études ont une grande disparité dans le suivi des patients (de 1 jour à 1 an) et les mesures suivent donc cet intervalle avec des mesures effectuées à des temps différents.

6. Biais méthodologique

D'après les recommandations de l'université de Montréal (68), différents biais sont remarqués.

Une seule base de données a été sélectionnée (google scholar).

De nombreux articles n'ont pas été sélectionnés du fait de leur non disponibilité gratuite. Cela limite donc le choix des articles existants et donc influence les résultats.

La recommandation de comparaison des résultats pour une revue systématique sous forme de diagramme en forêt n'a pas été respectée au vu de l'hétérogénéité des résultats malgré la possibilité pour certains outcomes.

Ce travail étant personnel, il n'a pas été constitué d'équipe de travail de 2 ou 3 personnes qui aurait pu limiter les erreurs de recueil de données et d'interprétation des résultats.

La méthode PRISMA a été suivie dans les grandes lignes mais pas en respectant chaque items par manque de temps d'investissement, de compréhension et de compétences.

Finalement, le temps alloué à ce travail est forcément limité comparé aux professionnels du domaine scientifique des revues de littératures mais suffisant pour établir un TER.

G. Synthèse générale

Pour synthétiser, voici le résumé de manière décroissante en termes de puissance scientifique dans cette revue de littérature.

L'effet de cavitation semble améliorer la mobilité articulaire à court terme avec également un éloignement des surfaces articulaires. En admettant les différents biais, notamment le biais associant manipulation HVLA à l'effet de cavitation, il améliorerait également l'incapacité, les tests musculaires de force et les paramètres posturaux. Les améliorations sur la douleur et le seuil de douleur à la pression, bien que controversées, semblent être plus présentes également lorsque l'effet de cavitation apparaît. Des résultats sont également en faveur de la modification des marqueurs biologiques notamment ceux de la nociception d'après l'unique étude retenue de manière qualitative à ce sujet. Il est de plus retrouvé des effets sur la diminution de l'hypertonie musculaire.

Par ailleurs, il ne semble pas avoir d'effet néfaste ou de risque du phénomène de cavitation. Aucune pathologie n'est provoquée par l'effet de cavitation d'après la littérature. Enfin, l'effet placebo est indiscutable selon la communauté scientifique.

Il semblerait donc qu'il y ait un certain nombre d'éléments en faveur de l'hypothèse de ce TER.

En effet, il existe très probablement des effets spécifiques liés aux phénomènes de cavitation comme le montre l'analyse de l'influence de l'effet de cavitation dans les 13 RCT retenues (cf point 4) *influence de l'effet de cavitation* . Cependant, pour pouvoir conclure de façon plus stricte sur les effets bénéfiques du phénomène de cavitation il faudrait des comparaisons plus directes dans les études. En effet, la majorité des études comparent les manipulations pouvant amener au phénomène de cavitation (et donc pas toujours) aux interventions sans phénomène de cavitation. Il est donc possible que les effets enregistrés dans la grande majorité des études ne soient pas la conséquence du phénomène de cavitation mais de la manipulation. A cela s'ajoutent de nombreux biais.

En revanche, l'effet de cavitation valide l'action mécanique d'une (ou plusieurs) articulation (s) bien que sans jamais être sûr de laquelle précisément. Cela pourrait être un élément très important à prendre en compte, car il nous permettrait tout de même d'avoir un critère de validation en faveur d'un soin transmis et d'effets attendus.

H. Ouverture

Bien qu'il existe des effets bénéfiques de l'effet de cavitation rapportés dans la littérature, certains articles avancent que la manipulation n'est pas spécifique à un seul étage (plusieurs étages "bougent"), que l'on se trompe régulièrement sur la localisation de la cavitation et qu'il y a des résultats similaires entre des manipulations spécifiques sur étages "en lésions" et manipulations non spécifiques (67,69,70). Ce qui est également retrouvé d'une certaine manière dans cette revue de littérature avec des effets positifs tant sur les études utilisant une zone standardisée que celles utilisant une recherche de lésion. Donc il semble important d'accorder avec prudence un résultat bénéfique pour un effet de cavitation d'un étage vertébrale spécifique. L'effet de cavitation (par son onde mécanique se propageant) et la non spécificité à un seul étage de la manipulation, pourraient-ils être des explications des résultats similaires des études avec des manipulations ciblées et des manipulations protocolisées?

VII. Conclusion

Ce TER m'a permis de constater les difficultés de recueillir des données scientifiques probantes sur le fondamental du phénomène de cavitation et ses impacts sur le tissu vivant.

En effet, la revue de littérature ne peut répondre de manière certaine à l'hypothèse de départ même si beaucoup d'éléments sont en faveur de cette hypothèse. Il semble bien que l'effet de cavitation apporte de nombreux effets cliniques, physico-chimiques et placebo, sans risques associés, mais étant indissocié de la manipulation dans cette revue de littérature (à l'exception de 5 premiers articles), je ne peux conclure sur l'apport qu'il peut avoir sur les effets de la manipulation. De plus, il existe de nombreux biais dans ce TER.

A cela s'ajoute un questionnement plus large. Le crac valide une action mécanique, mais à quel endroit? Il faudrait être en mesure de prouver que l'étagé où l'effet de cavitation a eu lieu est bien celui voulu. De plus, cet étagé est-il à manipuler? A l'IFSOR nous manipulons les zones lésionnelles mais il est troublant de voir les résultats positifs également dans les études présentant des manipulations sur des zones protocolisées (pas forcément en lésion). Enfin, pour pouvoir mesurer tout impact physico-chimique sur la qualité du tissu conjonctif de l'effet de cavitation, il faudrait être capable de mesurer ces changements par des examens, ce qui ne semble pas être le cas aujourd'hui.

Tout de même, on voit bien que le crac a tendance à apporter une plus-value au soin, même si cela est difficile à quantifier et à qualifier.

Ces résultats entrent totalement dans les différentes études à la mode qui incluent tout un contexte de soin et le modèle bio psycho social donc multifactoriel. Cet outil (l'effet de cavitation) propre à nous, ostéopathes, est donc certainement important et à conserver dans le parcours pluridisciplinaire de soin du patient.

