



HAL
open science

L'augmentation de la cadence de pas chez le coureur souffrant de syndrome Fémero-patellaire

Mathias Tuillier

► To cite this version:

Mathias Tuillier. L'augmentation de la cadence de pas chez le coureur souffrant de syndrome Fémero-patellaire. Médecine humaine et pathologie. 2021. <dumas-03359286>

HAL Id: dumas-03359286

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03359286v1>

Submitted on 30 Sep 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

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

**L'AUGMENTATION DE LA CADENCE DE PAS CHEZ
LE COUREUR SOUFFRANT DE SYNDROME
FÉMORO-PATELLAIRE**

TUILLIER Mathias

Directrice de mémoire : H. PORTEFAIX

Remerciements

« La motivation vous sert de départ. L'habitude vous fait continuer »

Au début de ma PACES, ma mère m'a donné un magnet à coller sur mon réfrigérateur. Ces phrases sont écrites dessus. Lors de cette période, l'objectif était de me soutenir, de me motiver dans cette année difficile mais nécessaire pour m'ouvrir les portes de mon avenir.

Simple coïncidence ou œuvre du destin, ces mots ont été prononcés par Jim Ryun, un athlète ayant détenu le record du monde du 1500m en 1967.

Cette citation fait aujourd'hui écho, semblant lier tous les éléments récents de mon cursus. Deux phrases assez simples, mais une réelle philosophie de vie.

Elles peuvent en effet s'appliquer aux études de masso-kinésithérapie, les miennes touchent à leur fin avec ce mémoire.

Elles peuvent également prendre sens dans la course à pied.

Je suppose que ces mots représentent aussi la vie, et donc le futur qui se présente à moi.

Toutes les dernières étapes passées ont été facilitées par de nombreuses personnes, sans qui la distance entre le départ et le point où je suis actuellement m'aurait parue bien plus longue.

Tout d'abord, professionnellement, l'ensemble des professeurs, masseurs-kinésithérapeutes et autres professionnels de santé, m'ayant transmis leur savoir et leur vision de cette profession afin de construire mes idées ;

Mais aussi, Hélène Portefaix, ma directrice de mémoire, qui m'a aiguillé, conseillé, et dirigé sur le domaine de la course à pied qu'elle connaît si bien ;

Plus personnellement, mes parents et mon frère, il n'existe aucun mot pour décrire leur investissement et leur dévouement dans ce parcours ;

Mes amis, ceux de longue date et ceux connus plus tardivement à l'IFMK, ils m'ont apporté soutien, conseils, ainsi que de nombreux encouragements en plus de ces moments de vie si importants pour booster le moral ;

Estelle, pour son amour, son aide perpétuelle, ses épaules solides pour me permettre de me reposer.

Il me reste encore un beau chemin à parcourir avant l'arrivée de ce long parcours qu'est la vie.

Merci à tous.

Sommaire

Table des matières

1. INTRODUCTION.....	1
1.1. La course à pied : approche biomécanique	2
1.1.1. Les cycles de marche et de course.....	2
1.1.2. La biomécanique de course	3
1.1.3. Type de foulée et préférences motrices	5
1.1.4. Paramètres cinétiques, cinématiques et spatio-temporels.....	6
1.2. Les pathologies du coureur	8
1.2.1. Définition.....	8
1.2.2. Quelles blessures pour le coureur ?.....	8
1.2.3. Les facteurs de risques.....	9
1.3. L'influence du pattern de course	10
1.3.1. Le type de foulée.....	10
1.3.2. La cadence de course	12
1.3.2.1. Variation des paramètres cinématiques.....	12
1.3.2.2. Variation des paramètres cinétiques.....	13
1.4. Le syndrome fémoro-patellaire (SFP).....	14
1.4.1. Anatomie	14
1.4.2. Physiopathologie et facteurs de risque.....	16
1.4.3. Traitements	18
1.5. Intérêt de cette revue de littérature.....	19
2. MÉTHODE	20
2.1. Critères d'éligibilité des études pour cette revue	20
2.2. Méthodologie de recherche des études.....	22
2.3. Méthode d'extraction et d'analyse des données.....	23
2.3.1. Méthode de sélection des études et extraction des données.....	23
2.3.2. Méthode d'évaluation de la qualité méthodologique	24
2.3.3. Méthode de synthèse des résultats.....	25
3. RÉSULTATS.....	26
3.1. Description des études.....	26
3.1.1. Résultats de la recherche	26
3.1.2. Exclusion des articles après la lecture intégrale	27
3.1.3. Description des articles inclus pour l'analyse qualitative	27
3.1.3.1. Population	27
3.1.3.2. Intervention	28
3.1.3.3. Comparateur	29
3.1.3.4. Critère de jugement.....	29
3.2. Risque de biais des études incluses	30
3.3. Effet de l'intervention sur les critères de jugements de la revue.....	33
3.3.1. Protocoles utilisés	33
3.3.2. Présentation des résultats et statistiques.....	34

3.3.3.	Effet sur la douleur	34
3.3.4.	Effet sur la fonction	36
3.3.5.	Effet sur le retour au sport	37
4.	DISCUSSION	42
4.1.	Analyse des principaux résultats	42
4.1.1.	Analyse des résultats issus des essais contrôlés randomisés	43
4.1.2.	Analyse des résultats issus des séries de cas	45
4.1.3.	Modification de la cadence au sein des études incluses	49
4.2.	Applicabilité des résultats en pratique clinique.....	50
4.2.1.	Effets indésirables du traitement.....	51
4.2.2.	Utilisation du métronome et protocoles d'intervention en pratique clinique	52
4.3.	Qualité des preuves	54
4.4.	Biais potentiels de la revue	54
5.	CONCLUSION.....	56
5.1.	Implication pour la pratique clinique.....	56
5.2.	Implication pour la recherche.....	57
	BIBLIOGRAPHIE.....	58
	ANNEXES	63

1. INTRODUCTION

La course à pied est l'un des sports les plus pratiqués en France depuis plusieurs décennies. En effet, la Fédération Française d'Athlétisme (FFA) fut créée en 1920 pour donner un cadre à la pratique de l'athlétisme et de ses différentes composantes. À son origine, la FFA comptait 15 000 licenciés. Pour la saison 2019-2020, soit 100 ans plus tard, ce sont plus de 305 000 sportifs, dont pratiquement autant d'hommes que de femmes qui ont adhéré à cette fédération. Cette augmentation constante du nombre de licenciés prouve l'intérêt que suscite la course à pied et l'athlétisme de façon plus générale.

La course à pied peut être pratiquée pour diverses raisons :

- Dans un but d'entretien de la forme globale, pour se dépenser et se maintenir en forme physiquement
- Dans un but récréatif avec les vertus positives que la course à pied procure (sensation de bien-être par la libération d'endorphines, réduction du stress, sensation d'accomplissement personnel, réduction des risques de pathologies cardio-vasculaires, d'obésité...[1])
- Dans une optique plus compétitive avec une recherche de résultats et de performances.

L'athlétisme est également un sport scolaire pratiqué dès le plus jeune âge et jusqu'au lycée, voire dans certaines facultés et études supérieures. Il est également intéressant de remarquer que les phases de course sont présentes dans de nombreux sports aussi bien collectifs qu'individuels (football/rugby/handball/tennis/badminton etc...).

La course à pied est donc un sport énormément pratiqué. Cela s'explique par le fait que la course ne nécessite pas plus de matériel qu'une paire de chaussures et un survêtement, elle peut être effectuée aussi bien seul qu'en groupe, avec ou sans entraîneur et à la vitesse souhaitée. C'est pourquoi aux 305 000 licenciés à la FFA, il faut ajouter les milliers de coureurs non-licenciés qui foulent les pistes, routes et sentiers de France chaque semaine.

La course à pied, aussi appelé running ou jogging, peut en effet, être aussi pratiquée sur différentes surfaces selon l'envie du participant et sur différentes distances pouvant aller de quelques mètres à plusieurs dizaines de kilomètres pour les ultra-marathoniens.

L'étude de la biomécanique de la course à pied constitue donc un élément clé dans le but de comprendre les mécanismes permettant à l'Homme de courir et ainsi aborder les pathologies qui peuvent en découler.

1.1. La course à pied : approche biomécanique

La course à pied présente une biomécanique différente de la marche. Bien que chaque individu ne marche et ne court pas exactement de la même manière, il existe tout de même un cycle de marche et de course semblable pour tous.

1.1.1. Les cycles de marche et de course

Le cycle de marche correspond à la succession de mouvements des membres inférieurs entre le contact initial (CI) du pied au sol, et le CI suivant du même pied.[2] Le CI correspond au premier contact du pied avec la surface sur laquelle il atterrit.

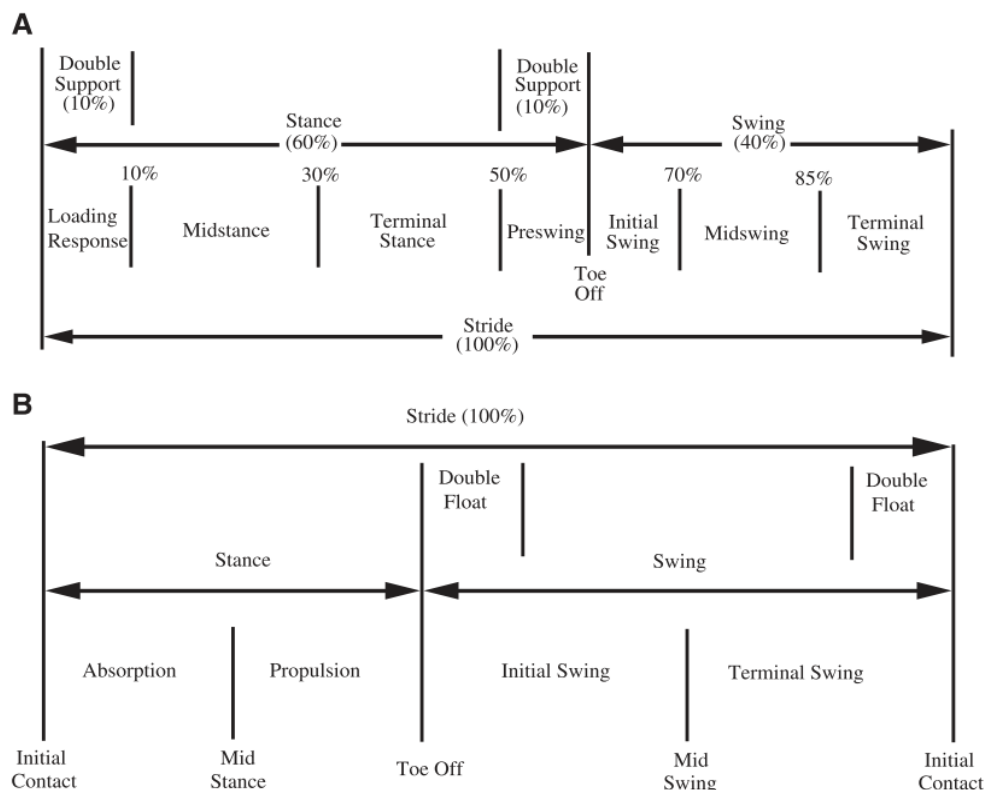


Figure 1 : Le cycle de marche (A) et le cycle de course (B) [3]

Le cycle de marche (A) se divise en deux principales phases : une phase d'appui (ou *stance phase*) et une phase pendulaire (ou *swing phase*).

La phase d'appui est la période entre le contact initial et le décollage du pied du sol, tandis que la phase pendulaire correspond à la phase pendant laquelle le membre inférieur n'est pas en contact avec le sol. Lorsque le pied reprend contact, un nouveau cycle commence. Quand un membre inférieur est en phase d'appui, l'autre est en phase pendulaire. Il existe également une phase de double appui où les deux pieds sont en contact avec le sol, ceci se produisant au début et à la fin de la phase d'appui. Lors de la marche, la phase d'appui occupe 60% du cycle et la phase pendulaire réalise les 40% restants.[3]

Le cycle de course (B) se distingue du cycle de marche par l'existence d'une phase où les deux pieds ne sont pas en contact avec le sol, il s'agit de la phase de flottaison ou « float phase ». Cette phase se produit au tout début et à la toute fin de la phase pendulaire. En effet, l'augmentation de la vitesse entraîne une diminution de la durée de la phase d'appui associée à une augmentation de la durée de la phase pendulaire. Lorsque cette dernière dépasse 50% du cycle, cela crée un chevauchement des phases pendulaires des deux membres inférieurs, créant cette phase de flottaison caractéristique.

En résumé, la course se différencie de la marche par : [3]

- L'augmentation de la vitesse (ou distance parcourue par unité de temps)
- La présence d'une phase de flottaison et l'absence de la phase de double appui
- L'augmentation de la phase pendulaire au détriment de la phase d'appui

La course nécessite de plus grandes amplitudes articulaires, notamment en flexion de hanche, de genou et de cheville, dans le but de maintenir une progression sinusoïdale du centre de gravité. En effet, l'augmentation des mouvements articulaires associée à de plus fortes contractions musculaires excentriques permettent de limiter les déplacements verticaux et latéraux du centre de gravité, avec l'objectif de conserver une certaine économie de course.

Les forces d'impact sont supérieures à celles subies lors de la marche. En effet, lors de la course, le corps subit des contraintes allant jusqu'à 3x le poids corporel [2] contre environ 1.5x lors de la marche.

1.1.2. La biomécanique de course

Le cycle de course se divise plus précisément en sous-phases : la phase d'appui comporte une phase d'absorption et une phase de propulsion ; la phase pendulaire comporte elle-aussi deux sous-parties, le début et la fin de phase pendulaire.

La phase d'appui est la phase pendant laquelle les forces d'impact avec le sol (*Ground Reaction Forces* ou *GRF*) sont les plus importantes. Ces forces d'impact pourraient être, comme nous le verrons ultérieurement, un des facteurs à l'origine de différentes pathologies et en particulier celles de sur-utilisation. La compréhension de la biomécanique de cette phase d'appui et de l'anatomie des membres inférieurs est donc nécessaire.

La phase d'appui débute par le contact initial. Le premier objectif est d'absorber l'impact de l'atterrissage. [2] Cela est permis notamment par l'articulation subtalaire, une articulation complexe située entre le talus et le calcaneus, permettant les mouvements combinés de pronation/supination du pied.

Le pas supinateur correspond à un pas avec un appui sur la partie latérale (5^{ème} orteil) du pied et un soulèvement de l'arche médiale, et inversement pour le pas pronateur avec un appui sur la partie médiale du pied. (Cf. Figure 2)

L'articulation subtalaire fonctionne en synergie avec les autres articulations du pied et de la cheville (articulations talo-crurale, transverse du tarse, tarsométatarsienne etc...).

En effet, lors de la pronation, les axes des articulations subtalaire et transverse du tarse sont parallèles, permettant de donner une meilleure mobilité du pied et ainsi un pied souple pour absorber le choc de l'atterrissage. A l'opposé, lors de la supination, les axes convergent, ce qui rend le pied moins mobile et donc rigide pour la propulsion.

Ainsi, la pronation est donc un élément important permettant de dissiper les contraintes exercées sur le pied lors de la pose de celui-ci. D'autres éléments entrent en jeu dans le même but de dissiper l'impact lors de la phase d'appui : l'augmentation de la mobilité des articulations sus-jacentes (hanche, genou, cheville), le fascia plantaire et les contractions musculaires excentriques.

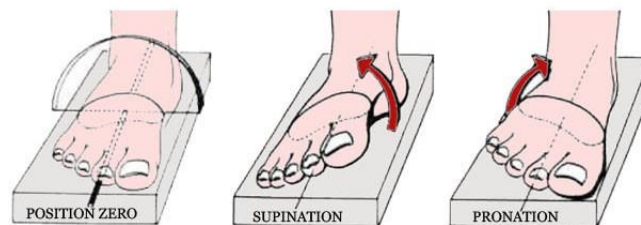


Figure 2 : Mouvements de pronation et de supination

Ainsi, maintenant ces éléments posés, détaillons la phase d'appui.

Cette phase débute donc par le contact initial. Généralement, le pied entre en contact avec le sol par le talon, le plus souvent par sa partie latérale. [3] La cheville est en position de dorsiflexion, le genou est légèrement fléchi (10-20°) et la hanche est également en flexion. Ensuite, avec l'avancée du corps, la cheville reste donc en flexion dorsale par l'avancée du tibia sur le pied fixe au sol. C'est à ce moment précis que la pronation apparaît. Lorsque la pronation maximale est atteinte, un impact de 2.2x le poids du corps est à absorber. La flexion de genou augmente jusqu'à 45° en milieu de phase d'appui. La hanche est toujours en flexion.

Lorsque le centre de gravité passe en avant de la base de support (ou polygone de sustentation), la phase de propulsion débute. La cheville est ici en flexion dorsale maximale (20°). Pour la propulsion, la cheville doit passer de cette flexion dorsale à une flexion plantaire, et de la pronation à la supination dans le but de rendre le pied solide et rigide. Le talon puis les orteils se décollent alors grâce à une contraction puissante du triceps sural pour aller vers une flexion plantaire. Lors de la propulsion, les forces d'impact au sol atteignent 2.8x le poids corporel.

Ainsi, ce mécanisme de prono-supination de l'articulation subtalaire, associé aux actions articulaires et musculaires des membres inférieurs, permet d'absorber le choc induit par l'atterrissage et de propulser le corps pour obtenir une course efficace.

1.1.3. Type de foulée et préférences motrices

La posture, le positionnement du pied et des articulations sus-jacentes lors du contact avec le sol sont des paramètres clés pour la performance de course. Chaque coureur possède sa technique de course personnelle, son propre pattern. Les paramètres biomécaniques pris dans leur globalité peuvent être utilisés pour regrouper les coureurs selon leur style de course.

Premièrement, parlons de la position du pied lors du contact initial, ceci caractérise un type de foulée. Le contact du pied au sol peut se faire : [4][5]

- Par le talon ou par la partie postérieure du pied, aussi appelé « *rearfoot strike* » / RFS
- Par le médio-pied (ou par l'avant et l'arrière-pied simultanément), ou « *midfoot strike* » / MFS
- Par l'avant-pied, ou « *forefoot strike* » / FFS

Selon le type de foulée, des variations biomécaniques apparaissent [4][5] :

Coureurs RFS	Coureurs FFS
- Contact initial réalisé par le talon	- Contact initial réalisé par le 4 ^{ème} et 5 ^{ème} métatarsien
- Cheville en flexion dorsale	- Cheville plus neutre
- Genou en légère flexion	- Genou en plus grande flexion
- Hanche en flexion pour réaliser le contact initial en avant du centre de gravité	- Hanche en légère flexion pour réaliser le contact initial sous le CG
- Chaîne d'extension	- Chaîne de flexion
- Contrôle de la flexion-extension de cheville par le tibia antérieur	- Forte action du triceps sural

Selon les chiffres retrouvés dans la littérature [4][6], environ 85-90% des coureurs utiliseraient une attaque par l'arrière-pied.

Devant l'expansion de la pratique de la course à pied, les grandes marques internationales (Nike, Reebok, Asics, Mizuno...) ont créé des chaussures de plus en plus sophistiquées, comprenant de nombreuses technologies (semelles absorbantes, renfort calcanéen, soutien plantaire...). Ces chaussures offrent un confort au niveau du talon lors de l'attaque du pas et seraient à l'origine de l'attaque arrière-pied chez la majorité des coureurs.

