

Faculté des sciences de la motricité

Effet de la thérapie centrée sur le diaphragme sur l'amélioration de la fonction physique chez les patients souffrant de lombalgies

Une revue systématique

Auteur : Alexandre Morisse & Antoine Brenon

Promoteur : Philippe Mahaudens

Année académique 2023-2024

Master en Kinésithérapie et Réadaptation [60.0] - KINE2M1

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à notre promoteur, Monsieur Mahaudens, pour son engagement et ses conseils tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions également toutes les personnes qui ont contribué à sa conception.

Nos remerciements s'adressent aussi à Madame Declerck pour ses recommandations lors des différents ateliers.

Enfin, nous tenons à remercier les membres du jury pour le temps qu'ils ont consacré à la lecture et à l'évaluation de ce mémoire.

LISTE D'ABRÉVIATIONS

LBP : Low Back Pain

IMT : Inspiratory Muscle Training

DLNS : Douleur Lombaire Non Spécifique

RCT : Randomized Controlled Trial

PICO(S) : Population Intervention Comparateur Outcome Study type

OMT : Osteopathic Manipulative Treatment

ADIM : Abdominal draw-in lumbar stabilization

BMI : Body Mass Index

LPP : Douleur lombo pelvienne

TENS : Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	6
1. Définition des termes principaux	6
2. Mécanismes des interventions.....	7
3. Justification de la revue actuelle.....	8
4. Objectifs de la revue	8
METHODE.....	9
1. Protocole.....	9
2. Stratégie de recherche.....	9
3. Critères d'éligibilités.....	12
4. Sélection des études.....	13
5. Extraction des données.....	14
RESULTATS.....	15
1. Identification et sélection des études.....	15
2. Caractéristique des études incluses	15
DISCUSSION.....	31
1. Rappel des objectifs.....	31
2. Qualité des études	31
3. Résumé et interprétation des résultats principaux.....	31
4. Remarques sur la réalisation des études sélectionnées.....	32
5. Implication des résultats pour la pratique et la recherche	35
6. Limites.....	39
CONCLUSION.....	40
REFERENCES.....	41
ANNEXES.....	45

ABSTRACT

Objectif : Le but de cette revue systématique de la littérature est d'examiner l'impact du renforcement diaphragmatique sur les douleurs lombaires non spécifiques (DLNS) chroniques ou subaiguës, et plus particulièrement : sur la douleur, la capacité inspiratoire et la stabilité lombaire.

Méthode : La revue utilise les bases de données PubMed Scopus Embase et respecte les critères PRISMA (Moher, Liberati et al.2009). Après application des critères PICO(S), 10 RCT ont été sélectionnées, publiées entre 2015 et 2022 en anglais. Un score PEDRO a été statué par les deux examinateurs unilatéralement puis mis en commun.

Résultats : Les 10 RCT sélectionnées montrent que le renforcement seul a un impact positif sur les critères de douleur, stabilité lombaire et la capacité inspiratoire mais que l'effet est majoré s'il y a résistance respiratoire en plus du renforcement. Cela démontre le rôle important des muscles inspireurs dont le diaphragme est le principal.

Conclusion : Cette revue permet de recommander préférentiellement l'entraînement par renforcement des muscles stabilisateurs lombaires couplé à une résistance respiratoire chez le patient DLNS. Le diaphragme étant le muscle inspiratoire principal, l'augmentation de la capacité inspiratoire et son épaissement corrélé à la diminution de la douleur et l'augmentation de la stabilité lombaire porte à croire que son entraînement constitue une approche adaptée dans le cadre d'une prise en charge DLNS.

INTRODUCTION

1. Définitions des termes principaux

La LBP au sens large peut être définie de plusieurs façons dans la littérature et comprendre des symptômes communs comme des douleurs, raideurs ou tension musculaire. Les douleurs lombaires sont des maux de plus en plus fréquents dans les pays développés ou en voie de développement, impactant fortement la qualité de vie, avec l'augmentation de l'âge moyen et des métiers sédentaires statiques (Zhu Q et al 2023). A titre de comparaison, la population lombalgique représente à elle seule 64.9 millions de personnes contre 38.6 millions pour celle du diabète, soit une augmentation de 54% entre 1990 et 2015 (Hartvigsen J et al 2018).

Traditionnellement, le traitement de la lombalgie non spécifique inclut des exercices de renforcement du tronc, de renforcement global, de Pilates, des exercices aérobies et des étirements (Hayden JA et al. 2021).

Le diaphragme est un muscle occupant la cage thoracique de l'abdomen se situant sous le cœur et les poumons. Son rôle est crucial dans la respiration : en se contractant il abaisse la cavité thoracique et crée une pression négative dans les poumons permettant à l'air d'entrer. La structure du diaphragme en forme de dôme comporte des insertions périphériques qui se fixent aux côtes 7 à 12, au sternum, et à la colonne vertébrale avec le pilier droit attaché de L1 à L3 et le pilier gauche de L1 à L2. Celui-ci de par sa situation joue un rôle synergique avec les autres muscles qui lui sont adjacents (Finta et al 2018).

En ce qui concerne cette étude, les patients sont caractérisés par des douleurs lombaires non spécifiques (DLNS), chroniques (douleur présente depuis au moins 3 mois) ou subaiguës (douleur présente depuis au moins 6 semaines). Les DLNS désignent des douleurs dans la région lombaire qui ne sont pas liées à une cause précise identifiable (idiopathiques), telle qu'une pathologie sous-jacente grave ou particulière. Ces douleurs sont fréquemment associées à des éléments tels qu'avoir dépassé sa capacité de récupération, un mode de vie sédentaire et/ou des troubles musculaires. (Bontrup C, et al. 2019).

Dans cette étude, la fonction physique est définie par trois facteurs : la douleur, la capacité inspiratoire et la stabilité lombaire. La capacité inspiratoire est mise en avant car elle correspond à l'une des fonctions principales du diaphragme : l'inspiration (Kocjan J et al 2017). La stabilité du tronc caractérise ici le changement de stratégie de stabilité chez le patient DNLS et dans laquelle le diaphragme aurait un rôle (Kocjan J et al 2017). Dans ce contexte, la stabilité du tronc est définie comme la capacité à maintenir les segments vertébraux dans une position choisie, malgré les contraintes externes. De plus, les données de douleur permettront de quantifier l'impact d'un traitement incluant le diaphragme.

La thérapie centrée sur le diaphragme est définie comme l'ensemble des renforcements donnant une place précise au diaphragme dans les groupes expérimentaux. Des entraînements de la fonction inspiratoire peuvent être réalisés, avec parfois une résistance respiratoire afin de renforcer les muscles inspiratoires, des techniques de biofeedback, électrostimulation, gymnastique abdominale hypopressive (HAG) et des méthodes passives de mobilisation.

2. Mécanismes des interventions

Le diaphragme, principal muscle inspireur (Kocjan J et al 2017), a un rôle souvent sous-estimé. Son implication peut améliorer l'efficacité des exercices de stabilité du tronc dans la réadaptation de la lombalgie (Sannasi R et al. 2023). Les recherches ont démontré que le diaphragme contribue à la stabilisation lombaire en régulant la pression intra-abdominale (Miyamoto K et al. 2002 & Hodges PW et al 2005). Ainsi, les dysfonctions au niveau diaphragmatique peuvent être une cause de lombalgies (Beeckmans N et al 2016, Kolar et al 2012, Janssens et al., 2013a).

Cette régulation de la pression intra-abdominale joue un rôle clé dans l'amélioration de la stabilité du tronc en limitant les mouvements excessifs de la colonne vertébrale. Cette capacité à pouvoir réguler la pression intra abdominale peut contribuer à une réduction de la douleur (Brumitt J et al. 2013).

Une méthode efficace pour évaluer la structure et l'épaisseur du diaphragme de manière reproductible serait d'utiliser l'échographie (Tuinman et al. 2020).

Cependant, malgré l'importance du diaphragme dans la stabilisation de la colonne vertébrale, il existe un manque de recherches ciblant spécifiquement les effets des thérapies centrées sur le diaphragme sur les patients atteints de DLNS chroniques et subaiguës. Ce manque de données souligne la nécessité de cette revue pour explorer l'impact de ces thérapies sur la fonction physique des patients DLNS.

3. Justification de la revue actuelle

Une revue intitulée "The Use of Breathing Exercises in the Treatment of Chronic, Nonspecific Low Back Pain" (Anderson BE et al. 2017) a été identifiée, traitant d'un sujet similaire à celui de notre étude. Cependant, cette revue n'inclut que trois articles, et l'accès au document complet n'a pas été possible. De plus, elle a été publiée en 2017, tandis que notre revue inclut dix articles parus entre 2015 et 2022. Ces facteurs justifient la nécessité de la présente revue pour une analyse plus complète et récente.

4. Objectifs de la revue

L'objectif principal de cette revue systématique est d'évaluer l'effet des thérapies centrées sur le diaphragme et l'amélioration de la fonction physique chez les patients souffrant de DLNS. Pour répondre à cette question, nous examinerons comment les exercices de respiration et les techniques de renforcement du diaphragme influencent la douleur lombaire, la stabilité lombaire et la capacité inspiratoire. Nous analyserons également les différences d'efficacité entre les diverses méthodes thérapeutiques axées sur le diaphragme.

METHODE

1. Protocole

Dans l'élaboration de cette revue systématique, les recommandations PRISMA (Moher, Liberati et al. 2009) — ou Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses — ont été utilisées. Constituées d'une checklist de 27 critères essentiels et d'un diagramme de flux, ces directives ont servi de fil directeur pour assurer une approche méthodologique rigoureuse et garantir la qualité et la transparence de la revue.

2. Stratégie de recherche

Afin de procéder de manière rigoureuse pour établir une question de recherche, la méthode PICO(S) a été retenue. La question de recherche est la suivante : “Effet de la thérapie centrée sur le diaphragme sur l'amélioration de la fonction physique chez les patients souffrant de lombalgies : une revue systématique”. Les éléments spécifiques de cette démarche PICO(S) sont présentés dans le « **Tableau 1** » ci-après.

Table 1 : Définition des termes du PICO(S)

Critères PICO(S)	Synonymes	MeSH term
Population	« Low back pain »	« Lumbar pain », « low back pains », « low backache », « low backaches », « lumbago »
Intervention	« Diaphragm »	« Breathing exercises », « Respiratory therapy »
Comparateur	/	/
Outcome	« Physical Function »	« Pain Reduction », « Spinal Stability », « Respiratory Function »
Study design	Randomized control Trials	/

En se basant sur ces mots-clés, la question de recherche, et l'utilisation des opérateurs booléens, une équation de recherche a été élaborée pour chaque base de données. Les trois bases retenues pour cette recherche étaient PubMed, Scopus et Embase.