Au vu des résultats de ce TER et des conclusions des études récentes sur ce sujet(13,26,27), de nouvelles études vont voir le jour, pour mettre la lumière sur la théorie et les principes fondamentaux de la mécanique des fluides et des mécanismes amenant au crac articulaire, mais également sur la clinique et les effets positifs ou négatifs sur les articulations, à court, moyen et long terme.

Ce travail n'est, je l'espère, qu'une ouverture d'une recherche qui mérite d'être approfondie avant de pouvoir conclure avec davantage de certitude sur des effets certains du craquement articulaire. Cependant, je garde à l'esprit que chercher un ou des effet(s) systématique(s) d'une seule cause (l'effet de cavitation) dans un système complexe (l'homme) n'est pas réellement possible ni même judicieux. *"Le principe scientifique repose sur le fait que les mêmes causes ont les mêmes effets dans les mêmes conditions; or chez l'homme, les conditions sont multifactorielles et jamais identiques! Le modèle scientifique ne peut être qu'une partie de l'approche du vivant"* p12(5).

Bibliographie

1. Demoulin C, Baeri D, Toussaint G, Cagnie B, Beernaert A, Kaux J-F, et al. Croyances de la population concernant le craquement entendu lors des manipulations vertébrales. *Rev Rhum.* 1 mai 2018;85(3):280-4.
2. Manning, A., Raymonds, B., Dunning, J. Audible Popping During Spinal Manipulation: Plausible Mechanisms and Clinical Relevance – OSTEOPRACTIC [Internet]. osteopractic. 2016 [cité 26 mars 2020]. Disponible sur: <https://osteopractor.wordpress.com/2016/06/21/audible-popping-during-spinal-manipulation-plausible-mechanisms-and-clinical-relevance/>
3. Dunning J, Mourad F, Osteopractic D, Zingoni A, Iorio R, Dn C, et al. CAVITATION SOUNDS DURING CERVICOTHORACIC SPINAL MANIPULATION. :13.
4. Gorrell LM, Conway PJ, Herzog W. Differences in force-time parameters and electromyographic characteristics of two high-velocity, low-amplitude spinal manipulations following one another in quick succession. *Chiropr Man Ther* [Internet]. déc 2020 [cité 25 mars 2021];28(1). Disponible sur: <https://chiroim.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12998-020-00355-0>
5. Terramorsi J-F. Ostéopathie Structurelle. Lésion structurée-Concepts structurants. Eolienne/Gépro; 2013. 415 p.
6. Mourad F, Dunning J, Zingoni A, Iorio R, Butts R, Zacharko N, et al. Unilateral and Multiple Cavitation Sounds During Lumbosacral Spinal Manipulation. *J Manipulative Physiol Ther.* janv 2019;42(1):12-22.
7. L'ostéopathie, définition selon la réglementation française [Internet]. [cité 12 août 2021]. Disponible sur: <https://www.osteopathe-syndicat.fr/definition-osteopathie>
8. Mourad F. The Popping Sound During High Velocity Low Amplitude Thrust Spinal Manipulation. 2019;121.
9. Protapapas MG, Cymet TC. Joint cracking and popping: Understanding noises that accompany articular release. *Clin Pract.* :5.
10. Rizvi A, Loukas M, Oskoulian RJ, Tubbs RS. Let's get a hand on this: Review of the clinical anatomy of "knuckle cracking": Knuckle Cracking. *Clin Anat.* sept 2018;31(6):942-5.
11. Unsworth A, Dowson D, Wright V. « Cracking joints ». A bioengineering study of cavitation in the metacarpophalangeal joint. *Ann Rheum Dis.* 1 juill 1971;30(4):348-58.
12. Kawchuk GN, Fryer J, Jaremko JL, Zeng H, Rowe L, Thompson R. Real-Time Visualization of Joint Cavitation. Zhang Q, éditeur. PLOS ONE. 15 avr 2015;10(4):e0119470.
13. Katz J, éditeur. Cavitation in Sudden Gap Expansion as a Model for Synovial Joint Cavitation. In: Proceedings of the 10th International Symposium on Cavitation (CAV2018) [Internet]. ASME Press; 2018 [cité 26 mars 2020]. p. 216-21. Disponible sur: <https://asmedigitalcollection.asme.org/ebooks/book/228/chapter/2931135/cavitation-in-sudden-gap-expansion-as-a-model-for>
14. Noble P, Collin B, Letcombe-Beckers J, Magnée A, Denoix J-M, Serteyn D. L'articulation synoviale: un système tribologique parfait [The synovial joint: a perfect tribological system]. *Ann Med Veterinaire.* 2010;154(2):83-93.
15. PASS Anatomie Organisation des appareils et des systèmes [Internet]. [cité 24 juill 2021]. Disponible sur: <https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/etudes-de-medecine/paces-ue-5-organisation-des-appareils-et-des-systemes>

