



Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et Réadaptations

Pays de la Loire

54, rue de la Baugerie – 44230 SAINT-SEBASTIEN SUR LOIRE

La place du contrôle moteur lombopelvien dans la rééducation des douleurs fémoro-patellaires

Une revue de la littérature

Noémie FARGES

Mémoire UE28

Semestre 10

Année scolaire : 2020-2021

AVERTISSEMENT

Les mémoires des étudiants de l'Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et de la Réadaptation sont réalisés au cours de la dernière année de formation MK.

Ils réclament une lecture critique. Les opinions exprimées n'engagent que les auteurs. Ces travaux ne peuvent faire l'objet d'une publication, en tout ou partie, sans l'accord des auteurs et de l'IFM3R

Remerciements

Tout d'abord je souhaite remercier l'équipe enseignante de l'institut IFM3R, pour ces quatre années de formation et leur investissement dans notre cursus.

Je remercie également mon directeur de mémoire, pour son suivi dans la réalisation de cet écrit.

Merci à tous ceux qui ont répondu présent quand je les ai sollicités pour de l'aide, des conseils, des relectures, vous m'avez guidée au travers de vos réflexions.

Je désire remercier ma famille qui m'a soutenue pendant toutes ces années d'études, dans les moments les plus stressants et décisifs. Merci d'avoir toujours cru en moi.

Un grand merci à mon copain, pour sa patience, son aide et ses encouragements qui m'ont été indispensables cette année.

Je souhaite également remercier ma promotion et surtout le groupe « Viva » pour cette entraide quotidienne, leur énergie incroyable et tous ces moments forts que l'on a partagés.

Enfin, c'est pour mes amis du groupe « TL » à qui je dédie ces remerciements, pour cette amitié sans faille et leur joie de vivre qu'ils m'ont apporté depuis tant d'années.

Résumé

Introduction – La douleur fémoro-patellaire (DFP) est une pathologie fréquente chez les sujets jeunes et actifs, plus souvent identifiée chez les femmes que les hommes. Cette pathologie est définie par des douleurs péri-patellaires lors de tâches fonctionnelles augmentant la charge sur l'articulation (squat, descente d'escaliers, station assise). La rééducation par le kinésithérapeute est ciblée sur le renforcement des muscles de la hanche et du genou. Cependant, des altérations du contrôle du tronc et du bassin sont retrouvées chez ces patients. Ainsi, le rôle du contrôle moteur lombopelvien dans la rééducation des douleurs fémoro-patellaires n'est pas clairement défini à ce jour. Ce travail vise à analyser l'apport du traitement par contrôle moteur lombopelvien chez les patients souffrant de DFP.

Matériel et méthodes – Une recherche systématique a été effectuée grâce à trois bases de données scientifiques en santé (PEDro, Pubmed, ScienceDirect). Une évaluation méthodologique des articles inclus a été réalisée avec l'échelle PEDro.

Résultats – Sur un total de 628 articles, 6 Essais Contrôlés Randomisés ont été inclus. Les études comparent l'effet d'un entraînement au contrôle moteur lombopelvien aux traitements standards. Les résultats montrent que le contrôle moteur semble permettre d'améliorer les symptômes douloureux et les capacités fonctionnelles des patients, mais il est difficile de conclure sur une supériorité clinique par rapport aux autres thérapeutiques.

Discussion – Le contrôle moteur est un concept complexe au niveau de sa mise en pratique. Ainsi, de nombreuses divergences entre les études viennent pondérer nos propos au niveau des interventions, des durées et fréquences des protocoles. Le contrôle moteur lombopelvien semble être pertinent dans le traitement des douleurs fémoro-patellaires, il peut être réalisé isolément ou en complément d'autres thérapeutiques. A ce jour, davantage de preuves sont nécessaires afin conclure sur l'intérêt de cette pratique. Il faut noter que le choix d'un traitement dépend essentiellement du bilan diagnostique initial.

Mots clés

Charnière lombopelvienne

Contrôle moteur

Douleur fémoro-patellaire

Stabilité

Abstract

Introduction – Patellofemoral pain (PFP) is a frequent pathology in young and active population and is more common in women than in men. It is defined by peripatellar pain during functional task increasing load on the joint (squatting, going down stairs, sitting for a long time). Rehabilitation by the physiotherapist targets on strengthening hip and knee muscles. However, altered movements of trunk and lower limbs have been found in this population. Thus, the role of lumbopelvic motor control in rehabilitation of the PFP isn't clearly defined yet. The aim of this work is to analyze the contribution of lumbopelvic motor control in the treatment of patients with PFP.

Material and Method – A systematic search is carried out using three scientific databases in health (PEDro, Pubmed, ScienceDirect). A methodological evaluation of the included articles is performed with the PEDro scale.

Results – In total, 6 randomized controlled trials of 628 articles have been included. Studies compare the effect of lumbopelvic motor control training with conventional treatments. The results show benefit of motor control in improving pain symptoms and functional abilities of the patients, however we cannot conclude about clinical superiority compared to others therapies.

Discussion – Motor control is a complex concept in term of application. Thus, many differences between the studies balance our analysis in the intervention, the duration and frequencies of protocols. Lumbopelvic motor control seems to be relevant in treatment of patellofemoral pain, it can be used alone or in addition to other therapies. Today, more evidences are necessary in order to conclude in the value of this practice. It is noted that the choice of treatment depends mainly on the initial diagnostic.

Key words

Core stability

Lumbopelvis

Motor control

Patellofemoral pain

Sommaire

1	Introduction	1
2	Cadre conceptuel : La douleur fémoro-patellaire, contrôle moteur et rééducation	3
2.1	La douleur fémoro-patellaire	3
2.2	Le concept de contrôle moteur	11
2.3	Questions de recherche.....	21
3	Matériel et Méthode	21
3.1	Bases de données interrogées.....	21
3.2	Critères PICO et équations de recherches.....	22
3.3	Interrogation des bases de données	22
3.4	Critères d'inclusion / d'exclusion.....	23
3.5	Processus de sélection des articles	24
4	Résultats.....	25
4.1	Présentation générale des études.....	25
4.2	Caractéristiques des études	27
4.3	Résultats des interventions	30
5	Discussion.....	37
5.1	Interprétation des résultats.....	37
5.2	Biais et limites au sein de la revue de littérature	44
5.3	Synthèse des résultats et réponse à la question de recherche.....	47
5.4	Classification et choix du traitement.....	48
6	Conclusion.....	50

Références bibliographiques

Annexes 1 à 5

I à V

1 Introduction

La douleur fémoro-patellaire (DFP) est une affection liée au genou considérée comme l'une des plus fréquentes (1). Elle atteint la population générale avec une prévalence annuelle de 23% chez les adultes, 29% chez les adolescents et est particulièrement présente dans les populations actives (2,3). Chez ces patients, les douleurs peuvent persister dans le temps : 57% des personnes atteintes de douleur fémoro-patellaire attestent avoir des symptômes persistants cinq à huit ans après le début de la rééducation (3). Ces symptômes réduisent la capacité des personnes atteintes à pratiquer leur activité sportive, professionnelle et contribuent à une réduction de leur qualité de vie d'après la Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF). De plus, les coûts engendrés par cette pathologie sont directement en lien avec la demande de soin et la réduction de l'activité professionnelle des patients (4).

Cette pathologie très présente dans la littérature scientifique, demeure complexe aussi bien au niveau de la définition, de l'étiologie, de l'évaluation que du traitement. En effet, la douleur fémoro-patellaire est une pathologie hétérogène tant il existe une diversité de populations concernées et de facteurs associés : démographiques, anatomiques, biomécaniques, psychologiques (5).

La DFP est fréquemment associée à un désordre biomécanique de l'articulation fémoro-patellaire et plus globalement du membre inférieur augmentant ainsi les contraintes articulaires. Parmi les différents facteurs énumérés dans la littérature, l'interaction entre les mouvements du tronc, du bassin et de la hanche avec le genou est investiguée offrant de nouvelles pistes de prise en charge (6,7).

Le traitement recommandé à ce jour est essentiellement basé sur le renforcement musculaire du membre inférieur. Il est notamment préconisé de renforcer l'appareil extenseur du genou mais également d'y associer le renforcement des abducteurs de hanche (8). Nous nous sommes interrogés sur les autres moyens thérapeutiques à disposition du masseur-kinésithérapeute dans la gestion de ce syndrome douloureux.

Ainsi, nos recherches nous ont amené à nous intéresser aux liens entre la douleur, les perturbations d'activation musculaire et de schéma moteur qui sont aujourd'hui investigués dans différentes pathologies. Dans le champ musculosquelettique, ces notions ont d'abord été développées autour de la lombalgie, dans un contexte de chronicité. Désormais identifiés dans d'autres affections du système locomoteur, ces notions tendent à s'appliquer en thérapeutique. La douleur étant le symptôme central pour les patients atteints de DFP, il

nous semble important d'en comprendre les enjeux et conséquences. En effet, de nombreux auteurs s'accordent pour parler de perturbation de schémas moteurs essentiels au contrôle des articulations et pouvant participer au maintien de douleurs en contexte pathologique. Ainsi le contrôle moteur appliqué en rééducation a montré des bénéfices dans le traitement de la douleur et la prévention des blessures chez certains patients. Qu'en est-il dans le cas du syndrome fémoro-patellaire plus particulièrement ?

En s'intéressant à l'interaction entre les articulations du tronc, du bassin et de la hanche au sein du membre inférieur via le concept de contrôle moteur, nous souhaitons comprendre les enjeux rééducatifs apportés dans le domaine de la masso-kinésithérapie. Nous nous sommes alors interrogés sur la place des exercices de rééducation neuromusculaire lombopelvien dans la prise en charge des patients atteints de douleurs fémoro-patellaires par le biais d'un travail de revue systématique de la littérature. Une meilleure compréhension de ces notions et l'état des lieux des connaissances actuelles de ce sujet pourrait offrir de nouvelles pistes de prise en charge en rééducation. Ainsi nous tenterons de répondre à la problématique suivante :

Le masseur-kinésithérapeute peut-il considérer le contrôle moteur lombopelvien comme un axe de rééducation des douleurs fémoro-patellaires ?

Dans un premier temps, un cadre conceptuel développera les données autour des douleurs fémoro-patellaires comme l'épidémiologie, l'étiologie, la physiopathologie ainsi que les données sur la rééducation actuelle. La notion de contrôle moteur appliquée au complexe lombopelvien sera expliquée et mise en lien avec la rééducation. Dans un deuxième temps nous exposerons la démarche de recherche afin de répondre à notre questionnement initial. Puis, les études seront exposées selon leurs caractéristiques et les résultats seront présentés. Enfin, une discussion viendra analyser ces résultats, enrichir les propos et ouvrir de nouvelles perspectives.

2 Cadre conceptuel : La douleur fémoro-patellaire, contrôle moteur et rééducation

2.1 La douleur fémoro-patellaire

2.1.1 Terminologie et épidémiologie

La douleur fémoro-patellaire (DFP) est une des blessures musculosquelettiques les plus présentes dans le milieu sportif puisqu'elle représente jusqu'à 40% des blessures aux genoux en médecine du sport (4) et plus largement une prévalence de 22,7% dans la population générale (9). Chez les coureurs particulièrement, c'est la blessure la plus rapportée avec une incidence de 17% et une prévalence plus élevée chez les femmes d'après un rapport de 2013 (4). La prévalence représente le nombre de cas de maladies enregistrées dans une population déterminée et englobant aussi bien les nouveaux cas que les anciens (10). Les populations les plus concernées par cette problématique sont les adolescents, les jeunes adultes actifs, les sportifs, les militaires et la femme plus généralement (1).

Une grande diversité de termes et de présentations cliniques pour qualifier cette affection du genou existent : « syndrome fémoro-patellaire », « douleur / syndrome antérieur de genou », « syndrome de compression rotulienne », « chondromalacie patellaire », ou encore « genou du coureur ». Aujourd'hui, la terminologie « douleur fémoro-patellaire » est préférée. Ce terme a été accepté lors du consensus d'experts de 2016, à la quatrième retraite internationale de la recherche sur la douleur fémoro-patellaire (1). Ainsi nous parlerons de douleur fémoro-patellaire dans ce travail.

La DFP est caractérisée par une douleur péri patellaire exacerbée par l'activité physique, en particulier en montée et descente d'escaliers, en squats, lors de sauts, pendant la course à pied et par le maintien prolongé d'une position assise(9). D'autres symptômes peuvent être associés à cette définition comme la sensation de grincement ou de crépitement à la mobilité du genou, une sensibilité à la palpation de la patella et un léger épanchement (1). La douleur engendrée par cette pathologie peut devenir chronique et l'enjeu pour les sujets en est d'autant plus important lorsque cette problématique s'installe (5). En effet, la douleur vient gêner l'individu dans son activité sportive, dans son travail et plus globalement dans ses activités quotidiennes ce qui induit une diminution de la qualité de vie et de l'activité physique (4). En lien avec cela, la diminution de l'activité physique peut entraîner d'autres problèmes de santé d'ordre cardiovasculaires notamment, mais pourrait aussi induire l'apparition d'arthrite du genou (11).

2.1.2 Anatomie et biomécanique

L'articulation fémoro-patellaire est une articulation trochléenne située entre la face postérieure de la patella et la surface cartilagineuse de la trochlée fémorale (12). Elle constitue une des deux articulations du genou avec la fémoro-tibiale.

La patella est le plus grand os sésamoïde du corps humain, elle est de forme triangulaire et est constituée de la base qui correspond à la surface supérieure et l'apex pour la partie inférieure (13). La stabilité de l'articulation fémoro-patellaire est dépendante des structures passives et actives l'entourant. En effet, la morphologie de la trochlée participe à cette stabilité, les deux joues médiales et latérales de la gorge de la trochlée ont pour rôle le maintien de la patella dans sa trajectoire (13). Une augmentation de l'angle de sulcus et une inclinaison latérale de la trochlée augmenteraient les déplacements latéraux de la patella au cours de la flexion (13,14). Grâce au cartilage épais, les forces de réactions articulaires créées lors des contractions du quadriceps sont dispersées efficacement sur toute la surface articulaire. La stabilité est aussi permise par la capsule articulaire, les expansions fibreuses des muscles vaste médial et latéral et de la bandelette iliotibiale, et des ligaments décrits comme des épaissements de la capsule (patello-fémoral, patello-méniscal, patello-tibial) (15). De nombreuses insertions s'y rattachent, notamment sur sa face antérieure : le tendon quadricipital, le ligament patellaire et les rétinaculums patellaires. Ces insertions vont alors mettre en tension la patella lors des mouvements du genou notamment lors de la flexion (16). La patella est communément présentée comme l'élément clé de l'appareil extenseur, Loudon et al. la comparent à une poulie de réflexion (13).

Lors d'un mouvement de flexion ou d'extension du genou, la patella se déplace suivant l'axe de la trochlée. L'engagement de la patella dans la trochlée débute entre 20° et 30° de flexion, ce qui offre une stabilité osseuse à la patella entre les condyles fémoraux. Avant d'atteindre cette amplitude, l'articulation est peu congruente : en extension complète la patella repose sur la synoviale et le tissu adipeux infra-patellaire (17).

Il est traditionnellement suggéré que la douleur fémoro-patellaire est associée à une hyperpression de la facette latérale de la patella sur la joue latérale de la trochlée fémorale causant des lésions cartilagineuses. Cette hyperpression pourrait être liée à un déséquilibre au niveau des forces musculaires ou de la biomécanique de l'articulation provoquant une cinématique anormale (18). Cependant la relation entre lésion des structures articulaires et douleur est imprécise (19). Ainsi, le diagnostic repose sur un ensemble signes cliniques et de symptômes décrits dans la littérature. A ce jour, les meilleurs tests diagnostics sont ceux qui

provoquent la douleur antérieure au genou pendant les activités fonctionnelles lorsque l'articulation fémoro-patellaire subit des contraintes en charge, genou fléchi. Le test d'accroupissement ou « squatting manœuvre », ou encore le test en squat unipodal, seraient les tests les plus prédictifs de DFP (20,21).

2.1.3 Etiologie et facteurs de risques

L'étiologie de ce syndrome est multifactorielle, en effet l'apparition et la persistance de symptômes sont associées à des facteurs mécaniques proximaux, distaux ou locaux qui entraîneraient une augmentation du stress sur l'articulation fémoro-patellaire (5). La compréhension des facteurs corrélés à ces douleurs est un enjeu essentiel à l'élaboration de stratégies préventives et thérapeutiques. Néanmoins, il est aujourd'hui difficile d'établir ces éléments tant les populations concernées sont différentes et les études hétérogènes.

Neal et al. (2020) ont réalisé une mise à jour des facteurs de risques des douleurs fémoro-patellaires et remettent en question bon nombre d'entre eux (9). Dans leur revue systématique, ils proposent une représentation schématique des potentiels facteurs de cause et de conséquence de la DFP (*Figure 1*). Les éléments placés dans ce schéma sont classés selon s'ils représentent un facteur antérieur, un facteur de développement, ou un autre type de facteur. Les liens sont représentés par les flèches noires (conséquence) et vertes (cause) autour de l'élément central : la DFP. En effet, il est difficile d'identifier l'élément déclencheur, et de différencier la cause de la conséquence dans ces facteurs. Malgré les doutes soulevés par cette revue de la littérature, nous citerons les facteurs les plus connus à ce jour.

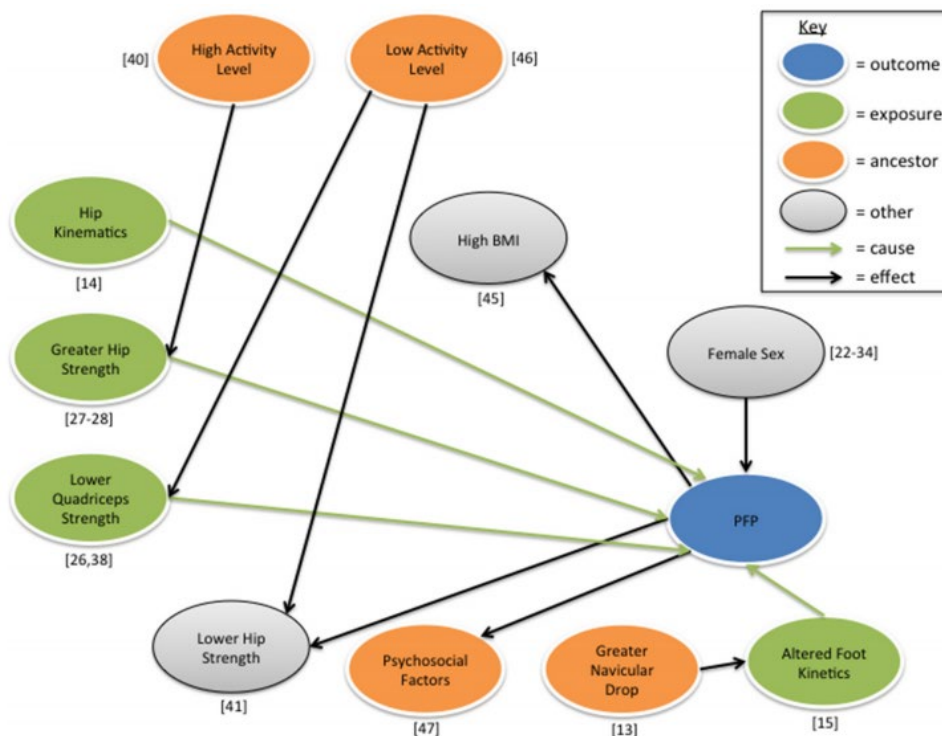


Figure 1 : Schéma représentatif des potentielles causes et conséquences de la douleur fémoro-patellaire d'après Neal et al (9).

Ainsi, les facteurs démographiques tels que l'âge, le sexe, l'IMC sont cités. Ces facteurs sont remis en question, en effet un âge avancé, un poids important ou un IMC élevé ont souvent été mis en lien avec un risque accru de DFP. Néanmoins dans cette revue ces hypothèses ont été exclues avec de fortes preuves. En revanche, il faut savoir que ces éléments peuvent influencer la récupération des patients. L'influence du sexe féminin est aussi discutée, même si de nombreuses études l'associent au risque de DFP, des preuves modérées vont à l'encontre de cette idée.

Les facteurs biomécaniques comme l'alignement des membres inférieurs avec l'angle Q, le valgus dynamique, l'hyper mobilité de la patella, l'augmentation de l'adduction de hanche et la cinématique de course, sont étudiés. Les hypothèses à ce sujet sont fréquemment citées néanmoins le manque de preuves dans la littérature laisse persister les doutes quant à leur implication dans les DFP.

De plus, des facteurs propres aux structures musculaires sont investigués. La faiblesse musculaire du quadriceps serait le facteur le plus retrouvé. L'insuffisance musculaire des abducteurs et rotateurs externes de hanche, le déséquilibre musculaire entre les vastes médial et latéral du quadriceps, le déficit d'extensibilité du quadriceps, des ischio-jambiers ou de la bandelette ilio-tibiale sont des éléments également mis en évidence dans les

populations atteintes de DFP. La diminution de force de la hanche aurait été identifiée comme une conséquence plutôt qu'une cause des DFP d'après Rathleff et al (22).

Outre cela, les facteurs biopsychosociaux sont à prendre en compte puisque l'anxiété, la dépression, le catastrophisme et la peur du mouvement sont en lien avec la douleur. En effet, les déterminants cognitifs et comportementaux liés à l'expérience de la douleur seraient impliqués dans la modulation endogène de la douleur, la résilience individuelle et la motivation nécessaire pour faire face aux symptômes (23).

Il existe aussi des risques extrinsèques correspondant à la pratique de l'activité physique, qui sont mis en lien avec le risque de blessure du genou. Cette notion est notamment mise en évidence auprès des coureurs, ainsi Sisk et al citent comme facteurs : le surentrainement, le chaussage, le changement de terrain ou de charge d'entraînement (21).