A l'opposé, lors de la course pied nu ou avec des chaussures qualifiées de minimalistes, l'attaque par l'avant-pied est favorisée, puisque l'impact du talon sur un sol dur est désagréable voire douloureux. Il est aussi intéressant de remarquer que l'attaque avant-pied est aussi retrouvée chez les populations avant les années 1970, où les chaussures modernes telles qu'on les connaît n'existaient pas ; ce pattern semble donc être le plus naturel. [5]

Aujourd'hui, ces patterns médio-pied et avant-pied restent faiblement représentés chez les coureurs. Cette faible proportion peut être en partie due à des conseils de coach, associant une attaque portée sur l'avant du pied à une technique de course plus rapide, avec pour exemple les sprinteurs qui utilisent une attaque avant-pied [7]. De nombreuses recherches

cliniques sont effectuées dans le but de savoir si un des types de foulée semble prédisposer le coureur aux blessures ou au contraire le protéger ; mais aussi pour savoir si un des pattern est corrélé à de meilleures performances...[6][8].

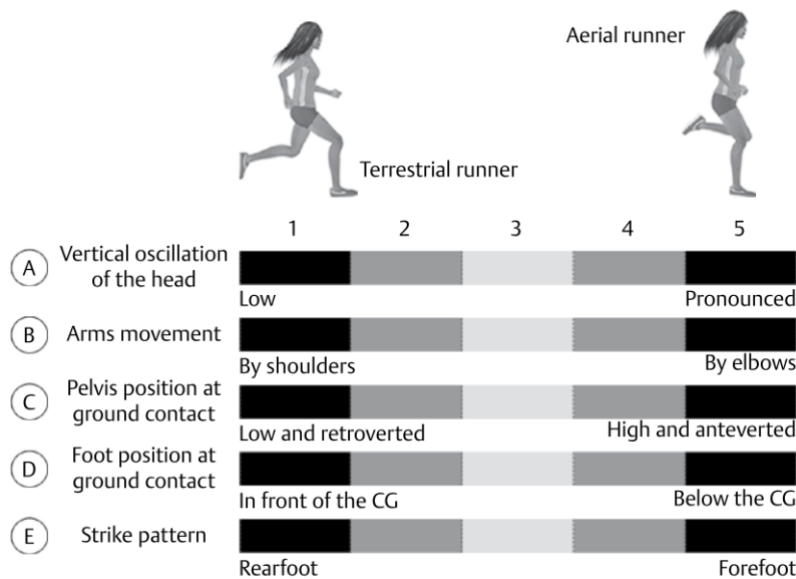


Figure 3 : Classification des coureurs selon Gindre

Cyrille Gindre propose une autre classification des coureurs en deux catégories selon plusieurs critères [9]:

- Les coureurs aériens : utilisent un déplacement plus vertical (d'où le terme aérien), des mouvements des membres supérieurs initiés par les coudes, le bassin est antéversé, le contact initial se fait sous le centre de gravité, et ils utilisent un pattern FFS.
- Les coureurs terriens : à l'opposé, avec un déplacement plus horizontal du corps, les mouvements des bras sont initiés par les épaules, le bassin est rétroversé, le contact initial se fait en avant du CG et avec un pattern RFS.

Les coureurs aériens se différencient des terriens par un temps de contact plus court (phase d'appui diminuée au profit de la phase pendulaire), une raideur plus élevée des membres inférieurs, de plus grands déplacements verticaux du centre de masse, et des forces verticales supérieures.

1.1.4. Paramètres cinétiques, cinématiques et spatio-temporels

Lors de l'analyse du cycle de course en laboratoire, les paramètres cinématiques, cinétiques et spatio-temporels sont collectés. Tous ces paramètres varient d'un coureur à l'autre et il est important de savoir à quoi correspondent ces données dans le but de les analyser judicieusement.

En physique, la biomécanique est la science qui étudie les effets des forces sur les êtres vivants.

Pour l'analyse de la course à pied, il faut retenir que [10]:

- La cinétique s'intéresse à décrire les forces qui contrôlent les mouvements du corps ; par exemple les forces de réaction d'impact au sol (ou *GRF*), la vitesse de force d'impact ou taux d'application de la force d'impact (ou *Vertical Loading Rate*) ...

À chaque pas, lorsque le coureur entre en collision avec le sol, des forces égales et de sens opposées à cet impact sont renvoyées vers le corps humain.

- La cinématique s'intéresse à décrire les mouvements articulaires dans les trois plans de l'espace, sans prendre en compte les forces qui causent ces mouvements (déplacement ou position articulaire, vitesse, accélération)
- Les paramètres spatio-temporels sont des mesures globales du cycle de course. La cadence, la longueur de pas et la longueur de foulée en sont des exemples.

La longueur de pas est la distance entre le contact initial d'un pied et le contact initial suivant du pied opposé. La longueur de foulée est la distance entre le contact initial d'un pied et le contact initial au sol suivant du même pied.

La cadence de pas (« *step rate* » ou « *stride rate* ») est un paramètre facilement mesurable. Il s'agit simplement du nombre de pas pendant une durée donnée. Lors d'une analyse de course, que ce soit devant un coureur sur un tapis de course ou sur une vidéo, il suffit de compter le nombre de fois où les pieds entrent en contact avec le sol sur une durée définie au préalable (le plus souvent une minute ou 30 secondes). Ce paramètre présente ainsi une bonne fiabilité inter et intra-évaluateur puisque la cadence est donc facilement quantifiable.

Dès la fin du XXème siècle, plusieurs auteurs se sont intéressés à l'influence de la fréquence de pas sur l'économie de course et sur l'atténuation des forces d'impact et des chocs subis par le corps humain [11][12][13]. Les travaux plus récents (2010) de *Lieberman* poursuivent ces études par l'analyse des forces induites par les différents types des foulées et également en fonction du chaussage des coureurs.[8] Enfin, *Heiderscheit* et son équipe [14] ont observé plus précisément l'effet de la modification de la cadence de course sur la biomécanique des membres inférieurs.

Par définition, un métronome est un instrument donnant un signal audible ou visuel permettant d'indiquer un tempo, et donc dans le cadre de la course à pied, pouvant indiquer une cadence. Son utilisation, par le biais d'une application sur smartphone par exemple, peut donc permettre à un coureur de moduler sa fréquence de pas facilement en suivant ce signal sur son téléphone.

L'analyse de tous ces paramètres peut être intéressante dans le but de décortiquer la biomécanique de course articulation par articulation, à chaque phase du cycle. Cela peut aider à comprendre les mécanismes à l'origine de pathologies.

1.2. Les pathologies du coureur

1.2.1. Définition

En moyenne, un coureur sur deux se blesse chaque année. [15] En effet, à côté de tous les bienfaits de la course à pied sur l'organisme et la santé mentale, les blessures liées à la course sont très fréquentes. Selon la littérature scientifique [16][17], celles-ci ont une incidence allant de 18 à 92% selon les différentes définitions attribuées aux blessures liées à la course à pied.

En 2015, une centaine d'experts sur le sujet ont été appelés à se réunir dans le but d'adopter une seule et unique définition des blessures du coureur, afin d'obtenir des résultats comparables entre les études. En effet, avant ce consensus, des chiffres très variables étaient retrouvés en fonction de la définition utilisée : si celle-ci était stricte, des valeurs plus faibles étaient retrouvées, et inversement pour les définitions plus larges.[1]

A l'issue de ce consensus [18], la définition suivante des blessures liées à la course à pied a été adoptée : « Douleur musculosquelettique des membres inférieurs liée à la course à pied (entraînement ou compétition), à l'origine d'une restriction ou d'un arrêt de la course (en terme de distance, vitesse, durée ou nombre d'entraînement) pour au moins 7 jours, ou 3 séances d'entraînement consécutives, ou qui requiert de consulter un médecin ou un autre professionnel de santé".

1.2.2. Quelles blessures pour le coureur ?

Ainsi, les blessures sont très fréquentes dans la pratique de la course à pied. Il est donc nécessaire, dans le but de diminuer leur nombre, de définir quels sont les blessures les plus présentes chez les coureurs et quels facteurs peuvent prédisposer à celles-ci.

Les blessures très aiguës sont assez rares et consistent surtout en entorses, lésions musculaires bénignes et lésions de la peau (abrasion, écorchure...) retrouvées notamment lors de la pratique du trail running sur des sentiers sinueux.

Selon l'étude de *Van Der Worp* [17], 80% des blessures sont définies comme des blessures de sur-utilisation ou « *overuse injuries* ». Celles-ci apparaissent lorsqu'une structure anatomique (tendons, articulations...) est exposée de façon répétitive à des charges. Des microtraumatismes apparaissent, la capacité de régénération tissulaire est dépassée, le tissu n'a pas le temps de guérir et les blessures se déclarent.[19]

Une revue systématique récente (2019) détermine les blessures retrouvées chez des athlètes de tout niveau, courant sur des distances comprises entre 800 mètres et un marathon. [20] La majorité des blessures (70%) sont situées au niveau du genou ou en dessous [14]. Le genou est le site le plus atteint, autant chez les femmes que chez les hommes (respectivement, 40% et 31% des blessures sont au genou).

Cette étude place le syndrome fémoro-patellaire (SFP) en première position des pathologies rencontrées. Les autres pathologies les plus fréquentes sont : la tendinopathie d'Achille, la tendinopathie patellaire, la périostite tibiale (ou syndrome de stress tibial médial), la fasciite plantaire ou le syndrome de la bandelette ilio-tibiale (ou syndrome de l'essuie-glace). [16][20]

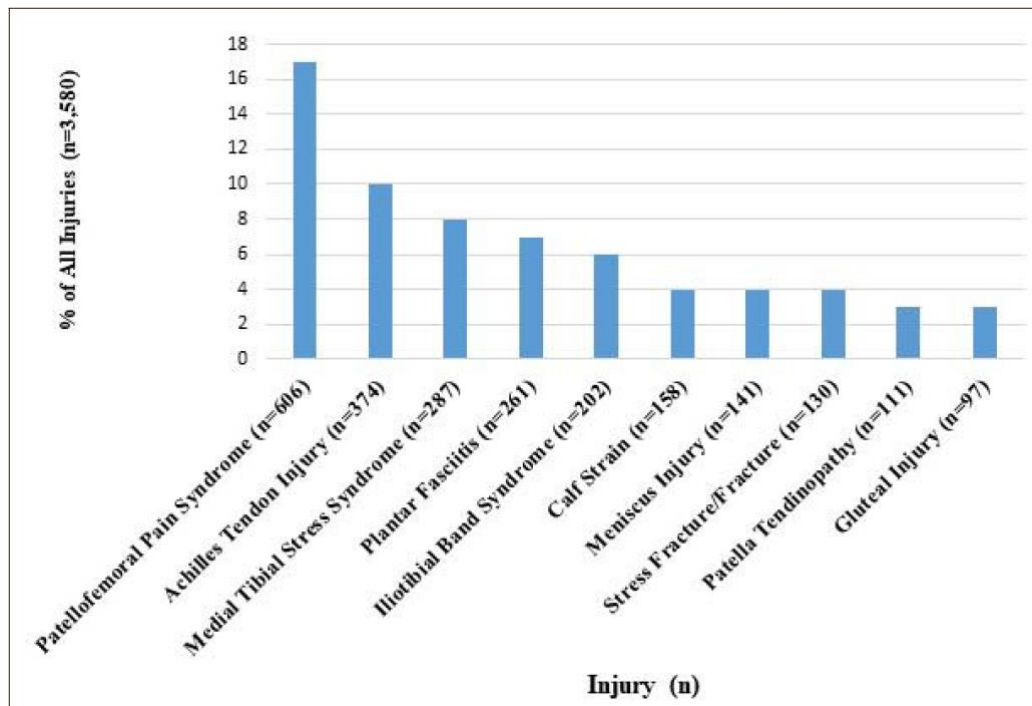


Figure 4 : Les pathologies les plus fréquentes chez les coureurs selon Francis et al [20]

1.2.3. Les facteurs de risques

Il est important de définir les éléments prédisposant à ces pathologies, que ce soit dans le but de comprendre leur origine, mais aussi dans le but d'agir en prévention pour éviter leur survenue.

Ces facteurs de risques peuvent être classés en 3 grandes catégories [17]:

- Les facteurs personnels : l'âge, le sexe, la taille, le poids, l'IMC, la génétique, la biomécanique de course...
- Les facteurs d'entraînement : fréquence, durée, planning (entraînement et compétition), distance, chaussures de course...
- Les facteurs liés au mode de vie et à la santé : blessures antérieures, comorbidités associées, tabagisme, nutrition...

Les pathologies sont donc multifactorielles : il est difficile de tirer des conclusions sur l'influence de ces facteurs sur le risque de blessures car lors de l'analyse de l'un d'eux, les autres facteurs peuvent interférer et faire varier le résultat trouvé.

Par exemple, si une étude s'intéresse au facteur de risque « sexe », tous les autres facteurs devraient être contrôlés pour obtenir l'effet uniquement de la variable « sexe ».

De plus, certains facteurs sont modifiables (entraînement, mode de vie...), d'autres ne le sont pas (âge, sexe, génétique). [19]

	MODIFIABLE	NON-MODIFIABLE
INTRINSIC	PERSONAL FACTORS <ul style="list-style-type: none"> • COGNITIVE, SOCIAL AND PSYCHOLOGICAL FACTORS • BODY AWARENESS • INJURY HANDLING COMPETENCY / KNOWLEDGE • TISSUE PROPERTIES - MUSCLE STRENGTH / DURATION, NEURAL DRIVE, RANGE OF MOVEMENT / FLEXIBILITY 	INDIVIDUAL <ul style="list-style-type: none"> • AGE • GENDER • BODY COMPOSITION* • ANATOMY / STRUCTURAL ALIGNMENT* • PERSISTENT INJURY- AND TRAINING-RELATED TISSUE CHANGES*
	TRAINING PATTERNS <ul style="list-style-type: none"> • VOLUME • DURATION • INTENSITY • FREQUENCY • VARIABILITY 	
	MOTOR CONTROL / DYNAMIC BIOMECHANICS <ul style="list-style-type: none"> • MOVEMENT PATTERNS • FOOT LANDING PATTERNS • STEP FREQUENCY • DYNAMIC KINETIC ALIGNMENT 	←
EXTRINSIC	TRAINING CONTEXT <ul style="list-style-type: none"> • SURFACE HARDNESS AND STABILITY • VARIABILITY • ATTENTION-DEMANDING FACTORS 	PREVIOUS INJURIES <ul style="list-style-type: none"> • NUMBER • PRESENCE • RECURRENCE • IMPACT
	EQUIPMENT <ul style="list-style-type: none"> • RUNNING SHOES, INSOLES, BRACES, CLOTHING 	

Figure 5 : Facteurs de risques modifiables et non-modifiables de blessures [19]

Les facteurs biomécaniques, analysables par les variables cinétiques, cinématiques, et spatiotemporelles vues précédemment, sont intéressants à analyser car ils représentent le pattern de course et sont donc modifiables par le coureur.[10]

1.3. L'influence du pattern de course

1.3.1. Le type de foulée

En fonction du type de foulée, la biomécanique des membres inférieurs varie comme nous avons pu le voir précédemment. Ainsi, les contraintes subies par les articulations et autres tissus de l'organisme ne sont pas identiques : l'impact issu du sol chemine donc différemment en remontant des pieds vers le sommet de la tête.

Les forces de réaction du sol (*GRF*) semblent être responsables de pathologies. Ces forces forment une onde de choc, remontant le long de l'axe corporel et augmentant les sollicitations tissulaires. Le schéma ci-dessous, extrait de l'étude de *Daoud et al*, montre ces forces en fonction du type de foulée.

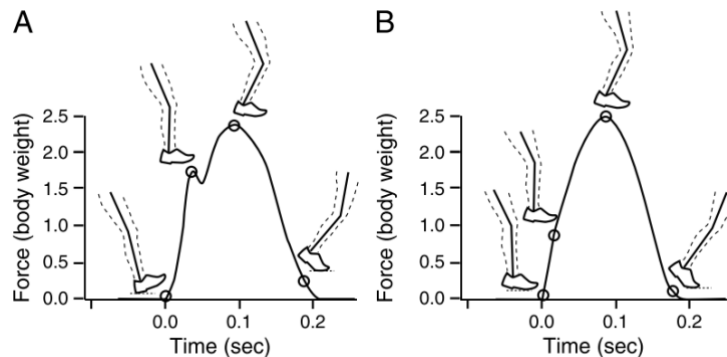


Figure 6 : Forces de réaction du sol en fonction du type de foulée (A = RFS / B = FFS) [5]

Le type de foulée fait partie des facteurs biomécaniques modifiables par le coureur. Il s'agit d'une des variables cinématiques puisqu'il représente, en simplifiant assez largement, des positionnements articulaires. Le lien entre le type de foulée et les conséquences qu'il entraîne a été étudié par plusieurs auteurs. [5][8][21][22]

Le tableau suivant résume les particularités de chaque type de foulée :

Coureurs RFS (90% des coureurs)	Coureurs FFS (<10% des coureurs)
<ul style="list-style-type: none"> • Présence de « <i>l'impact transient</i> » : une force rapide et transitoire transmise aux membres inférieurs directement à la suite du contact initial (« pic » présent sur la Figure 5 partie A) • Les forces de réaction du sol sont plus élevées et répétitives • Excès de stress tissulaire par la répétition des contraintes • Activité plus marquée au niveau du genou et de la hanche [4][5][21] 	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de « <i>l'impact transient</i> » : transformation des forces verticales en énergie rotatoire par une forte contraction excentrique du triceps sural à la suite du contact initial • Diminution des forces axiales subies par les membres inférieurs [4] • Contrôle de la vitesse de la flexion dorsale après le CI par le triceps sural • Cheville plus sollicitée (plan sagittal : flexion dorsale / flexion plantaire)
<ul style="list-style-type: none"> - Pathologies de sur-utilisation avec par exemple fasciites plantaires, lombalgies, fractures de stress ou syndromes fémoro-patellaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Blessures plutôt musculaires du complexe du triceps sural / tendinopathies achilléennes

Les coureurs RFS représentent la majorité des coureurs, ce sont donc les pathologies de sur-utilisation qui sont les plus retrouvées.

1.3.2. La cadence de course

Après avoir observé l'effet du type de foulée, intéressons-nous à la cadence de course, autre facteur modifiable de la course à pied. Qu'entraîne la cadence au niveau du cycle de course et au niveau de la biomécanique ?

Tout d'abord, il est aisé de remarquer que, pour une vitesse fixe, l'augmentation de la cadence est nécessairement liée à une diminution de la longueur de pas.[23][14] Cela signifie que pour parcourir une distance en un certain temps donné (vitesse fixe), le nombre de pas augmente et leur longueur diminue.

Ce changement au niveau du cycle de course s'accompagne alors de modifications au niveau biomécanique et neuromusculaire.

1.3.2.1. Variation des paramètres cinématiques

Les paramètres suivants sont étudiés pour une augmentation de 10% de la cadence de pas, par rapport à la cadence préférentielle du coureur. Cette valeur de 10% est celle jugée optimale pour entraîner des conséquences au niveau biomécanique. [23]

Lors d'une augmentation de 10% de la cadence, il apparaît que [24][14][23][25] :

- L'angle d'inclinaison du pied par rapport à l'horizontale diminue, la cheville est moins en flexion dorsale
- La distance horizontale entre le centre de masse du corps et le talon diminue (pour réaliser cette foulée plus courte)
- Le tibia est plus vertical, donc le genou est plus en flexion lors du contact initial
- Le pic de flexion de hanche diminue

Lors du milieu de la phase d'appui, le pic de flexion maximale de genou est diminué par rapport à une cadence non modifiée. Les pics de flexion de hanche, d'adduction et de rotation médiale de hanche diminuent.