16. Anatomie et physiologie humaines 4e édition - Elaine N. Marieb, Katja Hoehn [Internet]. [cité 12 août 2021]. Disponible sur: <https://www.decite.fr/livres/anatomie-et-physiologie-humaines-9782761330718.html>
17. Acoustique [Internet]. Disponible sur: <http://www.claudegabriel.be/Acoustique,%20%20chapitre%202.pdf>
18. Boyer T. Ressauts et bruits articulaires. :20.
19. CLINIQUE NOLLET [Internet]. [cité 24 juill 2021]. Disponible sur: <http://www.cliniquenollet.fr/index.php?art=Les-bruits-articulaires-6280>
20. Song SJ, Park CH, Liang H, Kim SJ. Noise around the Knee. *Clin Orthop Surg*. 2018;10(1):1.
21. « Mes articulations craquent, c'est grave docteur ? » Les bruits articulaires en question [Internet]. *Revue Medicale Suisse*. [cité 24 juill 2021]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/revue-medecale-suisse/2017/revue-medecale-suisse-569/mes-articulations-craquent-c-est-grave-docteur-les-bruits-articulaires-en-question>
22. La cavitation : Une introduction [Internet]. *Encyclopédie de l'énergie*. 2016 [cité 24 juill 2021]. Disponible sur: <https://www.encyclopedie-energie.org/la-cavitation-une-introduction/>
23. cavitation phénomène d'implosion qui fait caviter les pompes hélice explication [Internet]. [cité 24 juill 2021]. Disponible sur: <https://www.mecaflux.com/cavitation.htm>
24. Craquement articulaire : des bulles sonores ? [Internet]. Jean-Baptiste BRAUN. 2017 [cité 24 juill 2021]. Disponible sur: <https://etiopathe-paris-braun.com/craquement-articulaire/>
25. Pomero V, BONNEAU D. Le phénomène de cavitation. 1 janv 2002;
26. Boutin RD, Netto AP, Nakamura D, Bateni C, Szabo RM, Cronan M, et al. "Knuckle Cracking": Can Blinded Observers Detect Changes with Physical Examination and Sonography? *Clin Orthop Relat Res*. avr 2017;475(4):1265-71.
27. Chandran Suja V, Barakat AI. A Mathematical Model for the Sounds Produced by Knuckle Cracking. *Sci Rep*. déc 2018;8(1):4600.
28. Bialosky JE, Bishop MD, Robinson ME, George SZ. The Relationship of the Audible Pop to Hypoalgesia Associated With High-Velocity, Low-Amplitude Thrust Manipulation: A Secondary Analysis of an Experimental Study in Pain-Free Participants. *J Manipulative Physiol Ther*. févr 2010;33(2):117-24.
29. Sillevis R, Cleland J. Immediate effects of the audible pop from a thoracic spine thrust manipulation on the autonomic nervous system and pain: a secondary analysis of a randomized clinical trial. *J Manipulative Physiol Ther*. janv 2011;34(1):37-45.
30. Cleland JA, Flynn TW, Childs JD, Eberhart S. The Audible Pop from Thoracic Spine Thrust Manipulation and Its Relation to Short-Term Outcomes in Patients with Neck Pain. *J Man Manip Ther*. juill 2007;15(3):143-54.
31. Flynn TW, Childs JD, Fritz JM. The Audible Pop From High-Velocity Thrust Manipulation and Outcome in Individuals With Low Back Pain. *J Manipulative Physiol Ther*. 1 janv 2006;29(1):40-5.
32. Szajkowski S. Evaluation of mechanisms of therapeutic impact of joint manipulation based on the results of experimental studies. *Rehabil Med*. 2019;8.
33. Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie Rev*. janv 2015;15(157):39-44.
34. Mateo S. Procédure pour conduire avec succès une revue de littérature selon la méthode PRISMA. *Kinésithérapie Rev*. 1 oct 2020;20(226):29-37.
35. Potter L, McCarthy C, Oldham J. Physiological effects of spinal manipulation: a review

- of proposed theories. *Phys Ther Rev.* 1 sept 2005;10(3):163-70.
36. Bereznick DE, Pecora CG, Ross JK, McGill SM. The refractory period of the audible « crack » after lumbar manipulation: a preliminary study. *J Manipulative Physiol Ther.* mars 2008;31(3):199-203.
 37. Reggars JW. THE THERAPEUTIC BENEFIT OF THE AUDIBLE RELEASE ASSOCIATED WITH SPINAL MANIPULATIVE THERAPY. *Australas Chiropr Osteopat.* juill 1998;7(2):80-5.
 38. Aspinall SL. Manipulation-induced hypoalgesia in musculoskeletal pain populations: a systematic critical review and meta-analysis. 2019;19.
 39. Bronfort G, Haas M, Evans RL, Bouter LM. Efficacy of spinal manipulation and mobilization for low back pain and neck pain: a systematic review and best evidence synthesis. *Spine J.* mai 2004;4(3):335-56.
 40. Minarini G, Ford M, Esteves J. Immediate effect of T2, T5, T11 thoracic spine manipulation of asymptomatic patient on autonomic nervous system response: Single-blind, parallel-arm controlled-group experiment. *Int J Osteopath Med.* 1 déc 2018;30:12-7.
 41. Picchiottino M, Honoré M, Leboeuf-Yde C, Gagey O, Cottin F, Hallman DM. The effect of a single spinal manipulation on cardiovascular autonomic activity and the relationship to pressure pain threshold: a randomized, cross-over, sham-controlled trial. *Chiropr Man Ther.* déc 2020;28(1):7.
 42. Dunning JR. Upper cervical and upper thoracic manipulation versus mobilization and exercise in patients with cervicogenic headache: a multi-center randomized clinical trial. 2016;12.
 43. Dunning JR, Cleland JA, Waldrop MA, Arnot C, Young I, Turner M, et al. Upper Cervical and Upper Thoracic Thrust Manipulation Versus Nonthrust Mobilization in Patients With Mechanical Neck Pain: A Multicenter Randomized Clinical Trial. *Res Rep.* 2012;14.
 44. Sung Y-B, Lee J-H, Park Y-H. Effects of Thoracic Mobilization and Manipulation on Function and Mental State in Chronic Lower Back Pain. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(11):1711-4.
 45. Giacalone A, Febbi M, Magnifica F, Ruberti E. The Effect of High Velocity Low Amplitude Cervical Manipulations on the Musculoskeletal System: Literature Review. *Cureus [Internet].* 15 avr 2020 [cité 27 avr 2021]; Disponible sur: <https://www.cureus.com/articles/296886-the-effect-of-high-velocity-low-amplitude-cervical-manipulations-on-the-musculoskeletal-system-literature-review>
 46. Gómez F, Escribá P, Oliva-Pascual-Vaca J, Méndez-Sánchez R, Puente-González AS. Immediate and Short-Term Effects of Upper Cervical High-Velocity, Low-Amplitude Manipulation on Standing Postural Control and Cervical Mobility in Chronic Nonspecific Neck Pain: A Randomized Controlled Trial. *J Clin Med.* août 2020;9(8):2580.
 47. Toledo D de FA de, Kochem FB, Silva JG. High-velocity, low-amplitude manipulation (HVLA) does not alter three-dimensional position of sacroiliac joint in healthy men: A quasi-experimental study. *J Bodyw Mov Ther.* 1 janv 2020;24(1):190-3.
 48. García-Pérez-Juana D, Fernández-de-Las-Peñas C, Arias-Buría JL, Cleland JA, Plaza-Manzano G, Ortega-Santiago R. Changes in Cervicocephalic Kinesthetic Sensibility, Widespread Pressure Pain Sensitivity, and Neck Pain After Cervical Thrust Manipulation in Patients With Chronic Mechanical Neck Pain: A Randomized Clinical Trial. *J Manipulative Physiol Ther.* sept 2018;41(7):551-60.
 49. Sarker K, Sethi J, Mohanty U. Comparative clinical effects of spinal manipulation, core stability exercise, and supervised exercise on pain intensity, segmental instability, and health-related quality of life among patients with chronic nonspecific low back pain: A