2.1.4 Implication du complexe lombopelvien

De nouvelles hypothèses ont émergé dans la littérature concernant l'apparition ou le maintien de telles douleurs. Le rôle du complexe lombopelvien est questionné dans les pathologies musculosquelettiques du membre inférieur ; les notions de mobilité, de force et de contrôle neuromusculaire de cette zone semblent associées à ces blessures par les interactions qui existent entre les segments du membre inférieur (24,25). Ainsi, des suggestions quant à l'implication des mouvements du tronc et du bassin en lien avec les DFP sont retrouvées. Suite au consensus sur la DFP, Power et al. (2017) ont schématiquement résumés les potentiels facteurs de stress de l'articulation fémoro-patellaire, impliqués dans les DFP (*Figure 2*) (6).

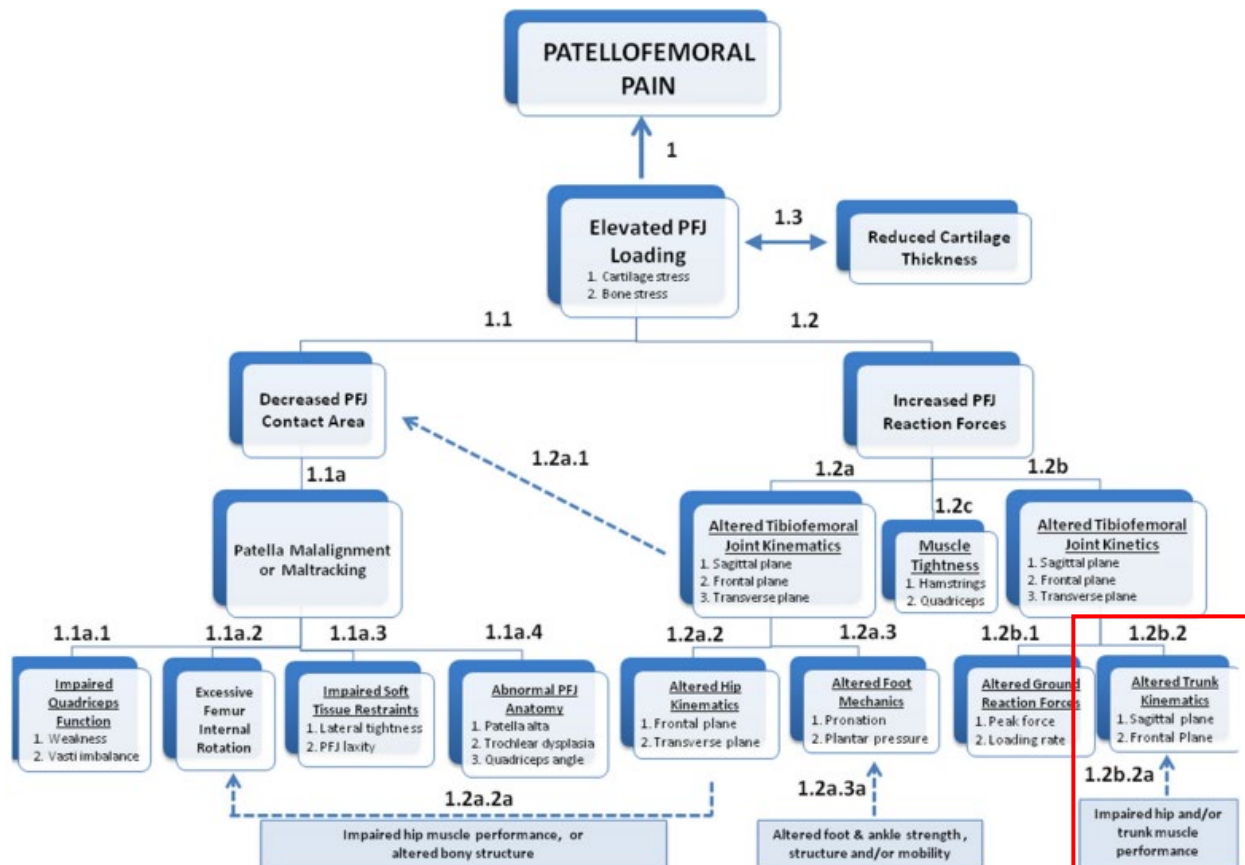


Figure 2 : Aperçu des potentiels facteurs de stress pour l'articulation fémoro-patellaire, impliqués dans les DFP (6).

Dans la section 1.2b.2 se trouve l'altération de la cinétique du tronc dans les plans sagittal et frontal, avec l'hypothèse d'une altération de la performance musculaire du tronc et de la hanche. Il est rappelé que les personnes atteintes de DFP présentent des différences dans la cinétique du tronc comparé aux individus non douloureux. En effet, le lien entre les mouvements sagittaux du tronc et le stress imposé à l'articulation fémoro-patellaire a été investigué par Teng et Powers, qui mettent en évidence que courir avec un tronc très droit serait associé à un moment d'extension du genou plus important et donc un risque accru de stress sur l'articulation (7). Au contraire, la fatigue induite par la course à pied entraînerait une inclinaison compensatoire du tronc vers l'avant qui minimiserait la charge imposée à l'articulation. Dans le plan frontal il est retrouvé chez les personnes atteintes de DFP une inclinaison ipsilatérale du tronc pendant les taches unipodales comme le squat unipodal ou le saut (26–28). Ceci augmenterait le moment d'abduction du genou et pourrait constituer un facteur de stress pour l'articulation fémoro-patellaire (29). De plus, les performances musculaires de la hanche et du tronc pourraient influencer la cinématique du tronc et des membres inférieurs (30). Une posture en rectitude du tronc est identifiée chez les coureurs ayant une faiblesse des extenseurs de hanches, et l'inclinaison du tronc serait associée à des

abducteurs de hanche faibles (28,31). De plus, il a été identifié une faiblesse des muscles du tronc chez les personnes atteintes de DFP. La force du tronc serait corrélée avec l'abduction du genou durant la mise en charge ainsi qu'à une diminution de la fonction chez les femmes atteintes de DFP (32–34). Une fois de plus, il est compliqué de dissocier cause et conséquence parmi ces éléments, néanmoins, l'altération de la cinétique du complexe lombopelvien et les modifications dans l'activation musculaire de cette zone ont été investiguées chez des personnes atteintes de DFP.

D'autres facteurs de risque ont été investigués dans la littérature. La perturbation du contrôle neuromusculaire du tronc et du bassin en fait parti. Ainsi, certains articles recherchent son implication dans la survenue des blessures musculosquelettiques du membre inférieur (25,35,36). Une revue systématique de la littérature de 2017 rédigée par De Blaiser et al. apporte des preuves préliminaires à l'association des blessures du membre inférieur chez l'athlète et de l'altération du contrôle moteur du complexe lombopelvien (35). Une deuxième revue de 2020 conclut quant à elle que les preuves sont faibles concernant l'implication du contrôle neuromusculaire du tronc et de la hanche comme facteur de risque des DFP, probablement à cause du manque d'études à ce sujet (37). Les auteurs précisent qu'il serait pertinent de développer la recherche à ce sujet afin d'offrir des pistes de traitement adaptées aux facteurs de risques identifiés. A ce jour il n'existe que ces deux revues de la littérature, néanmoins leur caractère récent montre un intérêt particulier à investiguer cette notion. Ce déficit de contrôle moteur du tronc est particulièrement associé à un risque plus élevé de blessure du genou, surtout chez la femme (36). Selon Zazulak et al., la stabilité dynamique du genou d'un athlète dépend d'une entrée sensorielle précise et de réponses motrices appropriées pour répondre aux demandes de changements rapides de la position du tronc (36), amenant ainsi l'idée qu'un lien neuromusculaire d'afférence et d'efférence influence la mobilité des articulations entre elles. Ce déficit pourrait être en cause d'un valgus dynamique excessif, une latéralisation de la patella et donc de stress sur l'articulation, ce qui peut engendrer des douleurs fémoro-patellaires (38).

L'évaluation de la fonction neuromusculaire du tronc et de la hanche est complexe car il s'agit de l'interaction entre plusieurs capacités physiques comme la force, l'endurance, le contrôle, la proprioception, qui sont impliqués dans le transfert et le contrôle des forces proximales transmises aux membres inférieurs. Cette fonction requiert aussi une intégration de ces capacités au niveau du système nerveux central (SNC) non négligeable pour la production et le contrôle du mouvement (39). Ces déficits neuromusculaires au niveau lombopelvien ont été rapportés chez les patients atteints de DFP, notamment par l'analyse

du recrutement musculaire en réponse à une perturbation externe (32,40). Une altération du contrôle postural statique et dynamique en position debout est également retrouvée (41). De même, une étude a montré que le contrôle postural du tronc en situation d'instabilité en position assise était inférieur chez les personnes souffrants de DFP comparés aux individus sains, ce qui traduit un déficit neuromusculaire du complexe lombopelvien (42). Enfin, Heydrai Armaki et al mettent en évidence que la proprioception du tronc dans le mouvement de flexion peut être altéré chez les patients atteints de DFP (43). Ces notions offrent de nouvelles pistes dans la rééducation des DFP.

2.1.5 La rééducation de la douleur fémoro-patellaire

De nombreuses interventions sont proposées dans le traitement des patients atteints de DFP. En raison de la nature multifactorielle des DFP, l'approche clinique doit être individualisée et la contribution des différents facteurs de risques doit être prise en compte (44). Le traitement des douleurs fémoro-patellaire « conservateur » est ciblé sur la réduction de la douleur, l'amélioration fonctionnelle de l'articulation et le renforcement musculaire (45). Il est alors repris dans un consensus de 2018 que l'exercice physique en thérapie est recommandé pour réduire la douleur au court, moyen et long terme et permet d'améliorer la fonction au moyen et long terme (2). Willy et al. (2019) précisent dans leur guide de recommandation que combiner les exercices ciblés sur le genou et la hanche semblent apporter de meilleurs résultats sur la douleur et la fonction en comparaison à des exercices ciblés uniquement sur le genou ou uniquement sur la hanche (8). Plus globalement, nous retrouvons dans la littérature que la combinaison de différentes interventions est conseillée, en associant : les exercices actifs, la thérapie manuelle, les orthèses pour la douleur à court terme et le « taping », même si l'application de ce dernier est controversée (2,8,44,46). Les composants clés de cette rééducation seraient donc d'améliorer la résistance, la souplesse, la proprioception, l'endurance dans un entraînement fonctionnel graduel (47).

De nouvelles interventions auprès de cette population sont investiguées dans la littérature. Il est fréquemment suggéré dans les études de s'intéresser aux structures proximales en élargissant l'intervention aux articulations de la hanche, du bassin et du tronc. En 2013, Joeren et al. publient une revue de la littérature concernant l'effet des exercices proximaux pour traiter les douleurs fémoro-patellaires et concluent qu'il existe des preuves modérées à hautes que ce type d'intervention permet d'améliorer la douleur et la fonction chez ces patients (48). C'est néanmoins la seule revue de la littérature investiguant le renforcement musculaire, les exercices de stabilisation et les étirements au niveau lombaire, bassin et

hanche. Ces exercices seraient également pertinents pour ne pas solliciter directement l'articulation fémoro-patellaire douloureuse et ainsi éviter des phénomènes comme l'apparition d'œdème suite à la séance de rééducation. Thomson et al. proposent une revue systématique sur l'apport des exercices de renforcement et de contrôle neuromusculaire ciblés sur la hanche chez les patients atteints de DFP, et concluent que les deux approches semblent améliorer la fonction et la douleur, mais qu'il faut avant tout définir les déficits présentés par les patients (49). Néanmoins dans leur revue, les auteurs n'ont pu inclure que deux études sur les exercices neuromusculaires, suggérant ainsi que d'autres travaux devraient investiguer cette donnée.

2.2 Le concept de contrôle moteur

2.2.1 Compréhension du mouvement humain

Le contrôle moteur est un concept complexe qui s'inscrit dans la notion du mouvement de manière plus globale. Le mouvement, à l'origine de tout comportement humain, est tout d'abord pensé et planifié avant d'être exécuté (50). Nous le définissons comme le résultat complexe de la coordination dans le temps et l'espace des membres sous contrôle permanent du système nerveux central grâce aux structures périphériques qu'il met en jeu (50). Le mouvement est dit adaptatif et varie en fonction des éléments qui interfèrent sur les étapes de conception et d'exécution. En effet, les facteurs environnementaux, cognitifs, la connaissance de la tâche, et les facteurs anatomiques propres à l'individu sont à l'origine de variations. Il y a très souvent un nombre important de possibilités pour produire un geste, cela correspond aux degrés de liberté. Cette notion est notamment développée par Bernstein en 1967, qui explique que ces degrés de liberté permettent au système de réagir selon différentes solutions pour une tâche particulière (51). En d'autres termes, une même finalité de geste peut être produite par une variabilité importante de chemins coordinatifs. Anciennement cette variabilité du mouvement était perçue comme une dysfonction du comportement moteur humain (51). Aujourd'hui, les théories du mouvement suggèrent que la variabilité occupe une place importante dans le rôle fonctionnel du comportement moteur. Elle serait essentielle à l'adaptabilité du mouvement aux aléas (52). Elle a aussi été mise en lien avec le risque de blessure, certains auteurs proposent qu'une altération de la variabilité induirait une situation à risque (51,53). Le contrôle moteur pourrait alors correspondre à la capacité du système à répondre de manière efficiente à une tâche demandée et à s'adapter. Les stratégies de l'individu s'accommodent donc au contexte, au but, à l'expérience de la tâche, à l'état cognitif dans un instant précis.

2.2.2 Le contrôle moteur lombo-pelvien

Le contrôle moteur est un concept développé par plusieurs auteurs et renvoie à différentes définitions, ceci rend complexe l'approche de cette notion et son application en rééducation. Il peut être défini comme « l'étude de la genèse et de la régulation des comportements moteurs produits par l'interaction du système nerveux central avec le reste du corps » (54). C'est la manière dont le système nerveux contrôle la posture et le mouvement pour effectuer une tâche motrice selon Hodges et al. (55). Sahrmann le définit comme un système d'organes physiologique qui interagit pour produire le mouvement du corps et des parties du corps (56). Enfin, selon Alrwaily et al., le contrôle du mouvement s'inscrit dans un cadre biopsychosociale où la mobilité aussi bien locale que globale et la stabilité sont nécessaires pour produire un mouvement dynamique contrôlé (57). Nous intégrons le contrôle moteur dans une boucle sensori-motrice impliquant trois niveaux : les afférences périphériques provenant des organes sensoriels, le traitement et l'intégration de ces afférences par le SNC ainsi que la génération d'une efférence motrice. Les dimensions sensorielles, intégratives et motrices sont donc liées et permettent d'intégrer différents termes dans ce concept. Ainsi, « contrôle neuromusculaire », « contrôle neuro-moteur », « contrôle sensori-moteur » y font référence, de même que les termes de « contrôle postural » ou « contrôle proximal » seront intégrés dans cette revue de la littérature (58).

La première fonction du complexe lombopelvien est la stabilité et le maintien de l'équilibre lors de postures ou de mouvements (59). En effet, la manière dont le tronc et le bassin se mobilisent dans l'espace a une influence directe sur la position du centre de gravité et ainsi sur l'équilibre de l'individu. De plus, le contrôle moteur est « prédictif », cela correspond à la coordination posture-mouvement telle qu'elle est utilisée tous les jours pour déclencher une activité dynamique (54). Ces activités posturales anticipées ont pour but de préparer le corps à la perturbation à venir afin d'éviter la lésion et faciliter le mouvement en offrant un ancrage de qualité. Différents termes y sont associés, notamment la « stabilité », le « contrôle ». Dans la littérature anglo-saxonne c'est le terme « core stability » qui revient et qui est défini comme la résultante du contrôle dynamique lombopelvien permettant la production, le transfert et le contrôle optimal de force au sein d'un mouvement en chaîne cinétique (25). C'est la capacité à maintenir une posture de tronc et de hanche adaptée, un équilibre et un contrôle statique ou dynamique suite à une perturbation et grâce aux stabilisateurs actifs et passifs de la région. Cette stabilité est donc nécessaire pour garantir à la fois la protection et la mobilité des structures alentours (viscères, articulations, muscles,

nerfs). Les paramètres mis en jeu dans ce concept sont la force, l'endurance, la proprioception et le contrôle neuromusculaire (25). Nous nuancions néanmoins ce terme, la stabilité du complexe lombopelvien ne doit pas être associée à une « instabilité » de la colonne, ni à une idée de rigidité. En effet, selon Low et al. ce terme pourrait être abandonné pour sa connotation péjorative (60).

Le contrôle moteur lombo-pelvien est investigué dans différents contextes. Dans le cadre de la lombalgie chronique, étudié notamment par Hodges, avec l'hypothèse que les personnes souffrant de lombalgie ont des stratégies de contrôle moteurs différentes des personnes sans douleurs, ce qui peut être en cause de la persistance des symptômes (61). Des preuves sur la réorganisation corticale, avec des modifications structurales et fonctionnelles des régions sensorimotrices du cortex ainsi que des synergies musculaires perturbées ont été identifiées, attestant du lien entre phénomènes douloureux et adaptations motrices (62,63). Ces notions ont pu aboutir à de nouvelles pistes thérapeutiques dans ce domaine (64).

Dans le cadre sportif, les mouvements du tronc ont été identifiés comme préparateurs du mouvement des membres inférieurs et l'entraînement de ce système proximal a été investigué chez les athlètes sains. En effet, le complexe lombopelvien est supposé permettre un mouvement distal contrôlé et efficient (59). Certaines études suggèrent que l'intégration d'un entraînement neuromusculaire de cette zone permet d'améliorer les performances et d'augmenter la stabilité (65,66).

Ce contrôle moteur lombopelvien fait aussi l'objet d'investigations dans le cadre des affections du genou telles que les douleurs fémoro-patellaires, comme nous avons pu l'expliquer en première partie de ce cadre conceptuel. La compréhension du rôle de ce complexe est éclairée par quelques données anatomiques.

2.2.3 Anatomie lombo-pelvienne

Le complexe lombo-pelvien est une zone charnière qui permet la coordination du tronc avec les membres inférieurs, nous parlons de stabilité proximal pour une mobilité distale (59). D'un point de vue anatomique, la zone en question réfère aux tissus durs et mous du rachis lombaire, du bassin, des hanches et de l'abdomen (67). Cette région est donc composée du caisson thoraco-abdominal qui est délimité par : le diaphragme en limite supérieure, le plancher pelvien en limite inférieure, les abdominaux en limite antérieure (grand droit, obliques et transverse en profondeur), les carrés des lombes, les paravertébraux, la colonne vertébrale, et le fascia thoraco lombaire en postérieur. Ce caisson hydropneumatique permet d'assurer le maintien et la protection du rachis. De nombreuses insertions

musculaires au niveau du bassin sont retrouvées pour des grands muscles du membre inférieur, ce qui en fait un point d'ancrage primordial au mouvement.

La stabilité lombo-pelvienne décrite initialement par Panjabi (68), tient compte de trois sous systèmes interdépendants permettant la mobilité dans les trois plans de l'espace. Le premier, le système passif intègre les structures ligamentaires, articulaires et osseuses de la colonne lombaire. Celui-ci procure la stabilité grâce à la résistance des structures passives qui le composent. Le deuxième, le système actif, permet de générer de la force au moyen des muscles du tronc, et n'est efficace que s'il est contrôlé efficacement par le système nerveux central. Le troisième système est l'unité de contrôle neurologique, qui coordonne l'activité musculaire du tronc en fonction des perturbations. Ces trois systèmes complémentaires s'ajustent lors des perturbations, ou d'une blessure.

Le système passif

Au niveau articulaire, le complexe lombopelvien comprend les articulations intervertébrales entre les cinq vertèbres lombaires, les sacro-iliaques, la symphyse pubienne et les articulations coxo-fémorales ainsi que les disques, les capsules et les ligaments correspondants (69).

Le rachis est l'axe central du tronc, il est constitué de trois courbures vertébrales dans le plan sagittal. Au niveau lombaire les cinq vertèbres forment la lordose lombaire qui vient s'articuler avec le sacrum. Chaque vertèbre est articulée avec la vertèbre adjacente par un disque intervertébral situé entre les corps vertébraux et par les facettes supérieures et inférieures des processus articulaires. Les ligaments permettant les liaisons osseuses sont nombreux, parmi ceux-ci, les ligaments longitudinaux antérieurs et postérieurs, les ligaments inter-transversaires, les ligaments inter-épineux et supra-épineux.

Le bassin est constitué de deux os iliaques, du sacrum et du coccyx. L'os iliaque est lui-même composé de trois parties soudées entre elles : l'ilion à la partie supérieure, l'ischion à la partie postérieure et le pubis à la partie antérieure. Une structure cartilagineuse permet de joindre les os coxaux entre eux en antérieur, c'est la symphyse pubienne. Le sacrum s'articule avec la vertèbre L5 au dessus et avec le coccyx en dessous, il est constitué de cinq vertèbres sacrées soudées entre elles. Enfin, le coccyx constitue la partie terminale du sacrum et est composé de trois à quatre pièces osseuses également soudées entre elles.

La charnière lombo-sacrale est formée par des ligaments ilio-lombaires. La mobilité à ce niveau est plus réduite, et permet principalement les mouvements de flexion et d'extension. Ceux-ci se traduisent par l'antéversion et la rétroversion du bassin.

Les articulations sacro-iliaques permettent de fixer les os coxaux au sacrum. Ce sont des articulations synoviales, stabilisées passivement par trois ligaments : le ligament sacro-iliaque antérieur, le ligament sacro-iliaque interosseux et le ligament sacro-iliaque postérieur. La mobilité de cette articulation est réduite, sauf dans le contexte de l'accouchement où il existe des mouvements de contre nutation et de nutation qui permettent d'ouvrir successivement le détroit supérieur puis inférieur pour le passage de l'enfant dans le petit bassin. Des ligaments sacro-épineux et sacro-tubéral stabilisent le sacrum sur l'os coxal et constituent des éléments essentiels aux parois pelviennes.

Enfin, l'articulation coxo-fémorale met en jeu la tête du fémur et la partie articulaire de l'acétabulum entouré du bourrelet cotyloïdien et de la capsule articulaire. Plusieurs ligaments participent à la stabilité passive de cette articulation comme les ligaments ilio-fémoraux, pubo-fémoraux et ischio-fémoral. Cette articulation permet les mouvements de flexion / extension, d'abduction / adduction et de rotation interne et externe.