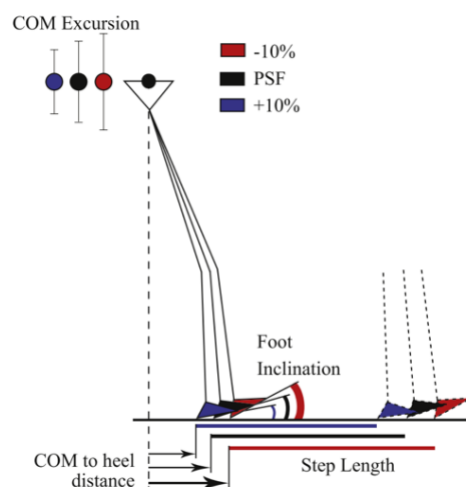


Figure 7 : modification biomécanique lors d'une augmentation de 10% de la cadence de course [23]

1.3.2.2. Variation des paramètres cinétiques

Les positionnements et mouvements articulaires modifient ainsi les forces subies par les membres inférieurs. Les mouvements verticaux du centre de masse ainsi que la position verticale maximale du centre de masse sont diminués. Ainsi, avant le contact initial, lors de la phase de flottaison où les deux membres inférieurs sont en phase pendulaire, le corps se retrouve en quelque sorte plus proche du sol. La diminution de cette « hauteur » permet à son tour de réduire la vitesse à laquelle le pied entre en contact avec le sol, l'impact est alors diminué.

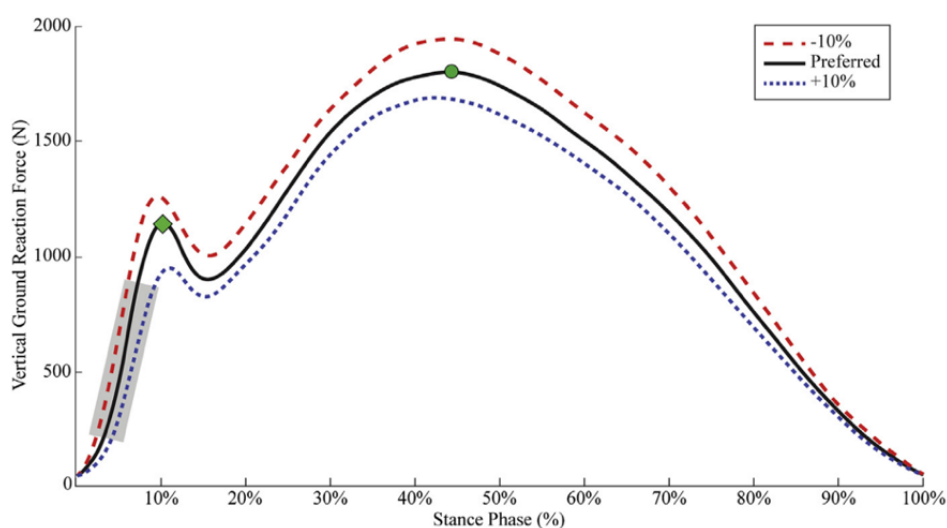


Figure 8 : Modification des vGRF lors de la phase d'appui, avec une cadence augmentée de 10% et diminuée de 10% par rapport à la cadence préférée des coureurs [23]

C'est alors que, pour une cadence augmentée de 10% : [14][23]

- Le pic de force de réaction du sol (pic de GRF) est diminué
- Le taux de charge vertical, ou taux d'application de la force d'impact, est diminué
- Les impacts transitoires après le contact initial sont beaucoup plus rares voire absents
- Les forces de freinage excentriques (« *braking impulse* ») sont diminuées

De plus, lors de l'augmentation de la cadence, l'absorption et la génération d'énergie sont réduites, autant au niveau de la hanche que du genou. [24][23]

Le graphique ci-dessous [23] représente ceci : une réduction de 17% de l'énergie absorbée et de 21% de l'énergie générée est produite par une augmentation de 10% de la cadence.

Le genou est le site présentant la plus large variation avec une réduction de 34% de l'énergie absorbée et 26% de l'énergie générée. La diminution de l'énergie à absorber a pour conséquence un travail excentrique moindre notamment au niveau du quadriceps.

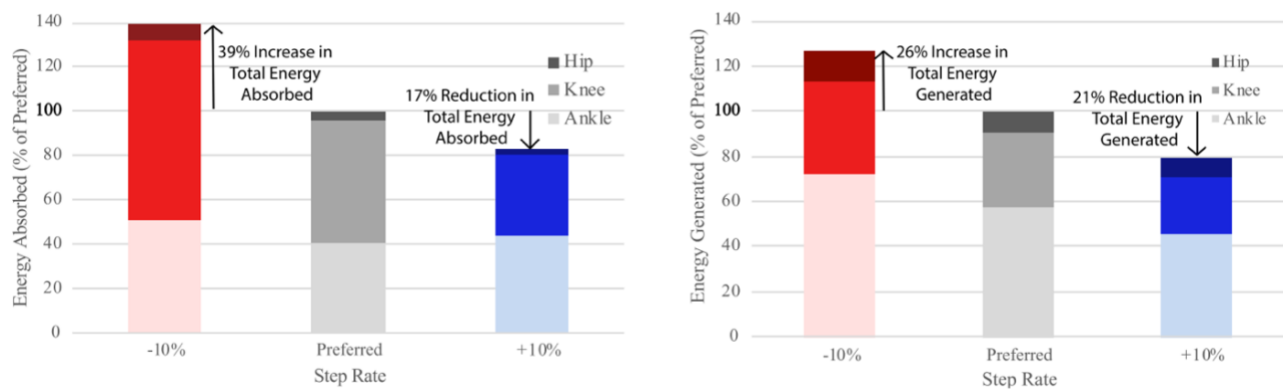


Figure 9 : Énergie générée et absorbée par la hanche, le genou et la cheville en fonction de la variation de la cadence de course [23]

Cela entraîne également une diminution des pressions subies par l'articulation fémoro-patellaire [23] :

- Réduction de 14% du pic de force de l'articulation fémoro-patellaire [26]
- Réduction de 11% du taux de charge fémoro-patellaire [26]
- Réduction de 10% de la pression de contact patellaire
- Réduction de 7% de la surface de contact

Ainsi, la cadence de course semble avoir une influence non négligeable sur la biomécanique du coureur. Les forces soumises au genou et plus particulièrement à l'articulation fémoro-patellaire pourraient être modulées par l'augmentation de la cadence de course, le genou étant le site préférentiellement atteint par cette augmentation.

1.4. Le syndrome fémoro-patellaire (SFP)

1.4.1. Anatomie

Le genou est le site anatomique le plus atteint chez le coureur. Il est constitué de deux articulations distinctes au sein d'une même capsule articulaire avec d'une part l'articulation fémoro-tibiale, et d'autre part l'articulation fémoro-patellaire.[27] Ces deux articulations sont indissociables autant d'un point de vue anatomique que fonctionnel. Le genou est une articulation portante, subissant donc de nombreuses contraintes.

- L'articulation fémoro-tibiale est constituée des condyles fémoraux et des plateaux tibiaux ; les ménisques s'interposent entre ces deux surfaces osseuses.
- L'articulation fémoro-patellaire est composée de la trochlée fémorale, en avant des condyles, et de la face postérieure de la patella (anciennement appelée rotule). Cette articulation met face à face deux surfaces osseuses en forme de poulie ou de diabolos, avec deux faces (médiale et latérale) séparées d'une crête.

La partie latérale de la face postérieure de la patella est plus large que la partie médiale, et la partie latérale de la trochlée fémorale est aussi plus haute, plus large et plus saillante. [28] C'est cette face latérale qui subit le plus de contraintes.[29]

La patella est un os sésamoïde, plat, triangulaire à base supérieure, située entre le tendon quadricipital et le tendon patellaire, elle s'intègre donc dans le système extenseur du membre inférieur.[29] En effet, par sa position à la face antérieure du genou, elle permet d'augmenter le bras de levier du quadriceps, améliorant ainsi son efficacité dans l'extension du genou.[28]

Lors des mouvements de flexion-extension du genou, la patella glisse dans la trochlée fémorale, accompagnant le mouvement.

Lors de la flexion, les forces compressives sont maximales au niveau de cette articulation.

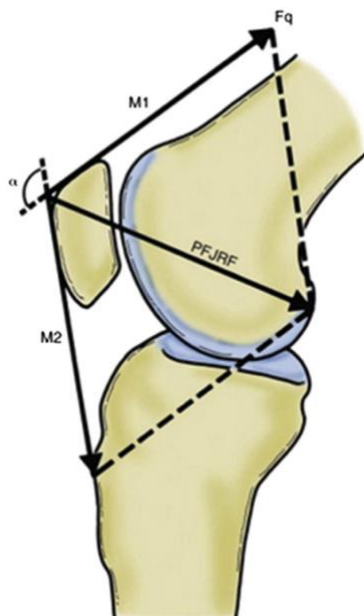


Figure 10 : L'articulation fémoro-patellaire

En effet, comme le montre le schéma ci-contre [29], lors de la flexion du genou, le vecteur de force résultant de l'action du tendon quadricipital (M1) et du tendon patellaire (M2) se dirige en arrière et augmente les forces subies par l'articulation fémoro-patellaire.

Ceci est un élément très important pour la suite de cette revue : la diminution du pic de flexion de genou au milieu de la phase d'appui lors d'une augmentation de 10% de la cadence de course entraîne donc une diminution du vecteur de force fémoro-patellaire et ainsi une diminution des contraintes subies par cette articulation.

Ainsi, en extension de genou, les forces M1 et M2 sont de sens opposés, les forces au niveau de l'articulation fémoro-patellaire sont alors très faibles voire nulles.

Cette articulation est maintenue par plusieurs éléments statiques et dynamiques :

- Les faces articulaires fémorales et patellaires ; plus large et saillante forment un 1^{er} rempart latéral à la subluxation de la patella.
- Le quadriceps, notamment par les fibres obliques du vaste médial, contribue fortement à sa stabilité dynamique.
- Les tissus mous médiaux comprenant le rétinaculum médial, le ligament ménisco-patellaire médial, le ligament patello-fémoral médial. Ce dernier est décrit comme le premier soutien passif à la translation latérale de la patella entre 0° et 30° de flexion. [29]
- Les ligaments, rétinaculums, et autres tissus mous latéraux.

D'un point de vue musculaire, le quadriceps est l'élément clé du système extenseur du genou. Il est formé de quatre chefs musculaires : vaste médial, vaste latéral, vaste intermédiaire, droit fémoral. Leurs origines se situent au niveau de la diaphyse fémorale pour les vastes, et au niveau du bassin pour le droit fémoral. Ils se terminent tous au niveau de la base de la patella en formant le puissant tendon quadricipital et poursuivent leur chemin sur la face antérieure de la patella pour constituer le tendon patellaire.

Le quadriceps est donc, dans son ensemble, l'extenseur de genou de référence par son action concentrique (= les insertions musculaires se rapprochent en se contractant). Le vaste médial permet une rotation médiale de genou, inversement pour le vaste latéral. Le droit fémoral permet également une action de flexion de hanche.

Fonctionnellement, lors de la marche ou de la course, le quadriceps agit surtout de manière excentrique (= les insertions s'éloignent lors de la contraction), permettant de contrôler les mouvements du genou et les forces qui y sont transmises.[27]

1.4.2. Physiopathologie et facteurs de risque

Depuis 2016 et la 5^{ème} « réunion » internationale de recherche sur les douleurs fémoro-patellaires [30], un consensus existe concernant la définition de cette pathologie.

Les experts l'ont défini comme : « une douleur diffuse rétropatellaire ou péripatellaire, aggravée par au moins une action augmentant la charge sur l'articulation fémoro-patellaire, comme le squat, la montée et la descente d'escaliers, la course, le saut ou la position assise prolongée ».

D'un point de vue clinique, elle peut être associée à un grincement ou à une crépitation de l'articulation, d'un épanchement léger et/ou d'une sensibilité à la palpation de la surface rétropatellaire.

Le syndrome fémoro-patellaire entraîne aussi, par conséquent, une limitation fonctionnelle des activités des patients qui en souffrent, aussi bien dans leur activité sportive que professionnelle.

D'un point de vue épidémiologique, une prévalence variant de 7% à 29% est retrouvée dans la littérature [31][32][30]. Cela varie en fonction de la population avec les valeurs les plus élevées retrouvées chez les adolescents et les populations militaires.

Les douleurs fémoro-patellaires sont généralement des douleurs récalcitrantes, tendant à se chroniciser dans plus de 50% des cas avec une persistance des douleurs plusieurs années après le diagnostic. [31][33] L'apparition de ces douleurs semblent être insidieuse le plus souvent. De plus, les personnes ayant un SFP sont plus à risque de développer de l'arthrose fémoro-patellaire, ceci aggravant le pronostic fonctionnel à long terme des patients. [34]

La structure anatomique atteinte dans ces douleurs n'est pas encore bien identifiée dans la littérature, plusieurs éléments sont suspectés, avec notamment le « coussin » adipeux infrapatellaire de Hoffa, situé entre le tendon patellaire et le tibia, qui est fortement innervée.[29][30]

Le diagnostic du SFP est clinique et se fait généralement sans l'aide d'examen paramédicaux complémentaires :

- Les douleurs rétropatellaires et péripatellaires lors d'activités chargeant le genou qui sont rapportées à l'interrogatoire du patient constituent un premier élément.
- Le test est le plus sensible (91%) lorsque la douleur rétropatellaire ou péripatellaire est retrouvée lors de la réalisation d'un squat. (GRADE A de recommandation selon l'American Physical Therapy Association APTA) [33][30].

La revue systématique de 2019 écrite par *Neal et al* [32] comprenant une méta-analyse s'intéressent aux facteurs de risques du SFP. Elle conclue, sur une base de 18 études, que :

- Le sexe, la taille, le poids, l'IMC, le pourcentage de masse grasse, l'âge, l'angle Q (angle entre le tendon quadricipital et le tendon patellaire), le valgus dynamique ne sont pas des facteurs de risques
- La faiblesse du quadriceps (uniquement chez les militaires) et une force augmentée des abducteurs de hanche (uniquement chez les adolescents) peuvent être des facteurs de risques

Cependant, d'autres études concluent que le sexe féminin, le valgus dynamique, l'éversion de l'arrière-pied, l'augmentation soudaine des contraintes (augmentation de la fréquence et/ou intensité des entraînements), la faiblesse des muscles de la hanche sont des facteurs de risques. [35][36]

Le placement de la patella dans la trochlée fémorale a une influence incertaine dans la genèse d'un syndrome fémoro-patellaire. *Pal et al* [37] remarquent, dans leur étude, une fréquence plus élevée de patella alta (élévation de la position de la patella) chez les patients ayant des douleurs fémoro-patellaires.

Cependant, les résultats sont inconstants au sein de la littérature scientifique. Selon une étude récente de *Franco et al* [38], une faible association existe entre patella alta et douleurs fémoro-patellaires, ce placement étant plus corrélé à une instabilité ou une luxation qu'à de simples douleurs.

Le SFP est une pathologie multifactorielle ; il est difficile de déterminer de manière certaine quels facteurs prédisposent à ces douleurs.

1.4.3. Traitements

Généralement, le traitement du syndrome fémoro-patellaire est kinésithérapique. La part de la chirurgie est très faible. Les médicaments anti-inflammatoires non-stéroïdiens ou autres antidouleurs ont leur place lorsque la douleur fait partie des doléances du patient.

Les recommandations de l'APTA de 2019 ont actualisé les preuves concernant les modalités de traitement kinésithérapique pour le syndrome fémoro-patellaire. [33] Ceux présentant les preuves les plus élevés sont :

- Le renforcement des muscles de la hanche et du genou (grade A de recommandation = niveau de preuve élevé) : les exercices doivent viser les muscles postéro-latéraux de la hanche tels que les muscles fessiers et pelvi-trochantériens, ainsi que le quadriceps. Le renforcement combiné de la hanche et du genou est supérieur en terme d'amélioration de la douleur et de critère de jugement fonctionnel comparé au renforcement seulement dirigé sur le genou.
- L'utilisation de technique de « tape » patellaire (GRADE B = niveau de preuve modéré) en complément des exercices de renforcement, avec un effet à court terme uniquement sur la douleur et l'optimisation des exercices.
- L'utilisation d'orthèse plantaire (GRADE B) en complément des exercices de renforcement, chez les patients présentant un effondrement de l'arche plantaire, avec un effet à court terme (inférieur à six semaines) uniquement sur la douleur.

Selon une revue systématique récente (2021) de l'équipe de Winters [39], l'éducation des patients a également sa place dans la prise en charge thérapeutique. Cela correspond à l'apprentissage de la modulation du stress mécanique subi par le corps humain, la gestion du programme d'entraînement, la gestion des symptômes etc...

Le renforcement musculaire est actuellement le traitement de choix pour les patients souffrant de syndrome fémoro-patellaire.[35][31][33]

L'utilisation d'intervention combinée (renforcement + autres thérapies) a prouvé sa supériorité par rapport aux autres thérapies utilisées indépendamment.

1.5. Intérêt de cette revue de littérature

Comme nous avons pu le voir précédemment, le syndrome fémoro-patellaire est l'une des blessures les plus fréquentes chez les coureurs d'endurance, avec une prévalence allant de 7% à 29%. Cette pathologie restreint le sportif dans toutes ses activités (vie professionnelle, vie quotidienne, loisirs...).

Le SFP est une pathologie problématique pour les masseurs-kinésithérapeutes car le patient présente des douleurs récalcitrantes, persistantes le plus souvent, se chronicisant dans plus de 50% des cas. Le SFP est donc difficile à appréhender et à traiter, d'autant plus que son origine et ses facteurs de risques ne sont, à l'heure actuelle, pas totalement compris par la communauté scientifique.

L'unique traitement ayant fait ses preuves est le renforcement combiné du quadriceps et des muscles de la hanche.

Chez ces patients, la modulation de la cadence de course peut se présenter comme une option thérapeutique à ne pas négliger. En effet, l'augmentation de la cadence engendre de nombreuses modifications biomécaniques pouvant avoir un effet bénéfique pour l'articulation fémoro-patellaire. (Cf. 1.3.2).

Parmi celles-ci, la diminution de la flexion de genou au milieu de la phase d'appui est un des éléments importants permettant de diminuer les forces subies par l'articulation fémoro-patellaire.

L'objectif de cette revue de littérature est d'évaluer l'efficacité d'une intervention visant à augmenter la cadence de pas chez les patients coureurs atteints de syndrome fémoro-patellaire.

Je pose donc l'hypothèse que cette modification du schéma de course, par le biais de la réduction des contraintes fémoro-patellaires qu'elle entraîne, permet d'améliorer la douleur et la fonction de ces patients.

2. MÉTHODE

2.1. Critères d'éligibilité des études pour cette revue

Cette revue de littérature a pour objectif de répondre à une question de type thérapeutique, visant à déterminer l'efficacité du traitement augmentant la cadence de course. Ce type de question permet d'aboutir in fine au choix du meilleur traitement pour un patient donné.

Le schéma d'étude le plus adapté pour répondre à une question thérapeutique est l'essai clinique (ou contrôlé) randomisé (ECR). Un ECR correspond à une étude clinique expérimentale comparant un groupe dit « intervention » testant le traitement évalué et un groupe dit « contrôle » ; ce dernier sera composé soit d'un traitement placebo soit d'un traitement de référence « Gold Standard » soit d'un autre traitement.

Ce type d'étude permet de répartir les patients de façon aléatoire entre les groupes, d'où le terme randomisé ; il est considéré comme le plus haut niveau de preuve par la communauté scientifique.

Deux types d'ECR existent : les essais en groupes parallèles et les essais en cross-over.