- randomized control trial. *J Nat Sci Biol Med.* 2020;11(1):27.
50. Fagundes Loss J, de Souza da Silva L, Ferreira Miranda I, Groisman S, Santiago Wagner Neto E, Souza C, et al. Immediate effects of a lumbar spine manipulation on pain sensitivity and postural control in individuals with nonspecific low back pain: a randomized controlled trial. *Chiropr Man Ther.* déc 2020;28(1):25.
 51. Paredes R, Crasto C, Magalhães B, Carvalho P. Short-Term Effects of Global Pelvic Manipulation on Knee Joint Position Sense in Asymptomatic Participants: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. *J Manipulative Physiol Ther.* sept 2020;43(7):675-82.
 52. Lawrence MA, Raymond JT, Look AE, Woodard NM, Schlicker CM, Swanson BT. Effects of Tibiofibular and Ankle Joint Manipulation on Hip Strength and Muscle Activation. *J Manipulative Physiol Ther.* juin 2020;43(5):406-17.
 53. Masaracchio M, Cleland J, Hellman M, Hagins M. Short-Term Combined Effects of Thoracic Spine Thrust Manipulation and Cervical Spine Nonthrust Manipulation in Individuals With Mechanical Neck Pain: A Randomized Clinical Trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1 mars 2013;43(3):118-27.
 54. Thomas JS, Clark BC, Russ DW, France CR, Ploutz-Snyder R, Corcos DM, et al. Effect of Spinal Manipulative and Mobilization Therapies in Young Adults With Mild to Moderate Chronic Low Back Pain: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open.* 5 août 2020;3(8):e2012589.
 55. Coulter ID. Manipulation and Mobilization for Treating Chronic Nonspecific Neck Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis for an Appropriateness Panel. *Pain Physician.* 11 mars 2019;2(22.2):E55-70.
 56. Masaracchio M, Kirker K, States R, Hanney WJ, Liu X, Kolber M. Thoracic spine manipulation for the management of mechanical neck pain: A systematic review and meta-analysis. Hübscher M, éditeur. *PLOS ONE.* 13 févr 2019;14(2):e0211877.
 57. Jordon MK, Beattie PF, D'Urso S, Scriven S. Spinal manipulation does not affect pressure pain thresholds in the absence of neuromodulators: a randomized controlled trial. *J Man Manip Ther.* 8 août 2017;25(4):172-81.
 58. Punia S, Malik M, Jangra S, Kaur J, Singh V. Effect of High-Velocity Low-Amplitude Thrust Manipulation of Upper Cervical Spine on Pulmonary Function Test and Headache Disability Index in Patients with Migraine Headache. *Pol J Sport Tour.* 1 déc 2020;27(4):18-22.
 59. Placebo et effet placebo : définition et utilisation [Internet]. Santé sur le net. [cité 10 août 2021]. Disponible sur: <https://www.sante-sur-le-net.com/sante-quotidien/therapies/placebo-effet-placebo-utilisation/>
 60. Puhl AA, Reinhart CJ, Doan JB, Vernon H. The quality of placebos used in randomized, controlled trials of lumbar and pelvic joint thrust manipulation—a systematic review. *Spine J.* 1 mars 2017;17(3):445-56.
 61. Hernach B. Réflexion sur le modèle fondamental structurel ostéopathique de l'IFSO et confrontation avec la littérature scientifique actuelle. 2021.
 62. Nejati P. Effectiveness of Exercise Therapy and Manipulation on Sacroiliac Joint Dysfunction: A Randomized Controlled Trial. *Pain Physician.* 11 janv 2019;1(22.1):53-61.
 63. Bronfort G, Evans R, Anderson AV, Svendsen KH, Bracha Y, Grimm RH. Spinal Manipulation, Medication, or Home Exercise With Advice for Acute and Subacute Neck Pain. :17.
 64. Lohman EB, Pacheco GR, Gharibvand L, Daher N, Devore K, Bains G, et al. The

- immediate effects of cervical spine manipulation on pain and biochemical markers in females with acute non-specific mechanical neck pain: a randomized clinical trial. *J Man Manip Ther.* 8 août 2019;27(4):186-96.
65. Rodríguez-Sanz J, Malo-Urriés M, Corral-de-Toro J, López-de-Celis C, Lucha-López MO, Tricás-Moreno JM, et al. Does the Addition of Manual Therapy Approach to a Cervical Exercise Program Improve Clinical Outcomes for Patients with Chronic Neck Pain in Short- and Mid-Term? A Randomized Controlled Trial. *Int J Environ Res Public Health.* 10 sept 2020;17(18):6601.
 66. Balthazard P, de Goumoens P, Rivier G, Demeulenaere P, Ballabeni P, Dériaz O. Manual therapy followed by specific active exercises versus a placebo followed by specific active exercises on the improvement of functional disability in patients with chronic non specific low back pain: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* déc 2012;13(1):162.
 67. Karas S, Olson Hunt MJ, Temes B, Thiel M, Swoverland T, Windsor B. The effect of direction specific thoracic spine manipulation on the cervical spine: a randomized controlled trial. *J Man Manip Ther.* janv 2018;26(1):3-10.
 68. Rédiger une revue systématique - Bibliothèques - Université de Montréal [Internet]. [cité 12 août 2021]. Disponible sur: <https://bib.umontreal.ca/evaluer-analyser-rediger/syntheses-connaissances/rediger-revue-systematique>
 69. Flynn T. There's More Than One Way to Manipulate a Spine. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1 mai 2006;36:198-9.
 70. McCarthy CJ, Potter L, Oldham JA. Comparing targeted thrust manipulation with general thrust manipulation in patients with low back pain. A general approach is as effective as a specific one. A randomised controlled trial. *BMJ Open Sport — Exerc Med.* 5 oct 2019;5(1):e000514.
 71. Spinal Manipulation: High-Velocity Low-Amplitude (HVLA) [Internet]. [cité 23 juin 2021]. Disponible sur: <https://www.spine-health.com/treatment/chiropractic/spinal-manipulation-high-velocity-low-amplitude-hvla>
 72. Cao D-Y, Reed WR, Long CR, Kawchuk GN, Pickar JG. Effects of thrust amplitude and duration of high velocity low amplitude spinal manipulation on lumbar muscle spindle responses to vertebral position and movement. *J Manipulative Physiol Ther.* févr 2013;36(2):68-77.