Le rôle de ce système est d'offrir une résistance mécanique aux déformations provoquées par le mouvement et de les absorber. Il transmet également des informations proprioceptives au système nerveux grâce aux mécanorécepteurs.

Le système actif

Les muscles stabilisateurs ont un rôle postural et freinateur en association avec les muscles mobilisateurs (*Figure 3*). La plupart des muscles stabilisateurs sont profonds, mono-articulaires, courts, riches en fibres lentes et contiennent de nombreux fuseaux neuromusculaires.

Il existe les **stabilisateurs locaux** : composé du groupe musculaire transversaire-épineux, des inter-épineux et inter-transversaires et du multifide qui a un rôle proprioceptif important. Ils permettent d'ajuster constamment la lordose lombaire et s'activent par anticipation ainsi que durant le mouvement. Leur rôle est de permettre une stabilité localisée de la colonne.

Les **stabilisateurs globaux** : sont des muscles plus superficiels et polysegmentaires comme le psoas, le carré des lombes, le transverse et l'oblique interne de l'abdomen. Ces muscles permettent d'augmenter la pression abdominale et mettent en tension les fascias postérieurs. Ils ont un rôle de contrôle de la posture et des mouvements lombaires par rapport au bassin en chaîne cinétique fermée. Contrairement aux stabilisateurs locaux, ils favorisent une stabilité globale du tronc pour les activités statiques et dynamiques.

Les muscles **mobilisateurs** sont bi ou poly-articulaires, larges et superficiels. Leur moment de force est important contrairement aux stabilisateurs, ils permettent des mouvements

rapides et amples. Nous retrouvons le longissimus, l'iliocostal, l'oblique externe et le grand droit de l'abdomen. Ces muscles fonctionnent surtout sur le mode concentrique, et souvent en lien avec les muscles fessiers, adducteurs, droit fémoral et grand dorsal afin de permettre le transfert de force aux membres.

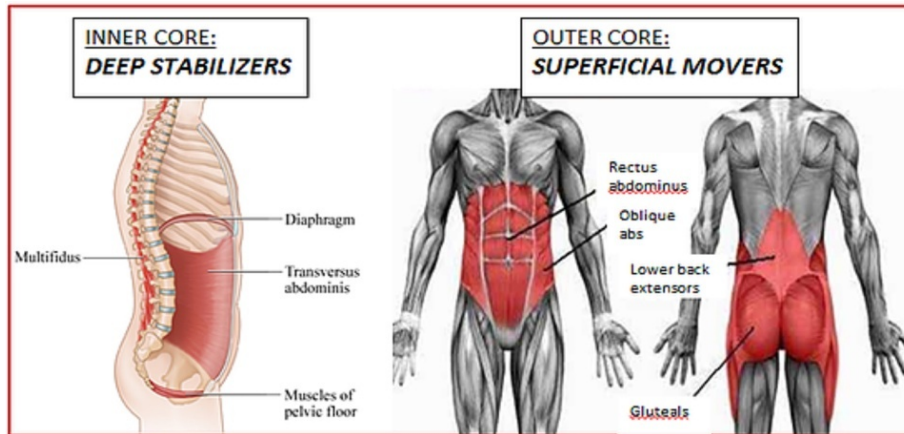


Figure 3 : Représentation des muscles stabilisateurs et mobilisateurs lombopelviens (70)

La stabilisation du noyau central que représente le bassin va permettre de coordonner les chaînes des membres et du tronc. Les éléments d'une chaîne sont inter-dépendants et toute modification d'un des composants entraîne une compensation ou une fragilité. Les muscles fessiers sont principalement concernés ainsi que les muscles pelvi-trochantériens.

Tapissant la paroi inférieure du bassin, les muscles du périnée forment le plancher pelvien. Ce diaphragme pelvien est composé des muscles élévateurs de l'anus et coccygien. Ils participent au soutien des viscères et à la continence des orifices avec les sphincters.

Le système proprioceptif et neuronal

Le contrôle moteur est défini comme une combinaison de trois niveaux par Radebol et al. (71): le réflexe spinal, l'équilibre du tronc cérébrale et la programmation cognitive afin de produire des réponses musculaires appropriées. Le premier, la voie spinale utilise l'apport proprioceptif des mécanorécepteurs que sont les fuseaux neuromusculaires, situé au sein du muscle strié et des organes tendineux de Golgi, situés à la jonction musculotendineuse. Leurs fonctions est d'informer sur la tension, la longueur et la variation de longueur du muscle. Il y a également des mécanorécepteurs au sein des articulations pour informer de leur position dans l'espace. Ces informations permettent par des voies ascendantes de la moelle d'informer le SNC. Le deuxième niveau de contrôle moteur, la voie du tronc cérébrale coordonne les entrées vestibulaires et visuelles utilisant ainsi les informations proprioceptives des récepteurs articulaires. Enfin, la programmation cognitive est basée sur des commandes centrales stockées qui conduisent à des ajustements volontaires. Les

activations musculaires préprogrammées entraînent des ajustements posturaux d'anticipations, qui permettent de résister aux forces de mouvements cinétiques comme courir, lancer, sauter (39). Les interactions avec le cortex permettent donc la production d'un mouvement automatisé mais aussi l'apprentissage de nouvelles tâches motrices. Plus globalement, le mouvement est permis par une boucle complexe entre le cortex moteur, qui est à l'initiative de la programmation, les noyaux gris centraux et le cervelet. Le message nerveux d'exécution part du cortex moteur vers le tronc cérébral et la moelle. La transmission de l'information au système nerveux périphérique est soumise au rétrocontrôle du cervelet. Le mouvement perçu par les récepteurs périphériques permet un retour de l'information vers le SNC. Dans ce retour sensoriel, le thalamus est fortement sollicité pour redistribuer les afférences périphériques aux aires appropriées. Ainsi le contrôle moteur renvoie à la neurophysiologie du mouvement impliquant un contrôle permanent du SNC sur les différents étages de la commande motrice (15). Cette boucle est influençable par des facteurs extérieurs, comme l'information nociceptive dans le cadre des DFP.

2.2.4 Interaction entre mouvement et douleur

Le mouvement change en situation de douleur. En effet, le SNC entraîne une réorganisation corticale sensorielle et motrice ayant pour but de soulager les tissus douloureux (72). Ainsi, une perturbation de certains schémas moteurs de la région douloureuse est observée, se traduisant par des conséquences motrices (*Figure 4*). Des changements subtils ont été identifiés dans la coordination musculaire, des inhibitions d'activation musculaire ou même un évitement total de la fonction d'un membre blessé (72). Souvent l'objectif est de réduire l'amplitude et la vitesse d'un mouvement douloureux, c'est un rôle de protection.

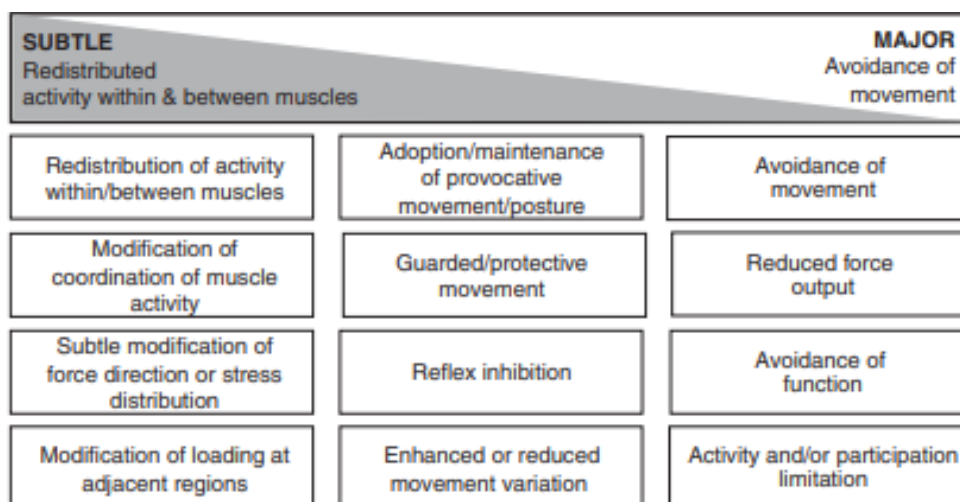


Figure 4 : Représentation des changements de comportements moteurs exprimés par les personnes en situation de douleur, par Hodges et al (72).

La manière dont une personne va répondre à la douleur varie totalement d'un individu à un autre. En effet, la douleur est définie comme « une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle, ou décrite dans ces termes » d'après l'Association Internationale pour l'Etude de la Douleur (IASP). La perturbation du schéma moteur entraîne une utilisation différente des éléments moteurs et peut contribuer à entretenir la douleur, ou bien en engendrer de nouvelles par phénomène de compensation (55). Quand la douleur est chronique le système moteur change et ce rôle « protecteur » des tissus devient moins clair, les conséquences à long terme seraient alors néfastes (62,72,73). En plus des connaissances neurophysiologiques nécessaires à la compréhension des interactions entre mouvement et douleur, il faut considérer les notions psychosociales d'évitement et de kinésiophobie qui participent à cette chronicisation (72). Désormais, nous parlons de modèles multifactoriels pour présenter les adaptations motrices à la douleur et les facteurs qui interviennent dans ce processus. Le modèle contemporain représente ces différents facteurs qui gravitent autour de la douleur (Annexe 1) (72). L'enjeu de la chronicisation des douleurs est de taille, en effet, l'installation dans le temps de douleur a un impact sur la qualité de vie, au niveau psychologique avec des risques accrus de dépression et d'anxiété, au niveau fonctionnel avec une diminution de la performance ainsi qu'économique par l'augmentation des arrêts maladie dans le cadre professionnel (74,75). Dans le cadre de la DFP, il n'est pas seulement question de nociception. En effet dans leur revue, Powers et al. précisent que les personnes souffrant de DFP persistantes présentent un processus nociceptif anormal, comme une hyperalgésie mécanique généralisée, une altération de la modulation de la douleur, une altération somatosensorielle impliquant une douleur neuropathique, une altération de la fonction sensorimotrice comme la proprioception et l'équilibre ainsi que des facteurs psychologiques comme le catastrophisme et la kinésiophobie (6). La douleur est l'élément central de cette pathologie, il nous semble important de comprendre comment le contrôle moteur est modifié par la présence de douleur et comment le contrôle moteur peut modifier la douleur afin d'intervenir dans le cadre thérapeutique.

2.2.5 Le contrôle moteur en rééducation

Différentes approches ont été proposées pour optimiser le contrôle moteur, principalement dans le cadre de la lombalgie mais aussi pour les blessures du membre inférieur. Quelque soit l'approche, le but est notamment d'éviter la chronicisation des douleurs du patient, en identifiant et modifiant les caractéristiques défaillantes du contrôle moteur tout en intégrant

la fonction. Selon Hides et al., les exercices d'entraînement neuromusculaire rassemblent différents paramètres afin d'optimiser l'activité musculaire et le contrôle moteur (64). Les objectifs sont de corriger l'activation musculaire, l'alignement postural, les schémas moteurs qui surchargent le tissu (64). Cela comprend l'entraînement en force musculaire, de l'équilibre et de la proprioception (39). Les auteurs décrivent des principes élaborés pour la conception d'un programme de contrôle moteur chez le patient lombalgique: Le premier est un contrôle de l'unité lombo-pelvienne, ceci demande un équilibre entre mouvement et rigidité des structures et une activation coordonnée du complexe. Le deuxième est le maintien d'une position de la colonne lombaire « neutre » dans la réalisation des exercices. Puis, le mouvement doit être initié de la périphérie et non du tronc lors des exercices mais doit inclure le tronc pour atteindre toute l'amplitude. Enfin, la mobilité et la souplesse des articulations et des muscles adjacents, au bassin notamment sont nécessaires pour maintenir le contrôle du rachis pendant le mouvement des membres.

Les exercices peuvent alors cibler l'optimisation de l'activation musculaire en identifiant auprès des patients une sur-activité ou une diminution de l'activité musculaire. La notion d'apprentissage à la contraction volontaire des muscles profonds est retrouvée afin de prendre conscience de leur activation, puis de les intégrer dans des exercices fonctionnels. Le feedback peut être un outil pour faciliter ces exercices, et permet l'intégration du système sensitif et proprioceptif. De plus, les exercices pourront cibler l'optimisation de la posture et du mouvement, en travaillant la respiration durant l'exercice, la dissociation du mouvement du rachis, des hanches, et du thorax, en travaillant les changements de position comme assis-debout, l'ajustement et le contrôle du mouvement sur support instable. Le travail est aussi ciblé sur l'intégration fonctionnelle afin d'augmenter l'endurance des muscles du tronc dans les activités du patient. De plus, cette approche prend en compte les caractéristiques psychologiques des patients en intégrant de l'éducation et de l'information. Ces éléments sont rassemblés dans un schéma afin d'explicitier l'intégration de la notion de contrôle moteur à la rééducation (*Figure 5*). Au niveau du complexe lombopelvien, le contrôle moteur est souvent travaillé dans une optique de stabilité. Ainsi, la force, l'endurance et l'équilibre sont des notions à intégrer dans les exercices (39).

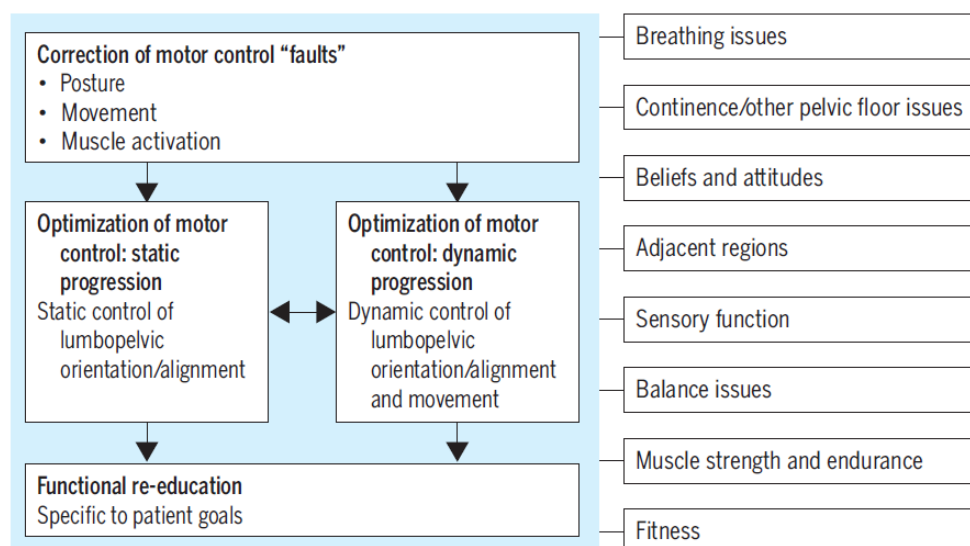


Figure 5 : Approche de l'entraînement au contrôle moteur (64)

Une revue sur l'entraînement neuromusculaire lombopelvien rapporte les mêmes types d'exercices, basés sur des populations ayant subi des blessures aux ischio-jambiers, une entorse du ligament croisé antérieur, une ménisectomie (76) : la stabilisation fonctionnelle de la région lombo-pelvienne, en ciblant tronc, abdominaux, et membre inférieurs. Les exercices sont décrits en les termes d'agilité, stabilisation, proprioception. La fréquence, l'intensité, la durée et le volume des interventions varie selon les études. De plus, la notion d'activation musculaire isolée est retrouvée, de travail statique et dynamique fonctionnel. Nous retrouvons ce type d'intervention dans les populations atteintes de DFP, ce qui nous interroge sur leur apport en kinésithérapie (77).

Nous comprenons par ces lectures que les interventions de contrôle moteur rassemblent différentes pratiques dont l'objectif converge vers une optimisation du système sensorimoteur. Dans cette revue systématique de la littérature nous intégrons les interventions visant à optimiser la coordination musculaire, le contrôle postural, le contrôle neuromusculaire et proprioceptif ainsi que l'endurance et l'apprentissage à la contraction musculaire profonde des muscles du tronc, du bassin et de la hanche dans le cadre des DFP. Pour conclure, ce travail s'intéresse à la rééducation des DFP dont l'étiologie est peu connue et surtout multifactorielle. La littérature s'intéresse au concept de « core stability » qui fait lui-même référence au contrôle moteur lombopelvien. S'il n'est pas encore certain qu'un défaut de contrôle neuromusculaire est un facteur de risque à cette pathologie, il existe tout de même des preuves sur son altération dans ce contexte pathologique. L'altération de la cinématique de la hanche et du tronc est mise en évidence, des modifications de l'activation musculaire des muscles fessiers et du tronc ainsi qu'un déficit proprioceptif et d'équilibre

chez les personnes atteintes de DFP. Ce concept de contrôle moteur est complexe, il est décrit comme les processus sensoriels et moteurs associés au contrôle du rachis, permet par des processus nerveux périphériques et centraux afin de coordonner l'activation musculaire et de répondre à la tâche demandée. Cela rassemble ainsi différents termes tels que contrôle neuromusculaire, sensorimoteur, neuromoteur, contrôle postural, stabilisation. La zone lombopelvienne renvoie au tronc, au bassin, et aux hanches. Dans ce travail, nous cherchons donc à comprendre l'enjeu en rééducation du contrôle moteur lombopelvien et son impact pour le patient atteint de douleurs fémoro-patellaires.

2.3 Questions de recherche

A partir de nos connaissances présentées ci-dessus, différents questionnements ont émergés en lien avec la problématique suivante : **Le masseur-kinésithérapeute peut-il considérer le contrôle moteur lombopelvien comme un axe de rééducation des douleurs fémoro-patellaires ?** Nous nous sommes interrogés sur les effets d'un réentraînement neuromusculaire lombopelvien dans le cadre de DFP. Quelle est la place d'une telle intervention vis-à-vis d'autres techniques en kinésithérapie ? De plus, nous nous demandons sur quels paramètres, comme la douleur ou la capacité fonctionnelle, l'entraînement peut-il avoir un impact ? Ce traitement se réalise-t-il en complément ou non d'une rééducation classique de DFP ? Enfin, si cet axe de rééducation s'avère intéressant, quelles sont les modalités qui l'optimisent et comment l'adapter à l'individualité de chaque patient ?

Afin de répondre à nos interrogations, nous avons élaboré une question de recherche. Nous nous intéressons aux effets d'une intervention (l'entraînement au contrôle moteur lombopelvien), la question de recherche se situe donc dans le cadre thérapeutique. La seconde étape est alors de définir la question de recherche au regard des mots clés choisis :

Quel est l'apport du contrôle moteur lombopelvien sur les paramètres de douleur et de capacité fonctionnelle lors du traitement des douleurs fémoro-patellaires ?

3 Matériel et Méthode

Dans cette partie nous expliquons la démarche méthodologique suivie dans ce travail de revue de la littérature pour l'élaboration d'une recherche systématique allant de l'étape d'interrogation de bases de données jusqu'à la fin du processus de sélection des articles.

3.1 Bases de données interrogées

Suite à l'élaboration de la question de recherche, nous avons interrogés différentes bases de données : Pubmed, ScienceDirect, et PEDro, entre les mois de novembre 2020 et janvier

2021. Les bases de données générales Pubmed et Sciencedirect sont choisies au regard de leur littérature abondante dans le domaine de santé. PEDro est une base de données incontournable dans le domaine de la kinésithérapie, notre question abordant le traitement nous nous tournons aussi vers cette base de données.

3.2 Critères PICO et équations de recherches

Issu des principaux concepts de la question de recherche, plusieurs mots clés pertinents respectant le modèle PICO « patient, intervention, comparateur, outcome » sont retenus (78). Ceci permet d'obtenir un nombre conséquent d'articles en rapport avec la question de recherche, d'éviter d'être confronté à un silence documentaire et de minimiser le bruit. Ces mots clés sont présentés dans le Tableau I ci-dessous.

Tableau I : Mots clés selon les critères PICO

Critères PICO	Définition	Mots clés
Population	Sujets atteints de douleurs fémoro-patellaires Hommes ou Femmes	« patellofemoral pain syndrome » OR « patellofemoral pain » OR « anterior knee pain » OR “retropatellar pain”
Intervention	Exercices de rééducation neuromusculaire des zones tronc, bassin, hanche Associés ou non à un autre traitement de masso-kinésithérapie	“motor control” OR “control” OR “neuromuscular” OR “sensorimotor” OR “stability” OR “stabilization” WITH “trunk” OR “spinal” OR “spine” OR “back” OR “lumbar” OR “core” OR “lumbopelvic” OR “proximal” OR “hip” WITH “exercise” OR “training” OR “therapy” OR “treatment” OR “rehabilitation”
Comparateur	Autre traitement de masso-kinésithérapie	“physiotherapy treatment”
Outcomes	Douleur et fonction	“pain” OR “function”

3.3 Interrogation des bases de données

Avant de débiter le processus de sélection des articles de cette revue systématique de la littérature, nous formulons des équations de recherche documentaires en combinant les différents mots clés. Ceux-ci sont associés à l'aide d'opérateurs booléens afin de faire émerger la littérature répondant à notre questionnement. Les équations sont rédigées en langue anglaise, qui correspond au langage le plus utilisé en recherche scientifique internationale en kinésithérapie. Les équations de recherche sont exposées dans le Tableau II ci-dessous en fonction des bases de données interrogées, elles sont adaptées au moteur de recherche questionné.

Tableau II : Présentation des équations de recherche appliquées aux bases de données

Bases de données	Equations de recherche	Filtres	Résultats
Pubmed	("patellofemoral pain" OR PFPS OR "anterior knee pain" OR "retropatellar pain") AND (trunk OR core OR spinal OR back OR lumbar OR lumbopelvic OR "lumbo pelvic" OR hip OR proximal OR glute*) AND ("motor control" OR control OR neuromuscular OR sensorimotor OR stabilization OR "postural control" OR proprioception OR strengthening) AND (training OR exercise OR treatment OR rehabilitation) AND physiotherapy	2010-2020	110
PEDro	Abstract & Title : control Subdiscipline : musculoskeletal Title only : patellofemoral	Since: 2010	57
Science Direct	(trunk OR core OR lumbopelvic OR hip) AND ("patellofemoral pain") AND ("motor control" OR "neuromuscular") AND (training OR exercise)	2010-2020	461
Total			628

3.4 Critères d'inclusion / d'exclusion

Ces critères d'inclusion correspondent notamment aux mots clés, ils sont présentés dans le Tableau III ci-dessous.