Equation pour *PubMed* :

```
((("physical examination"[MeSH Terms] OR ("physical"[All Fields] AND
"examination"[All Fields]) OR "physical examination"[All Fields] OR
"physical"[All Fields] OR "physically"[All Fields] OR "physicals"[All
Fields]) AND ("functional"[All Fields] OR "functional s"[All Fields] OR
"functionalities"[All Fields] OR "functionality"[All Fields] OR
"functionalization"[All Fields] OR "functionalizations"[All Fields] OR
"functionalize"[All Fields] OR "functionalized"[All Fields] OR
"functionalizes"[All Fields] OR "functionalizing"[All Fields] OR
"functionally"[All Fields] OR "functionals"[All Fields] OR "functioned"[All
Fields] OR "functioning"[All Fields] OR "functionings"[All Fields] OR
"functions"[All Fields] OR "physiology"[MeSH Subheading] OR
"physiology"[All Fields] OR "function"[All Fields] OR "physiology"[MeSH
Terms])) OR (("pain"[MeSH Terms] OR "pain"[All Fields]) AND
("reduction"[All Fields] OR "reductions"[All Fields])) OR (("spinal"[All
Fields] OR "spinalization"[All Fields] OR "spinalized"[All Fields] OR
"spinally"[All Fields] OR "spinals"[All Fields]) AND ("stabile"[All Fields]
OR "stabiles"[All Fields] OR "stabilisation"[All Fields] OR
"stabilisations"[All Fields] OR "stabilise"[All Fields] OR "stabilised"[All
Fields] OR "stabiliser"[All Fields] OR "stabilisers"[All Fields] OR
"stabilises"[All Fields] OR "stabilising"[All Fields] OR "stabilities"[All
Fields] OR "stability"[All Fields] OR "stabilization"[All Fields] OR
"stabilizations"[All Fields] OR "stabilize"[All Fields] OR "stabilized"[All
Fields] OR "stabilizer"[All Fields] OR "stabilizers"[All Fields] OR
"stabilizes"[All Fields] OR "stabilizing"[All Fields])) OR ("respiratory
physiological phenomena"[MeSH Terms] OR ("respiratory"[All Fields] AND
"physiological"[All Fields] AND "phenomena"[All Fields]) OR "respiratory
physiological phenomena"[All Fields] OR ("respiratory"[All Fields] AND
"function"[All Fields]) OR "respiratory function"[All Fields] OR
```

"respiration"[MeSH Terms] OR "respiration"[All Fields])) AND ("diaphragm"[MeSH Terms] OR "diaphragm"[All Fields] OR ("breathing exercises"[MeSH Terms] OR ("breathing"[All Fields] AND "exercises"[All Fields]) OR "breathing exercises"[All Fields]) OR ("respiratory therapy"[MeSH Terms] OR ("respiratory"[All Fields] AND "therapy"[All Fields]) OR "respiratory therapy"[All Fields])) AND ("low back pain"[MeSH Terms] OR ("low"[All Fields] AND "back"[All Fields] AND "pain"[All Fields]) OR "low back pain"[All Fields] OR ("low back pain"[MeSH Terms] OR ("low"[All Fields] AND "back"[All Fields] AND "pain"[All Fields]) OR "low back pain"[All Fields] OR ("lumbar"[All Fields] AND "pain"[All Fields]) OR "lumbar pain"[All Fields]) OR ("low back pain"[MeSH Terms] OR ("low"[All Fields] AND "back"[All Fields] AND "pain"[All Fields]) OR "low back pain"[All Fields] OR ("low"[All Fields] AND "back"[All Fields] AND "pains"[All Fields]) OR "low back pains"[All Fields]) OR ("low back pain"[MeSH Terms] OR ("low"[All Fields] AND "back"[All Fields] AND "pain"[All Fields]) OR "low back pain"[All Fields] OR ("low"[All Fields] AND "backache"[All Fields]) OR "low backache"[All Fields]) OR ("low back pain"[MeSH Terms] OR ("low"[All Fields] AND "back"[All Fields] AND "pain"[All Fields]) OR "low back pain"[All Fields] OR ("low"[All Fields] AND "backaches"[All Fields])) OR ("low back pain"[MeSH Terms] OR ("low"[All Fields] AND "back"[All Fields] AND "pain"[All Fields]) OR "low back pain"[All Fields] OR "lumbago"[All Fields]))))

Equation pour *Scopus* : (recherché dans « article title, abstract, keywords »).

("low back pain" OR "lumbar pain" OR "low back pains" OR "low backache" OR "low backaches" OR "lumbago" OR "lumbar discomfort" OR "lumbar ache") AND ("diaphragm" OR "breathing exercises" OR "respiratory therapy" OR "breathing techniques" OR "diaphragmatic breathing" OR "respiratory exercises") AND ("function" OR "functional ability" OR "functional capacity" OR "functional performance" OR "functional impairment" OR "Pain Reduction" OR "Spinal Stability" OR "Respiratory Function")

Equation pour *Embase* :

('low back pain'/exp OR 'low back pain' OR (low AND ('back'/exp OR back) AND ('pain'/exp OR pain)) OR 'lumbar pain'/exp OR 'lumbar pain' OR (lumbar AND ('pain'/exp OR pain)) OR 'low back pains' OR (low AND ('back'/exp OR back) AND pains) OR 'low backache'/exp OR 'low backache' OR (low AND ('backache'/exp OR backache)) OR 'low backaches' OR (low AND backaches) OR 'lumbago'/exp OR lumbago) AND ('diaphragm'/exp OR diaphragm) AND ('function'/exp OR function OR 'Pain Reduction' OR 'Spinal Stability' OR 'Respiratory Function')

La période de recherche s'est déroulée de juin 2023 à novembre 2023. Elle a permis une exploration approfondie des publications parues entre 2015 et 2022.

3. Critères d'éligibilités

Pour l'élaboration de cette revue systématique, la méthode PICO(S) a été adoptée comme base de la stratégie de recherche.

Les critères d'inclusion définis pour orienter la sélection des études sont détaillés ci-dessous :

- Types de participants : Toutes études portant sur des individus, qu'il s'agisse d'adultes ou d'enfants, souffrant de douleur lombaire non spécifique (DLNS) chronique ou subaiguë.
- Types d'interventions : Les études évaluant des interventions thérapeutiques axées sur le diaphragme ou les muscles inspiratoires, telles que la thérapie respiratoire, le renforcement et la mobilisation passive. L'accent est mis sur les effets de ces interventions sur les fonctions physiques des patients souffrant de DLNS, notamment en ce qui concerne la douleur, la stabilité, les capacités inspiratoires.
- Types de comparaisons : Toute étude comparant des patients avec DLNS à un groupe témoin ou contrôle.

- Types d'études : Les articles sélectionnés correspondent à des essais contrôlés randomisés dont le texte intégral est accessible en anglais ou en français, et qui ne présentent pas de conflit d'intérêt ni de financement.

Les critères d'exclusion étaient les suivants :

- Types de participants : Les études ne comportant pas au moins un groupe de patients avec DLNS. De même, sont exclues les études concernant des patients avec des affections lombaires autres que la DLNS chronique ou subaiguë, telles que des tumeurs, fractures, infections, rhumatismes inflammatoires, grossesse, scoliose, radiculopathies, chirurgie du rachis, ainsi que les douleurs spécifiques sacro-iliaques.
- Types d'étude : Ont été exclues les études qui ne sont pas des essais contrôlés randomisés, celles portant sur des sujets autres que des êtres humains, ainsi que celles rédigées dans une langue autre que l'anglais ou le français.

4. Sélection des études

Dans une première étape, toutes les références ont été collectées à partir des trois bases de données (Pubmed, Embase et Scopus). Ensuite, les doublons ont été éliminés à l'aide du logiciel Endnote X9. Par la suite, une sélection a été effectuée en fonction des titres et des abstracts des articles. Enfin, une analyse approfondie des textes intégraux a permis d'affiner davantage la sélection. L'éligibilité des articles a été évaluée de manière indépendante par deux évaluateurs (A.M. et A.B), en se référant aux critères d'inclusion et d'exclusion puis remis en commun.

5. Extraction des données

L'extraction des données a été réalisée par deux examinateurs de manière indépendante. Les informations recueillies englobent des paramètres tels que la taille de l'échantillon, le sexe, l'âge, le type de lombalgie, la durée des études, la nature de l'intervention, les paramètres analysés et les résultats.

Le score PEDro est une échelle d'évaluation utilisée en recherche pour évaluer la qualité méthodologique des essais cliniques randomisés. Dotée de 11 items, cette échelle prend en compte divers aspects dont l'attribution aléatoire des participants, la mise en aveugle des évaluateurs et la gestion des abandons. Chaque critère respecté confère un point, pour un score total allant de 0 à 10, le premier item étant purement informatif et donc exclu du décompte final. Dans le cadre de ce travail, les deux examinateurs (A.M. et A.B) ont individuellement évalué chaque étude à l'aide du score PEDro.

RESULTATS

1) Identification et sélection des études

La recherche initiale a permis d'identifier un total de (n=388) études à partir de trois bases de données principales : PubMed (n=236), Scopus (n=76) et Embase (n=76). Après l'exclusion des doublons via le logiciel Endnote X9, le nombre d'études retenues était de (n=326).

L'exclusion des études restantes avec les critères PICO(S) a conduit à la sélection de (n=30) études. Parmi celles-ci, seuls les RCT ont été conservés pour la revue systématique, aboutissant à la sélection finale de (n=10) articles. Les types d'études non incluses sont les suivantes : études observationnelles (n=3), revues (n=3), revues narratives (n=1), études de cas (n=4), études transversales (n=2), études pilotes (n=2), protocole d'étude (n=1) et études ne correspondant pas aux critères d'éligibilité (n=1).

De plus, (n=3) études n'ont pas pu être incluses en raison de l'indisponibilité des textes intégraux. Ainsi, un total de (n=10) articles, tous des RCT, ont été inclus dans cette revue systématique. La sélection des études est résumée dans le diagramme de flux « **Fig. 1** ».

2) Caractéristiques des études incluses

a) Design

Dans cette revue, toutes les études sont des RCT publiés entre 2015 et 2022. Les études utilisent différentes formes de randomisation, telles que la randomisation simple (n=7) et par blocs (n=3). Selon les articles examinés, un traitement conservateur comprend des pratiques non chirurgicales comme les exercices de réhabilitation, les étirements, les mobilisations et l'électrothérapie.

Cinq des études ont précisé leurs critères d'éligibilité (Ahmadnezhad, L., et al. 2020, Otadi, K., et al. 2021, Martí-Salvador, M., et al. 2018, Dülger, E., et al. 2018 et Vicente-Campos, D., et al. 2021). En ce qui concerne le Blinding, on peut retrouver deux articles en simple aveugle (Marugán-Rubio, D., et al. 2022 et Vicente-Campos, D., et al. 2021) et un article en double aveugle (Martí-Salvador, M., et al. 2018).