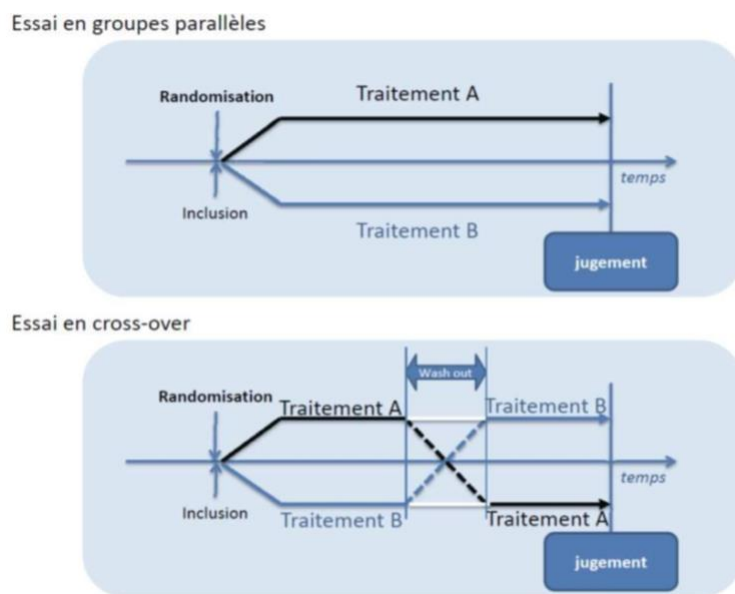


Figure 11 : Les essais contrôlés randomisés

Pour cette revue de littérature, si les ECR ne sont pas suffisamment nombreux, d'autres schémas d'études présentant une qualité méthodologique moindre seront acceptés :

- Les essais cliniques non randomisés, dans un premier temps
- Les séries de cas, dans un second temps, en dernier recours.

Les essais cliniques non randomisés présentent une structure similaire aux ECR. Il existe cependant une différence non négligeable entre ces deux schémas d'étude : la randomisation. Dans les essais cliniques non randomisés, l'attribution des groupes aux sujets se fait de façon

arbitraire et non aléatoire. La qualité méthodologique de ces études est diminuée par ce choix avec la possibilité de biais dans la formation des groupes. (Biais d'allocation)

Les séries de cas sont plus largement différentes des schémas précédents. Ce sont, par définition, la description d'une série de cas comparables, mais sans comparaison avec un groupe témoin ou un autre groupe de cas. Ce sont alors des études dites « non comparatives ». En effet, un seul groupe est formé, le traitement est effectué sur celui-ci et le groupe est suivi dans le temps pour observer l'effet de ce traitement.

Si les séries de cas sont utilisées, les critères de jugements (ou outcome) de celles-ci seront extraits et analysés en gardant à l'esprit que ces schémas d'études présentent un niveau de preuve et une qualité méthodologique plus faible.

Cette revue s'appuie sur le modèle P.I.C.O, pour aboutir à la formulation d'une équation de recherche pertinente, répondant le plus objectivement à la question clinique :

P (Population)	Hommes ou femmes, de tout âge, pratiquant la course à pied, quel que soit le niveau (récréatif, amateur ou professionnel), souffrant d'un syndrome fémoro-patellaire.
I (Intervention)	Augmentation de la cadence de course à pied, quel que soit le pourcentage d'augmentation. Les études combinant l'augmentation de la cadence de course à d'autres interventions seront acceptées
C (Comparateur)	<ul style="list-style-type: none"> • Pour les schémas d'étude de type ECR et essais contrôlés non randomisés : Le Traitement Gold Standard (de référence) du SFP est le renforcement hanche + genou, ce dernier sera utilisé comme comparateur préférentiel pour cette revue. Si les études disponibles ne l'utilisent pas, tout autres comparateurs seront acceptés • Pour les séries de cas : Pas de groupe contrôle de ce schéma d'étude, donc pas de comparateur.
O (Outcome)	Efficacité clinique sur le syndrome fémoro-patellaire : <ul style="list-style-type: none"> - Sur la douleur - Sur une échelle fonctionnelle du genou - Sur le retour au sport

Les études seront exclues si :

- Le schéma d'étude est différent des essais contrôlés (randomisés et non randomisés) et des séries de cas
- L'étude est disponible dans une langue autre que le français et l'anglais
- Le PICO de l'article ne correspond pas à celui de cette revue de littérature (patients non coureurs ou non atteints de SFP ; intervention autre que l'augmentation de la cadence de pas ; études s'intéressant uniquement à la biomécanique de course etc...)

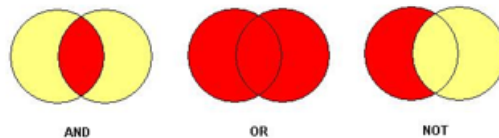
2.2. Méthodologie de recherche des études

Pour aboutir à la construction de cette revue de littérature, plusieurs bases de données électroniques ont été utilisées : PubMed, PEDro, Cochrane Library et le moteur de recherche scientifique Google Scholar.

Les bibliographies des différentes études incluses ont également été parcourues, dans le but d'élargir la recherche. Cela peut permettre de trouver une ou plusieurs études pertinentes étant passées au travers de l'équation de recherche. Des précédents mémoires de recherche, des résumés de conférence et de projet de thèse ont également été parcourus.

Une équation de recherche a donc été créée pour utiliser ces bases de données :

- À l'aide du modèle P.I.C.O, les mots clefs ont été extraits.
- Le répertoire linguistique de référence du domaine biomédical, le « MeSH (Medical Subject Headings) » a permis de trouver les synonymes de ces mots clefs pour élargir les résultats de recherche et optimiser l'équation pour chaque base de données.
- L'utilisation des opérateurs booléens (AND, OR, NOT) a finalisé la création de l'équation de recherche par la combinaison pertinente des mots clefs à ces opérateurs. Pour cela, l'opérateur « OR » permet de regrouper tous les synonymes d'un mot clef entre eux, tandis que l'opérateur « AND » fait le lien entre les différents mots clefs.



	Mot clef	Synonyme 1	Synonyme 2
P		OR	OR
I			
C			
O			

Les équations de recherche sont alors :

- PubMed: (Runner OR Running OR Runners OR Athletes OR Runn*) AND (Step Rate OR Stride Rate OR Cadence OR Rhythm OR Step pace OR Gait Retraining OR Running Retraining) AND (Patellofemoral OR PFPS OR Patellofemoral pain syndrom OR Anterior knee pain OR patellofemoral syndrom)
- PEDro: "recherche avancée" avec "Lower Leg or Knee" AND « Sports » AND "Clinical Trial"

- Cochrane Library: (“patellofemoral” OR “Anterior Knee pain”) AND “running”
- Google Scholar: (anterior knee pain OR femoropatellar pain) AND (step rate OR cadence OR gait retraining OR step cadence) AND (runners) AND (pain OR function)

Liste des mots clés :

- Running
- Runners
- Patellofemoral pain
- Anterior knee pain
- Step rate
- Gait retraining
- Pain
- Function

2.3. Méthode d’extraction et d’analyse des données

2.3.1. Méthode de sélection des études et extraction des données

La recherche et la sélection des études ont été réalisées par une seule personne. La recherche des articles a été effectuée du 10 janvier au 2 mars 2021. À partir de cette date butoir, plus aucun article scientifique n’a été inclus dans cette revue de littérature.

Uniquement les études cliniques dont le texte complet était disponible en langue française ou anglaise ont été analysées. Aucune restriction concernant la date de publication n’a été appliquée.

L’utilisation de l’équation de recherche dans plusieurs bases de données a pour but de trouver le maximum d’études cliniques pertinentes pour cette revue, dans le but de réaliser une synthèse des connaissances actuelles sur le sujet.

À partir des nombreux résultats issus de l’utilisation de l’équation de recherche dans les bases de données citées précédemment, un processus de sélection des études dit « par écrémage » est effectué.

Ce processus consiste tout d’abord à exclure les articles si le titre et le résumé (ou « *abstract* ») ne correspondent pas aux critères d’éligibilité de cette revue (Cf. 2.1).

Les articles ayant passé ce premier filtre sont ensuite lus dans leur intégralité afin de déterminer si ceux-ci doivent être inclus ou exclus.

Si les articles sont exclus après la lecture intégrale, un justificatif de leur exclusion doit être fourni (population, intervention, critère de jugement, schéma d’étude ne correspondant pas aux critères d’éligibilité).

Les études sélectionnées après la lecture intégrale ont ensuite été analysées plus précisément de façon à obtenir :

- La qualité méthodologique de l'étude
- Les données principales de l'étude

L'extraction des données principales a été effectuée par une seule personne, sous forme de tableaux récapitulatifs pour chaque étude incluse dans cette revue. Ces tableaux incluent :

- Le nom de l'auteur principal et l'année de publication
- Le schéma d'étude et la qualité méthodologique
- Les caractéristiques de la population étudiée
- L'intervention réalisée
- Les caractéristiques du groupe comparateur
- Les résultats en fonction des critères de jugement analysés

2.3.2. Méthode d'évaluation de la qualité méthodologique

La qualité méthodologique des études incluses est un élément fondamental à évaluer dans le cadre d'une revue de littérature. En effet, au plus les études incluses sont de bonne qualité méthodologique, au plus la revue de littérature permettra d'apporter des preuves précises, se rapprochant le plus de la réalité clinique.

Dans le cadre de cette revue de littérature, les ECR sont acceptés en priorité, suivis des essais contrôlés non randomisés, puis des séries de cas.

Comme nous l'avons vu précédemment, la qualité méthodologique diffère déjà en fonction du schéma d'étude, avec les ECR offrant un plus haut niveau de preuve.

La qualité méthodologique est évaluée à l'aide de grilles de lecture permettant de déterminer la validité interne. Chaque schéma d'étude peut être évalué grâce à une ou plusieurs grilles adaptées à ce type d'étude.

Le tableau ci-dessous nomme les échelles qui seront utilisées dans le cadre de cette revue :

Schéma d'étude	Échelle utilisée
Essais Contrôlés Randomisés et non randomisés	PEDro Scale
Séries de cas	JBI Critical Appraisal Checklist for Case Series

Ces échelles ont pour finalité de donner un score de qualité méthodologique aux études et de déterminer les principaux biais présents dans celles-ci.

Par définition, un biais est une cause d'erreur systématique pouvant conduire à une sous-estimation ou une surestimation du réel effet d'une intervention.

La présence de biais dans une étude clinique est liée à une validité interne plus faible (donc un score plus faible). Leur présence entraîne alors une potentielle variation du résultat obtenu dans l'échantillon étudié, et ainsi un éloignement par rapport à la réalité clinique.

2.3.3. Méthode de synthèse des résultats

Les résultats apportant des informations sur les critères de jugement suivants seront extraits : la douleur, la fonction, et le retour au sport.

Ceux-ci seront synthétisés sous forme de tableaux récapitulatifs, mettant en confrontation les résultats recueillis aux schémas d'études et à leur score sur les grilles de lecture de qualité méthodologique.

Une synthèse descriptive qualitative sera réalisée en comparant les résultats des différentes études entre elles.

L'objectif dans la synthèse des résultats, puis dans leur analyse et discussion, est d'éviter la présence de « spin ». Ce sont des embellissements des résultats de la part des auteurs dans la formulation des conclusions.

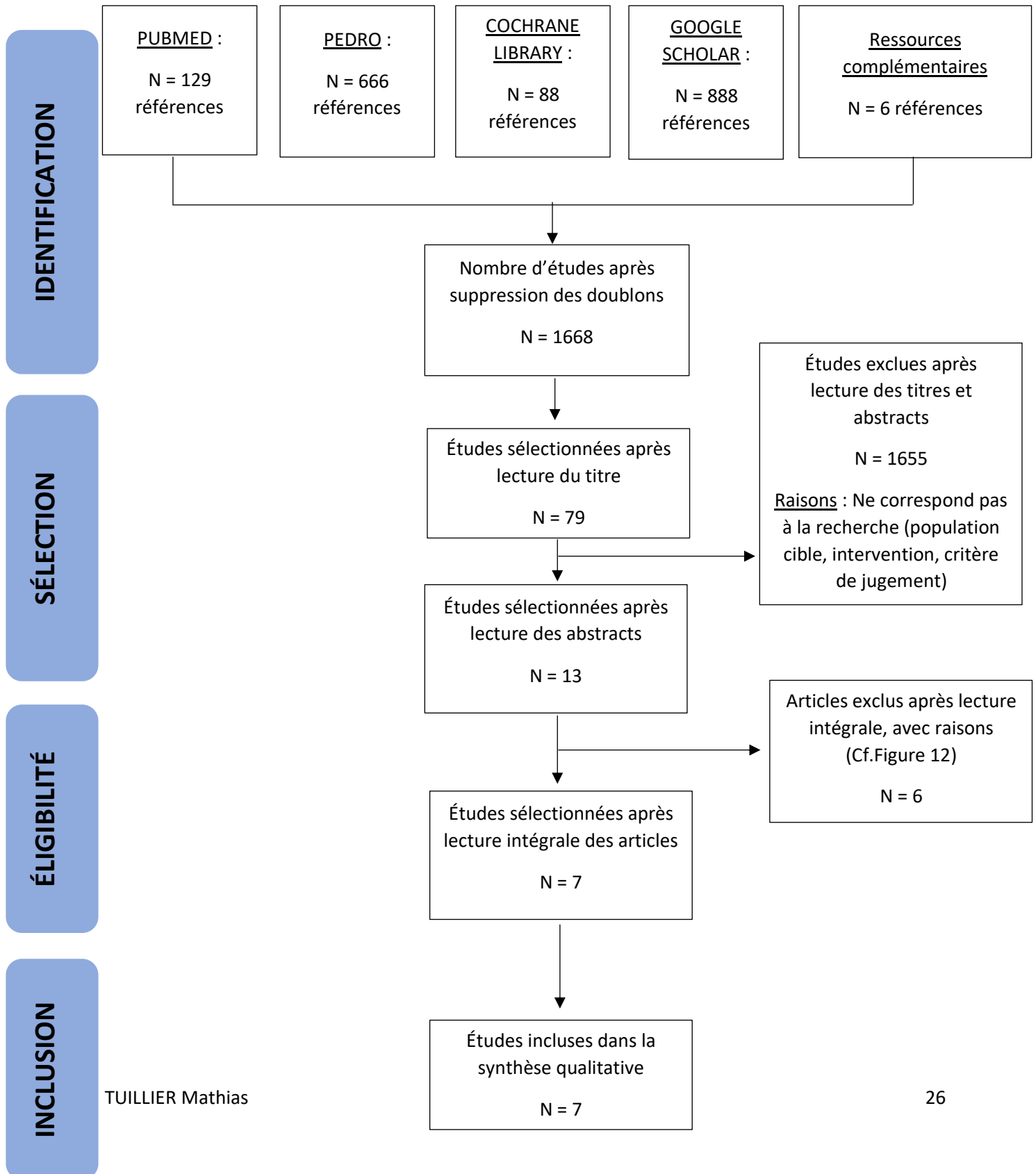
L'intérêt de cette revue est de réaliser un état des lieux des connaissances actuelles dans la littérature scientifique concernant l'augmentation de la cadence de course à pied, en restant le plus objectif possible.

3. RÉSULTATS

3.1. Description des études

3.1.1. Résultats de la recherche

Diagramme de flux (ou flowchart), d'après le modèle PRISMA :



3.1.2. Exclusion des articles après la lecture intégrale

Comme indiqué dans le diagramme de flux, six articles ont été exclus après la lecture intégrale de ceux-ci. Le tableau ci-dessous présente les raisons de leur exclusion :

Articles	Raisons de l'exclusion des articles après lecture intégrale
Esculier et al [40] (2016)	Type d'étude : Protocole d'un ECR
Rabelo et al [41] (2017)	Intervention : Contrôle moteur pendant des exercices de renforcement musculaire Pas de phase de course ou de modification du schéma de course pendant l'étude
Wang et al [42] (2020)	Intervention : Influence de la cadence sur des paramètres cinétiques et cinématiques N'évalue pas l'influence de la cadence sur des paramètres cliniques
Passigli et al [43] (2017)	Type d'étude : Étude de cas
Payne et al [44] (2016)	Type d'étude : Étude de cas
Dos Santos et al [45] (2019)	Résultats : Données non interprétables pour deux des trois outils de mesure.

Figure 12 : Tableau récapitulatif des études exclues après lecture intégrale, avec raisons

3.1.3. Description des articles inclus pour l'analyse qualitative

À la suite du processus d'écrémage permettant la sélection des articles pour la réalisation de cette revue de littérature, sept articles ont finalement été inclus.

Ces articles sont deux essais contrôlés randomisés et cinq séries de cas, ayant été publiés entre 2016 et 2020.

3.1.3.1. Population

Au total, 143 patients ont participé à ces études ; tous ont fourni leur consentement éclairé. Ce sont deux études de l'équipe de JF. Esculier ([46][47]), datant de 2018 et 2016, qui ont fourni le plus de participants (respectivement 69 et 21).

Les critères d'inclusion de tous les articles inclus varient légèrement, les participants ont :

- Un âge compris entre 18 et 45 ans (18-40 ans pour les deux études de *Bonacci et al* [48][49])
- Un diagnostic clinique de syndrome fémoro-patellaire avec une douleur antéro ou rétropatellaire, aggravée par plusieurs activités telles que la course, le saut, la position accroupie, la position assise prolongée, la montée et descente d'escaliers, le squat ou l'extension de genou résistée
- Un début des symptômes non traumatique
- Une durée depuis le début des symptômes de 6 semaines (études de *Bonacci et al*) ou de 3 mois (études d'*Esculier et al* et *Bramah et al* [50])
- Une pire douleur des semaines précédentes supérieure ou égale à 30/100 sur l'échelle VAS (Visual Analogue Scale)
- Un minimum de 10km/semaine (études de *Bonacci et al* et *Neal et al* [51]) ou de 15Km/semaine (études d'*Esculier et al*)

Les études d'*Esculier et al* ajoutent comme critère avoir un score inférieur à 85/100 sur le questionnaire KOS-ADLS (Knee Outcome Survey of the Activities of Daily Living Scale), celui-ci permettant d'évaluer les limitations qu'entraînent les symptômes dans les activités de la vie quotidienne.

Bramah et al recherchent des participants ayant des douleurs fémoro-patellaires avec des anomalies de la cinématique du bassin et/ou de la hanche lors de la course, et possédant également une montre connectée pour monitorer la cadence.

Dans l'essai contrôlé randomisé de *Bonacci et al*, tous les coureurs ont un type de foulée par l'arrière-pied, même si cela n'apparaît pas dans les critères d'inclusion de l'étude.

Il n'a pas été possible de calculer le ratio total hommes/femmes dans ces études car *Esculier et al* [47] ne précisent pas ces critères.

3.1.3.2. Intervention

Tous les articles inclus utilisent comme intervention l'augmentation de la cadence de course dans un but thérapeutique.

Deux études utilisent cette augmentation de la cadence seule, tandis que quatre autres la combinent avec d'autres interventions : l'utilisation de chaussures minimalistes, la transition vers une attaque par l'avant-pied ou bien l'éducation du patient comprenant la modulation de la charge et du stress mécanique, la modification de l'entraînement en fonction des symptômes et divers conseils sur la biomécanique de la course à pied. Une étude inclue également l'augmentation de la cadence dans un plus large programme multimodal combinant renforcement musculaire, contrôle moteur et conseils de course.

La cadence de course n'est pas augmentée de façon similaire selon les études : trois études recherchent une augmentation de 10% de la cadence, une de 7,5%, une autre entre 7,5 et 10%, tandis que les deux dernières ne donnent pas de valeurs précises.

La durée de traitement varie de 4 semaines à 12 semaines selon les études, avec un nombre de sessions de course également variable. (Cf. Tableau récapitulatif des études incluses - ANNEXES)

3.1.3.3. Comparateur

Uniquement deux études (les deux ECR) présentent un groupe « comparateur ». En effet, comme nous l'avons vu précédemment, les séries de cas comportent par définition un seul groupe ; les cinq séries de cas incluses ne disposent donc pas de groupe comparateur.