Tableau III : Présentation des critères d'inclusion et d'exclusion selon le modèle PICO

PICO	Inclusion	Exclusion
Population	Patients atteints de douleurs fémoro-patellaire	Patients sains, asymptomatiques
Intervention	Entraînement au contrôle moteur lombopelvien (tronc, bassin, hanche) +/- autre traitement	Autre intervention
Comparateur	Groupe contrôle ou autre intervention	Pas de groupe comparateur
Outcomes (variables mesurées)	Douleur Capacité fonctionnelle	Autres variables mesurée
Caractéristique des études	ECR Anglais ou Français Publié après 2010	Autre que ECR Autre langue Publié avant 2010

Les critères regroupés dans ce tableau ont été définis grâce à nos lectures précédentes et permettent de cibler les articles répondant à notre question de recherche. Le choix a été fait de n'inclure que des articles publiés après 2010, nous avons estimé que les articles publiés avant cette date constituaient des références trop anciennes par rapport aux connaissances

actuelles du concept de contrôle moteur. De même, nous avons choisi de n'inclure que des ECR afin d'écarter les articles de plus bas niveau scientifique.

3.5 Processus de sélection des articles

Suite aux requêtes effectuées sur les différentes bases de données, toutes les notices bibliographiques sont importées sur le logiciel Zotero. Ce logiciel permet de débiter le processus de sélection des articles.

Pendant l'interrogatoire des bases de données, au début de la sélection il apparaît un nombre de N=628 entrées. Lors de la première étape de tri des articles, après une lecture des titres nous excluons les doublons (N=40). La deuxième étape nous permet au moyen de la lecture des titres et des résumés, d'exclure les études qui ne sont pas en langue française ou anglaise (N=3), les études qui ne sont pas des essais contrôlés randomisés (N=354), celles qui ne s'intéressent pas une population atteinte de douleur fémoro-patellaire (N=104). De plus, cette deuxième étape nous permet d'écarter les essais qui ne concernent pas une intervention par contrôle moteur (renforcement, entraînement neuromusculaire, proprioception, stabilisation) (N=102) ainsi que les études qui ne s'intéressent pas aux régions du tronc et du bassin (N=13). Les études restantes doivent également respecter les critères « comparateur » et « évaluation » définis plus haut dans le tableau III. A la fin de cette étape de sélection, le nombre d'article est réduit à N=12 avant l'étape d'éligibilité.

L'étape d'éligibilité consiste en une lecture intégrale des articles restant (N=12), afin de vérifier si les études répondent aux critères d'inclusions de ce travail. Suite à la lecture intégrale nous excluons les articles qui ne sont pas des essais contrôlés randomisés (N=2), qui ne correspondent pas à une intervention de contrôle moteur comme défini dans notre cadre conceptuel (N=4). Cette étape permet de réduire le nombre de publication à N=6.

La dernière étape du processus de sélection pour cette revue consiste à l'évaluation méthodologique des articles éligibles, c'est l'étape d'inclusion. Ici nous évaluons les articles restant avec les onze critères de l'échelle PEDro (79). Cette échelle est développée pour évaluer la validité interne et externe des études de type essai contrôlé randomisé (Annexe 2). Nous considérons qu'un score faible est inférieur à 3, un score modéré se situe en 4 et 5 et un score élevé est supérieur à 5 (80). Après évaluation méthodologique, quatre articles ont un score supérieur à 6 et deux ont un score égal à 4. Au total les six articles sont retenus et inclus pour une analyse détaillée au sein de cette revue (Annexe 3). Ce choix permet d'élargir notre analyse tout en prenant en compte le niveau de preuve des articles. En effet

nous avons considéré que conserver seulement les quatre meilleurs articles constituerait un trop faible nombre d'études pour réaliser notre revue, et diminuerait notre potentiel d'analyse. De plus notre objectif est de montrer l'état actuel de la recherche dans ce domaine. Le score moyen de ces articles est de 6 avec une étendue de 4 à 8. Le diagramme de flux ci-dessous représente le processus de sélection des articles (*Figure 6*).

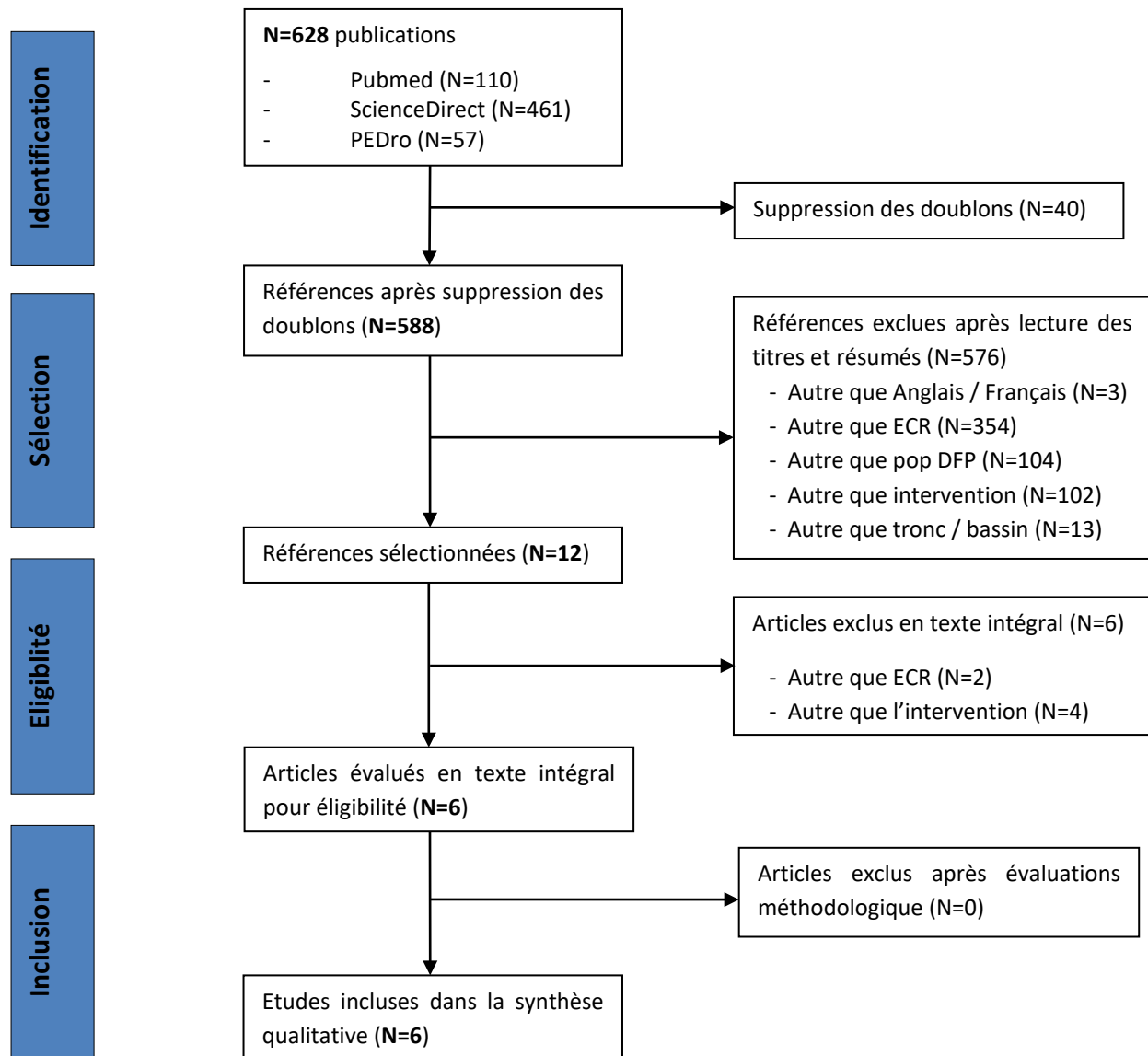


Figure 6 : Diagramme de flux présentant le processus de sélection des articles

4 Résultats

4.1 Présentation générale des études

Les caractéristiques des études incluses sont décrites dans le Tableau IV. Au total, six études publiées entre 2014 et 2018 font l'objet d'une analyse détaillée afin d'obtenir des résultats quant à la problématique de recherche (81–86).

Tableau IV : Présentation des études

Nom des études	Population : nombre, âge	Intervention : durée et fréquence	Protocole / groupe	Outcome et outils de mesure
Rabelo et al. (2017)	34 F : 18-30ans - GE : 16 Age moyen: 25,9 ± 5,5 - GC : 17 Age moyen: 25,3 ± 8,1	Durée : 4 semaines Freq : 3 / semaine 1 ^{ère} semaine : 40min 4 ^{ème} semaine : 60min	- GC RM : genou, hanche - GE RM = GC CM : tronc, bassin, hanche	- Douleur : EN - Fonction : questionnaire AKPS -Force musculaire genou et hanche: dynamomètre manuel -cinématique tronc et membres inférieurs : SDT
Motealleh et al. (2018)	28 F : 18-40ans - GE : 14 Age moyen: 28,35 ± 5,67 - GC : 14 Age moyen: 30,42 ± 6,13	Durée : 4semaines. Freq : 3 / jour.	- GC RM : genou ET - GE : RM et ET = GC CM : tronc	- Douleur : EVA - Fonction et performance : questionnaire AKPS et SDT -Equilibre : Y balance test
Foroughi et al. (2018)	33 F : 18-30ans - GE : 17 Age moyen: 23,41 ± 2,39 - GC : 16 Age moyen: 23,75 ± 1,73	Durée : 4 semaines Freq : 3 / semaine 30 à 45 min.	- GC : RM : genou, hanche ET - GE : RM et ET= GC CM : tronc	- Douleur : EN - Fonction : questionnaire AKPS et SDT -Cinématique : CoP trajectoires
Yilmaz Yelvar et al. (2015)	42 F : 35 – 50ans - GE : 22 Age moyen: 45,41 ± 4,39 - GC : 20 Age moyen: 45,50 ± 5,52	Durée : 6 semaines Freq : 3 / jour 10 / exercice Glacé 15min, 3/semaines, 6 semaines	- GC : RM : genou - GE : RM = GC ST : tronc, bassin	- Douleur : EVA - Fonction : questionnaire AKPS, SLHT, TUG -Souplesse : mesure ischiojambiers -Force quadriceps et ischiojambiers : dynamomètre isocinétique -Stabilisation posturale : Sorensen, sit up test
Ferber et al. (2014)	199 (66 H et 133 F) - GE : 111 - GC : 88 Age moyen: 29 ± 7,1	Durée : 6 semaines Freq : 6 / semaines	- GC : RM : quadriceps - GE : RM : hanche, tronc CM : tronc	- Douleur : EVA - Fonction : questionnaire AKPS -Force hanche et genou : dynamomètre. -Gainage ventral, latéral, sorensen : temps (sec)
Baldon et al. (2014)	31 F : 18-30 ans - GE : 15 Age moyen: 22,7 ± 3,2 - GC : 16 Age moyen: 21,3 ± 2,6	Durée : 8 semaines Freq : 3 / semaine 1 ^{ère} et 2 ^{ème} semaine : pas d'activité pouvant causer des douleurs au genou.	- GC : 75 à 90 min RM : quadriceps ET - GE : 90 à 120min RM : tronc, hanche CM : tronc, hanche	- Douleur : EVA - Fonction : questionnaire LEFS et SLTHT -Amélioration globale : Echelle GRC -Cinématique : single leg squat -Endurance tronc : Sorensen, gainage : temps (sec) -Force hanche et genou : dynamomètre isocinétique

GE : Groupe expérimental ; GC : Groupe contrôle, Freq : Fréquence ; F : Femme ; H : Homme ; RM : Renforcement musculaire ; ET : Etirements ; CM : Contrôle moteur ; = : même protocole
SDT : Step Down Test ; SLHT : Single Leg Hop Test ; SLTHT : Single Leg Triple Hop Test ; TUG : Time Up and GO

Parmi ces six articles, un total de 367 individus est représenté, dont 195 dans le groupe expérimental et 172 dans le groupe contrôle. Les populations sont essentiellement de sexe féminin pour cinq articles (81–84,86). Seul un article mélange les genres, avec tout de même une proportion plus importante de femmes ; 133 femmes pour 66 hommes (85).

Les critères d'inclusion des études sont très proches, parmi ceux-ci nous identifions dans les six la présence de DFP durant la pratique d'au moins deux ou trois des activités suivantes: monter/descendre les escaliers, courir, sauter, s'agenouiller, maintenir une station assise prolongée, squatter. De plus, cinq des six études ont mesuré l'intensité de la douleur comme critère, trois études ont inclus les sujets ayant un score minimum de 3 sur 10 sur l'échelle visuelle analogique (EVA), et les deux autres sur l'échelle numérique d'évaluation de la douleur (EN). Dans toutes les études on retrouve une notion de persistance de la douleur dans le temps, critère qui varie selon les articles (entre 1 mois et 6 mois). Nous pouvons également identifier dans certaines études d'autres éléments comme la présence de douleur à la palpation des facettes patellaires, au « patellar grinding test », au « step down test », ou au « double leg squat test ». La population est toujours décrite comme non athlétique mais pratiquant une activité physique amateur. Tous les articles excluent les causes traumatiques ou des antécédents chirurgicaux, ligamentaires, méniscaux, les pathologies tendineuses, la subluxation patellaire ainsi que des soucis cardiaque ou locomoteurs qui pourraient interférer avec les traitements proposés. L'âge des participants est supérieur ou égale à 18 ans et limité à 50 ans et la moyenne d'âge de tous les individus est de 29,1 ans.

Les études proviennent de différents pays dont le Brésil (81,86), l'Iran (82,83), le Canada (85) et la Turquie (84). Ces études comparent l'effet sur différents paramètres (douleur, fonction, force, cinématique) de l'entraînement par contrôle moteur du tronc et du bassin, associé ou non à une autre thérapeutique par rapport à d'autres traitements considérés comme « conventionnels », ciblés sur le genou ou sur le genou et la hanche. La durée des interventions varie entre 4 à 8 semaines. La nature de l'intervention par contrôle moteur varie également et sera détaillé pour chaque étude.

4.2 Caractéristiques des études

Cette partie est consacrée à la description des études et de leurs caractéristiques afin de rendre compte des éléments importants qui nous serviront en discussion de cette revue. Différents tests sont utilisés afin de mesurer les paramètres de douleur et la capacité fonctionnelle auxquels nous prêtons une attention particulière pour répondre à notre

problématique, ils sont également précisés pour chacune des études. Nous ne parlerons pas des autres paramètres investigués par les études.

La première étude, réalisée par **Rabelo et al. (2017)**(81) a pour objectif de vérifier l'effet d'un entraînement par contrôle moteur ajouté à une rééducation conventionnelle du genou et de la hanche chez les patients atteints de DFP. Ils recrutent 34 femmes, réparties aléatoirement entre les groupes expérimental et contrôle (GE = 16, GC = 17). La moyenne d'âge des patients est de 25ans et les groupes ne sont pas différents à l'état initial par rapport aux caractéristiques de la population et des critères de douleur et fonction. Les deux groupes suivent un protocole commun de renforcement musculaire des extenseur du genou, des abducteurs de hanche et des rotateurs latéraux de hanche. Le groupe expérimental reçoit en plus des informations sur le contrôle moteur et la consigne de corriger certains mouvements durant la réalisation des exercices : inclinaison du tronc, chute du bassin, adduction de hanche, rotation interne de hanche et pronation du pied. De plus, tous les exercices en charge réalisés par ce groupe sont effectués devant un miroir pour avoir un feedback visuel, ils ont également un feedback verbal des kinésithérapeutes et reçoivent des informations proprioceptives par la mise en place de supports instables. L'intervention dure 4 semaines, avec une fréquence de 3 sessions par semaine en clinique et un jour de repos entre chaque session. Les sessions sont supervisées par deux kinésithérapeutes qui ajustent les exercices tout au long de l'étude.

Cette étude mesure l'évolution de l'intensité de la douleur sur l'EN et la capacité fonctionnelle grâce au questionnaire AKPS.

L'étude de **Motealleh et al. (2018)**(82) évalue l'apport des exercices neuromusculaires du tronc a un programme de renforcement chez les patients atteints de DFP. Ils recrutent 28 femmes (GE = 14, GC = 14) dont la moyenne d'âge est de 29ans. Les deux groupes suivent le même programme de renforcement du quadriceps et ischiojambiers, associé à des étirements des gastrocnémiens, de la bandelette iliotibial et des ischiojambiers. Le groupe expérimental reçoit en plus un entraînement neuromusculaire du tronc qui consiste en l'apprentissage des contractions profondes abdominales en lien avec la respiration. L'intervention est réalisée à domicile et en clinique, 3 fois par jour pendant 4 semaines.

Dans cette étude la douleur est mesurée grâce à l'EVA et la fonction est rapportée grâce au questionnaire AKPS et au Step Down Test.

La troisième étude de **Forouzan Foroughi et al. (2018)(83)** évalue l'effet d'un entraînement de contrôle postural du tronc isolé ajouté à une rééducation « conventionnelle » du genou et de la hanche sur les capacités fonctionnelles et la douleur des patients atteints de DFP. Cette étude rassemble 33 femmes (GE = 17, GC = 16). La moyenne d'âge des patients est de 23 ans. Les deux groupes suivent un protocole commun qui consiste en des étirements des ischiojambiers, de la bandelette iliotibiale, du triceps sural et des exercices de renforcement des abducteurs de hanches, rotateurs latéraux de hanche, extenseurs de hanche et extenseur de genou. Le groupe expérimental réalise en plus un entraînement de contrôle postural du tronc sur siège instable. La durée de cette intervention est de 4 semaines, à raison de 3 séances par semaines d'une durée de 30 à 45min.

Les auteurs ont alors choisi d'évaluer la douleur sur l'EN et la capacité fonctionnelle avec le score AKPS et le Step Down Test.

L'étude de **Yilmaz Yelvar et al. (2015)(84)** analyse le rôle des exercices de stabilisation posturale dans l'augmentation de la qualité de vie chez les patients atteints de DFP. L'objectif est de déterminer l'efficacité des programmes de rééducation incluant des exercices de stabilisation posturale à un programme de rééducation classique, sur les paramètres de douleur, force et fonction. Cette étude inclue 42 femmes (GE = 22, GC = 20), dont l'âge moyen est de 45 ans. Les deux groupes suivent le même programme d'exercices thérapeutiques du genou. Le groupe expérimental suit en plus un protocole d'exercices de stabilisations qui consiste en l'apprentissage de l'activation du transverse, du plancher pelvien, du diaphragme, du multifidus et le maintien d'une position « neutre » du rachis, associés à la respiration. Pour cette étude de 6 semaines, les patients réalisent leurs exercices 3 fois par jours avec 10 répétitions par exercice. Ils doivent également appliquer de la glace pendant 15 minutes, 3 fois par semaines pendant toute la durée du protocole.

Cette étude rend compte de l'évolution de la douleur grâce à l'EVA, et pour la capacité fonctionnelle avec le questionnaire AKPS, le Single Leg Hop Test et le Time Up and Go.

Ferber et al. (2014)(85) évaluent l'effet d'un protocole ciblé sur la rééducation de la hanche et du tronc par rapport à un protocole ciblé sur le genou pour les paramètres de douleur, fonction, force musculaire et endurance. Cette étude inclue 199 patients, dont 66 hommes et 133 femmes répartis aléatoirement entre les groupes (GE = 111, GC = 88). L'âge moyen des patients est de 29 ans. Les deux groupes suivent des protocoles différents. Le groupe contrôle suit un traitement dit « conventionnel » de renforcement en décharge et en charge du quadriceps. Le groupe expérimental suit un protocole de renforcement ciblé sur

l'activation des muscles de la hanche, du tronc et sollicitant la stabilisation du complexe lombopelvien. Cette intervention d'une durée de 6 semaines est réalisée à domicile et en clinique, à raison de 6 fois par semaine dont 3 à la clinique.

La douleur est mesurée grâce à l'EVA et le questionnaire AKPS est utilisé pour le suivi de la capacité fonctionnelle.

L'étude de **Baldon et al. (2014)**(86) compare un traitement ciblé sur le renforcement des muscles de la hanche et le contrôle moteur des membres inférieurs et du tronc avec un traitement ciblé sur le renforcement du quadriceps. Les patients inclus dans cette étude sont au nombre de 31 femmes (GE = 15, GC = 16), dont l'âge moyen est de 22 ans. Pour le groupe expérimental, le protocole est ciblé sur le contrôle moteur du tronc et de la hanche, ainsi que sur le renforcement de la hanche. Le groupe contrôle réalise des exercices d'étirement et de renforcement ciblés sur le quadriceps. Le protocole dure 8 semaines, avec 3 séances par semaine et un jour de repos entre les sessions. Chaque session est réalisée en clinique et supervisée par un kinésithérapeute. Les patients ne doivent pas effectuer d'activité physique en plus pouvant causer des douleurs au genou pendant les deux premières semaines. Pour le groupe expérimental, chaque session dure entre 90 et 120 minutes, le contenu des séances évolue au cours de l'étude. La durée des séances du groupe contrôle est de 75 à 90 minutes. Dans cette étude les auteurs ont choisi d'évaluer la douleur à l'aide de l'EVA. La capacité fonctionnelle est évaluée à l'aide du questionnaire LEFS et du Single Leg Hop Test.

4.3 Résultats des interventions

Cette partie expose les résultats concernant l'évolution de la douleur et la fonction dans les articles. Au sein de chaque étude, les groupes ne montrent pas de différence à l'état initial.

4.3.1 Résultats concernant l'évolution de la douleur

Les résultats des études au sujet du paramètre de douleur sont présentés dans le Tableau V ci-dessous. Ici, les tests sont l'EVA et l'EN pour l'évaluation de l'intensité de la douleur. Ce sont deux échelles unidimensionnelles d'auto-évaluation de la douleur du patient. Rapportées à la même unité, elles peuvent être comparées d'après la synthèse de la HAS sur les échelles acceptées pour mesurer la douleur (87). Le développement écrit apporte les différences des moyennes entre les groupes pour chaque test, qui sont calculées à partir des tableaux de résultats si elles ne sont pas données par les auteurs. Celles-ci nous serviront plus particulièrement dans la partie discussion afin d'interpréter l'effet du traitement.