Index des figures

Figure 1: l'articulation synoviale (provenant de https://www.medecine-des-arts.com/fr/article/articulations-synoviales-anatomie-artistique-lecon-54.php).....	10
Figure 2: l'onde dans le ressort (provenant du court d'acoustique(17) p34).....	12
Figure 3: propagation transversale et longitudinale (provenant du court d'acoustique (17) p16).....	13
Figure 4: diagramme flow.....	28
Figure 5: tableau de comparaison de la qualité des études par l'échelle PEDro.....	29
Figure 6: tableau de comparaison des populations et interventions.....	31
Figure 7: tableau récapitulatif des types d'outcomes disponibles dans chaque article.....	33
Figure 8: tableau des résultats de l'étude portant sur la peur/appréhension (questionnaire FABQ).....	34
Figure 9: tableau des résultats de l'étude portant sur les marqueurs biologiques.....	34
Figure 10: tableau des résultats de l'étude portant les tests fonctionnels objectifs.....	35
Figure 11: tableau des résultats de l'étude portant sur la capacité respiratoire.....	36
Figure 12: tableau des résultats des études portant sur la douleur.....	37
Figure 13: tableau des résultats des études portant sur l'incapacité.....	38
Figure 14: tableau des résultats des études portant sur la mobilité.....	39
Figure 15: tableau des résultats des études portant sur les tests musculaires.....	40
Figure 16: tableau des résultats des études portant sur la posture.....	41
Figure 17: tableau des résultats des études portant sur le PPT.....	42
Figure 18: tableau de synthèse des résultats quantitatifs.....	43
Figure 19: tableau de synthèse des résultats qualitatifs.....	44

Table des annexes

Annexe 1 : HVLA différents points de vue

Annexe 2 : étapes du crac articulaire selon Unsworth et al. (11)

Annexe 3 : grille d'extraction type selon Hernach (61)

Annexe 4 : tableau et figure des résultats de Gomez et al. (46)

Annexe 5 : tableaux et figure des résultats de Thomas et al. (54)

Annexe 6 : tableau du risque de biais relatif aux études

Annexe 7 : exploration fonctionnelle respiratoire de l'étude de Sonu Punia et al. (58)

Annexe 8 : résultats du CCFT de Rodriguez-Sanz et al. (65)

Annexe 1 : HVLA différents points de vue

Chiropracteurs(71) :

Ils estiment qu'il y a de nombreux type de techniques HVLA différentes et en présente 3 catégories :

Technique diversifiée : La forme HVLA courante en chiropractie. Application d'une poussée HVLA sur une articulation restreinte dans le but de rétablir une amplitude de mouvement normale dans l'articulation. Le corps du patient est positionné de manière spécifique pour optimiser l'ajustement de la colonne vertébrale.

Ajustement de Gonstead (ou technique de Palmer-Gonstead) : la différence réside dans la localisation de l'articulation problématique et la spécificité du positionnement du corps. Ils utilisent des tables et des chaises spécialement conçues pour positionner le patient (chaise cervicale ou la table thoracique-genou).

Technique Thompson Terminal Point (ou Drop) : Technique également utilisée avec des tables spécifiques comportant des sections qui tombent sur une courte distance pendant la manipulation ce qui faciliterait le mouvement articulaire. Ils estiment que cela peut être une forme de mobilisation ou une approche douce car l'effet de cavitation ne se produit pas forcément.

Littérature avec vision des plans anatomiques :

"La classification, la formation et l'application clinique des techniques de manipulation vertébrale impliquent un certain nombre de considérations mécaniques, notamment le taux d'application, l'amplitude et la direction, le type de levier ; la spécificité du site de contact manuel sur le clinicien et le patient, ainsi que l'ampleur et la durée de toute précharge. [...] La direction dans laquelle la force de poussée appliquée est considérée comme importante devant être parallèle soit au plan du disque intervertébral soit à l'espace articulaire facettaire de manière à offrir le moins de résistance au mouvement vertébral"(72).

Mourad et al. (6) :

"Le bruit de craquement est considéré comme l'une des principales caractéristiques pour définir une manipulation de poussée HVLA et pour une action efficace de cette technique"(6).

Annexe 2 : étapes du crac articulaire selon Unsworth et al. (11)

Formation d'espace + formation de bulle : Une zone de pression négative se développe lorsque les surfaces articulaires sont séparées. Par conséquent, le fluide s'évapore et des bulles de gaz se forment contenant de la vapeur et des gaz qui étaient auparavant dissous dans le fluide.

Éclatement de bulle : Ces auteurs ont proposé que parce que la pression est plus basse au milieu de l'espace articulaire par rapport aux extrémités, un écoulement induit par la pression se développe, provoquant la condensation de la vapeur dans la bulle et libérant de l'énergie qui est convertie en son .

Période réfractaire : Ils ont montré qu'il faut environ 15 minutes pour que les bulles de gaz se dissolvent dans le liquide synovial après la fissuration et que les surfaces articulaires mettent du temps à revenir à leur position d'origine en raison de la viscosité du liquide synovial. Ainsi, ces deux raisons réunies peuvent expliquer les 20 minutes qu'il faut pour «refaire» une articulation.