Les études de cette revue ont été menées dans de multiples pays : (n=2) en Iran (Ahmadnezhad, L., et al. 2020, Otadi, K., et al. 2021), (n=1) en Turquie (Dülger, E., et al. 2018), (n=2) en Hongrie (Finta, R., et al. 2018, Finta, R., et al. 2020), (n=1) en Belgique (Janssens, L., et al. 2015), (n=3) en Espagne (Martí-Salvador, M., et al. 2018, Vicente-Campos, D., et al. 2021, Marugán-Rubio, D., et al. 2022) et (n=1) en Corée (Oh, Y. J., et al. 2020). La durée des études s'étend de 4 à 12 semaines et (n=6) se sont déroulées dans des universités et en centre de soin (n=4). Le Design des études est résumé dans le « **Tableau 2** ».

b) Sujets

Les sujets inclus présentaient des DLNS, qu'elles soient chroniques ou subaiguës. Le nombre total de participants est de 433 sujets. Les études de cette revue comprennent environ 131 hommes et 303 femmes (Finta, R., et al. 2020 n'ayant pas déclaré la répartition entre hommes et femmes), avec certaines études ne comptant que des femmes (Oh, Y. J. et al. 2020, Finta, R. et al. 2018, Dülger, E. et al. 2018). L'âge moyen des patients des études varie entre 21 ans (Finta R. et al. 2020) et 44.5 ans (Oh Y. J. et al. 2020). Les intervalles d'âge vont de 18 ans (Ahmadnezhad, L., et al. 2020, Martí-Salvador, M., et al. 2018, Vicente-Campos, D., et al. 2021) à 60 ans (Martí-Salvador, M., et al. 2018).

La répartition des participants au sein des études est résumée dans le « **Tableau 3** ».

c) Intervention

Toutes les études sélectionnées ont collecté des données sur les patients à l'aide de questionnaires et de tests tels que l'Échelle Visuelle Analogique (VAS), le Questionnaire Roland-Morris (RMQ), l'Échelle Numérique de Douleur (NRS), le Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), le Health Status Questionnaire (SF-12), l'Indice de Déficience d'Oswestry version coréenne (ODI-K), ainsi que des mesures spécifiques telles que l'échographie du diaphragme, des tests de spirométrie et la mesure de la Pression Inspiratoire Maximale (MIP). Parmi les 10 études analysées, plusieurs ont utilisé des méthodes d'évaluations spécifiques, comme les tests de stabilité fonctionnelle modifiés (mFRT, mLRT), le test d'Équilibre en Étoile (SEBT), le Déplacement du Centre de Pression (CoP), le test

d'endurance (UHBE) et l'Unité de Biofeedback de Pression Stabilizer™ pour mesurer la stabilité lombo pelvienne.

Présentation des outils utilisés en lien avec la question de recherche

Échelle Visuelle Analogique (VAS) et l'Échelle Numérique de Cotation (NRS)

Les échelles NRS (Vicente-Campos, D., et al. 2021, Janssens, L., et al. 2015, Otadi, K., et al.) et VAS (Marugán-Rubio D. et al. 2022, Martí-Salvador M. et al. 2018 et Finta R. et al. 2018) sont utilisées pour évaluer l'intensité de la douleur. L'échelle NRS, utilise une ligne numérotée de 0 à 10, où le sujet choisit un chiffre correspondant à sa douleur. En revanche, l'échelle VAS utilise une ligne de 10 cm sans numéros, avec "absence de douleur" à une extrémité et "pire douleur imaginable" à l'autre, où le sujet marque un point en fonction de son ressenti.

Questionnaire Roland-Morris pour la Douleur Lombaire (RMQ)

Le Questionnaire Roland-Morris pour la Douleur Lombaire est destiné à mesurer l'incapacité fonctionnelle liée à la douleur lombaire. Il se compose de 24 questions auxquelles les patients répondent par "oui" ou "non" en fonction de leur aptitude à accomplir leurs activités quotidiennes. Chaque réponse affirmative augmente le score, signalant ainsi un niveau plus élevé d'incapacité. Les études ayant utilisé ce questionnaire incluent celles menées par Marugán-Rubio D. et al. 2022, Martí-Salvador M. et al. 2018, et Vicente-Campos D. et al. 2021.

SF-MPQ (Short-Form McGill Pain Questionnaire)

Le SF-MPQ est une version abrégée du McGill Pain Questionnaire, conçue pour évaluer la qualité et l'intensité de la douleur. Il comporte des descripteurs sensoriels et affectifs de la douleur, permettant de décrire l'expérience douloureuse. Martí-Salvador M. et al. (2018) ont utilisé le SF-MPQ pour mesurer la douleur dans leur étude.

Échographie Diaphragmatique

L'Échographie Diaphragmatique est une technique d'imagerie utilisée pour évaluer visuellement l'épaisseur, le mouvement, et la fonctionnalité du diaphragme. Cette méthode permet de mesurer la capacité du muscle diaphragmatique à se contracter et à se relâcher, permettant d'avoir des informations sur son rôle dans la respiration

et la stabilité. Parmi les recherches qui ont fait appel à cette technique, on compte les études de Marugán-Rubio D. et al. 2022, Oh Y. J. et al. 2020, Finta R. et al. 2020, Dülger E. et al. 2018, Vicente-Campos D. et al. 2021.

Spirométrie

La spirométrie est une évaluation pulmonaire qui mesure la quantité d'air qu'une personne peut inspirer et expirer, ainsi que la vitesse à laquelle l'air est expulsé. Les études de Marugán-Rubio D. et al. 2022 et de Oh Y. J. et al. 2020 comportent des mesures de spirométrie.

Mesure de la Pression Inspiratoire Maximale (MIP)

La MIP est un test qui évalue la force des muscles inspiratoires en mesurant la pression maximale qu'un individu peut générer lors d'une inspiration contre une résistance. Les études qui ont inclus ce test comprennent celles menées par Finta R. et al. 2020, Janssens L. et al. 2015, Marugán-Rubio D. et al. 2022, Vicente-Campos, D., et al. 2021 et Oh, Y. J., et al. 2020.

Tests d'Équilibre et de Stabilité

Cette section comprend le test de stabilité modifié fonctionnel assis (mFRT) et le test modifié de levée latérale (mLRT), qui ont été utilisés par Finta R. et al. 2020. Le mLRT permet de mesurer la capacité du patient à atteindre les côtés gauche et droit en position assise, ce qui évalue les limites de stabilité latérale du tronc. Le mFRT mesure la capacité d'un patient à se pencher en avant en position assise, ce qui évalue la limite de la stabilité vers l'avant.

Le Test d'Équilibre en Étoile (SEBT) a été employé par Otadi K. et al. 2021 pour évaluer l'équilibre dynamique. Il mesure la capacité d'un patient à atteindre avec le pied plusieurs directions autour du corps en maintenant une position stable avec la jambe opposée.

Le test d'endurance (UHBE) utilisé par Otadi K. et al. 2021 évalue la stabilité au niveau vertébrale. Le participant est allongé sur le dos et soulève son bassin pour atteindre une position neutre, puis étend une jambe tout en maintenant les cuisses parallèles. Il doit conserver cette position le plus longtemps possible. Le test se termine lorsque le patient ne peut plus maintenir une position du bassin neutre.

Évaluation de la Proprioception et du Contrôle Postural

Le Déplacement du Centre de Pression (CoP) mesure les mouvements du corps pour maintenir l'équilibre en position debout. Il enregistre comment le corps ajuste sa posture pour rester stable. Ce test aide à comprendre quelles parties du corps, comme les pieds ou le dos, sont utilisées pour garder l'équilibre. Ce test a été utilisé par Janssens L. et al. 2015 pour approfondir leur compréhension du contrôle postural.

Unité de Biofeedback de Pression Stabilizer™

Appareil utilisé pour mesurer la stabilité au niveau du bas du dos en surveillant les changements de pression lorsqu'une personne effectue des mouvements en position allongée. Le coussin gonflable placé sous le bas du dos est ajusté à une certaine pression, et toute modification de cette pression indique un mouvement incontrôlé. Ceci permet d'évaluer la capacité des muscles à stabiliser cette zone durant l'exercice. Dülger E. et al. 2018 ont intégré ce test dans leur recherche.

Type d'intervention

Les différentes interventions utilisées, leurs objectifs et leurs méthodes sont résumés dans le « **Tableau 4** », mettant en évidence les différentes approches pour traiter la douleur lombaire et améliorer les fonctions inspiratoires et de stabilisation.

d) Résultats principaux

Marugán-Rubio, D., et al. 2022 : Cette RCT avait pour but de statuer sur l'efficacité du biofeedback visuel par ultrasonographie du diaphragme combiné à l'entraînement des muscles inspiratoires chez les athlètes souffrant de douleur lombo-pelvienne non spécifique. L'étude a impliqué 64 athlètes (39 hommes et 25 femmes, âge moyen : 33 ans) qui ont été répartis en deux groupes : un groupe a reçu un biofeedback visuel du diaphragme avec un entraînement musculaire inspiratoire à haute intensité (RUSI+IMT), et l'autre seulement l'entraînement musculaire inspiratoire (IMT). Les paramètres évalués incluent l'épaisseur du diaphragme pendant la respiration, la pression inspiratoire maximale (MIP), la douleur (VAS), l'incapacité (RMQ), la qualité de vie (SF-12), et les paramètres spirométriques. Après 8 semaines, des améliorations significatives du volume expiratoire forcé en une seconde (FEV1) ont été observées dans le groupe

(RUSI+IMT) par rapport au groupe (IMT) seul (p-valeur = 0.015) avec une taille d'effet moyenne (Cohen's d = 0.62). Aussi les résultats portent sur la MIP (EXP : +24.03 cmH₂O Cohen 0.31 p-valeur = 0.218), la VAS (EXP : -3.75 Cohen 0.03 p-valeur = 0.698) et l'épaisseur de diaphragme (EXP : +0.01mm Cohen 0.00 p-valeur 0.790).

Finta, R., et al. 2020 : Cette RCT avait pour objectif d'évaluer l'efficacité due renforcement du diaphragme sur la stabilité du tronc et la fonction inspiratoire chez des patients souffrant de lombalgies chroniques non spécifiques. L'étude s'inscrit dans la poursuite d'un projet plus large (ID NCT03600207). Pour cela, l'étude se base sur 52 sujets ayant des douleurs lombaires depuis au moins 3 mois (60% au-delà d'un an), distribués aléatoirement dans un groupe expérimental (DT) et un groupe contrôle (C) recevant un entraînement de 8 semaines avec 2 sessions hebdomadaires de 60 min. Les mesures utilisées dans l'étude sont : l'excursion thoracique, la MIP, la PIF, le volume d'air inspiré, le mFRT, le mLRT à gauche et à droite. Les prises de mesures ont été faites avant et après intervention. Les résultats de ces mesures montrent que la MIP (EXP : +32cmH₂O p-valeur = 0.0001) et la stabilité (EXP : mFRT +5.1cm p-valeur = 0.0001 mLRT +3.0cm p-valeur = 0.0001) sont améliorées seulement dans le groupe expérimental (p < 0.0001). En conclusion, cet article souligne la relation causale entre le renforcement diaphragmatique et la stabilité. De plus, l'article ouvre sur la perspective de préconiser un renforcement diaphragmatique pour des patients DLNS qui ne pourraient pas effectuer les exercices conventionnels.