Tableau V: Résultats sur la douleur

Etude	Test	Résultats
Rabelo et al (81)	EN (cm)	GE: pré 6.1 ± 1.0 / post $2.0 \pm 1.7^*$ / 3m $1.7 \pm 1.6^*$ / 6m $1.3 \pm 1.8^*$ GC: pré 6.6 ± 1.0 / post $2.2 \pm 1.6^*$ / 3m $3.0 \pm 2.4^*$ / 6m $2.2 \pm 1.6^*$ (a)(b) p-value < 0.05
Motealleh et al (82)	EVA (mm)	GE : Pré 65.00 (47.5-70.00) / post $20 \pm 30^{* \#}$ GC : Pré 60.00 (40.00-72.5) / post $20 \pm 20^*$ } Médianes (écart interquartile) (a) p-value < 0.05 (b) p-value : 0.035
Foroughi et al (83)	EN (cm)	GE : Pré 6.11 ± 1.21 / post X $^{* \#}$ / 3m X $^{* \#}$ GC : Pré 6.25 ± 1.18 / post X $^{* \#}$ / 3m X * (b)(c) p-value < 0.001
Yilmaz Yelvar et al (84)	EVA (cm)	GE : Pré 7.54 ± 1.68 / Post $3.02 \pm 1.54^{* \#}$ / 3m $2.00 \pm 1.71^{* \#}$ GC : Pré 7.65 ± 1.69 / Post $5.50 \pm 1.76^*$ / 3m $4.55 \pm 1.60^*$ (a) p-value : 0.000' (b)(c) p-value < 0.05
Ferber et al (85)	EVA (cm)	GE : Pré 5.12 ± 1.6 / Post $1.96 \pm 1.92^*$ GC : Pré 4.96 ± 1.66 / Post $1.99 \pm 2.05^*$ (a) p-value < 0.05
Baldon et al (86)	EVA (cm)	GE : Pré 6.6 ± 1.1 / Post $1.4 \pm 1.4^*$ / 3m $0.9 \pm 1.5^*$ GC : Pré 6.1 ± 1.8 / Post $3.1 \pm 3.2^*$ / 3m $2.5 \pm 2.7^{* \#}$ (a)(c) p-value < 0.05

Pré : Evaluation avant intervention ; Post : Evaluation après intervention

3m : Evaluation à 3 mois après intervention ; 6m : Evaluation à 6 mois après intervention

* Différence significative entre l'évaluation pré et post au sein du groupe ; # Différence significative entre groupes, X : valeurs non disponibles

' : Valeur au millième ; $\pm$: Ecart Type

(a) p-value : Différence statistique entre les données pré et post intervention au sein d'un groupe

(b) p-value : Différence statistique entre le groupe contrôle et le groupe expérimental à l'évaluation post intervention / (c) : à 3mois

GE : Groupe expérimental ; GC : Groupe contrôle

Selon **Rabelo et al.** (81), les deux groupes ont significativement diminué l'intensité de la douleur perçue au niveau statistique entre les données pré et post-traitement d'après l'EN (p-value < 0.05). La valeur entre 0 et 10cm correspond à la douleur moyenne ressentie au cours de la semaine. Le groupe expérimental améliore les symptômes douloureux de -4.0 ± 1.6 cm [CI95% 3.1;4.9] et le groupe contrôle de -4.4 ± 1.8 cm [CI95% 3.4;5.3] en post-traitement. La différence moyenne entre les deux groupes est alors de -0.3 cm [CI95% -1.7;1] en faveur du groupe contrôle. De plus, un suivi à été réalisé à trois mois et à six mois de l'intervention. La diminution de la douleur se maintient sur les mois suivant le traitement dans les deux groupes avec des différences moyennes inter-groupes de 0.8 cm [CI95% -0.6;2.2] à trois mois et $0,4$ cm [CI95% -0.9;1.8] à six mois cette fois-ci en faveur du groupe expérimental. Les comparaisons inter-groupe ne sont pas statistiquement significatives.

L'étude de **Motaelle et al.** (82) présente une diminution de la douleur statistiquement significative sur l'EVA dans les deux groupes expérimental et contrôle entre les données pré et post-intervention (p-value < 0.05). Les auteurs ont cette fois-ci choisi de présenter les résultats sous forme de valeur médiane et écarts interquartile, ce qui nous informe sur la dispersion des mesures. La valeur médiane de la diminution est de 40.00 (30.00-50.00) pour

le groupe expérimental et de 30.00 (20.00-40.00) pour le groupe contrôle. Nous remarquons que les dispersions sont identiques pour les deux groupes (20 cm), c'est une valeur relativement faible par rapport à l'échelle utilisée ce qui montre que les groupes ont évolué de manière homogène. Les groupes étant identiques à l'état initial, cela nous indique que le GE présente une meilleure amélioration, la différence inter-groupe est statistiquement significative à l'état post (p -value = 0.035). Les auteurs nous informent également que la différence moyenne sur l'EVA entre les données pré et post-intervention des groupes expérimentale et contrôle sont respectivement de 40.7 ± 14.4 et 18.6 ± 11.7 . Pour le GE, cette moyenne est très proche de la valeur médiane, ce qui prouve que la répartition des valeurs est égalitaire, ce n'est pas le cas pour le GC qui semble présenter une répartition inégalitaire. La différence moyenne inter-groupe est alors de 22.1 cm à l'avantage du GE.

Foroughi et al. (83) mesurent l'évolution de la douleur grâce à l'EN. Ils présentent dans leur étude les données initiales dans un tableau, néanmoins les valeurs exactes post-traitement ne sont pas données par les auteurs. Celles-ci sont représentées dans une figure en Box-plot, les auteurs nous informent que le score diminue significativement d'environ 5 points pour le groupe expérimental et de plus de 3 points pour le groupe contrôle. Ceci ne nous permet pas de calculer la différence moyenne inter-groupe exacte, nous considérons qu'elle est d'environ 2cm à l'état post, en faveur du groupe expérimental au vu des informations fournies. Les auteurs indiquent que les comparaisons inter-groupe après l'intervention et à 3 mois sont statistiquement significatives en faveur du groupe expérimental (p -value < 0.001).

L'étude de **Yilmaz Yelvar et al.** (84), les deux groupes présentent également une amélioration statistiquement significative de la douleur sur l'EVA entre les évaluations pré et post-traitement (p -value = 0.000'). Le groupe expérimental montre une amélioration de la douleur de 4.52 cm tandis que le groupe contrôle présente une diminution de 2.15 cm sur l'EVA en post-intervention. La différence moyenne inter-groupes en post-traitement est donc de 2.37 cm en faveur du groupe expérimental, celle-ci est statistiquement significative (p -value < 0.05). A 3 mois de l'intervention, le GE montre une amélioration de la douleur de 5.54cm par rapport à l'état initial et le GC de 3.1cm. La différence moyenne intergroupe à 3 mois est de 2.44cm toujours en faveur du groupe expérimental, ceci montre que l'effet perdure au-delà de l'intervention de manière statistiquement significative d'après les auteurs.

Dans le travail de **Ferber et al.** (85), les deux groupes présentent une diminution significative de l'intensité de la douleur sur l'EVA au regard des évaluations initiales et post-traitement (p -value < 0.05). Le groupe expérimental présente une amélioration de 3.11 ± 2.22 cm [CI95% 2.69;3.52] et le groupe contrôle une diminution de 2.98 ± 2.06 cm [CI95% 2.08;3.36] avec une différence moyenne entre les deux groupes de 0.13 cm faveur du groupe expérimental à la fin du protocole. Les auteurs précisent que l'amélioration est plus précoce pour le GE à partir de la 3^{ème} semaine mais à terme les deux groupes sont très similaires, il n'y a pas de différence statistique significative inter-groupe à l'état post.

Concernant l'étude de **Baldon et al.** (86), afin d'évaluer l'intensité de la douleur les auteurs ont utilisé l'EVA. Nous remarquons alors que les deux groupes ont vu diminuer de façon significative ce paramètre entre les données pré et post intervention (p -value < 0.05). Pour le groupe expérimental, l'amélioration de la douleur entre les mesures pré et post-intervention est de -5.2 ± 1.6 cm [CI95% -4.5;-6.1], et de -3.0 ± 2.4 cm [CI95% -1.8;-4.3] pour le groupe contrôle. La différence moyenne entre les deux groupes est alors de -2.2 cm [CI95% -3.7;-0.7] en faveur du groupe expérimental. A trois mois, la diminution du symptôme douloureux est de -5.7 cm [CI95% -4.5;-6.7] pour le groupe expérimental et -3.6 cm [CI95% -1.8;-5.4] pour le groupe contrôle avec une différence moyenne inter-groupe de -2.1 cm [CI95% -4.2;0.0], la comparaison inter-groupe est statistiquement significative à ce point (p -value < 0.05).

4.3.2 Résultats concernant l'évolution de la capacité fonctionnelle

La capacité fonctionnelle est mesurée de façon subjective avec des auto-questionnaires qui rendent compte de la perception du patient sur ses capacités, ou bien de façon objective avec des tests dynamiques. Le questionnaire AKPS créé par Kujala en 1993 s'est avéré être l'un des instruments validés les plus intéressants pour évaluer la capacité fonctionnelle en particulier chez les patients atteints de DFP, il est utilisé dans cinq des six études et donne un score sur 100 (88). Nous retrouvons également le questionnaire LEFS pour mesurer la fonction perçue, c'est un score sur 80, fiable, valide et réactif au changement d'après Baldon et al (86). Les tests dynamiques sont ici le step down test (SDT), le single leg hop test (SLHT), le single leg triple hop test (SLTHT) et le time up and go (TUG). Les Tableau VI et Tableau VII ci-dessous présentent les résultats selon le type de test.

Tableau VI: Résultats sur l'activité fonctionnelle, mesures subjectives

Etude	Test	Résultats
Rabelo et al (81)	AKPS (0-100)	GE : Pré 67.1 ± 7.6 / post $85.8 \pm 9.2^*$ / 3m $91.4 \pm 7.0^*$ / 6m $89.0 \pm 8.2^*$ GC : Pré 67.5 ± 11.3 / post $83.7 \pm 8.3^*$ / 3m $83.3 \pm 12.0^{*#}$ / 6m $84.8 \pm 9.8^*$ (a) p-value < 0.05 (b)(c) p-value < 0.05
Motealleh et al (82)	AKPS (0-100)	GE : Pré 69.50 (67.00-72.25) / post $88 \pm 7^{*#}$ GC : Pré 71.50 (66.00-77.25) / post $88 \pm 14^{*#}$ } <i>Médianes</i> (a) p-value < 0.05 (b) p-value : 0.039
Foroughi et al (83)	AKPS (0-100)	GE : Pré 76.23 ± 4.77 / post $88.05 \pm 4.75^{*#}$ / 3m $92.41 \pm 4.80^{*#}$ GC : Pré 75.25 ± 5.10 / post 81.93 ± 5.79 / 3m 82.06 ± 5.99 (b) p-value : 0.002 (c) p-value 3m < 0.001
Yilmaz Yelvar et al (84)	AKPS (0-100)	GE : Pré 48.00 ± 12.54 / Post $82.45 \pm 13.02^{*#}$ / 3m $87.64 \pm 8.39^{*#}$ GC : Pré 49.35 ± 11.23 / Post $66.75 \pm 16.19^*$ / 3m $74.85 \pm 14.71^*$ (a)(b)(c) p-value : 0.000'
Ferber et al (85)	AKPS (0-100)	GE : Pré 75.00 ± 9.74 / Post $87.95 \pm 11.26^*$ GC : Pré 75.62 ± 9.81 / Post $87.67 \pm 10.53^*$ (a) p-value < 0.05
Baldon et al (86)	LEFS (0-80)	GE : Pré 55.4 ± 12.8 / Post $74.3 \pm 4.6^*$ / 3m $74.9 \pm 3.9^*$ GC : Pré 57.6 ± 7.2 / Post $70.6 \pm 8.0^*$ / 3m $70.4 \pm 8.4^*$ (a)(b) p-value < 0.05

Pré : Evaluation avant intervention ; Post : Evaluation après intervention ;

3m : Evaluation à 3 mois après intervention / 6m : Evaluation à 6 mois après intervention

* Différence significative entre l'évaluation pré et post au sein du groupe ; # Différence significative entre groupes ; $\pm$ Ecart Type

(a) p-value : Différence statistique entre les données pré et post intervention au sein d'un groupe

(b) p-value : Différence statistique entre le groupe contrôle et le groupe expérimental à l'évaluation post intervention / (c) : à 3 mois

GE : Groupe expérimental ; GC : Groupe contrôle

Dans l'étude de **Rabelo et al.** (81), le score AKPS a été utilisé comme auto évaluation de la fonction perçue. Les deux groupes ont significativement amélioré ce paramètre suite aux mesures pré et post-traitement (p-value < 0.05). L'amélioration du groupe expérimental entre les données pré et post est de 18.7 ± 11.5 [CI95% -24.6;-12.8] tandis que celle du groupe contrôle est de 16.2 ± 12.8 [CI95% -22.7;-9.5]. Ainsi, la différence moyenne intergroupe est de -2.5 [CI95% -10.7;5.5] en faveur du groupe expérimental. Les différences moyennes intergroupes calculées à trois mois et à six mois sont alors respectivement de -8.5 [CI95% -16.8;-0.3] et 4.7 [CI95% -12.9;3.5] également en faveur du groupe expérimental. Il existe une différence statistique significative inter-groupe en faveur du GE avec le test AKPS seulement à 3 mois de l'intervention (p-value < 0.05).

Selon **Motealleh et al.** (82), la capacité fonctionnelle évaluée grâce au score AKPS démontre une amélioration statistiquement significative entre les données pré et post-intervention (p-value < 0.05) avec une médiane de 18.5 (12-23.75) pour le groupe expérimental et de 12 (7.75-19.25) pour le groupe contrôle. La dispersion de l'échantillon est de 11.75 pour le GE et de 11.5 pour le GC, les échantillons sont alors comparables car leurs dispersions respectives sont très proches dans les deux groupes. La différence inter-groupe semble en

faveur du GE au vu de cette dispersion, ce qui est confirmé par les auteurs (p -value= 0.039). La différence moyenne entre l'état pré et l'état post pour le groupe contrôle est de 13.21 ± 6.53 et pour le groupe expérimental est de 19.42 ± 7.96 . Ces moyennes sont proches des médianes correspondantes, montrant une répartition égalitaire des valeurs. Les moyennes ne sont donc pas influencées par des valeurs extrêmes. La différence moyenne inter-groupe est alors de 6.21 en faveur du groupe expérimental.

D'après **Foroughi et al.** (83), la capacité fonctionnelle perçue grâce au questionnaire AKPS montre une amélioration pour les deux groupes par rapport aux évaluations initiales et post-traitement. En effet, le groupe expérimental montre une amélioration de 11.82 points et le groupe contrôle de 6.68 points. La différence moyenne entre les deux groupes est alors de 5.12 en faveur du groupe expérimental entre les données pré et post-traitement ce qui est statistiquement significatif à ce point (p -value = 0.002). De même, l'amélioration du score à 3 mois de suivi par rapport à l'état initial dans le groupe expérimental est de 4.36 et seulement de 0.13 dans le groupe contrôle. La différence moyenne intergroupe à 3 mois est de 4.23, ce qui reste statistiquement significatif en faveur du GE (p -value < 0.001).

Selon **Yilmaz Yelvar et al.** (84), il existe une augmentation statistique significative (p -value = 0.000') de 34.45 points pour le groupe expérimental et 17.4 points pour le groupe contrôle entre les évaluations pré et post-traitement sur le score AKPS. La différence moyenne intergroupe est de 17.05 points entre les groupes au profit du groupe expérimental en post-intervention et de 21.45 à 3 mois. Ces différences inter-groupe sont statistiquement significatives (p -value < 0.05).

Pour **Ferber et al.** (85), le score AKPS est amélioré de manière statistiquement significative de 12.58 ± 11.93 points [CI95% 9.79;15.38] pour le groupe expérimental et de 12.90 ± 13.55 [CI95% 9.75;16.05] pour le groupe contrôle (p -value < 0.05). La différence moyenne intergroupe de 0.9 en faveur du GE n'indique pas un changement statistiquement significatif entre les groupes concernant la fonction, les deux groupes semblent évoluer de la même manière.

Dans l'étude de **Baldon et al.** (86), la fonction a été évaluée par le questionnaire Lower Extremity Functional Scale (LEFS). Les résultats décrits par les auteurs montrent que les deux groupes ont amélioré de manière statistiquement significative la fonction perçue chez les patients entre l'état pré et post-intervention et à 3 mois. Le groupe expérimental a amélioré son score de 18.9 ± 12.5 [CI95% 12;25.8] et le groupe contrôle de 12.9 ± 7.5 [CI95% 8.9;17]. La

différence moyenne intergroupe en post-intervention est alors de 5.9 [CI95% -1.6;13.4] avec une amélioration plus importante du groupe expérimental mais non statistiquement significative. L'évolution à 3 mois montre que le groupe expérimental continue d'améliorer son score avec une différence moyenne de 19.5±11.9 [CI95% 12.8;26.1] et de 12.7±6.2 [CI95% 9.5;16] pour le groupe contrôle. La différence moyenne entre groupes à 3 mois est de 6.7 [CI95% -0.2;13.6], toujours non statistiquement significative.

Tableau VII: Résultats sur l'activité fonctionnelle, mesures objectives

Etude	Test	Résultats
Motealleh et al (82)	SDT (step/30s)	GE : Pré 9.16 (7.25-10.66) / post 5.33 (3.33-7.08)*# GC : Pré 9.50 (7.66-11.33) / post 2.83 (2.00-4.16)*# (a) p-value < 0.05 (b) p-value : 0.027
Foroughi et al (82)	SDT (step/30s)	GE : Pré 17.55 ± 2.81 / post 24.37 ± 3.35*# GC : Pré 17.30 ± 3.36 / post 20.56 ± 4.11* (a) p-value < 0.001 (b) p-value < 0.001
Yilmaz Yelvar et al (84)	SLHT (m)	GE : Pré 54.38 ± 22.53 / Post 75.61 ± 20.09*# / 3m 78.68 ± 22.74* GC : Pré 48.65 ± 24.75 / Post 64.30 ± 23.52* / 3m 70.10 ± 24.54* (a) p-value : 0.000' (b) p-value < 0.05
	TUG	GE : Pré 3.86 ± 0.79 / Post 3.37 ± 0.55*# / 3m 3.30 ± 0.48* GC : Pré 4.33 ± 0.78 / Post 3.89 ± 0.50* / 3m 3.89 ± 0.50* (a) p-value : 0.000' (b) p-value < 0.05
Baldon et al (86)	SLTHT (m)	GE : Pré 336.4 ± 34.8 / Post 375.3 ± 48.3*# GC : Pré 325.1 ± 82.4 / Post 330.1 ± 72.5* (a)(b) p-value < 0.05

Pré : Evaluation avant intervention ; Post : Evaluation après intervention ; 3m : Evaluation à 3 mois après intervention

* Différence significative entre l'évaluation pré et post au sein du groupe ; # Différence significative entre groupes ; ± Ecart Type

(a) p-value : Différence statistique entre les données pré et post intervention au sein d'un groupe

(b) p-value : Différence statistique entre le groupe contrôle et le groupe expérimental à l'évaluation post intervention / (c) : à 3 mois

SDT : Step Down Test ; SLHT : Single Leg Hop Test ; SLTHT : Single Leg Triple Hop Test ; TUG : Time Up and Go

GE : Groupe expérimental ; GC : Groupe contrôle

Dans l'étude de **Motealleh et al.** (82), le SDT est utilisé pour mettre en évidence l'évolution de la capacité fonctionnelle. Les médianes pour les améliorations des groupes expérimental et contrôle sont respectivement de 5.33 (3.33-7.08) et 2.83 (2.00-4.16) et sont significatives par rapport aux données initiale (p-value < 0.05) et entre les groupes (p-value = 0.027) en faveur du groupe expérimental. Les dispersions pour ce test sont respectivement de 3.75 et 2.83, ce qui reste relativement proche pour appuyer l'évolution du GE. Nous n'avons pas de données sur les différences moyennes de ce test.

Selon **Foroughi et al.** (83), les mesures au SDT montrent une amélioration significative dans les deux groupes entre les données pré et post. Celle-ci est de 6.81 [CI95% 5.57;8.04] pour le groupe expérimental et de 3.18 [CI95% 2.26;4.10] pour le groupe contrôle (p-value < 0.001).

La différence moyenne entre les groupes après intervention est alors de 3.62 [CI95% 2.13;5.11] en faveur du groupe expérimental, la comparaison intergroupe est statistiquement significative à l'état post (p-value < 0.001).

D'après **Yilmaz Yelvar et al.** (84), concernant le SLHT, les deux groupes ont augmenté leur score statistiques significativement (p-value = 0.000') de 21.23m et 15.65m pour les groupes expérimental et contrôle, entre les données pré et post-intervention. La différence moyenne intergroupe calculée est alors de 5.58m en faveur du groupe expérimental. Cette différence intergroupe est statistiquement significative en post-intervention (p-value < 0.05) mais pas à 3 mois. Enfin, les scores TUG des groupes expérimental et contrôle démontrent une amélioration significative (p-value = 0.000') de 0.49 et 0.44 respectivement à la fin de l'étude. La différence moyenne intergroupe est alors de 0.05. La comparaison intergroupe est statistiquement significative en post-intervention d'après les auteurs (P<0.05), mais pas à 3 mois.

Selon **Baldon et al.** (86) le test fonctionnel utilisé est le SLTHT. Les résultats montrent une amélioration statistique significative seulement pour le groupe expérimental entre les mesures pré et post-intervention de 38.9±28.1cm [CI95% 23.3;54.4] (p-value < 0.05). La comparaison des groupes en post-intervention est statistiquement significative (p-value < 0.05), la différence moyenne intergroupe est de 33.9 [CI95% 12;55.7] en faveur du groupe expérimental. Les valeurs n'ont pas été mesurées à 3 mois.