Bonacci et al utilisent les semelles plantaires en tant que groupe comparateur.

L'étude *d'Esculier et al* possède en réalité trois groupes : un groupe « Éducation », un groupe « Éducation + Exercices » et un groupe « Éducation + Cadence ». Uniquement le groupe « Éducation » sera considéré comme groupe comparateur car la comparaison avec le groupe « Éducation + Exercices » n'a pas été réalisée dans l'étude.

Cela permet de déterminer l'effet de l'augmentation de la cadence de pas en comparaison de l'utilisation de semelles plantaires dans une étude, et comparativement à « aucune intervention » dans l'autre, puisque l'éducation est présente dans les deux groupes. L'effet ajoutée de l'augmentation de la cadence est ainsi recherché.

3.1.3.4. Critère de jugement

Les critères de jugement de cette revue de littérature sont :

- La douleur
- La fonction
- Le retour au sport

Tous les articles inclus recherchent l'effet de l'intervention réalisée sur la douleur et six sur sept (86%) analysent aussi cet effet sur la fonction des participants.

Aucun article ne parle directement de retour au sport. Cela se comprend par le fait que les patients participants aux études n'ont pas arrêté la course à pied, on ne peut donc pas réellement parler de « retour au sport ».

Une étude (*Bramah et al*), à travers le volume de course et la plus longue distance de course sans douleur, analyse cet aspect. *Esculier et al* (ECR) analyse également le volume de course par semaine.

Deux autres études (*Bonacci et al* (ECR), *Esculier et al* (Série de cas)) utilisent l'échelle GRC (Global Rating of Change) pour quantifier l'évolution générale de l'état des coureurs. Le score peut varier de -7 (« ça n'a jamais été pire ») à +7 (« je n'ai plus de problème ») en passant par 0 (« aucun changement depuis le début du traitement ») pour évaluer les progrès réalisés.

Différentes échelles sont utilisées :

- Pour la douleur : L'échelle VAS et l'échelle NRS/NPS (Numeric Rating of Pain Scale) ont été utilisées respectivement dans quatre et trois études.
- Pour la fonction : Les échelles KOS-ADLS et AKPS (Anterior Knee Pain Scale) ont été utilisées chacune à deux reprises ; tandis que le KOOS (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score) questionnaire et le score LEFS (Lower Extremity Functional Score) ont été utilisés chacune dans une étude.

Ces quatre derniers outils de mesure sont des questionnaires d'auto-évaluation permettant aux patients de décrire l'influence de leur atteinte fémoro-patellaire sur plusieurs aspects de la fonction.

Ceux-ci s'intéressent :

- Aux symptômes perçus par les patients (douleur, gonflement, craquement, boiterie, raideur...)
- Aux conséquences de ces symptômes sur les activités de la vie quotidienne et autres tâches fonctionnelles (marche, escaliers, accroupissement, position assise, se lever d'une chaise...)
- Aux conséquences de ces symptômes sur l'activité sportive (course, saut, pivot...)

Elles présentent tout de même certaines divergences :

- À travers cinq sous-catégories (Symptômes ; Douleur ; Fonction et vie quotidienne ; Activités, sport et loisirs ; Qualité de Vie), l'échelle KOOS explore plus largement les doléances des patients : 41 items sont retrouvés dans ce questionnaire.
- L'échelle LEFS est plus brève et plus fonctionnelle. Elle s'intéresse à la difficulté qu'ont les patients à effectuer 20 tâches fonctionnelles. Elle se distingue des autres en n'interrogeant pas les patients sur leurs symptômes et douleurs.
- L'échelle KOS-ADLS questionne les patients sur l'influence de la douleur sur leur niveau d'activités quotidiennes et sportives, et également leur capacité d'effectuer certaines activités.
- L'AKPS est composée de 13 items évaluant les trois aspects (symptômes, activités quotidiennes, sport)

La plupart des CDJ ont été recueillis entre 4 et 8 semaines, certaines études ont recherché les effets de l'intervention à plus long terme (3 mois pour les études de *Bonacci et al* et *Bramah et al*, 5 mois pour l'ECR d'*Esculier et al*).

Les articles inclus sont résumés sous forme de tableaux récapitulatifs disponibles en annexe.

3.2. Risque de biais des études incluses

L'échelle PEDro et l'échelle JBI Critical Appraisal Checklist for Case Series ont été utilisées pour évaluer le risque des biais des ECR et des séries de cas, respectivement. Ces échelles sont disponibles en annexes.

Les tableaux suivants représentent la synthèse des biais retrouvés dans les études incluses :





















Échelle PEDro	<i>Bonacci et al (2018)[48]</i>	<i>Esculier et al (2018)[46]</i>
Critère 1		
Critère 2		
Critère 3		
Critère 4		
Critère 5		
Critère 6		
Critère 7		
Critère 8		
Critère 9		
Critères 10		
SCORE TOTAL	6/10	7/10

Tableau 1 : Synthèse des biais retrouvés dans les ECR à l'aide de l'échelle PEDro
Légende : cercle vert : critère satisfait (1 point) / cercle rouge : critère non satisfait (0 point)



















































JBI Critical Appraisal Checklist	<i>Sinclair et al (2016) [52]</i>	<i>Bramah et al (2019) [50]</i>	<i>Bonacci et al (2020)[49]</i>	<i>Esculier et al (2016)[47]</i>	<i>Neal et al (2018)[51]</i>
Critère 1					
Critère 2					
Critère 3					
Critère 4					
Critère 5					
Critère 6					
Critère 7					
Critère 8					
Critère 9					
Critère 10					
SCORE TOTAL	6/10	9/10	7/10	6/10	7/10

Tableau 2 : Synthèse des biais retrouvés dans les séries de cas à l'aide de l'échelle JBI Critical Appraisal Checklist

Légende : cercle vert : critère satisfait (1 point) / cercle rouge : critère non satisfait (0 point)

Concernant les essais contrôlés randomisés :

Les deux ECR présentent un score de 6/10 et 7/10, ce qui signifie une « moyenne » qualité méthodologique.

Le principal biais retrouvé est un **biais de performance**, provenant de l'impossibilité de mettre en aveugle les sujets de l'étude ainsi que les thérapeutes. De plus, les outils de mesure dans ces études (VAS, AKPS, KOS-ADLS...) étant des échelles d'auto-évaluations, les « évaluateurs » sont donc les sujets eux-mêmes. Ainsi, les évaluateurs ne peuvent donc pas non plus être considéré comme étant « en aveugle ».

L'étude de *Bonacci et al* présente également un potentiel **biais d'attrition**, due au fait que les données des patients sortis en cours d'étude n'aient pas été analysées en intention de traiter.

Concernant les séries de cas :

Les scores pour l'évaluation de la validité interne des séries de cas varient de 6/10 à 9/10. Le score moyen est de 7/10.

Tout d'abord, il ne faut pas oublier que ce design d'étude, de par sa structure et l'absence de groupe comparateur, est considéré comme celui apportant le plus bas niveau de preuve selon la classification de *Sackett et al* [53]. En effet, l'absence de groupe contrôle pose la question suivante : si un effet potentiel est remarqué, cet effet est dû à quel mécanisme ? [54]

Lorsqu'un groupe comparateur est présent dans l'étude, si les caractéristiques des deux groupes au départ de l'étude sont comparables, la présence de ce groupe permet d'obtenir une sorte de « base » sur l'évolution potentielle de la pathologie ou des critères de jugement considérés, notamment en fonction du temps, de l'évolution naturelle etc... De ce fait, la seule différence entre ces groupes est ainsi le traitement investigué, la variation dans les critères de jugement évalués a plus de chance d'être la conséquence de celui-ci. Un **biais de confusion** inhérent à la structure de l'étude apparaît ainsi dans les séries de cas.

Les outils de mesure sont des échelles d'auto-évaluation : un **biais de performance** peut être présent car les sujets ne sont pas en aveugles des traitements et ont donc pu eux-mêmes surestimer ou sous-estimer leurs résultats.

D'autres critères ne sont pas satisfaits dans les études incluses : [55]

- Le principal biais rencontré est un **biais de recrutement des participants** à l'étude. Celui-ci est présent dans quatre des cinq séries de cas (80%). Ce biais potentiel provient du fait que la procédure de sélection des participants ainsi que la temporalité ne soient pas précisées.
- Le critère 9, relatif à la description des informations sociodémographiques de la clinique/du site de l'étude, n'est satisfait pour aucune des séries de cas.
- L'étude d'*Esculier et al* ne précise pas le sexe des participants à l'étude (**biais issu de données démographiques manquantes**)
- *Sinclair et al* ne précisent pas les critères d'inclusion et d'exclusion à l'étude (**biais de sélection**)

3.3. Effet de l'intervention sur les critères de jugements de la revue

3.3.1. Protocoles utilisés

Comme nous l'avons abordé dans la sous partie 3.1.3.2, l'augmentation de la cadence de course a été utilisée soit seule soit en combinaison avec d'autres interventions.

Les études de *Bramah et al* et *Neal et al* isolent la modulation de cadence, respectivement avec des augmentations de 10% et 7,5%. Leurs protocoles diffèrent tout de même : *Neal et al* proposent un traitement avec dix-huit sessions de course étalées sur six semaines, alors que *Bramah et al* optent pour une seule session de 10 minutes de course permettant l'apprentissage de cette nouvelle technique avec l'appui d'un thérapeute, puis un protocole en autogestion pendant quatre semaines grâce à un monitoring sur smartphone ou smartwatch. Ces deux études récupèrent les données concernant les critères de jugement immédiatement à la suite de leurs protocoles respectifs, *Neal et al* recherchent également un effet à plus long terme, trois mois après le début du protocole.

Deux études de l'équipe de *Bonacci* et deux autres de l'équipe d'*Esculier* font partie des articles analysés :

- Pour celles de *Bonacci et al*, les protocoles sont identiques en tout point : l'intervention combine une augmentation de 10% de la cadence, associée à l'utilisation de chaussures minimalistes. Les études se déroulent sur six semaines avec dix sessions de course. Ces sessions correspondent à 20% du volume de course et il est précisé que les 80% restants doivent être réalisés avec les chaussures habituelles des coureurs et avec la cadence augmentée. Le recueil des données se déroule à douze semaines, la série de cas effectue un recueil supplémentaire à six semaines. Dans cette étude, il est aussi précisé qu'après les six premières semaines, les patients doivent courir sans supervision et sans métronome mais avec la cadence augmentée et leurs chaussures habituelles.
- Les études de l'équipe d'*Esculier* ne sont pas similaires : l'une d'elle (la série de cas) consiste en un programme multimodal combinant des exercices de renforcement musculaire, des exercices de contrôle moteur et des conseils de course à propos de la modulation du stress mécanique et de l'entraînement, de la gestion des symptômes, des contraintes appliquées au corps humain lors de la course etc... Dans ce cadre de conseils et d'éducation, l'augmentation de la cadence est mise en avant, sans donner de valeurs précises. Ce programme se déroule pendant huit semaines, à la suite desquelles les patients sont évalués. L'autre étude (*ECR*) demande une augmentation de la cadence comprise entre 7,5 et 10% associée à une éducation des patients semblable à celle expliquée dans le cadre de la série de cas. Ce traitement est également appliqué lors d'une période de huit semaines, pendant lesquelles cinq sessions de course sont effectuées. Les données cliniques sont étudiées à plusieurs points de passage : à mi-protocole, à la fin du protocole et à long terme (cinq mois).

Quant à l'étude de *Sinclair et al*, il s'agit ici aussi d'une intervention combinée se déroulant pendant une durée de dix semaines, utilisant une transition vers un type de foulée avant-pied (FFS) associée à une augmentation de la cadence, sans en préciser l'amplitude. Les CDJ sont recueillis immédiatement après le protocole.

3.3.2. Présentation des résultats et statistiques

Pour les essais contrôlés randomisés, les résultats des différences intra-groupes et inter-groupes seront présentés. Ce sont surtout les résultats inter-groupes qui seront intéressants à analyser. En effet, la taille d'effet d'un traitement, représentant la force de l'effet observée, n'est représentée que par la différence inter-groupe dans un ECR. Dans le cas contraire, la présence d'un groupe comparateur n'aurait pas d'intérêt. C'est ainsi que, pour les séries de cas, uniquement les résultats des différences intra-groupes seront décrites, car seuls ces résultats sont disponibles dans ce design d'étude. Les ECR et les séries de cas seront analysés séparément ; ces deux n'ayant pas la même valeur.

Si ce n'était pas déjà le cas dans l'étude, une différence de moyenne (MD pour *Mean Difference*) a été calculée (groupe intervention vs groupe comparateur pour les ECR / moyenne pré-traitement vs post-traitement pour les séries de cas). L'intervalle de confiance à 95% (IC 95%) de cette moyenne a également été utilisé lorsqu'il était possible de le calculer. Ce dernier, depuis les travaux de *Gardner et Altman* [56], est l'outil de référence pour estimer la taille d'effet d'un traitement. Celui-ci permet d'obtenir plus d'informations que la valeur fréquemment employée du « p » (ou *p-value*), nous permettant de savoir si une différence est statistiquement significative dans l'échantillon. L'IC à 95% donne une estimation à 95% des résultats que l'on aurait obtenu si la totalité de la population concernée était étudiée. [56].

Lorsque le calcul de ces indicateurs n'était pas faisable avec les données présentées dans l'étude, les auteurs des articles ont été contactés afin d'obtenir les valeurs nécessaires. Les auteurs des séries de cas de *Bonacci et al* et *Esculier et al* ont répondu favorablement à cette demande ; la MD et l'IC à 95% ont ainsi été calculés pour ces études.

Dans l'étude de *Bramah et al*, les tests statistiques de Friedman pour des données non paramétriques, suivi d'un test de Wilcoxon ont été effectués ; la valeur du χ^2 (X^2) sera donc présentée, associée à la p-value.

3.3.3. Effet sur la douleur

Toutes les études incluses apportent donc des informations concernant la douleur.

- Dans l'ECR de *Bonacci et al*, l'échelle VAS a été utilisée pour évaluer la douleur ; VASu et VASw représentant respectivement la douleur usuelle et la pire douleur des patients. Au sein du groupe intervention (différences intra-groupes), la douleur a significativement diminué pour ces deux échelles. (VASu : MD : -13,92 ; IC 95% (-25,04 ; -2,80) ; VASw : MD : -34,95 ; IC 95% (-52,34 ; -17,56)).

Comparativement à l'utilisation de semelles plantaires (différences inter-groupes), une diminution statistiquement significative (MD : -38,64 ; IC 95% (-70,63 ; -6,64)) est observée pour la pire douleur ressentie à douze semaines, en faveur du groupe intervention. Cependant, pour la douleur usuelle, aucune différence statistiquement significative (MD : -12,21 ; IC 95% (-28,99 ; 4,55)) n'est présente.

- *Esculier* et son équipe, dans leur ECR, ont également utilisé cette échelle. Ils ajoutent « VASr » pour quantifier la douleur ressentie pendant la course.

Une diminution statistiquement significative de la douleur est retrouvée au sein des trois groupes présents (éducation, éducation + renforcement, éducation + cadence) et sur les trois variations utilisées de la VAS (VASu, VASw, VASr). Cependant, le traitement combiné « éducation + cadence » n'entraîne pas de diminution significative de la douleur supérieure à l'éducation seule sur aucune des échelles et à aucun des trois temps de passage (T4, T8, T20). La différence de traitement (éducation + cadence vs éducation + renforcement) n'a pas été réalisée.

Une amélioration de la douleur est retrouvée dans quatre des cinq séries de cas (66%) :

- Pour l'étude de *Bonacci et al*, les calculs de MD et IC à 95% ont été effectués. Une diminution significative de la douleur sur l'échelle VASw à six et douze semaines est retrouvée, avec respectivement MD : 32 ; IC 95% (13,45 ; 50,55) et MD : 37,16 ; IC 95% (19,54 ; 54,78).
- La série de cas d'*Esculier et al* suggère une diminution de la douleur statistiquement significative sur l'échelle VAS et ses trois variations (id. ECR) après huit semaines de traitement. Les résultats suivants peuvent être calculés concernant la douleur pendant la course (VASr) : MD : -32,3 ; IC 95% (-43,23 ; -21,37). Ces indicateurs permettent de conclure à une diminution cliniquement significative de la douleur car la moyenne dépasse la différence minimale cliniquement importante (DMCI ou « MCID » en anglais = 20 points pour l'échelle VAS) et les bornes de l'IC la dépassent également.
- *Bramah et al* utilisent une autre échelle, la NRS, et cherchent à évaluer la pire douleur ressentie. Une diminution statistiquement significative de la douleur est également présente dans cette étude après quatre semaines de traitement et à trois mois. Après réalisation d'un test de Friedman pour des données non paramétriques, suivi d'un test de Wilcoxon, les valeurs suivantes sont obtenues : $X^2 = 21,38$ avec $p < 0,01$.
- *Neal et al* se servent de la même échelle que *Bramah et al* pour la pire douleur (NRSw). Ils évaluent aussi la douleur moyenne par cette échelle (NRSu). Cette étude suggère une diminution statistiquement significative de la douleur sur ces deux variantes avec respectivement les valeurs suivantes : MD : 3,9 ; IC 95% (2,08 ; 5,72) et MD : 2,1 ; IC 95% (0,88 ; 3,32). Concernant la pire douleur, la DMCI est dépassé signifiant que la différence est cliniquement significative.

Enfin, l'article de *Sinclair et al* utilise l'échelle NPS dans le but d'évaluer les douleurs au niveau du tendon d'Achille. Il s'agit du seul article inclus évaluant une douleur autre que celle inhérente au syndrome fémoro-patellaire. Après la réalisation du protocole d'intervention (transition vers attaque FFS + augmentation de la cadence de course), une augmentation statistiquement significative (MD : 1,61 ; IC 95% (0,84 ; 2,38)) de la douleur au niveau du tendon d'Achille est remarquée.

3.3.4. Effet sur la fonction

Une seule étude (*Bonacci et al*, série de cas) n'analyse pas l'effet de l'intervention sur la fonction.

Concernant les ECR :

- *Bonacci et al* : L'échelle AKPS est utilisée dans cette étude. Une amélioration statistiquement significative de la fonction est retrouvée aussi bien lors de la comparaison intra-groupe (MD : 12,26 ; IC 95% (5,6 ; 18,62)), que celle inter-groupe (MD : 17,21 ; IC 95% (7,03 ; 27,38)).
- *Esculier et al* : L'échelle KOS-ADLS est ici utilisée. Les résultats de l'étude indiquent une augmentation statistiquement significative de la fonction dans les trois groupes présents dans l'étude. Cependant, lors de la comparaison des scores des groupes « éducation + cadence » et « éducation seule », aucune différence significative n'est présente, que ce soit à quatre, huit ou vingt semaines.

La série de cas de l'équipe d'*Esculier*, par le biais de la même échelle, met en évidence une augmentation statistiquement significative (MD : 17,8 ; IC 95% (10,06 ; 25,54)) de la fonction entre 0 et 8 semaines. Les bornes de l'IC à 95% dépassent le seuil de signification clinique puisque la DMCI est de 7,1 points pour l'échelle KOS-ADLS.

L'étude de *Bramah et al* remarque également un résultat positif sur la fonction à quatre semaines et à trois mois, cette fois sur l'échelle LEFS. En effet, selon les résultats du test de Friedman ($X^2 = 22,29$; $P < 0,01$), il existe une augmentation statistiquement significative de la fonction des patients évalués.

Cependant, les résultats de l'étude de *Neal et al* ne mettent en évidence aucune différence statistiquement significative (MD = 4,4 ; IC 95% (-10,22 ; 1,42)) sur les scores de l'échelle AKPS, concluant qu'il n'y a aucune modification de la fonction post-intervention.