Vicente-Campos, D., et al. 2021 : Cette RCT avait pour but d'examiner les effets d'un programme de huit semaines de gymnastique abdominale hypopressive (HAG) sur la force musculaire inspiratoire, l'épaisseur du diaphragme, le handicap et la douleur chez des patients souffrant de DLNS chroniques depuis au moins 6 mois. L'étude regroupe 40 patients divisés en 2 groupes de manière aléatoire : un groupe expérimental qui a suivi un programme HAG et un groupe contrôle qui ne reçoit aucun traitement. Les mesures prises en compte sont : l'épaisseur du diaphragme (EXP : +0.33mm Cohen : 1.40 p-valeur = 0.001), la PImax (EXP : +20.45cmH₂O Cohen 2.30 p-valeur = 0.001), le NRS (EXP : -2.20 Cohen : 1.16 p-valeur = 0.001) et le RMQ. Les prises de mesures ont été effectuées avant et après intervention. Les résultats de ces mesures montrent qu'il y a des différences

significatives ($p<0.05$) sur l'augmentation de l'épaisseur diaphragmatique, la P_{Imax} (EXP : + 20.45cmH₂O), une diminution de la NRS et du score RMQ dans le groupe d'intervention. En conclusion, le programme d'entraînement HAG aurait un effet bénéfique sur la douleur et la force d'inspiration chez le sujet atteint de DLNS chronique.

Ahmadnezhad, L., et al. 2020 : Cette RCT a pour objectif de déterminer si le renforcement IMT a un impact sur la stabilité lombaire, la fonction pulmonaire et la douleur chez des athlètes atteints de DLNS. L'étude prend en compte 47 sujets (23 hommes et 24 femmes), tous athlètes de weightlifting et powerlifting issus du laboratoire de réhabilitation clinique avec 3 ans d'expérience, divisés en 2 groupes aléatoires : un groupe expérimental (groupe IMT) et un groupe contrôle (qui a simplement continué son entraînement habituel). L'expérience porte sur 8 semaines avec 7 entraînements par semaine, deux fois par jour, en utilisant l'appareil Powerbreathe dans lequel les sujets devaient respirer 30 fois. L'étude s'intéresse à l'activité des muscles inspiratoires et stabilisateurs (comme le transverse, multifides) et les quantifie grâce à des variables comme le VC, FVC, FEV₁, et le FEV₁/VC. Afin de pouvoir quantifier la douleur lombaire des sujets, l'échelle VAS est utilisée. Les résultats montrent une augmentation de l'activité pulmonaire, de celle du multifide et du transverse abdominal dans le groupe expérimental avec renforcement inspiratoire ($P<0.05$) ainsi qu'une diminution de la VAS ($P<0.05$). La conclusion de cette étude tend vers une réduction de la douleur lombaire et une amélioration de la stabilité lombaire par renforcement des muscles stabilisateurs comme le multifide et le transverse abdominal grâce à l'utilisation de l'IMT.

Martí-Salvador, M., et al. 2018 : Cette RCT a pour objectif de déterminer si les manipulations ostéopathiques spécifiques au diaphragme améliorent la douleur et l'invalidité chez des sujets atteints de DLNS chronique. L'étude comporte 66 participants diagnostiqués avec une DLNS chronique depuis au moins 3 mois sans autres affections particulières. Les groupes ont été formés de manière aléatoire et homogène par générateur. L'intervention s'étend sur 4 semaines avec 5 sessions de 45 minutes d'OMT comprenant 5 manipulations passives, puis 4 interventions passives spécifiques sur le diaphragme. Les outils utilisés pour quantifier les mesures de la douleur sont : le SF-MPQ, la VAS et le RMQ. Les résultats montrent

une réduction significative de la douleur (EXP : -44.7 p-valeur<0.001) dans le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle ainsi qu'une réduction de l'incapacité lombaire (P< 0.001). En conclusion de cette étude, il est mis en évidence que l'OMT spécifiquement axé sur le diaphragme des sujets atteints de DLNS chronique améliore la douleur et l'incapacité lombaire.

Oh, Y. J., et al. 2020 : Cette RCT a pour objectif de comparer les effets du renforcement lombaire par exercice de stabilisation, soit ADIM, avec et sans résistance respiratoire, sur les femmes avec DLNS. Les 44 femmes qui composent l'étude ont été sélectionnées en raison de leur diagnostic de DLNS chronique depuis au moins 6 semaines. Les groupes ont été constitués de manière aléatoire et homogène à l'aide d'un générateur. Les exercices ont été réalisés lors de séances de 50 minutes, trois fois par semaine pendant quatre semaines. Les évaluations comprenaient des mesures telles que l'échelle visuelle analogique quadruple (QVAS), l'indice de handicap d'Oswestry version coréenne (ODI-K), l'épaisseur et le taux de contraction du diaphragme, ainsi que des tests de capacité pulmonaire. Les résultats montrent des différences significatives dans les scores QVAS (EXP : -1.94), ODI-K et l'épaisseur du diaphragme (EXP : +0.22mm) entre le groupe expérimental et le groupe contrôle, en faveur du groupe expérimental (P<0.05). En conclusion, le programme de renforcement ADIM avec résistance respiratoire a un impact positif sur la douleur, l'épaisseur diaphragmatique, la contraction diaphragmatique et la fonction pulmonaire.

Janssens, L., et al. 2015 : Les objectifs de cette RCT sont de montrer s'il existe un lien entre le renforcement des muscles inspiratoires par IMT et la proprioception chez le sujet DLNS chronique, mais aussi d'évaluer les effets de l'IMT sur la force des muscles inspiratoires ainsi que la sévérité de la lombalgie. Pour cela, l'étude se base sur 28 participants (18 femmes et 10 hommes) atteints de DLNS chronique, avec au moins trois épisodes douloureux sur les 6 derniers mois, assignés de manière aléatoire dans un groupe expérimental (high-IMT group) et un groupe contrôle (low-IMT group). L'entraînement IMT a duré 8 semaines à raison de 7 fois par semaine, deux fois par jour et 30 respirations dans un POWERbreathe Medic ©. Les mesures utilisées dans l'étude sont : la mesure du déplacement du centre de pression du pied lors de la vibration sur la plaque de pression, P_{lmax} et la NRS. Les prises de mesures ont été faites avant et après

l'intervention. Les résultats montrent que la P_Imax (EXP : +42cmH₂O p-valeur=0.001), la NRS (EXP : -3 p-valeur=0.001) et la proprioception sur surface instable s'améliorent dans le groupe high-IMT. En conclusion de cet article, l'amélioration de la force musculaire inspiratoire par l'IMT à haute intensité chez les sujets atteints de DLNS chronique impacte la proprioception et adapte ainsi la demande posturale du tronc tout en réduisant la stratégie de cheville.

Finta, R., et al. 2018 : Cette RCT avait pour but d'évaluer les effets d'un entraînement diaphragmatique de 8 semaines sur la lombalgie chronique, ainsi que sur les muscles stabilisateurs de la colonne lombaire. Cinquante-deux individus souffrant de douleurs lombaires chroniques non spécifiques depuis au moins 3 mois ont été recrutés et répartis aléatoirement en un groupe expérimental (DT, n=26) et un groupe contrôle (C, n=21). Le groupe DT a suivi un entraînement complexe et un entraînement diaphragmatique, tandis que le groupe contrôle a suivi seulement l'entraînement complexe. Les mesures utilisées sont : l'épaisseur du diaphragme (EXP : +0.008mm p-valeur=0.001), des muscles multifides et transverse, et la douleur a été évaluée par l'ODI (Oswestry Disability Index). Les mesures ont été réalisées par échographie. Les mesures ont été effectuées avant et après intervention, en position relâchée puis contractée. Les résultats de ces mesures montrent que la sévérité de la douleur a significativement diminué dans les deux groupes, alors que l'épaisseur des différents muscles étudiés n'a augmenté que dans le groupe expérimental. En conclusion, les résultats indiquent effectivement un épaissement des muscles étudiés, dû à l'entraînement diaphragmatique.

Dülger, E., et al. 2018 : Cette RCT avait pour but d'évaluer les effets des exercices de stabilisation sur l'épaisseur et le mouvement du diaphragme, ainsi que sur la stabilité lombo pelvienne chez des femmes souffrant de DLNS chronique depuis au moins 6 mois. Vingt-et-une femmes ont participé à l'étude, divisées en deux groupes : le groupe de traitement (n=11) a effectué des exercices de stabilisation incluant un entraînement au contrôle moteur, tandis que le groupe contrôle (n=10) a réalisé des exercices de renforcement pour les muscles dorsaux, abdominaux et des hanches, ceci sur 10 semaines. Les mesures utilisées dans l'étude sont l'épaisseur du diaphragme et les mouvements du diaphragme. Les mesures ont été prises à l'aide d'échographie. Les prises de mesures ont été effectuées avant et après intervention.

Les résultats de ces mesures montrent que le groupe expérimental améliore l'épaisseur de son diaphragme et la stabilité lombaire chez les femmes atteintes de DLNS chronique ($P < 0,05$). Cependant, il n'y a pas de changement significatif dans le mouvement du diaphragme dans les deux groupes. En conclusion, l'amélioration constatée de l'épaisseur du diaphragme et de la stabilité lombo pelvienne encourage l'introduction des exercices de stabilisation lombaire dans les traitements de DLNS chroniques.

Otadi, K., et al. 2021 : Cette RCT a pour but d'analyser la relation entre l'entraînement diaphragmatique avec stimulation électrique et la douleur, la fonction, et l'équilibre chez les athlètes souffrant de DLNS chronique. Pour cela, l'étude se base sur 24 individus DLNS chronique ayant des douleurs depuis au moins 12 semaines. Ils ont été répartis de manière aléatoire dans un groupe expérimental qui recevait un entraînement et le TENS (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation) et un groupe contrôle dans lequel seul le TENS était donné. L'expérience a duré quatre semaines, comprenant 12 séances d'entraînement. L'étude utilise les mesures suivantes : le NRS, le SEBT et l'UHBE. Les mesures ont été faites avant et après intervention. Les résultats montrent une amélioration de la douleur ($p < 0.001$), de la stabilité statique ($p < 0.001$) et dynamique ($p < 0.01$) dans le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle. Cependant, la fonction a été améliorée dans les deux groupes. La conclusion principale de cet article est qu'un entraînement incluant le diaphragme semble apporter un bénéfice dans la réhabilitation des athlètes souffrant de DLNS chronique.

Risques de biais

L'échelle PEDro a été choisie pour évaluer les risques de biais dans cette revue systématique, car elle est appropriée pour évaluer les RCT. L'analyse a inclus un total de 10 RCT. Les deux évaluateurs (A.M et A.B) ont évalué les articles de manière indépendante à l'aide de cette échelle.

Voir les résultats des évaluations dans le « **Tableau 5** ».

Interprétations des scores de chaque article de la revue (Foley et al., 2006) :

- PEDro score 9-10 : excellent
- PEDro score 6-8 : très bien
- PEDro score 4-5 : acceptable
- PEDro score < 4 : insuffisant

La moyenne des scores obtenus à partir de l'échelle PEDro pour les 10 articles évalués est de 5,3 [3-8], indiquant une qualité méthodologique acceptable des études incluses dans cette revue systématique.