5 Discussion

5.1 Interprétation des résultats

Dans cette revue, les paramètres de douleur et de capacité fonctionnelle étudiés au sein des articles inclus nous renseignent sur l'apport du contrôle moteur sur ces paramètres. Dans l'intention de rendre compte de l'intérêt de cette thérapeutique en rééducation, il nous faut interpréter les résultats, établir la taille de l'effet du traitement thérapeutique vis-à-vis de ces tests, estimer l'apport clinique, le rapport coût/efficacité et le rapport bénéfice/risque.

5.1.1 Taille de l'effet et application clinique

La taille de l'effet permet d'évaluer l'importance de l'effet thérapeutique, l'efficacité du traitement et son potentiel intérêt pour la pratique clinique. Les études présentées donnent des indications sur la présence d'un effet thérapeutique supérieur à un autre traitement, au moyen d'une valeur statistiquement significative. Cependant, la valeur statistiquement significative ne permet pas de conclure quant à l'utilité clinique d'une technique. Dans cette

partie nous utilisons les différences moyennes intergroupes de chaque étude, comme indicateurs de la taille de l'effet d'un traitement. Cette différence moyenne prend en compte l'état initial des patients au sein d'un groupe ce qui limite les biais par rapport à une simple comparaison des résultats post-traitement. En effet, entre les études les états initiaux des populations ne sont pas les mêmes, il est donc important de prendre en compte cet état de départ des individus dans chaque étude afin de pouvoir discuter des divergences dans les tailles de l'effet. Néanmoins, au sein de chaque étude, l'état initial des patients du groupes expérimental et contrôle est vérifié et ne présente pas de différence statistique sur les paramètres ce qui permet d'évaluer le réel impact clinique. En effet, si un groupe présente des caractéristiques très critiques, il sera trouvé une évolution plus importante que pour un groupe mieux portant. Nous calculons cette taille d'effet sous forme de pourcentage à l'aide des différences moyennes selon la méthode de Herbert (Annexe 4) (89).

Taille d'effet et douleur

Concernant la douleur, selon **Rabelo et al.** (81) les données sur l'EVA montrent une diminution moyenne de la douleur de 4,72% à la fin de l'étude en faveur du GC puis de 12,59% à 3 mois et de 6,29% à 6 mois pour le GE. Nous notons qu'en post-intervention, le GC présente une meilleure diminution de la douleur, ce n'est pas en faveur du contrôle moteur. L'effet clinique est majeur à 3 mois de l'intervention, cela peut être favorisé par une bonne adhésion au traitement. L'étude montre que le programme de contrôle moteur ajouté à un renforcement de la hanche et du genou permet d'améliorer le symptôme douloureux, et que l'effet est plus important que pour un programme de renforcement hanche et genou seul à partir de 3 mois. De plus, l'effet à 6 mois est également supérieur à l'effet en post-intervention, l'effet semble durable pour le contrôle moteur même s'il reste faible.

Dans l'article de **Foroughi et al.** (83), nous calculons la taille de l'effet à partir de données approximatives car les auteurs ne donnent pas les valeurs des différences moyennes. La douleur sur l'EVA diminue de 32,36% à la fin de l'intervention. Cette taille d'effet permet d'appuyer l'apport de l'entraînement par contrôle moteur en complément d'un traitement genou et hanche par rapport à un traitement genou et hanche isolé. C'est la seule étude utilisant un siège instable pour l'intervention.

Selon **Yilmaz Yelvar et al.** (84), la douleur sur l'EVA est améliorée de 31,22% à en post-intervention et de 32,1% à 3 mois. Ceci nous confirme l'apport des exercices de contrôles moteurs lombopelvien ajoutés à des exercices thérapeutiques centrés sur le genou vis-à-vis des exercices seuls pour un protocole de 6 semaines, avec un effet durable dans le temps.

L'étude de **Ferber et al.** (85) montre des différences moyennes entre groupes très réduites ce qui se retrouve dans le calcul des tailles d'effet. Pour la douleur, la taille d'effet est de 2,57% sur l'EVA à la fin de l'étude. Ces résultats sont à prendre avec précaution puisque même s'il existe un effet clinique supérieur pour le contrôle moteur, celui-ci reste peu élevé. Enfin, **Baldon et al.** (86) présentent une amélioration de la douleur sur l'EVA de 34,64% après l'intervention, et de 33,07% à 3 mois. Ceci confirme la supériorité du traitement par contrôle moteur comparé à un protocole ciblé sur le quadriceps, d'une durée de 8 semaines. **Motealleh et al.** (82) ne nous permettent pas de calculer ce pourcentage, néanmoins la différence moyenne inter-groupe représente déjà un indicateur de la taille de l'effet. Celle-ci est de 22,1 cm sur l'EVA.

Les divergences entre les tailles d'effet des études sont à prendre en compte. Les études observant l'effet du contrôle moteur en complément d'une thérapeutique montrent des effets variables allant de 6% à 32,36% en post intervention (81–84). Des différences persistent entre ces études, notamment au niveau des interventions en elle-même, ce qui peut faire varier ces chiffres. Nous pouvons tout de même observer que cela tend vers un effet positif de l'apport du contrôle moteur à la rééducation conventionnelle des DFP. Pour les deux études comparant le contrôle moteur à une autre thérapeutique, les effets sont de 30% et 2,74%, ces effets sont également très différents mais semblent indiquer que le contrôle moteur présente un intérêt clinique dans le traitement des DFP, même utilisé isolément. Beaucoup de différences entre les études peuvent également interférer sur ces effets, et sont détaillé plus bas dans une partie consacrée aux limites des articles.

Afin d'offrir une autre représentation des résultats, nous avons réalisé le Forest Plot ci-dessous (*Figure 7*). C'est un graphique représentant les données essentielles des études concernant la douleur, réalisé grâce au logiciel « Review Manager ». Nous avons intégrés quatre études seulement car certaines ne présentent pas les données nécessaires au logiciel pour les représenter. De plus, celui-ci traduit seulement l'effet de l'intervention entre l'état pré et post-intervention. Nous décrivons ce graphique grâce au guide de la Cochrane (90). Sur ce graphique apparaît en abscisse l'échelle de la douleur, de 0 à 10 (EVA ou EN). Les résultats sont des différences moyennes, un résultat négatif représente une diminution de la douleur en faveur du groupe expérimental, à gauche de la ligne centrale. Un résultat positif est en faveur du groupe contrôle. La ligne centrale représente la limite d'absence de différence. En ordonnée sont placées les quatre études de Baldon et al, Ferber et al, Rabelo et al, Yilmaz Yelvar et al. Ce type de graphique permet d'illustrer deux principaux éléments :

l'hétérogénéité entre les résultats, les méthodologies, les populations incluses et le résultat global des études. Les informations au sujet des groupes expérimental et contrôle sont présentées : les moyennes, les écarts types, le nombre de participants. Le poids en pourcentage indique l'influence que chaque étude a sur le résultat global. En général plus la taille de l'échantillon est grande et plus l'intervalle de confiance est étroit, plus le poids en pourcentage est élevé. C'est aussi exprimé par le carré vert, plus celui-ci est grand et plus l'influence de l'étude est importante sur le résultat global. Le résultat global est représenté par un losange noir, selon sa position par rapport à la ligne centrale il indique si l'effet est en faveur de l'intervention ou non. Ici le losange est bien situé du côté du groupe expérimental et ne croise pas la ligne centrale ce qui indique un résultat statistiquement significatif. Cependant, le losange est très proche de cette ligne, nous pouvons supposer que l'effet de l'intervention par contrôle moteur est minime comparé à l'intervention du groupe contrôle. Il faudra alors établir si les moyens déployés pour mettre en place le traitement justifient cette intervention au vu des résultats démontrés ici. En effet, nous voyons tout de même que la différence moyenne entre les groupes des études est de -0,6, nous pouvons nous demander si c'est une valeur cliniquement pertinente. Enfin, l'hétérogénéité est représentée par le I^2 en pourcentage sous le tableau de valeurs. Plus il est élevé, plus l'hétérogénéité entre les études est importante. Ici le I^2 est de 84%, ce qui indique une grande hétérogénéité entre nos études, de plus on voit que ce taux est statistiquement significatif ($P=0,0003$) ce qui renforce l'idée que les études sont très hétérogènes. Dans la dernière colonne sont exprimées les différences moyennes avec l'intervalle de confiance à 95%.

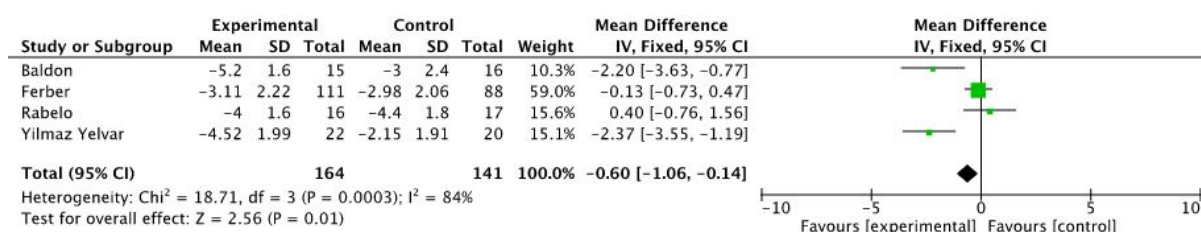


Figure 7 : Forest plot représentant les données sur l'évolution de la douleur entre l'état initial et la fin de l'intervention

Taille d'effet et capacité fonctionnelle

Pour ce qui est de l'activité fonctionnelle, selon les données de **Rabelo et al.** l'amélioration du score AKPS est de 3,71% après le protocole, de 12,63% à 3 mois, et de 6,98% à 6 mois. L'effet semble durer dans le temps et est majeur à 3 mois. Une fois de plus nous pouvons questionner l'impact dans le temps qui peut être dû à une pratique maintenue des patients.

Selon **Foroughi et al.**, la capacité fonctionnelle sur le score AKPS est améliorée de 6,76% et le SDT est amélioré de 20,7% après les 4 semaines d'intervention. L'entraînement au contrôle moteur sur siège instable montre une supériorité sur l'effet du traitement par rapport au traitement genou et hanche isolé pour les paramètres fonctionnels, néanmoins les tests démontrent des tailles d'effet très différentes entre le score AKPS relatif au ressenti du patient et le SDT qui est une mesure objective.

Dans l'étude de **Ferber et al.** la taille de l'effet après l'intervention est de 1,19% pour le score AKPS. L'étude ne montre pas une supériorité suffisante du programme de contrôle moteur face au programme de renforcement du quadriceps sur ce critère fonctionnel.

Selon **Yilmaz Yelvar et al.**, le score AKPS est augmenté de 35,03%, le SLHT est amélioré de 10,83% et le TUG de 1,22%. Ces tailles d'effet varient d'un effet très faible pour le test TUG à un effet plus important pour le score AKPS, ceci peut être dû à la nature du test réalisé. En effet, le score AKPS relate de la fonction perçue par le patient et l'on s'attend à un effet important lorsque l'on met en place un traitement. Le TUG est un test fonctionnel plus parlant chez des populations très limitées, ce qui n'est pas forcément le cas de la population étudiée ici, d'où la faible différence pré-post intervention. Néanmoins cette étude montre une amélioration du paramètre fonctionnel grâce à l'ajout du contrôle moteur.

Pour **Baldon et al.**, la capacité fonctionnelle est améliorée de 10,44% en fin de protocole et de 12,03% à 3 mois sur le questionnaire LEFS. D'après le SLTHT l'amélioration est de 10,24% en post-traitement. Cette étude de 8 semaines montre une amélioration de la capacité fonctionnelle grâce à un entraînement au contrôle moteur tronc et hanche face à une thérapeutique conventionnelle avec un effet qui semble durer dans le temps.

Pour ce paramètre, les études montrent des tailles d'effet peu élevées notamment sur le score AKPS. Une seule étude semble avoir un effet clinique plus important (35,03%)(84). Nous avons voulu différencier l'effet que semble avoir le contrôle moteur sur la perception des patients de leurs capacités et sur les capacités fonctionnelles objectivées à l'aide de tests dynamiques. Au vu de ces résultats, nous pouvons dire que les capacités fonctionnelles perçues et objectives sont améliorées cliniquement ce qui appuie l'intérêt de ces pratiques. Nous notons que le contrôle moteur a un effet positif sur la perception qu'ont les patients de leurs capacités ce qui est un atout considérable dans une prise en charge. De plus, les études ayant réalisé des suivis à distance mettent en évidence que les améliorations se tiennent dans le temps, même si l'effet diminue par la suite. Nous pouvons nous demander

si l'approche par contrôle moteur a une influence psychologique d'un point de vue motivationnel et comportemental pour produire ces effets.

5.1.2 Changement minimal cliniquement pertinent

Le changement minimal cliniquement pertinent (CMCP) représente la plus petite valeur pour une échelle assurant une modification clinique aux yeux des praticiens et des patients, sans être dû au hasard ou une erreur de mesure (91). La valeur du CMCP varie pour une même échelle en fonction des pathologies. Les auteurs doivent nous informer du seuil considéré dans l'étude, mais ce n'est pas toujours le cas. Souvent ces valeurs sont proches mais peuvent varier, nous comparons les valeurs données par les études aux seuils de référence trouvés dans la littérature. Nous présentons ci-dessous ces valeurs pour les échelles de la douleur et le questionnaire AKPS, qui sont les plus retrouvés dans les études. Nous n'avons pu trouver de valeurs correspondant à notre population pour le SDT, SLHT et TUG.

Concernant l'EVA, le CMCP est de 2cm d'après une étude sur les tests relatifs aux DFP, c'est également le seuil défini par les études incluses sauf pour Rabelo et Yilmaz Yelvar qui ne le précisent pas (92). Cette valeur est également retrouvée dans les études utilisant l'EN. Dans cinq études les deux groupes améliorent cliniquement leur score, avec une dominance du groupe expérimental entre l'état pré et post ou à distance de l'intervention (81,83–86). Pour Motellaeh et al, seul le groupe expérimental atteint le seuil du CMCP. En s'intéressant aux différences intergroupes, quatre études montrent que le groupe expérimental présente un bénéfice clinique supérieure au seuil de CMCP par rapport au groupe contrôle (82–84,86). Les études présentes des améliorations intergroupes respectives de 2.21, 2, 2.37, 2.3. Ceci appuie l'idée d'un intérêt clinique sur l'évolution des douleurs grâce aux interventions par contrôle moteur isolé ou ajouté à un traitement conventionnel.

D'après cette même étude, le CMCP relatif au score AKPS est de 10 points (92). Ce seuil est parfois défini à 8 (81,83,85), 9 (84), ou 10 (82) dans nos études incluses. Selon quatre études, les deux groupe contrôle moteur et groupe thérapie conventionnelle dépassent le CMCP entre les résultats pré et post intervention (81,82,84,85). Selon Foroughi et al, seul le groupe expérimental atteint le seuil de CMCP du score AKPS en post intervention. Pour toutes les études, le groupe expérimental présente une amélioration clinique plus importante de la capacité fonctionnelle perçue comparé au groupe contrôle, néanmoins le bénéfice clinique de l'intervention n'a de réel intérêt que si la différence inter-groupe est supérieure ou égale au CMCP. Ceci n'est le cas que pour l'étude de Foroughi & al. Ces résultats montrent que

l'intervention est pertinente en clinique mais ne permettent pas de traduire une supériorité d'un traitement par contrôle moteur ajouté à la rééducation conventionnelle.

Ces éléments sont encourageants pour faire évoluer la prise en charge des DFP, néanmoins, nous souhaitons préciser que tous les auteurs n'indiquent pas l'intervalle de confiance en lien avec les différences moyennes. Cela permet de vérifier comment sont situées les bornes de l'intervalle par rapport au seuil de CMCP, et donc si la totalité des valeurs le dépassent. Si l'intervalle de confiance croise la valeur seuil cela représente une limite dans l'interprétation que l'on peut en faire car cela signifie que toutes les valeurs ne dépassent pas le seuil.

5.1.3 Analyse coût / efficacité et balance bénéfices / risques des traitements

Afin d'éclairer l'intérêt clinique des interventions présentées, il est important de prendre en compte la notion de coût/efficacité. En effet, nous remarquons que l'intégration des exercices de contrôle moteur nécessite au moins un rendez vous supervisé afin d'informer et d'éduquer les patients à cette pratique. Il serait intéressant d'évaluer le taux d'adhésion et d'observance de ces exercices pour les études réalisées à domicile afin de mettre en évidence la nécessité ou non d'un personnel soignant dans la réalisation des exercices. En effet, l'autonomisation du patient dans la réalisation de ces exercices diminue les coûts engendrés. Un feedback du soignant semble tout de même pertinent dans la mise en place du programme. En dehors de cette notion, la pratique du contrôle moteur ne requière pas de matériel particulier et les résultats montrent des bénéfices à sa pratique. Seule une étude utilise le « siège instable » qui constitue un matériel onéreux ce qui pose un doute dans la nécessité d'investir pour cette rééducation. D'autre part, nous observons que la durée des protocoles varie entre 4 et 8 semaines. Il semble que l'on puisse espérer des résultats encourageants dès 4 semaines, ce qui est un point important à souligner ici. L'efficacité du traitement semble fluctuante sur l'amélioration des symptômes néanmoins son coût réduit nous permet de conclure à un rapport coût/efficacité intéressant.

Cette notion est également importante dans l'évaluation d'un traitement. Outre les bénéfices rapportés sur l'amélioration des symptômes douloureux et la fonction il faut identifier la présence de risque à cette pratique. Ici, aucune étude ne révèle de risque suite à la mise en place d'un programme de contrôle moteur, néanmoins le faible échantillon de participants ne permet pas de mettre en avant tous les risques possibles. Nous pouvons tout de même émettre comme risque possible le surentrainement lié à la pratique à domicile des patients, néanmoins aucune étude ne l'aborde. Au vu des résultats donnés, nous pouvons

conclure que la technique induit plus de bénéfices que de risque. En effet, une étude a utilisé l'échelle GRC (Global Rating Scale) afin d'évaluer le sentiment d'amélioration global de l'état de santé et montre que 100% des patients du groupe expérimental ont le sentiment d'être en meilleure santé contre 75% du groupe contrôle en post intervention (86). C'est un indicateur intéressant pour mettre en évidence le bénéfice perçu par le patient.

5.2 Biais et limites au sein de la revue de littérature

Dans cette partie sont exposés d'une part les limites des études incluses, et d'autre part les limites de cette revue systématique de la littérature.

5.2.1 Limites des études

Certaines caractéristiques des études sont à considérer. Premièrement, pour attester de la qualité des revues publiant ces articles, nous utilisons l'index H scimago. Celui-ci quantifie à la fois la productivité scientifique des revues et l'impact scientifique en prenant en compte le nombre de citations des articles publiés. Il est de 138 pour la revue de Rabelo et al, 20 pour celle de Motealleh et al, 179 pour Foroughi et al, 25 pour Yilmaz Yelvar et al, 103 pour Ferber et al, 112 pour Baldon et al. Certaines revues semblent avoir un impact très faible, cela peut questionner la qualité des études publiées dans ces revues. Afin de donner au lecteur un repère pour interpréter l'index H, nous prenons en référence le British Journal of Sport Medicine, réputé en recherche scientifique et notamment en kinésithérapie. Son index H s'élève à 156, ce qui nous permet de nous faire un avis sur les revues des articles inclus ici.

D'autre part, le nombre de participants dans cinq des six études représente des échantillons de petites tailles, ce qui constitue un biais majeur pour l'interprétation des résultats et la généralisation de ceux-ci dans la population générale. On retrouve des populations allant de 28 à 42 participants pour ces cinq études (81–84,86), et 199 pour Ferber et al (85). De plus, la plupart des études intègrent des populations féminines et peu sportives, et relativement jeunes hormis Ferber et al. dont la population est mixte (85). Les résultats de ces études ne sont donc pas transposables à n'importe quelle population en situation clinique, comme à des populations plus âgées ou aux sportifs et militaires très touchés par cette pathologie.

Au sujet des interventions en elles même, nous avons ciblé la rééducation du contrôle neuromusculaire. Nous remarquons que la nature des interventions varie entre les études sélectionnées. En effet, l'étude de Rabelo et al. réalise une intervention de contrôle moteur par le biais de l'éducation et l'information aux patients. Ceux-ci sont éduqués vis-à-vis des mouvements à corriger durant la réalisation d'exercices, et dans leur vie quotidienne, donc en intégrant à des exercices « conventionnels » la conscience du mouvement du bassin et du

tronc. Dans d'autres études, les interventions ciblent des exercices spécifiques et fonctionnels pour l'activation des muscles abdominaux, des muscles profonds du dos, des fessiers, en plus d'autres exercices classiques. Une autre étude ajoute un entraînement sur siège instable pour la stabilisation du bassin, ce qui shunte l'influence des membres inférieurs. L'interprétation des résultats est alors à modérer, toutes les interventions ne sont pas réalisées exactement dans les mêmes conditions non plus. En effet certaines études sont réalisées en clinique sous surveillance de kinésithérapeutes alors que d'autres sont réalisées à domicile, avec un biais vis-à-vis de l'observance des patients. Qui plus est, les traitements « standards » suivi par les groupes contrôles ne sont pas les mêmes. Dans certaines études les deux groupes contrôle et expérimentale suivent un protocole de base commun alors que dans d'autres études les deux protocoles sont en tout point différents, ce qui influe aussi sur l'interprétation que l'on peut avoir des différences de résultats inter-groupes. D'un côté nous avons pu observer si le contrôle moteur ajouté à la rééducation conventionnelle apporte des bénéfices au traitement. D'un autre, nous avons observé si une intervention de contrôle moteur apporte des résultats supérieurs à une rééducation conventionnelle.