Les résultats de l'étude de *Sinclair et al* sont plus nuancés : les sous catégories « Douleur » et « Sport » de la KOOS présentent une augmentation statistiquement significative à la suite du traitement ; tandis que les autres sous-catégories ne présentent aucun changement significatif.

3.3.5. Effet sur le retour au sport

Comme nous avons pu le voir précédemment, seule deux études abordent le thème de la reprise de course à pied sans douleur.

L'ECR *d'Esculier et al* présente des données concernant la distance de course par semaine. Au sein du groupe « Éducation + Cadence », une augmentation statistiquement significative (MD = 3,3 ; IC 95% (0,1 ; 6,4)) de la distance courue par semaine est retrouvée après huit semaines depuis le début de protocole. Cette augmentation ne perdure pas à long terme ; vingt semaines après le début de protocole, aucune différence n'est retrouvée (MD = -1,7 ; IC 95% (-6,9 ; 3,5).

Aucune différence inter-groupe n'est présente lors de la comparaison avec le groupe « Éducation seule », ni après huit semaines (MD = 1,7 ; IC 95% (-1,9 ; 5,3), ni après vingt semaines de protocole (MD = 0,7 ; IC 95% (-5,4 ; 6,8).

Dans l'étude de *Bramah et al*, cet aspect est abordé à travers le volume de course par semaine et la plus grande distance de course sans douleur. L'analyse met en évidence une augmentation statistiquement significative de ces deux critères après quatre semaines. Cette augmentation persiste trois mois après le début de l'étude avec :

- Pour le volume de course : MD : 14,99 Km IC : 5,25 ; 24,73
- Pour la plus grande distance de course sans douleur : MD : 9,3 Km IC : 5,39 ; 13,21

Concernant l'évaluation de l'amélioration globale de la condition des patients selon l'échelle GRC :

- Dans la série de cas *d'Esculier* et son équipe, le seuil à partir duquel l'intervention était considérée comme un succès était fixé à +5 (GRC \geq +5). Sur les vingt et un participants à l'étude, seize (soit 76%) ont considéré que l'intervention était un succès, trois ont reporté une amélioration faible à modérée (GRC compris entre +2 et +4), et deux n'ont remarqué aucune amélioration (GRC = 0).
- Pour l'ECR de *Bonacci et al*, 86% des patients indiquent une amélioration au moins modérée (GRC \geq +4) à la suite du protocole dans le groupe « intervention » contre seulement 29% dans le groupe « contrôle ».

Les tableaux suivants résument les résultats présentés pour les trois critères de jugements de cette revue de littérature.

D'autres tableaux disponibles en annexes donnent les valeurs des moyennes et intervalles de confiance à 95% issus de ces études.

Article / Type d'étude / Score méthodologique	Intervention	Comparateur (si présent)	Résultats intra-groupe			Résultats intergroupe	
				Intervention	Contrôle		
Bonacci et al (2018) / ECR / 6/10	Chaussures minimalistes + Augmentation de la cadence de 10%	Semelles plantaires	VASw	+	0	+	
			VASu	+	0	0	
Esculier et al (2018) / ECR / 7/10	Éducation + Augmentation de la cadence de 7,5-10%	Éducation ou Éducation + Renforcement musculaire		Intervention	Éducation	Éducation + Renforcement	Vs Éducation
			VASu	+	+	+	0
			VASw	+	+	+	0
			VASr	+	+	+	0
Esculier et al (2016) / Série de cas / 6/10	Programme multimodal (Renforcement, contrôle moteur, conseils de course dont augmentation cadence)		VASu	+			
			VASw	+			
			VASr	+°			
Bonacci et al (2020) / Série de cas / 7/10	Chaussures minimalistes + Augmentation cadence de 10%		VASw	+			

Sinclair et al (2016) / Série de cas / 6/10	Augmentation cadence / Transition vers FFS		NPS (tendon d'Achille)	-	
Bramah et al (2019) / Série de cas / 9/10	Augmentation de la cadence de 10%		NRSw	+	
Neal et al (2018) / Série de cas / 7/10	Augmentation de la cadence de 7,5%		NRSu	+	
			NRSw	+°	

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des résultats concernant le critère de jugement "Douleur"

Légende : ECR (Essais Contrôlé Randomisé) / VAS (Visual Analogue Scale) avec VASu (Douleur usuelle), VASw (Pire douleur), VASr (Douleur pendant la course) / NPS (Numeric Pain rating Scale) ou NRS (Numeric Rating Scale) avec NRSw (Pire douleur), NRS (Douleur usuelle) / + : Amélioration statistiquement significative du critère de jugement / +° : Amélioration cliniquement significative (si MD et IC 95% dépassent la DMCI) / - : Régression statistiquement significative du critère de jugement / 0 : Pas de changement significatif

Article / Type d'étude / Score méthodologique	Intervention	Comparateur (si présent)	Résultats intra-groupe			Résultats intergroupe	
				Intervention	Contrôle		
Bonacci et al (2018) / ECR / 6/10	Chaussures minimalistes + Augmentation de la cadence de 10%	Semelles plantaires	AKPS	+	0	+	
Esculier et al (2018) / ECR / 7/10	Éducation + Augmentation de la cadence de 7,5-10%	Éducation ou Éducation + Renforcement musculaire		Intervention	Éducation	Éducation + Renforcement	Vs Éducation
			KOS-ADLS	+	+	+	0
Esculier et al (2016) / Série de cas / 6/10	Programme multimodal		KOS-ADLS	+°			
Sinclair et al (2016) / Série de cas / 6/10	Augmentation cadence / Transition vers FFS		KOOS (« Douleur » « Sport »)	+			
			KOOS (autres sous-catégories)	0			
Bramah et al (2019) / Série de cas / 9/10	Augmentation de la cadence de 10%		LEFS	+			
Neal et al (2018) / Série de cas / 7/10	Augmentation de la cadence de 7,5%		AKPS	0			

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des résultats concernant le critère de jugement "Fonction"

Légende : ECR (Essais Contrôlé Randomisé) / KOS-ADLS (Knee Outcome Survey of the Activity of Daily Living Scale) / KOOS (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score) / LEFS (Lower Extremity Functional Scale) / AKPS (Anterior Knee Pain Scale) / + : Amélioration statistiquement significative du critère de jugement / +° : Amélioration cliniquement significative (si MD et IC 95% dépassent la DMCI) / - : Régression statistiquement significative du critère de jugement / 0 : Pas de changement significatif

Article / Type d'étude / Score méthodologique	Intervention	Comparateur (si présent)	Résultats intra-groupe				Résultats intergroupe
				Intervention	Éducation	Éducation + Renforcement	
Esculier et al (2018) / ECR / 7/10	Éducation + Augmentation de la cadence de 7,5-10%	Éducation ou Éducation + Renforcement musculaire					0
			Volume de course/semaine	++	0	++	
Bramah et al (2019) / Série de cas / 9/10	Augmentation de la cadence de 10%		Volume de course/semaine		+		
			Plus longue distance sans douleur		+		

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des résultats concernant le critère de jugement "Retour au sport"

Légende : ECR (Essais contrôlé Randomisé) / + : Amélioration statistiquement significative du critère de jugement / ++ : Amélioration uniquement à T8 comparativement à T0 / 0 : Pas de changement significatif

4. DISCUSSION

4.1. Analyse des principaux résultats

Cette revue de littérature a pour objectif d'évaluer l'efficacité d'un traitement visant à augmenter la cadence de pas chez les coureurs souffrant de syndrome fémoro-patellaire. Dans ce but, trois critères de jugement ont été choisis : la douleur, la fonction et le retour au sport.

À la suite de la recherche documentaire au sein des bases de données scientifiques, sept articles ont été inclus afin d'être analysés. Devant l'hétérogénéité des outils de mesure concernant les critères de jugements, une analyse qualitative sera réalisée. En effet, ces outils (VAS, NRS, AKPS, LEFS...) ne présentent pas les mêmes échelles et valeurs numériques, il est donc impossible de les comparer de manière quantitative.

De manière générale, les différentes études incluses semblent suggérer que l'intervention réalisée pourrait être à l'origine d'une amélioration sur les critères de jugements de la revue et ainsi potentiellement d'une amélioration de l'état clinique des patients :

- Concernant la douleur fémoro-patellaire, six études (100%) tendent à indiquer une diminution de celle-ci lors de la comparaison pré-traitement versus post-traitement (comparaison intra-groupe). Pour les ECR, lors des comparaisons inter-groupes, une étude (*Bonacci et al*) remarque une amélioration significative sur une seule des deux échelles VAS utilisées comparativement à l'utilisation de semelles plantaires. *Esculier et al* ne remarque aucun effet bénéfique de l'intervention : le groupe « Éducation + Cadence » ne permet pas de diminuer plus la douleur que l'intervention « Éducation ».

L'étude de *Sinclair* et son équipe est analysée séparément puisqu'elle s'intéresse à la douleur perçue au niveau du tendon d'Achille et non à la douleur fémoro-patellaire. Une augmentation de celle-ci est mise en évidence au sein de l'échantillon présent dans cette étude.

- Six études analysent l'effet de l'intervention sur la fonction. Lors des comparaisons intra-groupes : quatre d'entre elles (soit 67%) conclue en faveur d'un effet positif de l'intervention sur cet aspect. Une étude (soit 17%) ne remarque aucune différence significative après intervention. Une autre étude, celle de *Sinclair et al*, est plus nuancée. Elle analyse la fonction à travers le questionnaire KOOS et ses cinq sous-catégories (Douleur, Sport, Fonction et Vie quotidienne, Qualité de Vie, Symptômes). Une amélioration statistiquement significative est retrouvée uniquement pour deux d'entre elles. Concernant les comparaisons inter-groupes dans les ECR : *Bonacci et al* suggèrent une amélioration significative de la fonction en faveur du groupe « intervention », comparativement au groupe contrôle ; tandis qu'*Esculier et al* ne retrouvent pas de différence significative entre les groupes.
- Du point de vue du « retour au sport », dans l'étude de *Bramah et al*, des augmentations statistiquement significatives de la plus longue distance de course sans douleur et du

volume de course par semaine sont retrouvées. L'ECR *d'Esculier et al* ne tire pas les mêmes conclusions : aucune différence de volume de course n'est retrouvée après huit semaines et vingt semaines de protocole entre le groupe « intervention » et le groupe « éducation ». Au sein du groupe « intervention », le volume de course est tout de même augmenté uniquement après huit semaines de traitement. Grâce à l'échelle GRC, quantifiant l'évolution globale de l'état des patients, l'intervention est considérée comme un « succès » pour 76% et 86% des patients des études *d'Esculier et al* et *Bonacci et al* respectivement.

4.1.1. Analyse des résultats issus des essais contrôlés randomisés

Il est toutefois intéressant de remarquer que les résultats provenant des deux ECR inclus dans l'analyse sont assez nuancés. Ce sont les deux seuls articles nous permettant d'obtenir des résultats provenant de différences entre les groupes des études et ainsi de visualiser l'efficacité d'un traitement comparativement à un autre.

- *Bonacci et al* concluent en faveur d'une amélioration statistiquement significative de la douleur uniquement pour une des deux échelles VAS utilisées : seule la pire douleur (VASw) ressentie semble être diminuée trois mois après le début du protocole comparativement au groupe contrôle. Pour la douleur usuelle, aucune différence statistiquement décelable n'est retrouvée. Quant à la fonction, le score AKPS est significativement augmenté à la suite du protocole.
- Ceux *d'Esculier* et son équipe sont moins positifs ; ils ne retrouvent aucune différence statistiquement significative entre les groupes de l'étude, concluant que l'ajout de l'augmentation de la cadence de pas à l'éducation du patient n'entraîne pas d'effet supplémentaire que ce soit au niveau de la douleur, de la fonction ou du volume de course. Ainsi, l'ajout de l'augmentation de la cadence de pas à l'éducation n'améliore pas significativement la douleur, la fonction, et le RTS.

À la suite de l'analyse de leurs risques de biais grâce à l'échelle PEDro, des scores de qualité méthodologique de 6/10 et 7/10 ont été respectivement attribués pour *Bonacci et al* et *Esculier et al*. Le principal biais potentiel retrouvé est un biais de performance pour ces deux études puisque ni les sujets, ni les thérapeutes, ni les évaluateurs (qui sont ici les sujets eux-mêmes) ne sont en aveugles. Ce biais pourrait être à l'origine d'une sous-estimation ou sur-estimation des résultats des études. L'autre biais présent dans l'étude de *Bonacci et al* est un biais d'attrition, due au fait que les patients perdus de vue n'aient pas été analysés en intention de traiter.

Ces deux études présentent également des limites potentielles :

- Elles possèdent un faible échantillon (n= 8 et n= 23 respectivement pour *Bonacci et al* et *Esculier et al*) ; diminuant la précision des tests statistiques utilisés.
- Elles utilisent toutes deux des interventions combinées et les protocoles d'interventions manquent de précision.

Dans l'étude de *Bonacci et al*, le protocole se déroule pendant une période de douze semaines pendant lesquelles l'intervention consiste en l'utilisation de chaussures minimalistes associée à l'augmentation de 10% de la cadence. Lors de la première moitié du protocole, dix sessions de course sont effectuées. Ces sessions correspondent à 20% du volume de course des participants selon les auteurs et, pour les 80% restants, les patients doivent courir avec leurs chaussures habituelles tout en maintenant la cadence augmentée.

Cependant, aucune information n'est précisée concernant la seconde moitié du protocole, ce qui laisse une zone d'ombre sur le réel traitement réalisé. Il aurait été judicieux d'obtenir les résultats des CDJ à la suite des six premières semaines, devant l'incertitude du protocole.

Il semblerait que, dans cette étude, la place des chaussures minimalistes soit donc assez réduite, mais il est impossible de le déterminer avec certitude.

Il ne s'agit pourtant pas d'un simple détail... Selon plusieurs études de *Sinclair et al* [57][58] et de *Firminger et al* [59], le port de chaussures minimalistes permet de réduire les paramètres cinétiques au sein de l'articulation fémoro-patellaire. Ces études retrouvent en effet une diminution significative de la force de contact, de la pression de contact ainsi que du taux de charge au sein de cette articulation. Ces variations vont dans la même direction que lors d'une augmentation de la cadence de pas comme nous avons pu le voir en introduction (Cf 1.3.2.2).

Concernant l'étude d'*Esculier et al*, le détail du protocole de course individuel n'est pas fourni dans l'étude. Il n'est donc pas possible de connaître le programme des patients en dehors des cinq sessions de course prévues dans le protocole.

Il faut également garder à l'esprit que ces résultats, dans le cadre d'ECR, sont obtenus comparativement à un groupe contrôle, celui-ci étant un groupe « éducation » dans l'étude d'*Esculier et al*, et un groupe portant des « semelles plantaires » pour *Bonacci et al*. De ce fait, il est important de connaître la valeur thérapeutique de ces interventions, dans le but de mettre en perspective les résultats obtenus :

- Un grade F équivalent à un accord d'experts est attribué pour l'éducation des patients selon les recommandations de l'APTA en 2019. [33] Cela signifie que l'effet de l'éducation des patients est incertain ; peu d'études permettent de donner une tendance à ce sujet.

Au sein de l'étude incluse, le groupe « éducation + cadence » est comparé à l'éducation seule ; cela revient à évaluer l'effet de la cadence comparativement à « rien », l'éducation étant un dénominateur commun. Ainsi, dans cette étude et sur l'échantillon étudié, l'augmentation de la cadence de pas n'ajoute aucun effet supplémentaire sur la douleur et sur la fonction.

- L'utilisation de semelles/orthèses plantaires se voit attribuer un grade A, équivalent à un niveau de preuve élevé selon ces mêmes recommandations. Cependant, uniquement l'effet à court terme (inférieur à six semaines) des semelles plantaires est mis en évidence, et en combinaison avec un programme d'exercices combinés. [33][31][60]

Dans l'étude de *Bonacci et al*, les CDJ sont recueillis après douze semaines, soit après la prétendue phase d'efficacité des semelles plantaires. Cela peut être observable par le biais de l'évolution des CDJ de cette étude : aucun effet significatif n'est retrouvé au sein du groupe

« semelles plantaires » après douze semaines de protocole, ni sur la douleur (VASu et VASw), ni sur la fonction.

Pour conclure, en dépit d'un design d'étude similaire (ECR), ces deux études présentent des caractéristiques très différentes, aussi bien au niveau des interventions réalisées, des comparateurs choisis et des outils de mesure utilisés. Ces études présentent des améliorations de tous les CDJ intra-groupes. Cependant, lors de la comparaison avec leur groupe « contrôle » respectif, l'efficacité de l'intervention semble plus discutable.

4.1.2. Analyse des résultats issus des séries de cas

Parallèlement à cela, les séries de cas présentent des résultats plus nettement favorables, notamment concernant la douleur des patients. En effet, les quatre études s'intéressant à la douleur fémoro-patellaire suggèrent un effet positif de l'intervention. Deux études sont en faveur d'un effet positif sur la fonction, une ne trouve aucune différence ; et l'étude de *Sinclair et al* présente des résultats nuancés sur l'échelle KOOS.

Tout d'abord, selon *Sackett et al* [53] et selon les recommandations de la HAS (2013) [61], ce design d'étude appartient au dernier niveau de preuve scientifique fourni par la littérature, apportant des recommandations de faible niveau de preuve. Ainsi, les résultats concernant ces types d'étude doivent être analysés en gardant une certaine distance vis-à-vis de leur fiabilité.

De plus, ces mêmes travaux de *Sackett et al* [53] et également ceux de *Gilany et al* [54], tendent à indiquer que les séries de cas et les études non-expérimentales en général, sont dans de nombreux cas sujettes à un fort biais de publication, signifiant que seules les séries de cas en faveur d'un effet bénéfique sont publiées dans la littérature scientifique. Ce design d'étude serait souvent à l'origine d'une sur-estimation des résultats réels. La réalisation d'un « *funnel plot* », aussi appelé diagramme en entonnoir, visant à objectiver ce biais n'est cependant pas réalisable devant le faible nombre d'articles inclus et leurs hétérogénéités.

La validité interne de ces schémas d'étude est également faible ; l'absence de groupe comparateur ne permet pas de conclure sur un réel effet du traitement investigué. De nombreuses variables de confusion peuvent interférer dans les résultats de ces études, il est impossible de connaître précisément à quoi est due la différence ou non différence observée, le lien de causalité entre le traitement et les résultats obtenus est très incertain.

Selon *Gilany et al* [54], « aucune conclusion absolue concernant le traitement étudié ne doit être statué, l'absence de groupe contrôle ne le permet pas. » (*Traduction*)

Un biais de performance peut également être supposé. Tous les outils de mesure sont des échelles d'auto-évaluation et les sujets ne sont, dans aucune étude, « en aveugle » du traitement. Les résultats de l'étude ont donc potentiellement pu être biaisés par les croyances des participants et thérapeutes.

Discutons à présent de ces études individuellement :

- La série de cas et l'ECR de l'équipe de *Bonacci* utilisent le même protocole décrit précédemment. Cependant, des informations supplémentaires sont fournies dans la série de cas par rapport à la précédente étude.

Pendant les six semaines suivant la première moitié du protocole, les coureurs n'ont plus de sessions de course supervisées et, comme pour les 80% du temps de la première partie, ils doivent utiliser l'augmentation de la cadence de pas et leurs chaussures habituelles lors de leur programme de course. Ainsi, cela conforte l'idée précédemment évoquée selon laquelle la part des chaussures minimalistes dans ce protocole d'intervention est assez réduite, correspondant à 20% du volume de course pendant les six premières semaines de traitement. L'augmentation de la cadence occupe, elle, 100% du temps. Isoler l'effet de la cadence sur les résultats obtenus reste cependant toujours impossible.