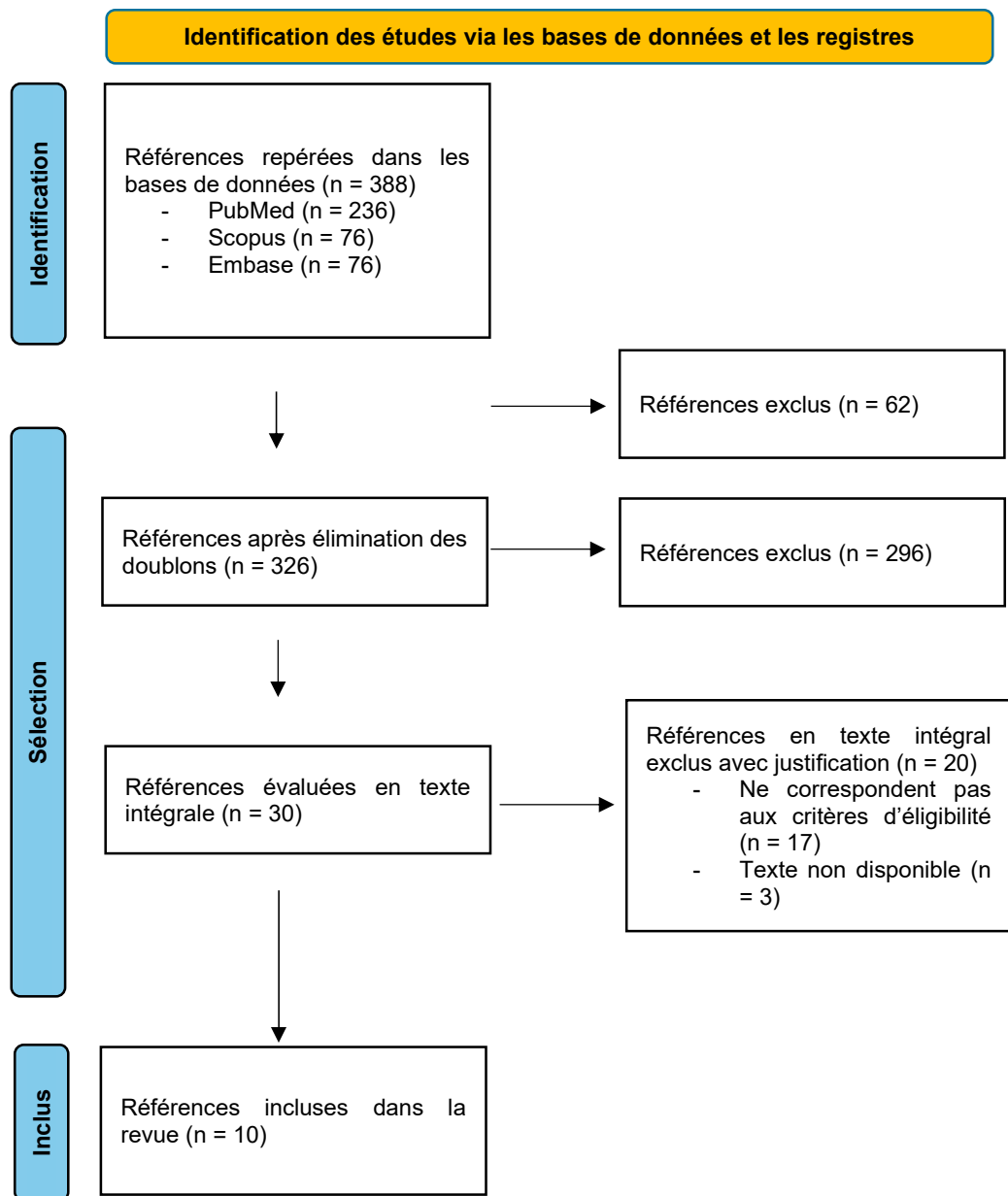


Fig. 1. Diagramme de flux selon les recommandations PRISMA 2020.

Table 2. Design des études.

Articles (Auteurs & années)	Durée de l'étude	Traitement du groupe contrôle	Blinding	Cadre de l'étude
Ahmadnezhad, L., et al. 2020	8 semaines	Entraînement de Powerlifting sans ajout des muscles inspiratoires (IMT)	-	Clinique / Salle de sport
Marugán-Rubio, D., et al. 2022	8 semaines	Entraînement intensif des muscles inspiratoires à haute intensité (IMT)	Simple	Université
Oh, Y. J., et al. 2020	4 semaines	Exercices de stabilisation lombaire sans résistance respiratoire	-	Hôpital
Finta, R., et al. 2020	8 semaines	Conservateur	-	Université
Otadi, K., et al. 2021	4 semaines	TENS seul	-	Clinique
Janssens, L., et al. 2015	8 semaines	Exercices respiratoires à une intensité moins élevée que le groupe expérimental	-	Université
Martí-Salvador, M., et al. 2018	12 semaines	Manipulations passives sans techniques ciblées sur le diaphragme	Double	Centres de santé privés
Finta, R., et al. 2018	8 semaines	Conservateur	-	Université
Dülger, E., et al. 2018	10 semaines	Conservateur	-	Université
Vicente-Campos, D., et al. 2021	8 semaines	Absence d'intervention	Simple	Université

Table 3. Participants aux études.

Articles (Auteurs & années)	Lombalgie non spécifique traitée	Nombre de sujets (n=433)	Type de population traitée (H : homme / F : femme)	Age moyen	Intervalle d'âge
Ahmadnezhad, L., et al. 2020	Chronique	47	23 H / 24 F	Contrôle : $21,4 \pm 2$ Expérimental : $22,3 \pm 1,4$	18 à 25 ans
Marugán-Rubio, D., et al. 2022	Subaiguë	64	39 H / 25 F	Contrôle : $33,9 \pm 6,5$ ans Expérimental : $32,3 \pm 8,2$ ans	19 à 52 ans
Oh, Y. J., et al. 2020	Subaiguë	44	Uniquement des femmes	Contrôle : $44,45 \pm 2$ ans Expérimental : $46,1 \pm 2,5$	40 à 49 ans
Finta, R., et al. 2020	Chronique	47	Pas d'informations	Contrôle : 21 ± 4 ans Expérimental : $22 \pm 4,7$ ans	20 à 25 ans
Otadi, K., et al. 2021	Chronique	24	Groupe contrôle : 5 H / 7 F Groupe expérimental : 7 H / 5 F	Contrôle : $34,2 \pm 10$ ans Expérimental : $36,2 \pm 8,9$ ans	20 à 50 ans
Janssens, L., et al. 2015	Chronique	28	10 H / 18 F	Contrôle : 33 ± 7 ans Expérimental : 32 ± 9 ans	23 à 42 ans
Martí-Salvador, M., et al. 2018	Chronique	66	Groupe contrôle : 13 H / 20 F Groupe expérimental : 18 H / 20 F	Contrôle : $41,7 \pm 10,3$ Expérimental : $43,4 \pm 10,8$ ans	18 à 60 ans
Finta, R., et al. 2018	Chronique	52	Uniquement des femmes	Contrôle : $21,3 \pm 4$ ans Expérimental : $22,3 \pm 5$ ans	18 à 26 ans
Dülger, E., et al. 2018	Chronique	21	Uniquement des femmes	Contrôle : $32,4 \pm 8$ ans Expérimental : $27,3 \pm 8$	19 à 40 ans
Vicente-Campos, D., et al. 2021	Chronique	40	Groupe contrôle : 9 H / 11 F Groupe expérimental : 7 H / 13 F	Contrôle : $23,9 \pm 7,3$ ans Expérimental : $23,2 \pm 4,5$ ans	18 à 35 ans

Table 4. Résumé des interventions.

Articles (Auteurs & années)	Type d'intervention (groupe expérimental)	Objectif	Méthode
Ahmadnezhad, L., et al. 2020	Entraînement des muscles inspiratoires (IMT)	Modification sur l'activité des muscles centraux, paramètres pulmonaires et la douleur	Entraînement musculaire inspiratoire 2 fois/jour, 7 jours/semaine pendant 8 semaines.
Marugán-Rubio, D., et al. 2022	Thérapie respiratoire	Amélioration de la capacité respiratoire	Entraînement musculaire inspiratoire à haute intensité 2 fois/jour, 7 jours/semaine pendant 8 semaines.
Oh, Y. J., et al. 2020	Renforcement avec résistance respiratoire	Diminution de la douleur et amélioration de la fonction pulmonaire	50 min par session, 3 sessions/semaine pendant 4 semaines, avec exercices de stabilisation lombaire et résistance respiratoire.
Finta, R., et al. 2020	Renforcement respiratoire	Amélioration de la stabilité du tronc et de la fonction inspiratoire	Entraînement au renforcement du diaphragme et exercices conventionnels, 60 min par session, 2 fois/semaine pendant 8 semaines.
Otadi, K., et al. 2021	Thérapie respiratoire et stimulation électrique	Diminution de la douleur, amélioration de la fonction et de l'équilibre	12 sessions sur 4 semaines, avec entraînement du diaphragme et TENS 3 fois/semaine.
Janssens, L., et al. 2015	Entraînement des muscles inspiratoires (IMT)	Diminution de la douleur et amélioration de la proprioception	30 respirations, 2 fois par jour, 7 jours par semaine pendant 8 semaines avec une intensité de 60% P _{Imax} pour le groupe haute intensité.
Martí-Salvador, M., et al. 2018	Manipulation ostéopathique avec techniques spécifiques du diaphragme	Diminution de la douleur	5 sessions sur 4 semaines, avec pression douce, traction crâniale et pompage des tissus mous, chaque session durant 45 minutes.
Finta, R., et al. 2018	Entraînement du diaphragme et exercices de stabilisation lombaire	Amélioration de la stabilité segmentaire et réduction de la douleur	60 min par session, 2 fois/semaine pendant 8 semaines, avec exercices de renforcement du diaphragme utilisant un dispositif POWERbreathe et exercices de stabilisation lombaire.
Dülger, E., et al. 2018	Exercices de stabilisation	Augmentation de l'épaisseur du diaphragme et amélioration de la stabilité lombopelvienne	45 minutes par session, 3 fois par semaine pendant 10 semaines, avec des exercices de contrôle moteur et des exercices de renforcement pour les muscles du dos, abdominaux et des hanches.
Vicente-Campos, D., et al. 2021	Gymnastique abdominale hypopressive (HAG)	Augmentation de l'épaisseur du diaphragme, amélioration de la force inspiratoire, diminution de la douleur	Programme supervisé de 8 semaines, 2 sessions par semaine, comprenant des exercices hypopressifs pour améliorer la force des muscles inspiratoires et l'épaisseur du diaphragme.

Table 5. Evaluation du risque de biais via l'échelle PEDro.