Annexe 3 : grille d'extraction d'après Hernach(61)

Etude	
Date	
Auteur	
Titre	
Objectifs	
Hypothèses	
Conclusion	
Zone traitée et intervention	
Méthodologie	
Durée de l'étude	
Lieu de l'étude	
Population cible	
Outcomes	
Critères d'inclusion	
Critères d'exclusion	
Outils de mesure	
Durée de suivi	
Description des personnes qui prennent les mesures	
Ethique	
Intervention 1	
Durée, fréquence	
Nb de séances total	
Thérapeute	
Modalités	
Intervention 2	
Durée, fréquence	
Nb de séances total	
Thérapeute	
Modalités	

Suite annexe 3 : grille d'extraction type

Analyse des données				
Tests statistiques utilisés				
Résultats				
Population avant intervention	Total	Intervention	Intervention 2	Intervention 3
Nombre				
Age (moyen)				
Genre (H/F)				
Durée des symptômes (années)				
Outcome 1				
Outcome 2				
Autre Outcomes				
Population après intervention				
Nombre (en excluant les drop outs)				
Outcome 1				
Outcome 2				
Autres Outcomes				
Présence de tableaux				
Discussion				
Description des effets				
Limites de l'étude				
Explication des biais de l'étude				
Qualité				
Score de qualité (échelle PEDro)				
Commentaires personnels				

Annexe 4 : tableau et figure des résultats de Gomez et al. (46)

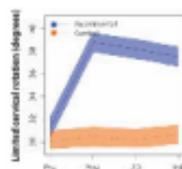


Figure 3. Evolution of the number of animals per group (kg) for the 2006-2007 season. The Y-axis represents the number of animals (kg) and the X-axis represents the time points (Pre, Feb, 23, 100). The blue area represents the experimental group and the orange area represents the control group.

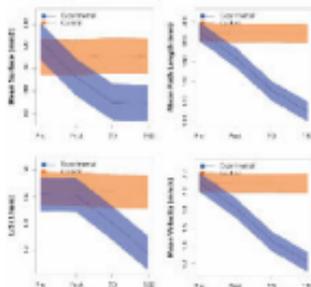


Figure 4. Evolution of the number of animals per group (kg) for the 2006-2007 season. The Y-axis represents the number of animals (kg) and the X-axis represents the time points (Pre, Feb, 23, 100). The blue area represents the experimental group and the orange area represents the control group.

Table 1. Evolution of the number of animals per group (kg) for the 2006-2007 season. The Y-axis represents the number of animals (kg) and the X-axis represents the time points (Pre, Feb, 23, 100).

Variable	Time Evolution	Difference		p-Value	CI 95%	
		Mean	SE		Lower	Upper
Number of animals (kg)	Pre	31.0	0.5		30.0	32.0
	Feb	39.0	0.5	<0.001	38.0	40.0
	23	38.0	0.5	0.001	37.0	39.0
	100	38.0	0.5	0.001	37.0	39.0
Mean Number (kg)	Pre	1.0	0.1		0.8	1.2
	Feb	1.5	0.1	<0.001	1.3	1.7
	23	1.4	0.1	0.001	1.2	1.6
	100	1.4	0.1	0.001	1.2	1.6
Mean Length (kg)	Pre	1.0	0.1		0.8	1.2
	Feb	1.5	0.1	<0.001	1.3	1.7
	23	1.4	0.1	0.001	1.2	1.6
	100	1.4	0.1	0.001	1.2	1.6
Mean Weight (kg)	Pre	1.0	0.1		0.8	1.2
	Feb	1.5	0.1	<0.001	1.3	1.7
	23	1.4	0.1	0.001	1.2	1.6
	100	1.4	0.1	0.001	1.2	1.6
Mean Volume (kg)	Pre	1.0	0.1		0.8	1.2
	Feb	1.5	0.1	<0.001	1.3	1.7
	23	1.4	0.1	0.001	1.2	1.6
	100	1.4	0.1	0.001	1.2	1.6

Table 1. Evolution of the number of animals per group (kg) for the 2006-2007 season. The Y-axis represents the number of animals (kg) and the X-axis represents the time points (Pre, Feb, 23, 100).

Annexe 5 : tableaux et figure des résultats de Thomas et al. (54)

Table 1. Baseline Participant Characteristics

Characteristic	Treatment group, mean (SD) ^a		
	Spinal manipulation	Spinal mobilization	Placebo (sham cold laser)
N, n (%)			
Female	30 (58)	30 (58)	30 (58)
Male	27 (48)	27 (48)	27 (48)
Age, mean (SD), y	36.8 (7.2)	36.3 (5.2)	36.4 (5.9)
Race/ethnicity, n (%)			
Hispanic/Latino	1 (1.9)	1 (1.9)	2 (3.7)
African American	2 (3.7)	3 (6.4)	6 (11.1)
Asian	2 (3.7)	4 (7.4)	1 (1.8)
White	46 (85.4)	41 (76.0)	44 (81.5)
>1 Race/ethnicity	2 (3.7)	2 (3.7)	2 (3.6)
Unemployed	1 (1.9)	2 (3.7)	0
Body mass index, mean (SD) ^b	24.9 (4.15)	24.8 (4.20)	26.2 (4.1)
LBP duration, mean (SD), y	6.7 (5.4)	6.5 (5.4)	5.5 (4.3)
Depression, mean (SD) score ^c	17.3 (10.0)	18.0 (10.1)	16.9 (8.1)
Kinesiophobia, mean (SD) score ^d	37.9 (6.9)	36.6 (6.3)	36.7 (7.3)
Pain during last 7 d, mean (SD) score ^e	4.5 (2.7)	4.2 (2.4)	4.1 (2.4)
Disability, mean (SD) (range) score ^f	6.7 (4.5) (3.3-11.4)	10.1 (4.5) (3.3-11.7)	10.0 (4.5) (3.3-11.8)

Abbreviation: LBP, low back pain.

^a Four participants withdrew after randomization owing to scheduling issues. 2 from the spinal manipulation group, 1 from spinal mobilization, and 1 from placebo and did not complete baseline measures or any part of the treatment or follow-up assessments.

^b Calculated as weight in kilograms divided by height in meters squared.