Comparativement à l'ECR, cette étude recueille les CDJ à la suite des six premières semaines et à la fin du protocole, nous donnant plus d'informations sur l'évolution des paramètres étudiés. Pour rappel, cette étude obtient des résultats en faveur d'une diminution de la pire douleur ressentie sur l'échelle VAS, après six semaines (MD : 32 ; IC 95% (13,45 ; 50,55)) et trois mois (MD : 37,16 ; IC 95% (19,54 ; 54,78)) de traitement.

Cette étude présente tout de même des limites :

- Le faible nombre de participant à l'étude (n=6) ne nous permet pas d'obtenir des résultats précis, en témoignent les bornes des IC à 95%.
 - Un biais de recrutement est probable ; les patients sélectionnés constituent un sous-groupe de l'étude précédemment réalisée par *Bonacci et al*
 - Un biais de report des données ; les valeurs pré et post traitement de l'échelle VAS ne sont pas fournies dans l'étude. (Note : Les valeurs ont été demandées aux auteurs)
-
- L'étude de *Bramah et al*, présentent un score de qualité méthodologique supérieur (Score JBI : 9/10). Elle est en accord, via l'échelle NRS, avec les résultats retrouvés sur la douleur dans l'étude de *Bonacci et al*. Une amélioration de la fonction après un et trois mois de traitement est également mise en évidence, ainsi qu'une augmentation significative du volume de course et de la plus longue distance de course sans douleur. Les calculs de taille d'effet n'ont cependant pas été réalisables dans cet article.

Le protocole d'intervention est drastiquement différent. Une seule session de dix minutes de course est effectuée en début d'étude, à la suite de laquelle le patient gère son traitement en autonomie grâce à un monitoring de la cadence sur smartphone ou montre connectée. L'augmentation seule de la cadence de 10% est préconisée dans cette étude.

Ce protocole est intéressant, il permet un apprentissage de cette nouvelle cadence non pas sur tapis de course, mais sur la surface habituelle du patient, rendant le traitement plus fonctionnel. Cela libère également le patient du cadre de traitement clinique. Le recueil des CDJ et de la modification réelle de cadence permet de visualiser la progression et l'avancée

du protocole, sans mettre le patient dans une optique de soin. Nous reparlerons de la modification de cadence et de l'applicabilité des protocoles en pratique clinique dans la partie suivante.

Il est également intéressant de voir que cette amélioration des CDJ se produit, suivant les critères d'inclusion de l'étude, chez des patients présentant des anomalies de la cinématique du bassin et/ou de la hanche. En pratique clinique, une analyse de course doit être effectuée pour mettre en évidence ces défauts. Ces données ne sont donc pas reproductibles sur la totalité des patients atteints de douleurs fémoro-patellaires, puisque tous ne présentent pas ces anomalies.

- L'article de *Neal et al* est une étude de faisabilité ; un design d'étude permettant globalement de vérifier si la mise en place d'une étude à plus large échelle est possible. Les résultats en provenant sont toutefois interprétables bien que souvent ceux-ci portent sur un faible échantillon (ici, n=10). Concernant sa qualité méthodologique (score JBI : 7/10), des biais de recrutement des participants, de confusion et de performance ont pu être mis en évidence.

Cette étude soutient un effet positif de l'augmentation de la cadence de pas sur la douleur fémoro-patellaire (pire douleur et douleur moyenne). Le seuil de significativité clinique est dépassé, suggérant un effet clinique non négligeable sur la pire douleur ressentie par les coureurs. Comme pour *Bonacci et al*, six semaines de traitement ont été réalisées. En revanche et en contradiction avec l'étude de *Bramah et al*, aucun effet de l'intervention sur la fonction n'est retrouvé ici. Cette divergence pourrait provenir de différentes sources :

- L'absence d'anomalies cinématiques du bassin et de la hanche chez les patients de l'étude de *Neal et al*
 - La différence dans les échelles utilisées entre les deux études (LEFS vs AKPS)
 - L'augmentation moindre de la cadence dans l'étude de *Neal et al* (7,5% vs 10%)
-
- L'étude de *Sinclair et al* (score JBI : 6/10) est différente des précédentes aussi bien au niveau de l'intervention réalisée que des CDJ investigués. Une fois de plus, les mêmes sources de biais sont retrouvées (recrutement, performance, confusion). De plus dans cette étude, les critères d'inclusion et d'exclusion ne sont pas clairement identifiés, ajoutant encore un autre potentiel biais de sélection des participants.

Cette étude suggère :

- Une augmentation significative de la douleur du tendon d'Achille post-traitement
- Une amélioration de la fonction sur l'échelle KOOS pour les sous-catégories « Douleur » et « Sport » ; et aucune différence sur les trois autres sous-catégories.

Tout d'abord, l'étude indique que tous les patients inclus sont des hommes, les résultats de cette étude sont donc extrapolables uniquement sur cette population.

L'intervention utilisée combine l'augmentation de la cadence de pas à une transition vers un type de foulée FFS. D'une part, aucune donnée précise concernant l'augmentation de la cadence n'est fournie par l'étude, ni dans le protocole, ni dans les résultats, ne nous permettant pas de visualiser l'augmentation réelle de celle-ci. Ainsi, il n'est pas possible de savoir si le traitement a réellement entraîné une augmentation de la cadence de pas.

D'autre part, la transition vers une attaque FFS entraîne des conséquences non négligeables au niveau de la cinématique et de la cinétique de course comme nous avons pu le voir en introduction (Cf. 1.3.1). En effet, il a été objectivé [21]:

- Une réduction de la force de contact fémoro-patellaire de 16%
- Une réduction de 15% du stress fémoro-patellaire
- Une diminution du pic du moment d'extension de genou
- Une diminution du taux de charge vertical (VLR) [4]

Ces deux interventions combinées semblent aller dans le même sens du point de vue de ces paramètres, cependant, il est impossible de déterminer la part d'efficacité de chacun dans le traitement.

La revue systématique *d'Almeida et al* [4] en 2015 démontrent que le type de foulée FFS augmente les contraintes au niveau du complexe du triceps sural et du tendon d'Achille, augmentant le risque de blessures à ce niveau. Il n'est donc pas surprenant de trouver une augmentation de la douleur du tendon d'Achille à la suite d'un protocole permettant une transition vers une attaque avant-pied avec augmentation de la cadence de pas. Cependant, il s'agit tout de même d'un effet indésirable à ne pas négliger dans l'interprétation de ces résultats. Nous parlerons des éventuels effets adverses dans la partie suivante.

- Enfin, l'étude *d'Esculier et al* présente un score de 6/10 sur l'échelle d'évaluation des risques de biais méthodologiques. Différentes sources de biais sont présentes :
 - Un biais de sélection : aucune information concernant l'inclusion des patients n'est fournie dans l'étude, que ce soit pour la période d'inclusion, ou pour le nombre de patients disponibles avant inclusion...
 - Un biais issu de données démographiques manquantes dans l'échantillon : il n'est pas précisé le sexe des participants à l'étude.

Dans cette étude, un programme multimodal est mis en place par les thérapeutes combinant une augmentation de la cadence (sans valeurs précises) ; des conseils de course dont une réduction du bruit en modifiant le type de foulée si besoin ; du renforcement musculaire ; des exercices de contrôle moteur et de l'éducation du patient.

Après huit semaines de traitement suivant ce protocole, une amélioration significative de tous les CDJ est mise en avant (douleur et fonction). Concernant l'échelle KOS-ADLS et l'échelle VASr, le traitement semble produire un effet cliniquement non négligeable puisque les IC dépassent la DMCI.

Plusieurs points sont intéressants à remarquer :

- Dans le groupe « succès » (n= 16), après utilisation de l'échelle GRC, les patients ont majoritairement modifié leur type de foulée vers une attaque FFS (RFS : pré-intervention 69% vs 38% post-intervention ; FFS : pré-intervention 19% vs 50% post-intervention) ; tandis que dans l'autre groupe (n=5), 20% de coureurs en plus ont adopté un pattern RFS (80%).
- Selon les paramètres cinétiques retrouvés, une diminution des contraintes est présente au sein de l'échantillon total de l'étude avec une diminution significative de 13,5% du taux de charge instantané et de 17,8% du taux de charge moyen. Dans le sous-groupe « non-succès » ; ces paramètres n'ont pas diminué.
- De plus, l'étude nous indique que l'augmentation réelle de la cadence de pas en fin de traitement est seulement de 3,7% pour aboutir à une cadence moyenne de 175,8 pas/minute dans l'échantillon concerné.

Cette augmentation est donc assez faible et l'effet qu'elle produit est incertain au sein de cette prise en charge multimodale. Dans cette étude, la modification du type de foulée pourrait avoir plus d'influence que l'augmentation de la cadence sur les CDJ étudiés.

Pour conclure sur ces séries de cas, celles-ci apportent majoritairement des résultats semblant être en faveur d'une amélioration de la douleur et de la fonction des coureurs. Cependant, ces moyennes et IC à 95% surajoutées au fort risque de biais retrouvés dans ces études ainsi qu'à l'hétérogénéité des interventions et protocoles réalisés ne nous permettent pas de conclure sur l'efficacité de l'augmentation de la cadence de pas chez les coureurs atteints de syndrome fémoro-patellaire.

Les bornes des intervalles de confiance sont larges et imprécises, rendant les résultats assez incertain et manquants de significativité clinique

4.1.3. Modification de la cadence au sein des études incluses

Le tableau suivant montre l'évolution de la cadence au sein des études dans lesquelles ces données étaient présentes :

Cadence (nombre de pas/minute)	Pré-traitement	Évolution post-traitement
Esculier et al (ECR)	169,0 (9,8)	+12,0 (9,6 to 14,4) * soit +7,1% (environ 181,0)
Esculier et al (Série de cas)	169,6 (10,2)	175,8 (9,8) soit +3,7%
Bramah et al (Série de cas)	165,93 (7,38)	<u>I4</u> : 184,53 (10,10) * soit +11,2% <u>M3</u> : 181,04 (7,78) * soit +9,2%
Neal et al (Série de cas)	163,6 (4,7)	176,4 soit +7,8%

Tableau 6 : Variation réelle de la cadence au sein des échantillons des études incluses

Légende : Les données en *italique* ont été calculées pour rendre la comparaison plus simple.

* : Différence significative comparativement à la valeur pré-traitement

La visualisation de la modification réelle de la cadence de pas n'est pas évidente au sein de toutes les études :

- L'ECR de *Bonacci et al* et l'étude de *Sinclair et al* ne fournissent ni les données de base, ni les valeurs après intervention. Il est donc impossible de déterminer dans quelle mesure l'augmentation de la cadence a été effectuée.
- La seconde étude de l'équipe de *Bonacci* n'indique pas non plus les valeurs de cadence de pas pré-traitement et ne permet donc pas la comparaison avec les autres études.
- Dans les études de *Bramah et al* et de *Neal et al*, l'augmentation de la cadence est conforme aux valeurs recherchées lors des protocole d'intervention (respectivement 10% et 7,5%).
- Pour l'ECR d'*Esculier et al*, l'intervention visait une augmentation comprise entre 7,5% et 10%. L'évolution est légèrement plus faible que ces valeurs, permettant tout de même d'obtenir une augmentation moyenne de 12 pas par minute.
- La seconde étude de l'équipe d'*Esculier* met en évidence une variation de seulement 3,7% par rapport à la valeur de départ. Le calcul de l'IC 95% issu de la moyenne post-traitement indique tout de même une cadence comprise entre 171 et 180 pas par minute.

Lors de la comparaison des moyennes avec un intervalle de confiance à 95%, aucune différence significative n'est retrouvée concernant les valeurs disponibles avant intervention.

Après application des protocoles, des cadences comprises environ entre 175 et 185 pas par minute sont donc retrouvées dans ces études. Cela correspond aux valeurs avancées et conseillées par des organismes de formation tel que « La Clinique du Coureur ».

4.2. Applicabilité des résultats en pratique clinique

Les revues de littérature et la recherche scientifique en général ont plusieurs objectifs :

- Mettre en évidence l'efficacité ou la non-efficacité d'une intervention thérapeutique,
- Établir une association entre des facteurs de risque et le développement d'une pathologie,
- Mesurer les propriétés métrologiques d'outils de mesure...

Ces objectifs varient en fonction des questions de recherche et des sujets investigués.

Dans le cadre d'une question thérapeutique, les études cliniques évaluent l'efficacité d'un traitement sur plusieurs échantillons issus d'une population cible, afin de déterminer si l'intervention pourrait avoir un effet bénéfique en pratique clinique sur cette plus vaste population.

Pour cela, l'effet potentiel de ce traitement doit être mis en balance avec les contraintes qu'il pourrait engendrer lors de son utilisation à plus large échelle ; il s'agit donc de mettre en parallèle les bénéfices potentiels et les risques qui y sont associés.

Tout d'abord, il est à noter que seulement trois résultats (*Esculier et al* [47], *Neal et al* [51]) sont au-delà du seuil de signification clinique. Cela signifie que les autres, bien que statistiquement significatifs, ne sont pas assez puissants pour permettre d'obtenir un réel

effet sur les patients. Les faibles échantillons présents dans les études rendent les intervalles de confiance larges, ne permettant pas d'obtenir d'estimations certaines.

Bien que l'effet de l'intervention investiguée dans cette revue de littérature demeure incertain après l'analyse des résultats des différentes études incluses, celle-ci ne semble tout de même pas entraîner d'importants effets indésirables.

4.2.1. Effets indésirables du traitement

Trois études ont relevé certains effets indésirables pendant ou à la suite du protocole :

- Dans l'essai contrôlé randomisé de *Bonacci et al*, un patient du groupe « intervention » est sorti de l'étude à la suite d'une entorse de cheville, trois autres se sont plaints de douleurs musculaires au mollet. Pour rappel, dans cette étude, l'augmentation de la cadence de course était combinée au port de chaussures minimalistes pendant une période du traitement. Selon les travaux de *Ryan et al* [62], les douleurs du triceps sural et du mollet en général font parties des conséquences déjà rencontrées lors de l'utilisation de chaussures minimalistes.
- Le taux d'observance de l'intervention dans l'ECR d'*Esculier et al* est plus faible (78%) ; cinq patients sont sortis de l'étude (accident de vélo, entorse de cheville, contrainte de temps, raisons inconnues). Un autre sportif a recensé une douleur au mollet similaire à l'étude de *Bonacci et al*.
- Enfin, dans l'étude de *Bramah et al*, un coureur a subi une fracture de stress tibial. Selon le témoignage de celui-ci, cette blessure se serait produite à la suite d'une augmentation trop brutale du volume d'entraînement dans le cadre d'une préparation à un semi-marathon. Cette blessure n'a donc pas été directement imputée à l'intervention réalisée dans l'étude. Cependant, cela met en évidence qu'il peut être intéressant de contrôler le protocole de course des participants afin d'éviter tout risques de blessures liées à l'entraînement.

Les autres études ont toutes un taux d'observance du protocole élevé (>80%) et n'indiquent pas d'effets indésirables issus de l'intervention.

L'augmentation de la cadence de pas, l'utilisation de chaussures minimalistes et la transition vers une attaque FFS semblent sensiblement produire les mêmes modifications sur les paramètres cinétiques du genou et de l'articulation fémoro-patellaire. L'utilisation combinée de ces interventions peut potentialiser la diminution des contraintes, comme l'ont suggéré *Firminger et al* [59] dans leur étude.

De plus, lors de la transition vers une attaque avant-pied ou d'une session de course en chaussures minimalistes, la cadence de pas semble être augmentée en conséquence ; et réciproquement, lors d'une augmentation de la cadence de pas, l'attaque FFS semble être

favorisée [63][47]. Ainsi, ces interventions paraissent difficilement dissociables en pratique clinique.

Ces trois interventions semblent également augmenter les contraintes appliquées sur les articulations de la cheville et du pied, en modifiant l'angulation du pied lors du contact initial et le moment de flexion plantaire notamment. Le triceps sural et le tendon d'Achille sont beaucoup plus sollicités lors d'une course avec ces paramètres. Les douleurs musculaires au mollet recensées dans les études de *Bonacci et al* [48] et *Esculier et al* [46] peuvent se comprendre ainsi.

4.2.2. Utilisation du métronome et protocoles d'intervention en pratique clinique

L'hétérogénéité des protocoles d'intervention de ces études rend les résultats difficilement applicables en pratique clinique. En effet, les durées de protocole, le nombre de sessions de course, et le pourcentage d'augmentation de la cadence de pas varient en fonction des études. Ainsi, ces études ne permettent pas de conclure sur l'efficacité d'un protocole par rapport à un autre.

La principale contrainte, aussi bien pour les patients que pour les thérapeutes, semble être la durée de traitement. En effet, ces protocoles se déroulent sur des périodes allant de quatre semaines à trois mois.

L'étude de *Bramah et al* est intéressante en ce point. Bien que le protocole d'étude se déroule sur une période de trois mois, les coureurs effectuent seulement trois visites sur le lieu d'étude :

- Une première visite où le diagnostic est posé, immédiatement suivie d'une session de dix minutes de course avec apprentissage de la nouvelle cadence de pas.
- Une seconde visite de contrôle après un mois de traitement
- Une dernière visite après trois mois.

Les coureurs réalisent leur rééducation en autonomie grâce à un monitoring de la cadence par une application sur smartphone ou montre connectée.

Ce type de protocole permet :

- De libérer les coureurs du cadre de soin
- De leur permettre de garder leur volume de course habituel,
- De courir sur leur surface de course préférentielle et non sur tapis de course
- De permettre un gain de temps aux thérapeutes

De plus, l'utilisation du métronome, par le biais d'une application gratuite sur smartphone, est facile d'utilisation. Cela permet de monitorer la cadence de pas à distance d'un cabinet libéral ou d'un autre lieu de rééducation.

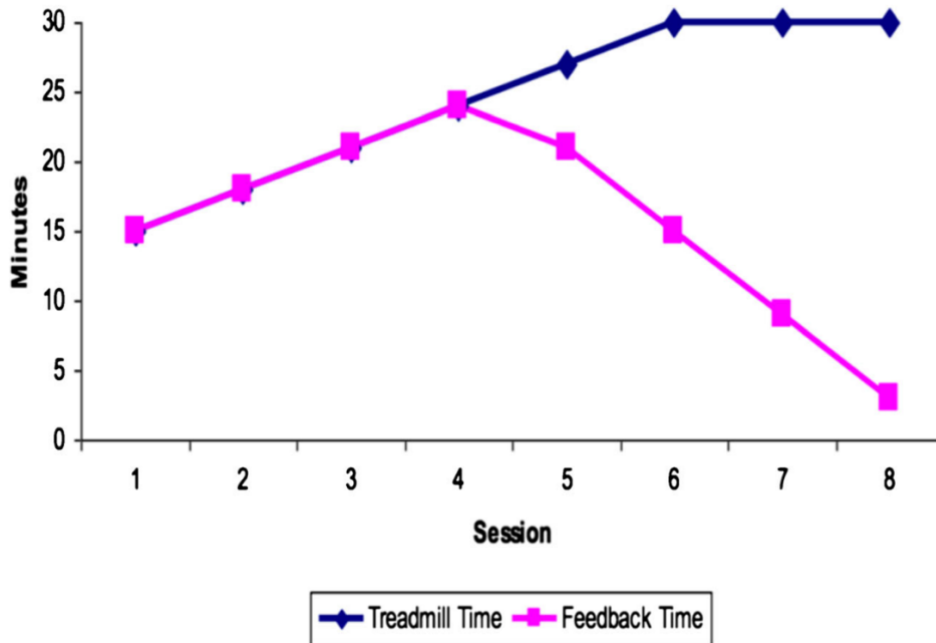


Figure 13 : Utilisation du feedback (métronomie), tirée de *Davis et al* [34]

L'utilisation du métronome permet aux coureurs d'avoir un feedback sur la cadence à atteindre. Il peut être utilisé selon le schéma ci-dessus. Premièrement, celui-ci est introduit durant la totalité du temps de course pour permettre l'apprentissage de cette nouvelle cadence. Puis, le métronome est réduit progressivement, pour finalement s'en passer.