La durée des protocoles varie également, ils sont de 4, 6 ou 8 semaines, nous nous attendions à trouver une différence de résultats entre les études vis-à-vis de ces durées, mais ça n'est pas le cas. Nous pourrions donc considérer qu'une intervention de 4 semaines est suffisante pour produire des changements chez les patients. De plus, la fréquence de réalisation des exercices varie, nous identifions que les interventions en clinique se font à raison de trois fois par semaines, et celles à domicile vont jusqu'à trois fois par jours, ce qui influence les résultats. Nous nous demandons si une intervention réalisée plusieurs fois dans la journée correspond à une situation classique de traitement. Cette revue ne montre pas de supériorité pour les interventions qu'elles soient menées plusieurs fois par jours ou 3 fois par semaine. La durée des sessions est également un paramètre qui varie entre les articles ; dans certaines études le groupe expérimental reçoit une intervention d'une durée plus importante que le groupe contrôle, les améliorations peuvent en partie être dues à cela(83). Pour l'évaluation du critère de la douleur les auteurs utilisent différents tests, ce qui peut compliquer la comparaison entre les études. En effet nous retrouvons l'EVA ou bien l'EN, deux échelles d'autoévaluation du patient. Bien que différentes, ces échelles restent très similaires dans leur mise en pratique et dans l'interprétation que l'on peut en faire. Néanmoins le biais peut aussi apparaître dans l'utilisation que l'on en fait. Certaines études ont choisi de demander au patient de coter la pire douleur vécue dans la semaine alors que d'autres études parlent de la douleur moyenne au niveau du genou. Pour ce qui est de la

fonction, celle-ci est mesurée de différentes manières. Cinq études utilisent le questionnaire AKPS de Kujala, afin de rendre compte de la fonction perçue par le patient. Une seule étude utilise un autre type de questionnaire, le LEFS. En plus de ce type de donnée, les auteurs mettent en place des tests fonctionnels comme le SDT, SLHT, SLTHT, TUG, cette diversité de tests ne rend pas facile la comparaison entre les études. De plus, aucun des auteurs n'utilise de tests intégrant les composantes psychosociales de la douleur. De récentes preuves ont révélé des niveaux importants d'anxiété, de dépression, de catastrophisme et de kinésiophobie chez ces patients (93). Il serait intéressant pour les praticiens d'identifier ces facteurs psychologiques durant le bilan afin d'adapter le traitement. En effet, modèle biopsychosocial propose de considérer la personne dans son ensemble afin d'identifier la dimension qui prédomine qu'elle soit physique, psychologique ou sociale (Annexe 5) (94). Enfin, nous avons rapportés les résultats des études sous forme de tableaux, et de paragraphes récapitulatifs. Néanmoins dans certaines études les résultats paraissaient ambigus entre les données des tableaux de présentation des résultats et la discussion des auteurs. Lorsqu'un doute apparaissait nous avons contacté les auteurs afin d'éclaircir les résultats. Nous n'avons pas toujours eu de résultats à ces demandes.

5.2.2 Limites méthodologiques

L'analyse des biais de cette revue de la littérature est réalisée au travers de la grille PRISMA comportant 27 items (95). Les biais sont majoritairement liés à la méthode et aux résultats. Tout d'abord, parmi les limites méthodologiques de la revue, nous n'avons pas réalisé d'enregistrement de notre protocole, qui n'est donc ni consultable ni reproductible. Il n'y a alors que ce document comme trace de la démarche effectuée.

Concernant les bases de données, seulement trois ont été interrogées au début du processus de sélection des articles. Ce n'est pas représentatif de la totalité des bases de données en santé existantes. Parmi les bases de données interrogées, deux sont plus générales et ont fait ressortir plus de bruit documentaire. Néanmoins ces bases de données nous ont semblées indispensables au vu de notre thématique afin de faire ressortir toutes les informations susceptibles de rentrer dans les critères de la revue.

Une autre limite se rapporte au type d'études incluses, qui correspondent à des Essais Contrôlés Randomisés. Cette revue de la littérature exclue tout autre type de littérature en relation avec la question de recherche. Cependant, en choisissant de ne garder que les ECR, nous avons limité le biais que pourraient représenter certains travaux de recherche de plus faible niveau de preuve. Aussi, parmi les ECR sélectionnés pour analyse, deux sont de plus

faible niveau d'après l'échelle PEDro réalisée, et constituent alors des articles au score « modéré ». Nous avons tout de même choisi de les inclure afin d'élargir notre analyse et d'avoir un nombre suffisant d'articles support. Nous avons donc pu inclure six articles, ce qui étoffe notre argumentation, mais reste un nombre peu important d'articles pour proposer des recommandations cliniques et limite la comparaison possible entre les études.

Une autre limite identifiée dans ce travail correspond au critère de la langue choisie pour la rédaction des équations de recherche. En effet, l'anglais est choisi car il constitue la langue principale dans le domaine scientifique international en kinésithérapie néanmoins nous avons dû exclure des articles sur ce critère.

D'un point de vue méthodologique, le tri d'une revue de la littérature doit être effectué par au moins deux assessseurs indépendants afin d'écarter le biais de sélection des articles et de garantir une rigueur dans l'évaluation méthodologique. Dans cette revue, nous avons été seul assesseur du processus de sélection et d'évaluation des études ce qui peut mettre en doute la qualité du tri réalisé.

Pour faciliter l'interprétation des résultats nous avons parfois calculé nous même les différences moyennes si elles n'étaient pas données. Ce sont alors des valeurs approximatives car elles sont calculées à partir des moyennes intra-groupes des études. Ceci constitue une limite dans l'interprétation car cela ne nous donne pas accès aux seuils de significativité statistique. De plus, nous avons représenté sur un Forest plot les résultats de la douleur afin d'offrir au lecteur un autre regard sur les résultats. Cette figure n'est pas exhaustive puisque nous n'avons pu représenter toutes les études. Nous avons considéré qu'elle permet une lecture graphique accessible des résultats obtenus en post-intervention.

5.3 Synthèse des résultats et réponse à la question de recherche

Des études suggèrent que la douleur antérieure au genou et le déficit fonctionnel ressenti par les patients atteint de DFP pourraient être dus au stress sur l'articulation fémoro-patellaire en lien avec des mouvements anormaux du tronc et des membres inférieurs. La prise en charge est communément réalisée avec des programmes de renforcement musculaire genou et hanche. Dans cette revue, nous investiguons l'apport d'un entraînement par contrôle moteur lombopelvien dans cette rééducation.

Pour répondre à notre question de recherche, il faut prendre en compte tous les éléments mis en évidence au cours de cette discussion. En effet d'après les six études sélectionnées et analysées, l'entraînement par contrôle moteur semble apporter des effets bénéfiques sur la douleur et les capacités fonctionnelles des patients atteint de DFP par rapport aux groupes

contrôles. Néanmoins nous remarquons que bien souvent les études se font sur de petits échantillons, et bien que les groupes expérimentaux montrent le plus souvent des résultats supérieurs, les différences d'effet sont souvent faibles. Dans toutes les études, les protocoles mis en place varient. De plus il est difficile de mesurer le contrôle moteur comme on mesurerait un gain de force, aussi, nous émettons un doute sur l'amélioration proprement dite du contrôle moteur. Les exercices mis en place sont bien souvent similaires à du renforcement musculaire, la limite est alors mince. Peut-on réellement affirmer que l'effet obtenu est dû au gain neuromusculaire ? Pour répondre à ceci il pourrait être pertinent de s'intéresser à d'autres outcomes en lien avec le contrôle moteur, mesurés dans ces études comme la cinématique, l'activation musculaire, l'endurance et la force. Il faut également préciser que nos équations de recherche ont fait ressortir un protocole d'ECR n'ayant pas encore été publié correspondant aux critères de notre revue (96). Celui-ci étudie l'effet de l'entraînement neuromusculaire et du renforcement du tronc et des membres inférieurs chez les femmes atteintes de DFP. Cet article nous semble intéressant pour comprendre l'apport des exercices de contrôle moteur vis-à-vis du renforcement musculaire du tronc, et permettra certainement de compléter les informations que nous avons exprimées dans cette revue. Au vu de notre analyse, l'entraînement au contrôle moteur lombopelvien semble permettre une amélioration de la douleur et de l'activité fonctionnelle chez ces patients, et semble intéressant en complément d'un traitement conventionnel de type renforcement musculaire. Le niveau de preuve est néanmoins trop faible pour émettre de réelles recommandations. Il nous paraît compliqué de parler de supériorité d'un traitement par rapport à un autre, en effet, le choix d'un traitement dépend notamment du bilan diagnostique réalisé par le masseur-kinésithérapeute.

Au vu de cette réponse, nous jugeons qu'une prise en charge kinésithérapique basée sur les déficits du patient s'avère indispensable. Nous retiendrons également pour notre future pratique qu'il est intéressant d'aller investiguer auprès des patients cette charnière lombopelvienne afin de pouvoir étayer notre bilan.

5.4 Classification et choix du traitement

Nous remarquons que dans le cadre de cette pathologie, différentes stratégies thérapeutiques sont possibles pour le masseur-kinésithérapeute. Nous nous sommes alors demandé ce qui fait la supériorité d'un traitement par rapport à un autre. Ainsi, dans une pathologie comme les douleurs fémoro-patellaires, qui sont de causes multifactorielles, le bilan initial semble d'une importance capitale. Dans cette revue nous nous sommes

intéressé aux interventions de type contrôle moteur, mais cela suppose que chaque participant des études présentes un déficit de contrôle neuromusculaire. Est-ce vraiment le cas ? C'est une limite qui nous semble importante dans toutes les études puisque cela revient à dire que l'on a dispensé une même intervention à tout un public qui ne présentait peut-être pas à l'origine un déficit du contrôle moteur lombopelvien. Ainsi, pour de prochaines études il serait intéressant d'identifier des profils de patients.

Dans cette optique nous souhaitons rappeler la classification proposée par le Guideline sorti en 2019 dans le JOSPT (8), permettant au kinésithérapeute d'avoir une vision des profils de déficits. Cette classification consiste en quatre catégories fondées sur des preuves scientifiques, elles sont nommées en fonction des déficiences prédominantes documentées chez les personnes souffrant de DFP. Les cliniciens peuvent utiliser ce système de classification pour guider la prise en charge du patient :

-Sur-utilisation / surcharge (« overuse ») sans autre déficience : Ce diagnostic est réalisé lorsque le patient présente des symptômes apparaissant lors d'une augmentation de l'ampleur et/ou de la fréquence de la charge qui dépasse la capacité des tissus de l'articulation fémoro-patellaire, sans autre déficit apparent. Nous soulignons l'importance de l'anamnèse menée par le praticien pour tenir compte du contexte de survenue des douleurs.

-Déficit de performance musculaire : La classification dans cette catégorie est faite avec un bon niveau de certitude lorsque le patient présente des déficits de performance musculaire des membres inférieurs, au niveau de la hanche et du quadriceps. Ils répondent favorablement aux exercices de renforcement en résistance de la hanche et du genou.

-Déficit de coordination des mouvements : Ce diagnostic est posé avec un niveau de certitude raisonnable lorsque le patient présente un valgus du genou excessif ou mal contrôlé lors d'une tâche dynamique, mais pas nécessairement en raison d'une faiblesse musculaire des membres inférieurs. Ces patients répondent favorablement aux interventions de rééducation du mouvement, ou « gait retraining » ce qui améliore la cinématique et la douleur et suggère l'importance d'évaluer le valgus dynamique du genou.

-Trouble de la mobilité : Le diagnostic de la DFP en lien avec des structures hypermobiles ou hypomobiles est posé avec un niveau de certitude raisonnable lorsque le patient présente des déficits de la mobilité et/ou de flexibilité du pied supérieurs à la normale, ou de structures comme les ischio-jambiers, le quadriceps, les gastrocnémiens, le soléaire, le rétinaculum latéral, la bandelette iliotibiale.

L'investigation des zones du tronc et du bassin n'est pas présente dans cette classification. Au vue des résultats que nous avons recueillis dans la littérature, la mobilité, la coordination et la force musculaire du complexe lombopelvien pourrait être incorporée dans ces catégories afin de ne pas limiter le bilan aux segments du membre inférieur, souvent très orienté sur la hanche et le genou.

6 Conclusion

Dans la prise en charge des douleurs fémoro-patellaires, le masseur-kinésithérapeute intervient selon les déficits émergeants du bilan diagnostic. L'investigation du complexe lombopelvien est un axe qui apparait de plus en plus au sein de la littérature même s'il reste peu présent dans les recommandations actuelles. L'apport du contrôle moteur lombopelvien analysé dans ce travail de revue de la littérature semble être une piste pertinente pour le masseur-kinésithérapeute dans le traitement de cette pathologie. Les interventions décrites ici permettent majoritairement de conclure à un effet positif du contrôle moteur mais ne permettent pas de statuer sur la supériorité d'un traitement. Il convient de rester vigilant quant à ces résultats et de garder à l'esprit l'aspect multifactoriel de cette pathologie. Les dimensions physiques, psychologiques ou encore démographiques pouvant influencer cette pathologie. De futures preuves sont encore nécessaires pour conclure sur le sujet, mais de nouveaux écrits paraîtront prochainement afin d'éclairer les professionnels et ouvrir vers de nouvelles pratiques.

Cette revue de la littérature réalisée dans le cadre de notre travail de fin d'étude d'initiation à la recherche nous a permis de développer de nouvelles connaissances et perspectives pour notre future profession. Premièrement, nous avons découvert plus en profondeur l'application du contrôle moteur en kinésithérapie, rendant plus concret la mise en place de cette thérapeutique. Nous avons pu tenter de mettre en place cette pratique lors de nos stages cliniques, en l'associant à des traitements ayant déjà fait leur preuve. Nous avons aussi pu prendre conscience des limites de celle-ci, dans la diversité des interventions qu'elle représente. Deuxièmement ce mémoire nous a offert l'opportunité d'approfondir nos compétences dans le domaine de la recherche scientifique en kinésithérapie. La capacité de critique d'article que nous avons développé nous servira tout au long de notre évolution dans la profession, afin de continuer à nous former et s'informer à notre gré. Enfin, la recherche scientifique montre tout son intérêt et son importance pour pouvoir attester du bon choix de nos actions en tant que masseur-kinésithérapeute et de continuer à faire grandir notre profession au sein du système de santé.

Références bibliographiques

1. Crossley KM, Stefanik JJ, Selfe J, Collins NJ, Davis IS, Powers CM, et al. 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester. Part 1: Terminology, definitions, clinical examination, natural history, patellofemoral osteoarthritis and patient-reported outcome measures. *Br J Sports Med.* juill 2016;50(14):839-43.
2. Collins NJ, Barton CJ, van Middelkoop M, Callaghan MJ, Rathleff MS, Vicenzino BT, et al. 2018 Consensus statement on exercise therapy and physical interventions (orthoses, taping and manual therapy) to treat patellofemoral pain: recommendations from the 5th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Gold Coast, Australia, 2017. *Br J Sports Med.* sept 2018;52(18):1170-8.
3. Coburn SL, Barton CJ, Filbay SR, Hart HF, Rathleff MS, Crossley KM. Quality of life in individuals with patellofemoral pain: A systematic review including meta-analysis. *Phys Ther Sport.* sept 2018;33:96-108.
4. Rothermich MA, Glaviano NR, Li J, Hart JM. Patellofemoral Pain. *Clin Sports Med.* avr 2015;34(2):313-27.
5. Crossley KM, van Middelkoop M, Barton CJ, Culvenor AG. Rethinking patellofemoral pain: Prevention, management and long-term consequences. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* févr 2019;33(1):48-65.
6. Powers CM, Witvrouw E, Davis IS, Crossley KM. Evidence-based framework for a pathomechanical model of patellofemoral pain: 2017 patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester, UK: part 3. *Br J Sports Med.* déc 2017;51(24):1713-23.
7. Teng H-L, Powers CM. Sagittal Plane Trunk Posture Influences Patellofemoral Joint Stress During Running. *J Orthop Sports Phys Ther.* oct 2014;44(10):785-92.
8. Willy RW, Hoggild LT, Barton CJ, Bolgia LA, Scalzitti DA, Logerstedt DS, et al. Patellofemoral Pain: Clinical Practice Guidelines Linked to the International Classification of Functioning, Disability and Health From the Academy of Orthopaedic Physical Therapy of the American Physical Therapy Association. *J Orthop Sports Phys Ther.* sept 2019;49(9):CPG1-95.
9. Neal BS, Lack SD, Lankhorst NE, Raye A, Morrissey D, van Middelkoop M. Risk factors for patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* mars 2019;53(5):270-81.
10. Prévalence d'une maladie - Ined - Institut national d'études démographiques [Internet]. [cité 25 oct 2020]. Disponible sur: <https://www.ined.fr/fr/lexique/prevalence-d-une-maladie/>

11. Earl-Boehm JE, Bolgia LA, Emory C, Hamstra-Wright KL, Tarima S, Ferber R. Treatment Success of Hip and Core or Knee Strengthening for Patellofemoral Pain: Development of Clinical Prediction Rules. *J Athl Train*. 1 juin 2018;53(6):545-52.
12. Flandry F, Hommel G. Normal Anatomy and Biomechanics of the Knee: *Sports Med Arthrosc Rev*. juin 2011;19(2):82-92.
13. Loudon JK. BIOMECHANICS AND PATHOMECHANICS OF THE PATELLOFEMORAL JOINT. *Int J Sports Phys Ther*. déc 2016;11(6):820-30.
14. Teng H-L, Chen, Y-J, Powers CM. Predictors of patellar alignment during weight bearing: An examination of patellar height and trochlear geometry. *The Knee*. janv 2014;21(1):142-6.
15. Grieve GP, Jull GA, Moore A, Falla D, Lewis J. Grieve's modern musculoskeletal physiotherapy. 4th. ed. In: Elsevier. Edinburgh, New York; 2015. p. 24.
16. Tomoya T, Mutsuaki E, Takuma I, Yuta T, Masayoshi K. A mathematical modelling study investigating the influence of knee joint flexion angle and extension moment on patellofemoral joint reaction force and stress. *The Knee*. déc 2019;26(6):1323-9.
17. Grelsamer RP, Klein JR. The Biomechanics of the Patellofemoral Joint. *J Orthop Sports Phys Ther*. nov 1998;28(5):286-98.
18. Yu Z, Yao J, Wang X, Xin X, Zhang K, Cai H, et al. Research Methods and Progress of Patellofemoral Joint Kinematics: A Review. *J Healthc Eng*. 24 mars 2019;2019:1-13.
19. Drew BT, Redmond AC, Smith TO, Penny F, Conaghan PG. Which patellofemoral joint imaging features are associated with patellofemoral pain? Systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage*. févr 2016;24(2):224-36.
20. Nunes GS, Stapait EL, Kirsten MH, de Noronha M, Santos GM. Clinical test for diagnosis of patellofemoral pain syndrome: Systematic review with meta-analysis. *Phys Ther Sport*. févr 2013;14(1):54-9.
21. Sisk D, Fredericson M. Update of Risk Factors, Diagnosis, and Management of Patellofemoral Pain. *Curr Rev Musculoskelet Med*. déc 2019;12(4):534-41.
22. Rathleff MS, Rathleff CR, Crossley KM, Barton CJ. Is hip strength a risk factor for patellofemoral pain? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. juill 2014;48(14):1088-1088.
23. Maclachlan LR, Collins NJ, Matthews MLG, Hodges PW, Vicenzino B. The psychological features of patellofemoral pain: a systematic review. *Br J Sports Med*. mai 2017;51(9):732-42.
24. Sasaki S, Tsuda E, Yamamoto Y, Maeda S, Kimura Y, Fujita Y, et al. Core-Muscle Training and Neuromuscular Control of the Lower Limb and Trunk. *J Athl Train*. 1 sept 2019;54(9):959-69.

25. De Blaiser C, De Ridder R, Willems T, Vanden Bossche L, Danneels L, Roosen P. Impaired Core Stability as a Risk Factor for the Development of Lower Extremity Overuse Injuries: A Prospective Cohort Study. *Am J Sports Med.* juin 2019;47(7):1713-21.
26. dos Reis AC, Correa JCF, Bley AS, Rabelo ND dos A, Fukuda TY, Lucareli PRG. Kinematic and Kinetic Analysis of the Single-Leg Triple Hop Test in Women With and Without Patellofemoral Pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* oct 2015;45(10):799-807.
27. Nakagawa TH, Maciel CD, Serrão FV. Trunk biomechanics and its association with hip and knee kinematics in patients with and without patellofemoral pain. *Man Ther.* févr 2015;20(1):189-93.
28. Boling M, Padua D. RELATIONSHIP BETWEEN HIP STRENGTH AND TRUNK, HIP, AND KNEE KINEMATICS DURING A JUMP-LANDING TASK IN INDIVIDUALS WITH PATELLOFEMORAL PAIN. *Int J Sports Phys Ther.* oct 2013;8(5):661-9.
29. Powers CM. The Influence of Abnormal Hip Mechanics on Knee Injury: A Biomechanical Perspective. *J Orthop Sports Phys Ther.* févr 2010;40(2):42-51.
30. Popovich JM, Kulig K. Lumbopelvic Landing Kinematics and EMG in Women with Contrasting Hip Strength: *Med Sci Sports Exerc.* janv 2012;44(1):146-53.
31. Teng H-L, Powers CM. Hip-Extensor Strength, Trunk Posture, and Use of the Knee-Extensor Muscles During Running. *J Athl Train.* juill 2016;51(7):519-24.
32. Cowan SM, Crossley KM, Bennell KL. Altered hip and trunk muscle function in individuals with patellofemoral pain. *Br J Sports Med.* 1 août 2009;43(8):584-8.
33. Cronström A, Creaby MW, Nae J, Ageberg E. Modifiable Factors Associated with Knee Abduction During Weight-Bearing Activities: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* nov 2016;46(11):1647-62.
34. Almeida GPL, Carvalho e Silva AP de MC, França FJR, Magalhães MO, Burke TN, Marques AP. Does anterior knee pain severity and function relate to the frontal plane projection angle and trunk and hip strength in women with patellofemoral pain? *J Bodyw Mov Ther.* juill 2015;19(3):558-64.
35. De Blaiser C, Roosen P, Willems T, Danneels L, Bossche LV, De Ridder R. Is core stability a risk factor for lower extremity injuries in an athletic population? A systematic review. *Phys Ther Sport.* mars 2018;30:48-56.
36. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in Neuromuscular Control of the Trunk Predict Knee Injury Risk: Prospective Biomechanical-Epidemiologic Study. *Am J Sports Med.* juill 2007;35(7):1123-30.
37. Chia L, de Oliveira Silva D, McKay MJ, Sullivan J, Micolis de Azevedo F, Pappas E. Limited Support for Trunk and Hip Deficits as Risk Factors for Athletic Knee Injuries: A Systematic Review With Meta-analysis and Best-Evidence Synthesis. *J Orthop Sports Phys Ther.* sept 2020;50(9):476-89.