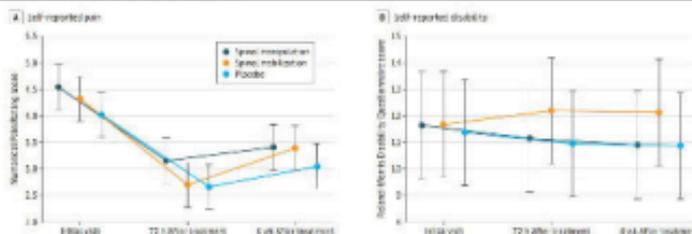
^c Calculated using the center for epidemiologic studies Depression Scale (scores range from 0 to 60, with higher scores indicating increased levels of depression).

^d Calculated using the Tampa Scale for Kinesiophobia (scores range from 17 to 68, with higher scores indicating greater levels of fear-avoidance).

^e Calculated using the Numerical Pain Rating Scale (scores range from 0 to 10, with higher scores indicating greater pain).

^f Calculated using the Roland-Morris Disability Questionnaire (scores range from 0 to 24, with higher scores indicating greater disability).

Figure 2. Change in self-reported pain and disability scores



A, Self-reported assessment of average pain during the last 7 days (Numerical Pain Rating Scale score, range, 0-10, with higher scores indicating greater pain). B, Self-reported disability (Roland-Morris Disability Questionnaire; range, 0-24, with higher scores indicating greater disability). Means and 95% CI (error bars) are plotted for ratings

collected at the initial visit, 72 hours after completing 3 weeks of treatment (ie, primary end point), and 4 weeks after treatment completion (ie, follow-up). The plots are offset along the time axis for visual clarity.

Table 2. Relationship Between Treatment Expectancy and Observed Pain Changes by Study Group

Treatment expectancy total score	Change from baseline to 72 h after treatment		Change from baseline to 4 wk after treatment	
	Pain right now, <i>r</i>	<i>P</i> value	Pain right now, <i>r</i>	<i>P</i> value
Spinal manipulation	-0.423	.002	-0.103	.49
Spinal mobilization	-0.188	.18	-0.112	.43
Placebo (sham cold laser)	-0.569	<.001	-0.471	<.001

Annexe 6 : tableau du risque de biais relatif aux études

Article	Limites
Nejati et al	Absence de groupe témoin avec intervention différente. Courte durée de suivi. Perso : Une seule séance de thérapie manuelle est-ce suffisant?
Balthazard et al	Résultats pas généralisables à la population lombalgique chronique car recrutement en clinique rhumatologique (gravité plus élevée). Patients étaient hétérogènes (auto questionnaires et tests cliniques = grands écarts types). Population plus petite que celle estimée au départ donc problèmes de puissance statistique (problèmes financiers donc obligé d'améliorer le recrutement avant le nécessaire)
Rodriguez-Sanz et al	échantillon non généralisable car critères d'inclusion et d'exclusion. Un seul thérapeute. ™ adaptée à la constatation clinique de la colonne cervicale supérieure. On ne sait donc pas quelle intervention spécifique est la plus efficace. Limites dans le contrôle de la fréquence et l'exécution des exercices car fait en grande partie à domicile. Test de flexion active limité aux flexions donc pas généralisable à d'autres muscles cervicaux. Évolution limitée à 6 mois. Cervicalgie d'origine viscérale peut être inclus involontairement même si diagnostic fait par des médecins.
Bronfort et al.	Participants et thérapeutes non aveugles par la nature des traitements. Aucun critère n'est disponible pour définir les différences de groupe cliniquement importantes pour les différents résultats (pas compris). Pas de distinction entre les effets spécifiques du HI et les effets contextuels (non spécifiques), y compris les interactions et les attentes participants-thérapeutes. Des différences potentiellement importantes entre les groupes ont été ajustées par les statistiques.
Maeracchio et al.	Suivi à court terme d'une semaine (pour limiter taux d'abandon). 52 F / 14 H : diminué la généralisation. Groupe expérimental plus long (90sec) donc biais d'attention possible. Pas de véritable groupe témoin donc difficile d'évaluer contribution des changements naturels au fil du temps et l'effet placebo pour les 2 groupes. (études futures devraient avoir un 3ème groupe pour rôle placebo). Tous les participants de même proximité géographique (Brooklyn, NY) - Interventions réalisées presque totalement par le même thérapeute. Études futures devraient envisager RCT multicentrique, période suivi plus longue et un plus grand nombre de praticiens traitants.
Dunning et al. 2012	Absence de suivi long terme. on ne sait pas si diff significatives auraient duré dans le temps. Que deux techniques différentes et toujours sur les mêmes étages : standardisation. pas généralisable aux autres tech HVLA... (même si aurait été montré que peu importe la tech... pas importance). La tech de mobilisation de 30sec de chaque côté peut être considérée comme non adéquates pour obtenir des améliorations. Impossible de mettre en aveugle thérapeute et patient (mais à ce jour aucune preuve du contraire). Les études futures devraient examiner différentes techniques fournies pour des durées variables et inclure un suivi à long terme
Dunning et al. 2016	Pas plus de 3 mois de suivi. Pas généralisable à d'autres ™ que HVLA bidirectionnelles et mobilisations Groupe mobilisation pas une intervention de qualité. Événements indésirables mineurs non mesurés. Plusieurs critères de jugement secondaires. Préférences des techniques des thérapeutes non recueillies.
Jefferson Fagundes Loas et al.	Conception de l'étude : une seule intervention et aucun suivi. Durée d'échantillonnage pour les essais d'équilibre permanent. Aucune garantie de l'aveugle des participants sur la nature de l'intervention. Calcul de la taille de l'échantillon qui prend en compte que le douleur subjective. Résultats concernant les comparaisons entre les groupes sont insuffisants. En d'autres termes, leurs résultats concernant l'absence de différence entre les groupes doivent être interprétés avec prudence (possibilité d'erreur de type II). Il est possible que notre étude n'ait pas une puissance suffisante pour les mesures de résultats secondaires.