Articles	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	NOTE
Ahmadnezhad, L., et al. 2020	V	V	X	V	X	X	X	V	X	V	V	5/10
Marugán-Rubio, D., et al. 2022	X	V	X	V	X	X	V	X	X	V	V	5/10
Oh, Y. J., et al. 2020	X	V	X	V	X	X	X	X	X	V	V	4/10
Finta, R., et al. 2020	X	V	X	V	X	X	X	X	X	V	V	4/10
Otadi, K., et al. 2021	V	V	X	V	X	X	X	V	V	V	V	6/10
Janssens, L., et al. 2015	X	V	X	V	X	X	X	V	V	V	V	6/10
Martí-Salvador, M., et al. 2018	V	V	X	V	V	X	V	V	V	V	V	8/10
Finta, R., et al. 2018	X	V	X	V	X	X	X	V	X	V	V	5/10
Dülger, E., et al. 2018	V	X	X	X	X	X	X	V	X	V	V	3/10
Vicente-Campos, D., et al. 2021	V	V	X	V	X	X	V	V	V	V	V	7/10

DISCUSSION

1. Rappel des objectifs

Les objectifs de cette revue de littérature sont d'examiner l'impact du renforcement diaphragmatique sur les DLNS chroniques ou subaiguës, en se concentrant sur les aspects suivants : la douleur, la pression inspiratoire et la stabilité lombaire définie en introduction.

2. Qualité des études

Les études retenues (n=10) ont toutes reçu des scores provenant de l'échelle PEDro. L'avantage de cette échelle est qu'elle est spécifique aux RCT, qu'elle possède une large acceptation et reconnaissance internationale, ainsi qu'une facilité d'utilisation.

La qualité méthodologique des articles oscille entre 3 catégories (Foley et al., 2006). Pour (n=4) études le score de l'échelle PEDro est considéré comme "très bien", pour (n=5) études, le score est dit "acceptable" et pour (n=1) étude il est considéré comme "insuffisant". Avec une moyenne globale de 5.3/10, les résultats des études de cette revue doivent être analysés avec précaution, en particulier en raison de la petite taille de l'échantillon, de la diversité des outils utilisés et de la durée relativement courte des expériences, limitée à un maximum de 12 semaines.

À l'exception de l'étude de Vicente-Campos D. et al. 2021, qui n'a pas réalisé de traitement sur son groupe contrôle, tous les groupes contrôles des études de cette revue ont réalisé un traitement soit conservateur, soit avec une intensité moindre par rapport au groupe expérimental, ce qui garantit une bonne homogénéité dans les protocoles entre les différents articles.

3. Résumé et interprétation des résultats principaux

Les articles de cette revue aboutissent à des résultats variés. Huit études montrent une amélioration significative de la douleur. Huit études indiquent une amélioration de la stabilité sur plusieurs facteurs. Trois études révèlent une amélioration de la capacité inspiratoire.

4. Remarques sur la réalisation des études sélectionnées

Les études analysées présentent un éventail assez restreint de participants, trois d'entre elles incluent moins de 30 sujets (Otadi, K., et al. 2021 ; Janssens, L., et al. 2015 ; Dülger, E., et al. 2018), ce qui relativise leur prise en compte et impacte la puissance statistique. La tranche d'âge sélectionnée, allant de 18 à 60 ans, permet de représenter la population générale tout en excluant les personnes plus âgées qui auraient posé des problématiques différentes telles que la dégénérescence, l'arthrose et d'autres pathologies liées à l'âge. L'âge moyen des participants est de 31,2 ans.

Dans (n=5) études (Marugán-Rubio, D., et al. 2022, Oh, Y. J., et al. 2020, Finta, R., et al. 2020, Janssens, L., et al. 2015, Finta, R., et al. 2018) les critères d'éligibilité n'ont pas été précisés. La validité externe de ces études est donc impactée.

L'étude de Dülger, E., et al. 2018, ne précise pas explicitement que l'attribution aux groupes a été réalisée de manière aléatoire ce qui n'assure pas que les tests et contrôle sont comparables. De plus, bien que l'article démontre une équivalence initiale des groupes, il y a une différence significative de poids entre les groupes contrôle et expérimental ce qui suggère que ce critère n'est pas pleinement respecté. Enfin, une dernière problématique de cet article réside dans la définition de sa population DLNS. En effet, les participantes ont aussi été diagnostiquées avec une dégénération lombaire, sans définir le terme « dégénération ».

Aucune des (n=10) études de la revue ne respecte l'assignation secrète, ce qui peut introduire des biais systématiques dans le processus d'attribution (Schulz et al 1995).

Excepté l'article de Martí-Salvador, M., et al. 2018, tous les sujets des articles de cette revue ne sont pas en aveugle. Ceci peut amener à penser que les effets du traitement peuvent être dû à des effets placebo. Les thérapeutes de toutes les études confondues n'ont pas effectué les interventions en aveugles. Dans (n=7) études (Ahmadnezhad, L., et al. 2020, Oh, Y. J., et al. 2020, Finta, R., et al. 2020, Otadi, K., et al. 2021, Janssens, L., et al. 2015, Finta, R., et al. 2018, Dülger, E., et al. 2018), les chercheurs connaissaient les groupes d'appartenance des sujets. De ce fait, la validité interne de ces études est impactée.

Malgré le fait que certaines études ne respectent pas les critères d'aveuglement des sujets, des thérapeutes et des examinateurs selon l'échelle PEDro, certains documents indiquent qu'elles ont été réalisées en simple aveugle (Ahmadnezhad, L., et al. 2020, Oh, Y. J., et al. 2020, Otadi, K., et al. 2021). Cependant, même avec cette mention, l'aveuglement pour l'un des trois critères est parfois ambigu ou non précisé, ce qui justifie que ce critère n'a pas été accordé dans notre évaluation PEDro.

Il a été constaté que pour (n=3) articles (Marugán-Rubio, D., et al. 2022, Oh, Y. J., et al. 2020, Finta, R., et al. 2020), les mesures pour au moins un critère de jugement essentiel n'ont pas été obtenues pour plus de 85 % des sujets initialement répartis. Ceci pouvant être une cause de biais.

Enfin, (n=6) études (Ahmadnezhad, L., et al. 2020, Marugán-Rubio, D., et al. 2022, Oh, Y. J., et al. 2020, Finta, R., et al. 2020, Finta, R., et al. 2018, Dülger, E., et al. 2018), n'ont pas été analysées avec la mention "intention de traiter" ce qui impacte la validité interne de ces documents rendant ainsi les résultats moins fiables et représentatifs de l'efficacité du traitement dans la pratique clinique.

Les études de cette revue présentent diverses forces et limitations en fonction de leurs contextes de réalisation. Parmi les articles, (n=6) ont été réalisés en université (Marugán-Rubio, D., et al. 2022, Finta, R., et al. 2020 et 2018, Janssens, L., et al. 2015, Dülger, E., et al. 2018, Vicente-Campos, D., et al. 2021). Cependant, les études universitaires peuvent souffrir de limitations en termes de validité externe en raison d'une population souvent composée de jeunes individus.

Ensuite, (n=4) études (Otadi, K., et al. 2021, Ahmadnezhad, L., et al. 2020, Martí-Salvador, M., et al. 2018, Oh, Y. J., et al. 2020) ont été réalisées en centres de soins. Ces études ont l'avantage de se dérouler dans un environnement impliquant la population générale, et permettent la réplique des conditions cliniques.

Enfin, une étude a été en partie menée dans une salle de sport (Ahmadnezhad, L., et al. 2020). Ici, ce sont des athlètes expérimentés en Powerlifting. Cependant, cette étude est limitée par une population qui n'est pas forcément représentative de la population générale, un biais de sélection dû à une motivation probablement plus

importante pour l'exercice, et une variation des équipements et installations disponibles par rapport à ceux d'un hôpital.

Un article ne fournit pas d'information sur le BMI (Finta, et al., 2018) les mesures prises sont alors potentiellement biaisées par le fait que le BMI a un impact sur la lombalgie (Elgaeva, et., al 2019). De plus, l'utilisation du BMI ne prend pas en compte la différence de poids entre les différents tissus, qu'ils soient adipeux ou musculaires, là où le tissu musculaire apporte un soutien majoré sur la stabilité lombaire et donc minore la douleur lombaire. Pour cette raison d'autres études devront être réalisées en utilisant des mesures comme le BFM (Body Fat Mass), BFR (Body Fat Rate) ou leur association avec le WC (Waist Circumference) et le WHR (Waist-Hip Ratio), permettant ainsi d'apporter une nuance des résultats en minimisant les biais.

Les études portent sur une période allant de 4 semaines (Oh, Y. J., et al. 2020, Otadi, K., et al. 2021) à 12 semaines (Martí-Salvador, M., et al. 2018). Il n'est pas examiné si les résultats sont durables, et par conséquent, si le maintien du renforcement diaphragmatique et/ou des exercices est nécessaire. De plus, aucun article ne mentionne le fait qu'il y ait des résurgences de symptômes ou non après le traitement.

Dans cette revue, il y a un total de 433 participants, dont 131 hommes et 303 femmes. Par conséquent, il y a plus du double de femmes que d'hommes parmi les patients. Certaines des études ne comprennent que des populations féminines (Oh, Y. J. et al. 2020, Finta, R. et al. 2018, Dülger, E. et al. 2018). Cela peut induire un biais de mesure dans le sens où les différences biologiques et physiologiques entre les sexes peuvent influencer la manière dont les interventions sont reçues et les résultats sont mesurés.

Étant donné que l'analyse des résultats ne prend pas en considération les différences intersexes, il serait pertinent d'analyser les données au sein d'une ou d'autres études qui auraient pour objectif de comparer les résultats entre hommes et femmes. Cela permettrait de garantir la validité et l'application des conclusions de l'étude à la fois aux hommes et aux femmes, ou de saisir comment les interventions pourraient être personnalisées en fonction du sexe.

Il est important de prendre en compte la diversité des tailles d'échantillon des études prises en compte. (n=3) études (Otadi, K. et al. 2021, Janssens, L. et al. 2015 et Dülger, E. et al. 2018) ont chacune moins de 30 participants. Ce petit nombre d'échantillons ne reflète pas forcément la population générale, ce qui peut entraîner une surestimation des résultats et avoir un impact sur la puissance statistique de l'analyse.

Par ailleurs, (n=7) études (Ahmadnezhad, L., et al. 2020, Vicente-Campos, D., et al. 2021, Finta, R., et al. 2018 et 2020, Martí-Salvador, M., et al. 2018, Oh, Y. J., et al. 2020, et Marugán-Rubio, D., et al. 2022) ont des échantillons allant de 30 à 70 participants. La puissance statistique de ces études est modérée, mais elles peuvent toujours présenter des limites en matière de représentativité.

Dans cette revue, nous avons (n=8) études (Ahmadnezhad, L., et al. 2020, Finta, R., et al. 2020, Otadi, K., et al. 2021, Janssens, L., et al. 2015, Martí-Salvador, M., et al. 2018, Finta, R., et al. 2018, Dülger, E., et al. 2018, Vicente-Campos, D., et al. 2021) qui utilisent une population de patients qui ont des DLNS chroniques et (n=2) études (Marugán-Rubio, D., et al. 2022 et Oh, Y. J., et al. 2020) qui utilisent une population de patients qui ont des DLNS subaiguës. Cela pose une limite dans le sens, ou le nombre de documents concernant les patients subaigus n'est probablement pas suffisant pour établir une conclusion avérée, d'autant plus que l'étude de (Marugán-Rubio, D., et al. 2022) ne conclut pas sur une amélioration significative de l'épaisseur du diaphragme, de l'intensité de la douleur, de l'incapacité ou la qualité de vie par rapport à l'utilisation isolée de l'IMT chez les athlètes atteints de LPP.