38. Holden S, Boreham C, Doherty C, Delahunt E. Two-dimensional knee valgus displacement as a predictor of patellofemoral pain in adolescent females. *Scand J Med Sci Sports*. févr 2017;27(2):188-94.
39. Borghuis J, Hof AL, Lemmink KAPM. The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports Med Auckl NZ*. 2008;38(11):893-916.
40. Rojhani Shirazi Z, Biabani Moghaddam M, Motealleh A. Comparative Evaluation of Core Muscle Recruitment Pattern in Response to Sudden External Perturbations in Patients With Patellofemoral Pain Syndrome and Healthy Subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. juill 2014;95(7):1383-9.
41. Balasuburamaniam A, Vakkachan T, Abraham B. Comparison of Dynamic Postural Control with and Without Patellofemoral Pain Syndrome using Star Excursion Balance Test. *J Med Sci Technol*. 25 déc 2013;Volume 2:1-6.
42. Motealleh A, Kordi Yoosefinejad A, Ghoddosi M, Azhdari N, Pirouzi S. Trunk postural control during unstable sitting differs between patients with patellofemoral pain syndrome and healthy people: A cross-sectional study. *The Knee*. janv 2019;26(1):26-32.
43. Heydari Armaki R, Abbasnia K, Motealleh A. Comparison of Trunk Flexion Proprioception Between Healthy Athletes and Athletes With Patellofemoral Pain. *J Sport Rehabil*. 2020;1-7.
44. Saltychev M, Dutton R, Laimi K, Beaupré G, Virolainen P, Fredericson M. Effectiveness of conservative treatment for patellofemoral pain syndrome: A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med*. 2018;50(5):393-401.
45. Halabchi F, Abolhasani M, Mirshahi M, Alizadeh Z. Patellofemoral pain in athletes: clinical perspectives. *Open Access J Sports Med*. 2017;8:189.
46. van der Heijden RA, Lankhorst NE, van Linschoten R, Bierma-Zeinstra SM, van Middelkoop M. Exercise for treating patellofemoral pain syndrome. *Cochrane Bone, Joint and Muscle Trauma Group, éditeur. Cochrane Database Syst Rev [Internet]*. 20 janv 2015 [cité 24 oct 2020]; Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD010387.pub2>
47. Vora M, Curry E, Chipman A, Matzkin E, Li X. Patellofemoral pain syndrome in female athletes: A review of diagnoses, etiology and treatment options. *Orthop Rev [Internet]*. 20 févr 2018 [cité 24 oct 2020];9(4). Disponible sur: <https://www.pagepress.org/journals/index.php/or/article/view/7281>
48. Peters JSJ, Tyson NL. PROXIMAL EXERCISES ARE EFFECTIVE IN TREATING PATELLOFEMORAL PAIN SYNDROME: A SYSTEMATIC REVIEW. *Int J Sports Phys Ther*. oct 2013;8(5):689-700.
49. Thomson C, Krouwel O, Kuisma R, Hebron C. The outcome of hip exercise in patellofemoral pain: A systematic review. *Man Ther*. déc 2016;26:1-30.

50. Jull Qwendolen, Moore Ann, Falla Deborah, Lewis Jeremy, Mccarthy christopher, Sterling Michele. Advances in theory and practice. In: Grieve's Modern Musculoskeletal physiotherapy. 4ème édition. 2015.
51. Hamill J, Palmer C, Van Emmerik REA. Coordinative variability and overuse injury. Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol. déc 2012;4(1):45.
52. Floría P, Sánchez-Sixto A, Ferber R, Harrison AJ. Effects of running experience on coordination and its variability in runners. J Sports Sci. févr 2018;36(3):272-8.
53. Hafer JF, Peacock J, Zernicke RF, Agresta CE. Segment Coordination Variability Differs by Years of Running Experience: Med Sci Sports Exerc. juill 2019;51(7):1438-43.
54. Delafontaine A. Réussir la démarche de recherche universitaire en kinésithérapie et thérapie manuelle: Méthodologie. Lecture critique d'articles. Chapitre 12 : Méthode de recherche en controle moteur. Elsevier Health Sciences; 2019. 311 p.
55. van Dieën JH, Reeves NP, Kawchuk G, van Dillen LR, Hodges PW. Analysis of Motor Control in Patients With Low Back Pain: A Key to Personalized Care? J Orthop Sports Phys Ther. juin 2019;49(6):380-8.
56. Sahrmann S, Azevedo DC, Dillen LV. Diagnosis and treatment of movement system impairment syndromes. Braz J Phys Ther. nov 2017;21(6):391-9.
57. Alrwaily M, Timko M, Schneider M, Kawchuk G, Bise C, Hariharan K, et al. Treatment-based Classification System for Patients With Low Back Pain: The Movement Control Approach. Phys Ther. 1 déc 2017;97(12):1147-57.
58. Dischiavi SL, Wright AA, Hegedus EJ, Ford KR, Bleakley C. Does 'proximal control' need a new definition or a paradigm shift in exercise prescription? A clinical commentary. Br J Sports Med. févr 2019;53(3):141-2.
59. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The Role of Core Stability in Athletic Function: Sports Med. 2006;36(3):189-98.
60. Low M. A Time to Reflect on Motor Control in Musculoskeletal Physical Therapy. J Orthop Sports Phys Ther. nov 2018;48(11):833-6.
61. Hodges PW, van Dieën JH, Cholewicki J. Time to Reflect on the Role of Motor Control in Low Back Pain. J Orthop Sports Phys Ther. juin 2019;49(6):367-9.
62. Brumagne S, Diers M, Danneels L, Moseley GL, Hodges PW. Neuroplasticity of Sensorimotor Control in Low Back Pain. J Orthop Sports Phys Ther. juin 2019;49(6):402-14.
63. van Dieën JH, Reeves NP, Kawchuk G, van Dillen LR, Hodges PW. Motor Control Changes in Low Back Pain: Divergence in Presentations and Mechanisms. J Orthop Sports Phys Ther. juin 2019;49(6):370-9.

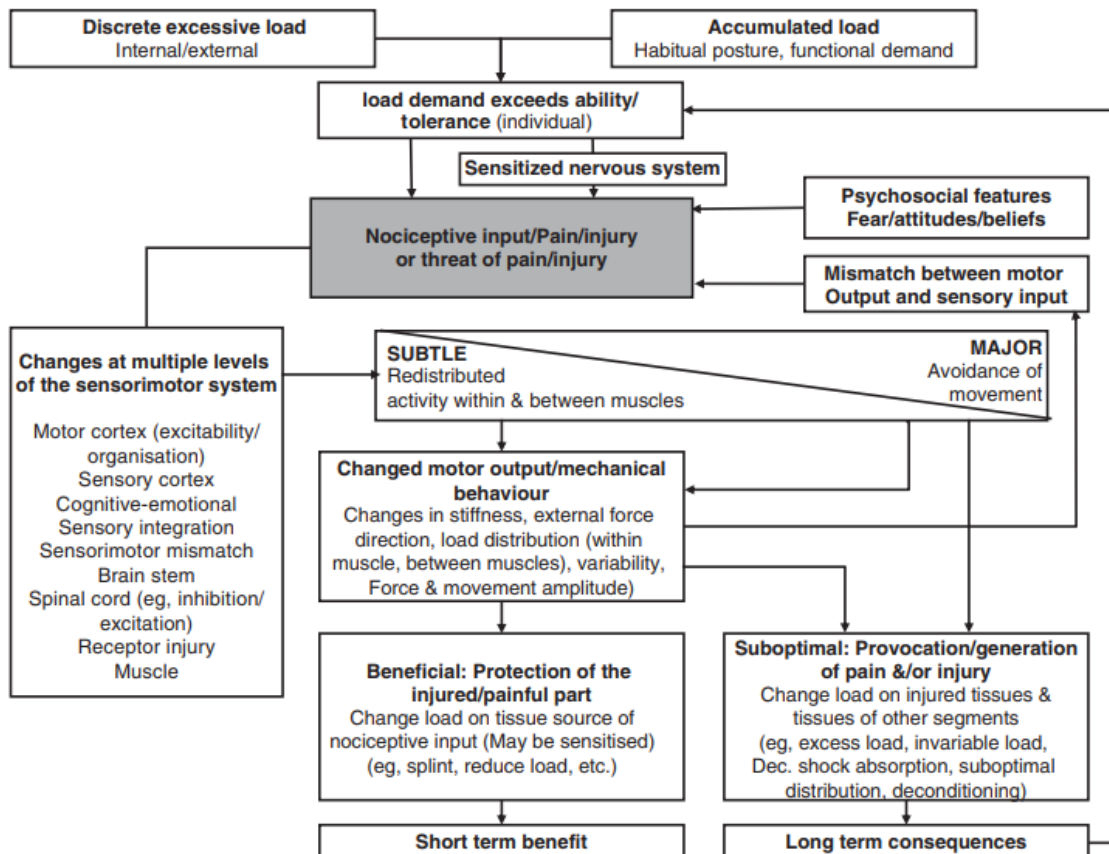
64. Hides JA, Donelson R, Lee D, Prather H, Sahrman SA, Hodges PW. Convergence and Divergence of Exercise-Based Approaches That Incorporate Motor Control for the Management of Low Back Pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* juin 2019;49(6):437-52.
65. Clark DR, Lambert MI, Hunter AM. Contemporary perspectives of core stability training for dynamic athletic performance: a survey of athletes, coaches, sports science and sports medicine practitioners. *Sports Med - Open.* déc 2018;4(1):32.
66. Prieske O, Muehlbauer T, Borde R, Gube M, Bruhn S, Behm DG, et al. Neuromuscular and athletic performance following core strength training in elite youth soccer: Role of instability: Core strength training in youth soccer. *Scand J Med Sci Sports.* janv 2016;26(1):48-56.
67. The Importance of Sensory-Motor Control in Providing Core Stability | SpringerLink [Internet]. [cité 22 sept 2020]. Disponible sur: <https://link.springer.com/article/10.2165%2F00007256-200838110-00002>
68. Panjabi MM. The Stabilizing System of the Spine. Part I. Function, Dysfunction, Adaptation, and Enhancement: *J Spinal Disord.* déc 1992;5(4):383-9.
69. Richard L. Drake, A. Wayne Volg, Adam W.M. Mitchell. Dos, thorax, pelvis et périnée. In: *Gray's anatomy pour les étudiants.* 3ème édition. Elsevier Masson; 2015.
70. Anatomy of Dance: Core Stability for Dancers | Southside Physiotherapy & Sports Injury Centre [Internet]. [cité 18 avr 2021]. Disponible sur: <https://ssphysio.com.au/anatomy-of-dance-core-stability-for-dancers/>
71. Radebold A, Cholewicki J, Polzhofer GK, Greene HS. Impaired Postural Control of the Lumbar Spine Is Associated With Delayed Muscle Response Times in Patients With Chronic Idiopathic Low Back Pain: *Spine.* avr 2001;26(7):724-30.
72. Hodges PW, Smeets RJ. Interaction Between Pain, Movement, and Physical Activity: Short-term Benefits, Long-term Consequences, and Targets for Treatment. *Clin J Pain.* févr 2015;31(2):97-107.
73. Hodges PW, Tucker K. Moving differently in pain: A new theory to explain the adaptation to pain: *Pain.* mars 2011;152(Supplement):S90-8.
74. Andersen LN, Kohberg M, Juul-Kristensen B, Herborg LG, Sogaard K, Roessler KK. Psychosocial aspects of everyday life with chronic musculoskeletal pain: A systematic review. *Scand J Pain.* 1 avr 2014;5(2):131-48.
75. douleur_chronique_argumentaire.pdf [Internet]. [cité 1 nov 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-01/douleur_chronique_argumentaire.pdf
76. Briggs MS, Givens DL, Best TM, Chaudhari AM. Lumbopelvic Neuromuscular Training and Injury Rehabilitation: A Systematic Review. *Clin J Sport Med.* mai 2013;23(3):160-71.

77. Foroughi F, Sobhani S, Yoosefinejad AK, Motealleh A. Added Value of Isolated Core Postural Control Training on Knee Pain and Function in Women With Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 1 févr 2019;100(2):220-9.
78. Cours pratiques [Internet]. PEDro. [cité 21 janv 2021]. Disponible sur: <https://pedro.org.au/french/learn/tutorial/>
79. Échelle PEDro [Internet]. PEDro. [cité 21 janv 2021]. Disponible sur: <https://staging-pedro.neura.edu.au/french/resources/pedro-scale/>
80. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther.* août 2003;83(8):713-21.
81. Rabelo NDDA, Costa LOP, Lima BM de, Dos Reis AC, Bley AS, Fukuda TY, et al. Adding motor control training to muscle strengthening did not substantially improve the effects on clinical or kinematic outcomes in women with patellofemoral pain: A randomised controlled trial. *Gait Posture.* oct 2017;58:280-6.
82. Motealleh A, Mohamadi M, Moghadam MB, Nejati N, Arjang N, Ebrahimi N. Effects of Core Neuromuscular Training on Pain, Balance, and Functional Performance in Women With Patellofemoral Pain Syndrome: A Clinical Trial. *J Chiropr Med.* mars 2019;18(1):9-18.
83. Foroughi F; Sobhani S; Yoosefinejad AK; Motealleh A. Added value of isolated core postural control training on knee pain and function in women with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2019 Feb;100(2):220-229. 2019;
84. Yilmaz Yelvar GD; Baltaci G; Bayrakci Tunay V; Atay AO. The effect of postural stabilization exercises on pain and function in females with patellofemoral pain syndrome. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2015;49(2):166-174. 2015;
85. Ferber R, Bolgia L, Earl-Boehm JE, Emery C, Hamstra-Wright K. Strengthening of the hip and core versus knee muscles for the treatment of patellofemoral pain: a multicenter randomized controlled trial. *J Athl Train.* avr 2015;50(4):366-77.
86. Baldon R de M, Serrão FV, Scattone Silva R, Piva SR. Effects of functional stabilization training on pain, function, and lower extremity biomechanics in women with patellofemoral pain: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* avr 2014;44(4):240-51, A1-8.
87. liste_echelles_douleur_2019.pdf [Internet]. [cité 21 janv 2021]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2019-02/liste_echelles_douleur_2019.pdf

88. Kujala UM, Jaakkola LH, Koskinen SK, Taimela S, Hurme M, Nelimarkka O. Scoring of patellofemoral disorders. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* 1993;9(2):159-63.
89. Herbert RD. How to estimate treatment effects from reports of clinical trials. I: Continuous outcomes. *Aust J Physiother.* 2000;46(3):229-35.
90. How to read a forest plot? [Internet]. [cité 9 avr 2021]. Disponible sur: <https://uk.cochrane.org/news/how-read-forest-plot>
91. Engel L, Beaton DE, Touma Z. Minimal Clinically Important Difference: A Review of Outcome Measure Score Interpretation. *Rheum Dis Clin North Am.* mai 2018;44(2):177-88.
92. Crossley KM, Bennell KL, Cowan SM, Green S. Analysis of outcome measures for persons with patellofemoral pain: which are reliable and valid?11No commercial party having a direct financial interest in the results of the research supporting this article has or will confer a benefit upon the author(s) or upon any organization with which the author(s) is/are associated. *Arch Phys Med Rehabil.* mai 2004;85(5):815-22.
93. Maclachlan LR, Collins NJ, Matthews MLG, Hodges PW, Vicenzino B. The psychological features of patellofemoral pain: a systematic review. *Br J Sports Med.* mai 2017;51(9):732-42.
94. Vicenzino B, Maclachlan L, Rathleff MS. Taking the pain out of the patellofemoral joint: articulating a bone of contention. *Br J Sports Med.* mars 2019;53(5):268-9.
95. 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.
96. Silva NC, Silva M de C, Guimarães MG, Nascimento MB de O, Felício LR. Effects of neuromuscular training and strengthening of trunk and lower limbs muscles in women with Patellofemoral Pain: A protocol of randomized controlled clinical trial, blinded. *Trials* [Internet]. 11 oct 2019 [cité 12 sept 2020];20. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6788005/>

Annexes 1 à 5

Annexe 1 : Théorie contemporaine de l'adaptation motrice à la douleur. Hodges	I
Annexe 2 : Echelle PEDro	II
Annexe 3 : Tableau de l'échelle PEDro appliquée aux articles inclus	III
Annexe 4 : Calculs de la taille d'effet selon la méthode Herbert	IV
Annexe 5 : Modèle biopsychosocial de Engel appliqué à la DFP (A), modèle adapté en situation de prédominance psychologique (B) ou physique (C)	V



Annexe 1 : Théorie contemporaine de l'adaptation motrice à la douleur. Hodges (72)

Échelle PEDro – Français

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

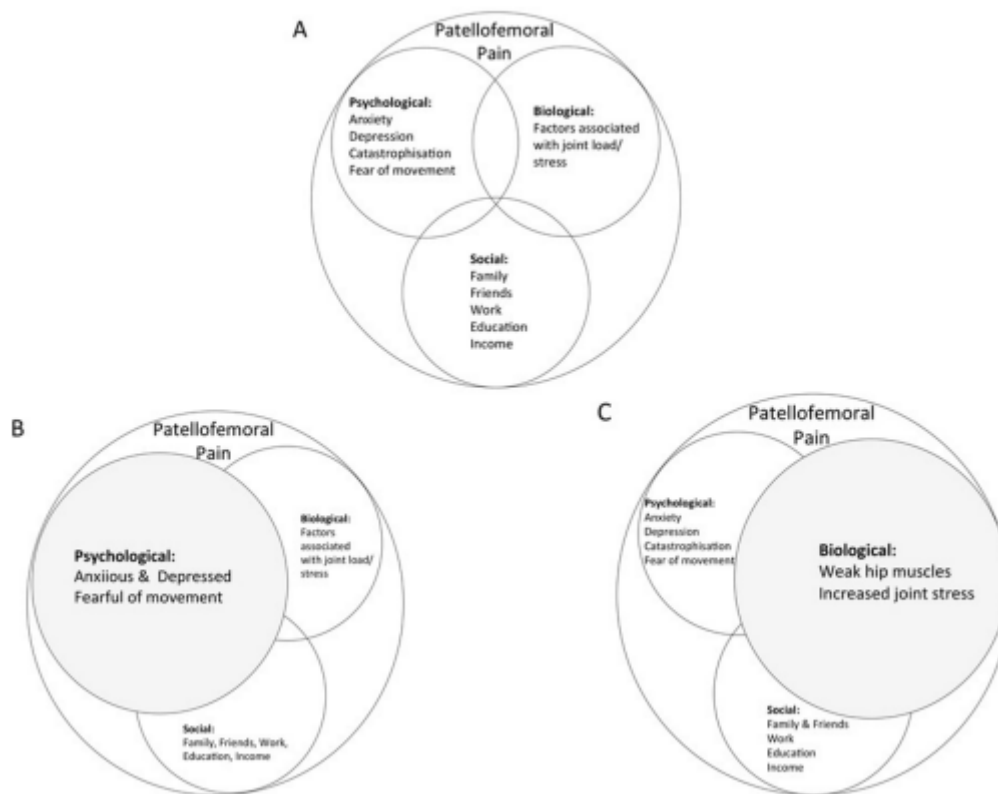
Annexe 2 : Echelle PEDro (79)

Articles retenus	Rabelo et al 2018	Motealleh et al 2018	Forougahi et al 2018	Yilmaz Yelvar et al 2015	Ferber et al 2014	Baldon et al 2014
Critères PEDro						
Critères d'éligibilité*	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Répartition aléatoire	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Assignation secrète	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Oui
Similarité initiale intergroupe	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Sujet aveugles	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Thérapeutes aveugles	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Examineurs aveugles	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Non
Suivi approprié (>85%)	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui
Analyse en intention de traiter	Oui	Non	Non	Non	Oui	Oui
Comparaisons statistiques intergroupe	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Estimation de l'effet et de sa variabilité	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Oui
Score PEDro	8	7	4	4	6	7

Annexe 3 : Tableau de l'échelle PEDro appliquée aux articles inclus

Nom de l'étude	Test utilisé	(Différence moyenne entre les 2 groupes x 100) / moyenne de 2 groupes en prétraitement	Taille de l'effet en %
Rabelo et al	EVA	Pré/post (0,3 x 100) / 6,35	4,72
		Pré/3m (0,8 x 100) / 6,35	12,59
		Pré/6m (0,4 x 100) / 6,35	6,29
	AKPS	Pré/Post (2,5 x 100) / 67,3	3,71
		Pré/3m (8,5 x 100) / 67,3	12,63
		Pré/6m (4,7 x 100) / 67,3	6,98
Motealleh et al	EVA	X	
	AKPS	X	
	SDT	X	
Foroughi et al	EN	Pré/Post (2 x 100) / 6,18	32,36
	AKPS	Pré/Post (5,12 x 100) / 75,74	6,76
	SDT	Pré/Post (3,62x 100) / 17,42	20,7
Yilmaz Yelvar et al	EVA	Pré/Post (2,37 x 100) / 7,59	31,22
		Pré/3m (2,44 x 100) / 7,59	32,14
	AKPS	Pré/Post (17,05 x 100) / 48,67	35,03
	SLHT	Pré/Post (5,58 x 100) / 51,51	10,83
	TUG	Pré/Post (0,05 x 100) / 4,09	1,22
Ferber et al	EVA	Pré/Post (0,13 x 100) / 5,04	2,57
	AKPS	Pré/Post (0,9 x 100) / 75,31	1,19
Baldon et al	EVA	Pré/Post (2,2 x 100) / 6,35	34,64
		Pré/3m (2,1 x 100) / 6,35	33,07
	LEFS	Pré/Post (5,9 x 100) / 56,5	10,44
		Pré/3m (6,8 x 100) / 56,5	12,03
	SLTHT	Pré/Post (33,9 x 100) / 330,75	10,24

Annexe 4 : Calculs de la taille d'effet selon la méthode Herbert (89)



Annexe 5 : Modèle biopsychosocial de Engel appliqué à la DFP (A), modèle adapté en situation de prédominance psychologique (B) ou physique (C)