Suite annexe 6 : tableau du risque de biais relatif aux études

Article	Limites
Lohman et al.	<p>Échantillon de petite taille.</p> <p>Pas de groupe témoin sans contact tactile.</p> <p>Pression tactile pré-charge fictive pourrait influencer la mécanique proprioceptive des para-spinaux donc altérer les biomarqueurs.</p> <p>Pas de douleur minimal en inclusion de l'étude.</p> <p>Douleur de repos aggravé par mouvement / postures.</p> <p>Groupe simulé douleur repos = 1/10 et autre groupe douleur = 2/10.</p> <p>Pas de suivi court ou long terme, que immédiat.</p> <p>Que des femmes.</p> <p>Ponction veineuse peut augmenter le stress donc le cortisol.</p> <p>Prise de sang dans les 90s : possible pas assez de temps pour que le cortisol traverse axe HPA donc il aurait fallu prise de sang plus tard aussi.</p> <p>Possible pas généralisables aux patients avec pathologies. Age différence significative (du au hasard ou échantillon trop petit).</p>
Barker et al.	<p>Impossible de mettre en aveugle patients et praticiens.</p> <p>Pas de suivi long terme.</p> <p>105 patients entre 18 et 60 ans</p>
Gomez et al.	<p>Petit taille de l'échantillon (même si respecte recommandations et autres études similaires), durée de suivi courte.</p> <p>Une seule manipulation ce qui ne correspond pas à la pratique clinique.</p> <p>Possible afférence viscérale sur problème cervicale, non traitée donc manque cet impact sur les résultats.</p> <p>Pas de contrôle de la douleur.</p> <p>La douleur pourrait influencer les résultats (mais non évalué).</p> <p>Tests posturaux non standardisés (trop nombreux).</p> <p>Personnel : les patients pas en aveugle, par contre ils pensent que ultrasons activés</p>
Sonu Puria et al.	<p>Petite taille d'échantillon.</p> <p>Courte durée d'étude.</p> <p>Une seule séance de traitement. Peut donc expliquer aucun résultat sur PFT car la littérature semblerait avoir des résultats (2 études avec au moins 4 séances)</p>
Thomas et al.	<p>Participants : adultes relativement jeunes avec seulement une lombalgie chronique légère à modérée avec de faibles niveaux d'incapacité autodéclarée.</p> <p>La durée moyenne des symptômes pour cette cohorte était supérieure à 6 ans. Cohorte potentiellement sous étudiée.</p> <p>Pas de double aveugle (comme toutes thérapie manuelle).</p> <p>Interventions limitées à l'application isolée de manipulation, de mobilisation ou de placebo</p>

Annexe 7 : exploration fonctionnelle respiratoire de l'étude de Sonu Punia et al. (58)



Figure 2. Patient performing PFT.



Figure 3. PFT apparatus.

Annexe 8 : résultats du CCFT de Rodriguez-Sanz et al. (65)

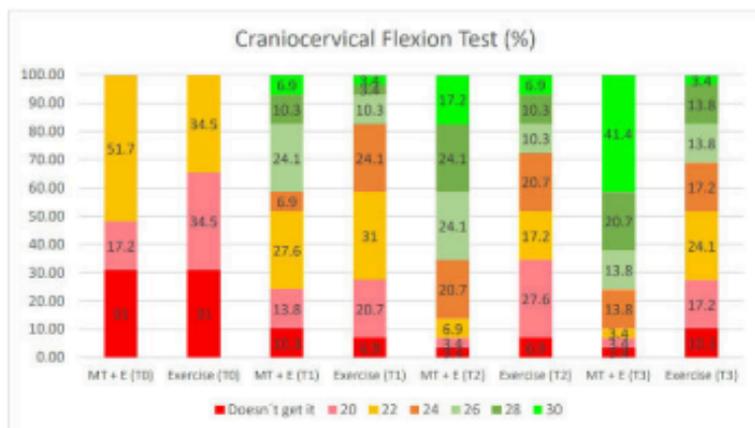


Figure 6. Craniocervical Flexion Test Graphic. Doesn't get it, the patient is unable to start the test because of pain; 20-30 mmHg, the patient is able to complete the test up to the indicated millimeters of mercury MT + E, Manual Therapy + Exercise.

Résumé

Objectif : Ce TER a pour but de déterminer l'apport de l'effet de cavitation sur les effets de la manipulation avec impulsion.

Contexte/Problématique : Le phénomène de cavitation ou crac ne laisse personne indifférent, que l'on soit thérapeute manuel ou patient. 40% de la population associe le bruit articulaire à une manipulation réussie. Cela est également partagé par de nombreux praticiens. Quel est donc réellement ce phénomène de cavitation et quels sont les effets positifs ou négatifs du bruit articulaire ?

Méthode : Pour répondre à l'hypothèse que l'effet de cavitation augmenterait les effets de la manipulation, une revue systématique (qualitative) a été établie faisant suite à une revue narrative (quantitative) de la littérature sur les effets des manipulations avec impulsions en comparaison à d'autres traitements. Les lignes directrices PRISMA ont été suivies pour la revue systématique.

Résultats : L'effet de cavitation semble améliorer la mobilité articulaire à court terme et provoquer un éloignement des surfaces articulaires pendant plusieurs minutes. En admettant le biais associatif entre manipulation avec impulsion et crac articulaire, et en les comparant aux autres traitements sans effet de cavitation, il y a également des effets positifs sur l'incapacité, les tests musculaires de force et les paramètres posturaux. Sur la douleur subjective et le seuil de douleur à la pression, les résultats sont plutôt controversés. Des résultats positifs de plus faible puissance sont retrouvés également sur le changement des marqueurs biologiques de la nociception et sur l'hypertonie musculaire. Malgré des rapports de cas isolés, il n'existe cependant aucune preuve du craquement sur d'éventuels risques ou effets néfastes pathologiques comme l'arthrose. Enfin, l'effet placebo semble admis.

Conclusion : Il est clair que la présence du phénomène de cavitation est associée à de nombreux effets positifs. Cependant, au vu des biais de ce TER, il n'est pas possible de répondre à l'hypothèse de départ de manière catégorique même si le crac semble apporter divers effets positifs à la manipulation et au soin. Il reste encore difficilement dissociable de la manipulation. Pour cela, de futures études sont nécessaires sur les principes fondamentaux de la mécanique des fluides et des mécanismes amenant au crac articulaire, ainsi que sur des tests et outils de mesure plus aboutis, sur la clinique et avec des protocoles de départ plus élaborés éliminant le biais associatif du crac et de la manipulation.