5. Implication des résultats pour la pratique et la recherche

a) Diminution de la douleur en intégrant un travail du diaphragme

Dans cette revue (n=8) études (Ahmadnezhad, L., et al. 2020, Oh, Y. J., et al. 2020, Otadi, K., et al. 2021, Janssens, L., et al. 2015, Martí-Salvador, M., et al. 2018, Finta, R., et al. 2018, Vicente-Campos, D., et al. 2021, Marugán-Rubio, D., et al. 2022) ont conclu à une diminution significative de la douleur. En sachant que l'article de Dülger, E., et al. 2018 ne s'intéresse pas à la douleur mais plutôt à l'épaississement et aux mouvements du diaphragme, ainsi qu'à la stabilité, et n'a donc pas pris ce paramètre en compte. Quant à l'article de Finta, R., et al. 2020, il

est la suite de l'article de Finta, R., et al. 2018, qui, lui, a conclu que son intervention avait amené à une réduction significative de la douleur.

Une limite de cette étude est que les différents articles n'ont pas utilisé les mêmes questionnaires pour recueillir et analyser les données sur la douleur (VAS, NRS, QVAS, ODI, RMQ, SF MPQ, SF 12). Cela affecte donc la validité interne de la revue, car une analyse statistique basée sur un seul questionnaire aurait été plus pertinente et reproductible.

Cela amène à considérer les différentes méthodes qui ont été employées afin de diminuer de manière significative la douleur. Trois méthodes ressortent de cette revue.

Tout d'abord, il y a (n=4) articles qui n'ont utilisé que des traitements basés sur des techniques respiratoires, tels que des IMT (via l'appareil POWERbreathe : Ahmadnezhad, L., et al. 2020, Janssens, L., et al. 2015, Marugán-Rubio, D., et al. 2022) et des exercices de respiration diaphragmatique dans diverses positions (Otadi, K., et al. 2021).

Ensuite, (n=3) ont utilisé des méthodes de renforcement complétées par des traitements respiratoires. Les articles de Oh, Y. J., et al. 2020 et Finta, R., et al. 2018 ont utilisé des techniques de renforcement des fléchisseurs et extenseurs du tronc, de la hanche, des exercices d'équilibre, couplées avec des appareils à résistance respiratoire (POWERbreathe pour Finta, R., et al. 2018 et Expand-a-Lung pour Oh, Y. J., et al. 2020). Quant à l'article de Vicente-Campos, D., et al. 2021, ils ont utilisé la gymnastique hypopressive abdominale. Les techniques de renforcement utilisées dans ces trois études (n=3) n'étant pas les mêmes, cela peut potentiellement avoir un impact sur la validité des résultats et sur le choix précis de la technique à utiliser pour compléter le renforcement du diaphragme.

Enfin, (n=1) article a utilisé des techniques passives (Martí-Salvador, M., et al. 2018). Cependant, en ce qui concerne cet article sur l'ostéopathie, il n'est pas précisé si les questionnaires de douleurs ont été remplis directement après que les patients aient été mobilisés ou si cela s'est fait à distance des séances. Nous savons tout de même que les informations sur la douleur ont été récoltées à différents moments : au début de l'étude, à la fin du traitement (S4), et lors du suivi (S12). Mais si les

questionnaires ont été remplis juste après mobilisation, il se pourrait que la diminution de la douleur soit plutôt liée à des effets neurophysiologiques dûs à l'activation de certains mécanorécepteurs plutôt qu'à une véritable amélioration durable de la condition douloureuse.

Ainsi, cette revue mène à penser que le diaphragme peut être un outil intéressant pour réduire la douleur chez les patients atteints de DLNS. Cependant, il y a un manque de standardisation quant aux questionnaires utilisés, ce qui affecte la validité interne de la revue.

b) Augmentation de la stabilité en intégrant un travail du diaphragme

Comme vu dans les résultats, (n=7) articles (Oh, Y. J., et al. 2020, Finta, R., et al. 2020, Otadi, K., et al. 2021, Janssens, L., et al. 2015, Finta, R., et al. 2018, Dülger, E., et al. 2018, Vicente-Campos, D., et al. 2021) apportent des informations dans le sens d'une amélioration de la stabilité lombaire.

Les outils de mesures peuvent être scindés en 2 groupes, ceux comprenant une évolution d'une épaisseur musculaire (n= 4) (Vicente-Campos, D., et al. 2021, Dülger, E., et al. 2018, Oh, Y. J., et al. 2020, Finta, R., et al. 2018) et ceux utilisant des tests de stabilité (n=3) (Finta, R., et al. 2020, Otadi, K., et al. 2021, Janssens, L., et al. 2015).

Dans un premier temps, les (n=4) études utilisant l'épaisseur musculaire se concentrent sur l'épaisseur du diaphragme, sujet central de l'étude. Des valeurs sur les muscles transverses de l'abdomen et multifides lombaires dans l'étude de Finta, R., et al. 2018 sont relevables.

Parmi les articles, les groupes, contrôles et expérimentaux, voient leur épaisseur augmenter. Cependant, une tendance supérieure en termes d'épaisseur de tissu se distingue dans les groupes expérimentaux par rapport aux groupes contrôles ($p<0.05$), il y a donc corrélation entre entraînement avec résistance et épaississement du diaphragme.

Dans l'étude de Finta et al. 2020 étant donné que sont utilisées des versions modifiées du FRT LRT, qui s'évaluent assis, les tests deviennent plus spécifiques pour la stabilité du tronc plutôt que de la cheville ($p<0.0001$). La nette augmentation

de stabilité dans le groupe expérimental suggère que la stabilité est, tout du moins en partie, liée à un renforcement pour des muscles inspireurs notamment le diaphragme.

Les tests utilisés chez Otadi sont globaux, prenant en compte plusieurs segments corporels, et ne permettent pas une spécificité quant à la région lombaire. Le fait que la faisabilité du test dépende du corps entier, les facteurs limitants peuvent vite devenir des facteurs non étudiés.

De plus, le test SEBT (Star Excursion Balance Test) obtient une p-valeur de $p < 0.6$ donnant ainsi un résultat peu fiable.

Néanmoins, l'entraînement diaphragmatique + TENS améliore le test statique UHBE (Unilateral Hip-Bridge Endurance) ($p < 0.2$).

L'étude de Janssens, L., et al. 2015 apprend que le renforcement inspiratoire à haute intensité conduit à une stabilité du tronc augmentée contrairement à celle de la cheville plus présente chez le sujet DLNS. Le sujet quittant ainsi une conformation propre au DLNS porte à croire que l'utilisation du renforcement inspiratoire à haute intensité semble prometteur.

En définitive, la stabilité semble impactée nettement par le renforcement des muscles du tronc, mais ce que rapportent les études vues ici, c'est l'ajout de la résistance inspiratoire au sein des exercices de renforcement qui majore l'épaississement diaphragmatique, les tests mFRT, mLRT, UHBE tous en corrélation avec la stabilité lombaire.

c) Augmentation de la capacité inspiratoire

Dans cette revue, (n=3) articles (Janssens, L., et al. 2015, Finta, R., et al. 2020, Vicente-Campos, D., et al. 2021) ont relevé une amélioration significative de la force des muscles inspireurs grâce à un traitement ciblé sur le diaphragme. Janssens, L., et al. 2015 et Finta, R., et al. 2020 ont utilisé la résistance respiratoire (POWERbreathe) pour recruter davantage le diaphragme et Vicente-Campos, D., et al. 2021 ont utilisé le HAG (Hypopressive Abdominal Gymnastics) pour augmenter l'épaisseur et la force du diaphragme pendant l'inspiration.

Un autre article (Oh, Y. J., et al. 2020) a relevé des améliorations significatives de certaines fonctions respiratoires, mais pas celles qui concernent directement l'inspiration. L'article de Oh, Y. J., et al. 2020 a relevé une amélioration significative du FVC (Forced Vital Capacity), FEV1 (Forced Expiratory Volume in 1 second) et MVV (Maximum Voluntary Ventilation) ($p < 0.05$). Ainsi, la mesure de la force des muscles inspiratoires n'étant pas prise en compte, cet article n'amène pas à penser que la thérapie centrée sur le diaphragme a conduit à une amélioration de la fonction inspiratoire.

Enfin un autre article (Marugán-Rubio, D., et al. 2022) qui a mesuré la force des muscles inspiratoires a conclu qu'il n'y a pas eu de différence significative entre les deux groupes pour la force inspiratoire ($p = 0.218$) mais n'a pas rapporté de mesure pour savoir s'il y a eu une augmentation significative de la force inspiratoire au sein de chaque groupe.

Ainsi, seulement trois articles ($n=3$) ont démontré une augmentation de la force des muscles inspiratoires. Le manque de données sur la force de ces muscles compromet donc la validité externe de cette revue, limitant ainsi la généralisation des résultats à une population plus large.

6. Limites

• **Etudes**

Lors de la sélection des études, peu portaient sur l'évolution de l'inspiration avec entraînement diaphragmatique ou même résistance inspiratoire.

Aussi les résultats de la stabilité utilisant plusieurs tests et différentes mesures ne permettent pas de faire une synthèse standardisée et comparable.

• **Intervention**

Les études ne prennent pas en compte un nombre assez large de participants pour que les valeurs puissent être éloquentes. De plus le fait que la proportion de femme soit de $\frac{2}{3}$ ne permet pas d'établir une validité externe forte.

Les examinateurs (AM & AB) ont été confrontés à un biais cognitif car selon la littérature actuelle le renforcement est le meilleur traitement.

CONCLUSION

L'objectif de cette revue systématique était d'analyser si l'ajout d'une thérapie centrée sur le diaphragme apporte un avantage dans le traitement de la DLNS.

Cette étude s'est concentrée sur les effets de l'entraînement du diaphragme sur la douleur, la stabilité et la capacité inspiratoire.

Dans la littérature actuelle, le sujet reste nouveau. En effet, les articles étudiés ont été publiés entre 2015 à 2022, traduisant ainsi une volonté récente de vouloir investiguer la question de la place du diaphragme dans le traitement du lombalgique.

Pour répondre à la question de recherche de cette revue de littérature, il a été établi que le renforcement joue un rôle prépondérant dans le traitement de la DLNS.

Cependant, l'utilisation du diaphragme implanté au sein de différents programmes de renforcements apporte une majoration significative en termes de douleur et de stabilité, critères clés d'un traitement lombalgique.

L'ensemble des résultats de cette revue ne permettent pas de statuer définitivement de l'aspect primordial du rôle du diaphragme dans la DLNS. Ce dernier occupe néanmoins une place importante dans le traitement de la DLNS comme le montre les études expérimentales par rapport aux groupes contrôles.

De plus, il n'existe pas d'effets indésirables quant aux exercices spécifiques au diaphragme, l'incorporer dans le traitement DLNS et un plus dont il serait regrettable de se priver.

Pour finir, d'autres études doivent venir étayer celles existantes en évitant les biais et facteurs externes comme celui de l'effet placebo en tenant compte de l'aveuglement thérapeutes/patients, de la randomisation ou questionnaires multiples rendant ainsi plus compliquée la comparaison entre études. Aussi des facteurs comme l'hérédité, l'activité physique journalière du sujet, son métier, le sport exercé, le stress, le sommeil, les fausses croyances, sont d'autant de facteurs qui peuvent avoir une incidence sur les résultats.

REFERENCES

- Chen, S., Chen, M., Wu, X., Lin, S., Tao, C., Cao, H., Shao, Z., Xiao, G. Global, regional and national burden of low back pain 1990-2019: A systematic analysis of the Global Burden of Disease study 2019. *Journal of Orthopaedic Translation*. 2021; 32: 49-58. DOI: 10.1016/j.jot.2021.07.005.
- Zhu, Q., Chen, L., Shen, C. Relation causale entre les comportements sédentaires de loisirs et le risque de lombalgie : une étude de randomisation mendélienne. *European Spine Journal*. 2023; 32(9): 3300-3308. DOI: 10.1007/S00586-023-07839-6.
- Hartvigsen, J., Hancock, M.J., Kongsted, A., Louw, Q., Ferreira, M.L., Genevay, S., Hoy, D., Karppinen, J., Pransky, G., Sieper, J., Smeets, R.J., Underwood, M.; Lancet Low Back Pain Series Working Group. What low back pain is and why we need to pay attention. *Lancet*. 2018; 391(10137): 2356-2367. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)30480-X.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G.; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine*. 2009; 6(7): e1000097. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000097.
- Bontrup, C., Taylor, W.R., Fliesser, M., Visscher, R., Green, T., Wippert, P.M., Zemp, R. Low back pain and its relationship with sitting behaviour among sedentary office workers. *Applied Ergonomics*. 2019; 81: 102894. DOI: 10.1016/j.apergo.2019.102894.
- Anderson, B.E., et al. The Use of Breathing Exercises in the Treatment of Chronic, Nonspecific Low Back Pain. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2017; 26(5): 452-458. DOI: 10.1123/jsr.2015-0199.
- Koes, B.W., et al. An updated overview of clinical guidelines for the management of non-specific low back pain in primary care. *European Spine Journal*. 2010; 19(12): 2075-2094. DOI: 10.1007/s00586-010-1502-y
- Rubin, D.I. Epidemiology and risk factors for spine pain. *Neurologic Clinics*. 2007; 25(2): 353-371. DOI: 10.1016/j.ncl.2007.01.004
- Miyamoto, K., et al. Fast MRI used to evaluate the effect of abdominal belts during contraction of trunk muscles. *Spine*. 2002; 27: 1749-1755.

- Kocjan, J., Adamek, M., Gzik-Zroska, B., Czyżewski, D., Rydel, M. Network of breathing. Multifunctional role of the diaphragm: a review. *Advances in Respiratory Medicine*. 2017; 85(4): 224-232. DOI: 10.5603/ARM.2017.0037.
- Hodges, P.W., Eriksson, A.E., Shirley, D., Gandevia, S.C. La pression intra-abdominale augmente la raideur de la colonne lombaire. *Journal of Biomechanics*. 2005; 38(9): 1873-1880. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2004.08.016.
- Sannasi, R., Dakshinamurthy, A., Dommerholt, J., Desai, V., Kumar, A., Sugavanam, T. Exercices de stabilisation du diaphragme et du tronc dans les lombalgies : une revue narrative. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2023; 36: 221-227. DOI: 10.1016/j.jbmt.2023.07.008.
- Beeckmans, N., Vermeersch, A., Lysens, R., Van Wambeke, P., Goossens, N., Thys, T., Brumagne, S., Janssens, L. La présence de troubles respiratoires chez les personnes souffrant de lombalgie : une revue systématique. *Manual Therapy*. 2016; 26: 77-86. DOI: 10.1016/j.math.2016.07.011.
- Hayden, J.A., Ellis, J., Ogilvie, R., Malmivaara, A., van Tulder, M.W. Thérapie par l'exercice pour les lombalgies chroniques. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2021; 9(9): CD009790. DOI: 10.1002/14651858.CD009790.pub2.
- Kolar, P., et al. Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2012; 42(4): 352-362. DOI: 10.2519/jospt.2012.3830.
- Janssens, L., Brumagne, S., McConnell, A.K., Hermans, G., Troosters, T., Gayan-Ramirez, G. Greater diaphragm fatigability in patients with recurrent low back pain. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 2013; 188(2): 119-123.
- Dres, M., Demoule, A. Surveillance de la fonction du diaphragme dans l'unité de soins intensifs. *Current Opinion in Critical Care*. 2020; 26(1): 18-25. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000682.
- Schulz, K.F., Chalmers, I., Hayes, R.J., Altman, D.G. Empirical Evidence of Bias: Dimensions of Methodological Quality Associated With Estimates of Treatment Effects in Controlled Trials. *JAMA*. 1995; 273(5): 408-412. DOI: 10.1001/jama.1995.03520290060030.

Brumitt, J., Matheson, J.W., Meira, E.P. Core stabilization exercise prescription, part I: current concepts in assessment and intervention. *Sports Health*. 2013; 5(6): 504-509. DOI: 10.1177/1941738113502451.

Tuinman, P.R., Jonkman, A.H., Dres, M., Shi, Z.H., Goligher, E.C., Goffi, A., de Korte, C., Demoule, A., Heunks, L. Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients-a narrative review. *Intensive Care Medicine*. 2020; 46(4): 594-605. DOI: 10.1007/s00134-019-05892-8.

Oh, Y. J., et al. Comparison of effects of abdominal draw-in lumbar stabilization exercises with and without respiratory resistance on women with low back pain : A randomized controlled trial. *Medical Science Monitor*. 2020 ; 26. DOI : 10.12659/MSM.921295.

Finta, R., et al. Does inspiration efficiency influence the stability limits of the trunk in patients with chronic low back pain ? *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020 ; 52 (3). DOI : 10.2340/16501977-2645.

Otadi, K., et al. Effects of combining diaphragm training with electrical stimulation on pain, function, and balance in athletes with chronic low back pain : a randomized clinical trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2021 ; 13 (1). DOI : 10.1186/s13102-021-00250-y.

Janssens, L., et al. Inspiratory muscle training affects proprioceptive use and low back pain. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2015 ; 47 (1) : 12-19. DOI : 10.1249/MSS.0000000000000385.

Martí-Salvador, M., et al. Osteopathic Manipulative Treatment Including Specific Diaphragm Techniques Improves Pain and Disability in Chronic Nonspecific Low Back Pain : A Randomized Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2018 ; 99 (9) : 1720-1729. DOI : 10.1016/j.apmr.2018.04.022.

Finta, R., et al. The effect of diaphragm training on lumbar stabilizer muscles : A new concept for improving segmental stability in the case of low back pain. *Journal of Pain Research*. 2018 ; 11 : 3031-3045. DOI : 10.2147/JPR.S181610.

Dülger, E., et al. The effect of stabilization exercises on diaphragm muscle thickness and movement in women with low back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2018 ; 31 (2) : 323-329. DOI : 10.3233/BMR-169749.

Vicente-Campos, D., et al. The Main Role of Diaphragm Muscle as a Mechanism of Hypopressive Abdominal Gymnastics to Improve Non-Specific Chronic Low Back Pain : A Randomized Controlled Trial. *J Clin Med*. 2021 ; 10 (21). Available from : <https://doi.org/10.3390/jcm10214983>.

Beeckmans, N., et al. The presence of respiratory disorders in individuals with low back pain : A systematic review. *Manual Therapy*. 2016 ; 26 : 77-86. DOI : 10.1016/j.math.2016.07.011.

ANNEXES

PRISMA 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

Echelle PEDro

PEDro scale

1. eligibility criteria were specified	no ☐ yes ☐ where:
2. subjects were randomly allocated to groups (in a crossover study, subjects were randomly allocated an order in which treatments were received)	no ☐ yes ☐ where:
3. allocation was concealed	no ☐ yes ☐ where:
4. the groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	no ☐ yes ☐ where:
5. there was blinding of all subjects	no ☐ yes ☐ where:
6. there was blinding of all therapists who administered the therapy	no ☐ yes ☐ where:
7. there was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	no ☐ yes ☐ where:
8. measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	no ☐ yes ☐ where:
9. all subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat"	no ☐ yes ☐ where:
10. the results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	no ☐ yes ☐ where:
11. the study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	no ☐ yes ☐ where:

The PEDro scale is based on the Delphi list developed by Verhagen and colleagues at the Department of Epidemiology, University of Maastricht (*Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). The list is based on "expert consensus" not, for the most part, on empirical data. Two additional items not on the Delphi list (PEDro scale items 8 and 10) have been included in the PEDro scale. As more empirical data comes to hand it may become possible to "weight" scale items so that the PEDro score reflects the importance of individual scale items.

The purpose of the PEDro scale is to help the users of the PEDro database rapidly identify which of the known or suspected randomised clinical trials (ie RCTs or CCTs) archived on the PEDro database are likely to be internally valid (criteria 2-9), and could have sufficient statistical information to make their results interpretable (criteria 10-11). An additional criterion (criterion 1) that relates to the external validity (or "generalisability" or "applicability" of the trial) has been retained so that the Delphi list is complete, but this criterion will not be used to calculate the PEDro score reported on the PEDro web site.

The PEDro scale should not be used as a measure of the "validity" of a study's conclusions. In particular, we caution users of the PEDro scale that studies which show significant treatment effects and which score highly on the PEDro scale do not necessarily provide evidence that the treatment is clinically useful. Additional considerations include whether the treatment effect was big enough to be clinically worthwhile, whether the positive effects of the treatment outweigh its negative effects, and the cost-effectiveness of the treatment. The scale should not be used to compare the "quality" of trials performed in different areas of therapy, primarily because it is not possible to satisfy all scale items in some areas of physiotherapy practice.

Last amended June 21st, 1999

ABSTRACT

Objectif : Le but de cette revue systématique de la littérature est d'examiner l'impact du renforcement diaphragmatique sur les douleurs lombaires non spécifiques (DLNS) chroniques ou subaiguës, et plus particulièrement : sur la douleur, la capacité inspiratoire et la stabilité lombaire.

Méthode : La revue utilise les bases de données PubMed Scopus Embase et respecte les critères PRISMA (Moher, Liberati et al.2009). Après application des critères PICO(S), 10 RCT ont été sélectionnées, publiées entre 2015 et 2022 en anglais. Un score PEDRO a été statué par les deux examinateurs unilatéralement puis mis en commun.

Résultats : Les 10 RCT sélectionnées montrent que le renforcement seul a un impact positif sur les critères de douleur, stabilité lombaire et la capacité inspiratoire mais que l'effet est majoré s'il y a résistance respiratoire en plus du renforcement. Cela démontre le rôle important des muscles inspireurs dont le diaphragme est le principal.

Conclusion : Cette revue permet de recommander préférentiellement l'entraînement par renforcement des muscles stabilisateurs lombaires couplé à une résistance respiratoire chez le patient DLNS. Le diaphragme étant le muscle inspiratoire principal, l'augmentation de la capacité inspiratoire et son épaissement corrélé à la diminution de la douleur et l'augmentation de la stabilité lombaire porte à croire que son entraînement constitue une approche adaptée dans le cadre d'une prise en charge DLNS.