D'autres protocoles sur tapis de course en cabinet libéral peuvent être mis en place. Cela permettrait de combiner ces séances de course à d'autres ciblant un renforcement musculaire des muscles de la hanche et du genou, cette intervention étant celle ayant à l'heure actuelle le plus haut niveau de preuve.

Il est à noter que les protocoles et durées de traitement ne peuvent pas être diminués à outrance devant la nécessité d'une progressivité d'apprentissage de cette technique de course pour éviter la survenue de blessures. Il en est de même pour la transition vers une attaque FFS ou l'utilisation de chaussures minimalistes. Cela est mis en évidence dans les différentes études par l'augmentation par paliers du temps d'exposition à ces interventions.

Une planification personnalisée du programme des coureurs semble également être judicieuse, afin de contrôler l'entraînement des coureurs (éviter une augmentation trop importante du volume de course, progressivité...).

En effet, nous avons précédemment vu que les erreurs d'entraînement font également partie des facteurs de risques extrinsèques de blessures des coureurs. Le planning d'entraînement est un facteur modifiable sur lequel les thérapeutes peuvent agir.

4.3. Qualité des preuves

Afin de déterminer la qualité des données scientifiques pour chaque critère de jugement de cette revue, le système GRADE (the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation working group) sera utilisé.

Ce système détermine la qualité des preuves selon quatre niveaux de confiance : très faible, faible, modéré, élevé. [61]

Il tient compte tout d'abord du schéma d'étude (Essais randomisés vs Études observationnelles) afin de déterminer un niveau de qualité de départ.

Cinq facteurs sont ensuite considérés, leurs présences dans les données scientifiques incluses diminuent la qualité des preuves avancées par cette revue de littérature :

- Le risque de biais des données scientifiques utilisées
- La probabilité d'un biais de publication
- L'inconsistance des résultats
- L'imprécision des résultats
- Le caractère indirect des résultats

La force de l'association (représentée par la taille d'effet) et la présence d'un gradient dose-réponse peuvent augmenter cette qualité dans le cadre d'études observationnelles.

Deux ECR et six séries de cas ont permis d'apporter des données concernant les trois critères de jugement de cette revue. Comme nous l'avons déjà expliqué, les séries de cas sont soumises à de nombreuses sources de biais (sélection, confusion, publication, recrutement) diminuant une première fois la qualité des résultats présentés.

De plus, devant l'imprécision des intervalles de confiance, l'inconsistance des résultats (notamment entre les ECR et les séries de cas) et la forte probabilité d'un biais de publication, la qualité des preuves concernant les trois critères de jugement est considérée comme « très faible » dans le cadre de cette revue de littérature.

Des études cliniques randomisées avec de plus grands échantillons sont nécessaires afin d'apporter des données avec un plus haut niveau de preuve.

4.4. Biais potentiels de la revue

La grille AMSTAR 2 [64] a été utilisée pour évaluer les biais potentiels présents dans cette revue de littérature.

Le tableau suivant présente les résultats qui en découlent.

Les questions de recherche et les critères d'inclusion de la revue comprenaient-ils les éléments de PICO ?	OUI , Cf 2.1
Le rapport de la revue contenait-il un énoncé explicite selon lequel les méthodes de la revue ont été établies avant sa réalisation, et le rapport justifiait-il tout écart important par rapport au protocole ?	NON
Les auteurs de la revue ont-ils expliqué leur choix des modèles d'étude inclus dans la revue ?	OUI , Cf 2.1
Les auteurs de la revue ont-ils eu recours à une stratégie exhaustive pour leur recherche de littérature ?	OUI , 4 bases de données + bibliographie des études incluses + littérature grise
Les auteurs de la revue ont-ils réalisé la sélection des études en double ?	NON
Les auteurs de la revue ont-ils effectué la récupération des données en double ?	NON
Les auteurs de la revue ont-ils fourni une liste des études exclues et une justification de leur exclusion ?	OUI , Cf 3.1.2
Les auteurs de la revue ont-ils décrit suffisamment en détail les études incluses ?	OUI , Cf 3.1.3 et Tableaux récapitulatifs en annexe
Les auteurs de la revue ont-ils employé une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études individuelles incluses dans la revue ?	OUI , Cf 3.2
Les auteurs de la revue ont-ils mentionné les sources de financement des études incluses ?	A regarder ! Inclure dans tableaux récap
Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs de la revue ont-ils utilisé des méthodes appropriées pour réaliser une combinaison statistique des résultats ?	NON , pas de méta-analyse
Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs de la revue ont-ils évalué les effets potentiels du risque de biais des études individuelles sur les résultats de la méta-analyse ou d'autres synthèses des données probantes ?	NON , pas de méta-analyse
Les auteurs de la revue ont-ils tenu compte du risque de biais dans les études primaires au moment d'interpréter ou de discuter des résultats de la revue ?	OUI , Cf DISCUSSION
Les auteurs de la revue ont-ils expliqué et analysé de façon satisfaisante toute hétérogénéité observée dans les résultats de la revue ?	OUI , Cf DISCUSSION
S'ils ont réalisé une synthèse quantitative, les auteurs de la revue ont-ils effectué un examen adéquat du biais de publication (biais résultant de la petite taille des études) et abordé ses effets probables sur les résultats de la revue ?	NON , pas de funnel plot
Les auteurs de la revue ont-ils déclaré toutes les sources potentielles de conflits d'intérêts, y compris le financement reçu pour réaliser la revue ?	OUI , je déclare ne pas avoir de conflit d'intérêt, ni de financement reçu pour cette revue

5. CONCLUSION

5.1. Implication pour la pratique clinique

Cette revue de littérature permet d'apporter une synthèse des informations retrouvées dans la littérature scientifique sur l'influence d'un point de vue clinique de l'augmentation de la cadence de pas chez des coureurs atteints de syndrome fémoro-patellaire.

Les études incluses dans l'analyse ont été réalisées lors des cinq dernières années, montrant l'intérêt récent que suscite cette modification de technique de course.

Plusieurs études [14][23][24][26] plus anciennes mettent en évidence les conséquences qu'entraînent cette intervention à travers les paramètres cinématiques et cinétiques de course. Comme nous avons pu le voir en introduction (Cf. 1.3.2), ces études remarquent notamment lors d'une augmentation de 10% de la cadence de pas :

- Une augmentation de la flexion de genou lors du contact initial
- Une diminution du pic de flexion de genou en milieu d'appui
- Une diminution de l'énergie générée et absorbée par le genou, entraînant une diminution du travail excentrique nécessaire du quadriceps
- Une diminution des contraintes subies par l'articulation fémoro-patellaire (taux de charge, pic de force, pression...)

Cependant, cette revue de littérature ne permet pas avec certitude de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse selon laquelle l'intervention entraîne une amélioration de la douleur et la fonction des coureurs.

Les résultats provenant de design d'études apportant un faible niveau de preuve semblent encourageants et prometteurs ; mais ceux-ci ne sont pas totalement confirmés par des études de meilleure qualité méthodologique. Seulement deux ECR sont disponibles pour répondre à cette question de recherche et les résultats en provenant sont moins clairs.

Cette intervention semble tout de même assez simple à mettre en pratique, elle ne demande pas non plus de contraintes importantes ni pour le thérapeute ni le pour le patient sportif et ne semble pas entraîner de conséquences néfastes majeures.

Son utilisation en pratique clinique pourrait être envisagée en respectant une progressivité dans la mise en place du protocole, de façon à éviter une augmentation trop importante des contraintes transférées vers le triceps sural et le tendon d'Achille notamment.

Le syndrome fémoro-patellaire est une pathologie ayant une forte tendance à la persistance des symptômes à moyen/long terme. La mise en place de cette modification de la technique de course chez les patients coureurs pourrait s'avérer être un avantage afin de réintégrer le patient dans sa pratique sportive. Cela pourrait être réalisé isolément ou en complément de séances de rééducation permettant un renforcement musculaire des muscles de la hanche et du genou par exemple, ceci demeurant l'intervention avec le niveau de preuve le plus élevé à l'heure actuelle.

5.2. Implication pour la recherche

Uniquement deux études randomisées étaient disponibles dans la littérature scientifique pour répondre à notre question de recherche.

Les séries de cas, avec les biais potentiels qui y sont associés, n'apportent que des résultats permettant d'observer une tendance, mais aucune conclusion en provenant n'est justifiée.

Ainsi, afin d'évaluer avec plus de précision et de qualité l'effet de l'intervention étudiée, des essais cliniques randomisés avec des échantillons plus grands sont nécessaires.

Il pourrait également être intéressant de réaliser un protocole identique pour toutes ces futures études avec notamment :

- Une augmentation de 10% de la cadence de pas, car ce pourcentage semble être optimal pour entraîner le plus de modifications [23]
- Un contrôle de facteurs liés à l'entraînement, pour éviter un risque de blessure due à une augmentation trop importante des contraintes
- Des outils de mesure identiques afin de permettre une analyse statistique plus approfondie. Les échelles VAS et AKPS font par exemple parties des échelles les plus fiables et valides pour évaluer la douleur et la fonction selon les recommandations de l'APTA [33].

Selon des travaux récents (2020) de *Davis et al* [34], un protocole d'apprentissage de cette nouvelle cadence de course de 4 à 6 semaines, suivi de 2 à 3 mois d'augmentation progressive du volume et de l'intensité des entraînements pourrait être optimal.

Il serait également judicieux que plusieurs études s'intéressent au retour au sport. Ce point est sans doute pour les coureurs un aspect très important, puisque cela peut représenter la récupération indolore des capacités sportives. Cela permettrait également aux thérapeutes de donner aux patients un ordre d'idée concernant la durée de rééducation et de la temporalité afin d'arriver à un retour vers une activité sportive sans douleur.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Yamato TP, Saragiotto BT, Hespanhol Junior LC, Yeung SS, Lopes AD. Descriptors used to define running-related musculoskeletal injury: A systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther* 2015;45:366–74. <https://doi.org/10.2519/jospt.2015.5750>.
- [2] Nicola TL, Jewison DJ. The Anatomy and Biomechanics of Running. *Clin Sports Med* 2012;31:187–201. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2011.10.001>.
- [3] Dugan SA, Bhat KP. Biomechanics and analysis of running gait. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2005;16:603–21. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2005.02.007>.
- [4] Almeida MO, Davis IS, Lopes AD. Biomechanical differences of foot-strike patterns during running: A systematic review with meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther* 2015;45:738–55. <https://doi.org/10.2519/jospt.2015.6019>.
- [5] Daoud AI, Geissler GJ, Wang F, Saretsky J, Daoud YA, Lieberman DE. Foot strike and injury rates in endurance runners: A retrospective study. *Med Sci Sports Exerc* 2012;44:1325–34. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182465115>.
- [6] Kasmer M, Liu X-C, Roberts KG, Valadao JM. Foot-strike pattern and performance in a marathon Mark. *Int J Sport Physiol Perform* 2013;8:37–54.
- [7] Williams DS, Davis IS, McClay, Manal KT. Lower Extremity Mechanics in Runners with a converted forefoot strike pattern. *J Appl Biomech* 2000;16:210–8. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- [8] Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA, Daoud AI, Dandrea S, Davis IS, et al. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature* 2010;463:531–5. <https://doi.org/10.1038/nature08723>.
- [9] Gindre C, Lussiana T, Hebert-Losier K, Mourot L. Aerial and Terrestrial Patterns: A Novel Approach to Analyzing Human Running. *Int J Sports Med* 2015;37:25–9. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1555931>.
- [10] Ceyskens L, Vanelderden R, Barton C, Malliaras P, Dingenen B. Biomechanical Risk Factors Associated with Running-Related Injuries: A Systematic Review. *Sport Med* 2019;49:1095–115. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01110-z>.
- [11] Hamill J, Derrick TR, Holt KG. Shock attenuation and stride frequency during running. *Hum Mov Sci* 1995;14:45–60. [https://doi.org/10.1016/0167-9457\(95\)00004-C](https://doi.org/10.1016/0167-9457(95)00004-C).
- [12] Farley CT, González O. Leg stiffness and stride frequency in human running. *J Biomech* 1996;29:181–6. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(95\)00029-1](https://doi.org/10.1016/0021-9290(95)00029-1).
- [13] Mercer JA, Devita P, Derrick TR, Bates BT. Individual effects of stride length and frequency on shock attenuation during running. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:307–13. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048837.81430.E7>.
- [14] Heiderscheit BC, Chumanov ES, Michalski MP, Wille CM, Ryan MB. Effects of step rate manipulation on joint mechanics during running. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:296–302. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181e3bedf4>.
- [15] Dubois B. La clinique du coureur. Edition Mo. 2019.

- [16] Lopes AD, Hespanhol LC, Yeung SS, Costa LOP. What are the Main Running-Related Musculoskeletal Injuries? *Sport Med* 2012;42:891–905. <https://doi.org/10.1007/bf03262301>.
- [17] Van Der Worp MP, Ten Haaf DSM, Van Cingel R, De Wijer A, Nijhuis-Van Der Sanden MWG, Bart Staal J. Injuries in runners; a systematic review on risk factors and sex differences. *PLoS One* 2015;10:1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114937>.
- [18] Yamato TP, Saragiotto BT, Lopes AD. A consensus definition of running-related injury in recreational runners: A modified Delphi approach. *J Orthop Sports Phys Ther* 2015;45:375–80. <https://doi.org/10.2519/jospt.2015.5741>.
- [19] Larsen LH, Rasmussen S. Overuse injuries in running. *Dansk Sport* 2016;3:9.
- [20] Francis P, Whatman C, Sheerin K, Hume P, Johnson MI. The proportion of lower limb running injuries by gender, anatomical location and specific pathology: A systematic review. *J Sport Sci Med* 2019;18:21–31.
- [21] Kulmala JP, Avela J, Pasanen K, Parkkari J. Forefoot strikers exhibit lower running-induced knee loading than rearfoot strikers. *Med Sci Sports Exerc* 2013;45:2306–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31829efcf7>.
- [22] Futrell EE, Jamison ST, Tenforde AS, Davis IS. Relationships between Habitual Cadence, Footstrike, and Vertical Load Rates in Runners. *Med Sci Sports Exerc* 2018;50:1837–41. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001629>.
- [23] Wille CM, Stiffler-Joachim MR, Heiderscheit BC. Influence of Step Rate on Running Mechanics. Elsevier Inc.; 2020. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-67949-7.00008-2>.
- [24] Schubert AG, Kempf J, Heiderscheit BC. Influence of Stride Frequency and Length on Running Mechanics: A Systematic Review. *Sports Health* 2014;6:210–7. <https://doi.org/10.1177/1941738113508544>.
- [25] Dos Santos AF, Nakagawa TH, Nakashima GY, Maciel CD, Serrão F. The Effects of Forefoot Striking, Increasing Step Rate, and Forward Trunk Lean Running on Trunk and Lower Limb Kinematics and Comfort. *Int J Sports Med* 2016;37:369–73. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1564173>.
- [26] Lenhart RL, Thelen DG, Wille CM, Chumanov ES, Heiderscheit BC. Increasing running step rate reduces patellofemoral joint forces. *Med Sci Sports Exerc* 2014;46:557–64. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182a78c3a>.
- [27] Flandry F, Hommel G. Normal anatomy and biomechanics of the knee. *Sports Med Arthrosc* 2011;19:82–92. <https://doi.org/10.1097/JSA.0b013e318210c0aa>.
- [28] Dufour M. Anatomie de l'appareil locomoteur; Membre inférieur. 2015.
- [29] Sherman SL, Plackis AC, Nuelle CW. Patellofemoral anatomy and biomechanics. *Clin Sports Med* 2014;33:389–401. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2014.03.008>.
- [30] 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 m. *Br J Sports Med* 2016;50:839–43. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096384>.
- [31] 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* 2018;52:1170–8. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099397>.
- [32] 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* 2019;53:270–81. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098890>.
- [33] Willy RW, Hoglund LT, Barton CJ, Bolgla 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* 2019;49:CPG1–95. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.0302>.
- [34] Davis IS, Tenforde AS, Neal BS, Roper JL, Willy RW. Gait Retraining as an Intervention for Patellofemoral Pain. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2020;13:103–14. <https://doi.org/10.1007/s12178-020-09605-3>.
- [35] Dutton RA, Khadavi MJ, Fredericson M. Patellofemoral Pain. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2016;27:31–52. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2015.08.002>.
- [36] Gaitonde DY, Ericksen A, Robbins RC. Patellofemoral pain syndrome. *Am Fam Physician* 2019;99:88–94.
- [37] Pal S, Besier TF, Beaupre GS, Fredericson M, Delp SL, Gold GE. Patellar maltracking is prevalent among patellofemoral pain subjects with patella alta : an upright, weightbearing MRI study. *J Orthop Res* 2014;31:448–57. <https://doi.org/10.1002/jor.22256>.Patellar.
- [38] Franco BAFM, Sadigursky D, Daltro G de C. Patellar position in patients with patellofemoral syndrome as characterized by anatomico-radiographic study. *Rev Bras Ortop (English Ed)* 2018;53:410–4. <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2017.05.011>.
- [39] Winters M, Holden S, Lura CB, Welton NJ, Caldwell DM, Vicenzino BT, et al. Comparative effectiveness of treatments for patellofemoral pain: A living systematic review with network meta-analysis. *Br J Sports Med* 2021:369–77. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102819>.
- [40] Esculier JF, Bouyer LJ, Dubois B, Frémont P, Moore L, Roy JS. Effects of rehabilitation approaches for runners with patellofemoral pain: Protocol of a randomised clinical trial addressing specific underlying mechanisms. *BMC Musculoskelet Disord* 2016;17:1–7. <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0859-9>.
- [41] Rabelo ND dos A, 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* 2017;58:280–6. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.08.018>.
- [42] Wang J, Luo Z, Dai B, Fu W. Effects of 12-week cadence retraining on impact peak, load rates and lower extremity biomechanics in running. *PeerJ* 2020;8:e9813. <https://doi.org/10.7717/peerj.9813>.
- [43] Passigli S, Capacci P, Volpi E. The Effects of a Multimodal Rehabilitation Program on Pain, Kinesiophobia and Function in a Runner With Patellofemoral Pain. *Int J Sports Phys Ther* 2017;12:670–82.
- [44] Payne S, Barrett K, Wilkins J. The Effect of Step Frequency Training on a Male Runner with Patellofemoral Pain. *J Sport Med Allied Heal Sci Off J Ohio Athl Trainers Assoc* 2016;2. <https://doi.org/10.25035/jsmahs.02.02.03>.

- [45] dos Santos AF, Nakagawa TH, Lessi GC, Luz BC, Matsuo HTM, Nakashima GY, et al. Effects of three gait retraining techniques in runners with patellofemoral pain. *Phys Ther Sport* 2019;36:92–100. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.01.006>.
- [46] Esculier JF, Bouyer LJ, Dubois B, Fremont P, Moore L, McFadyen B, et al. Is combining gait retraining or an exercise programme with education better than education alone in treating runners with patellofemoral pain? A randomised clinical trial. *Br J Sports Med* 2018;52:659–66. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096988>.
- [47] Esculier JF, Bouyer LJ, Roy JS. The effects of a multimodal rehabilitation program on symptoms and ground-reaction forces in runners with patellofemoral pain syndrome. *J Sport Rehabil* 2016;25:23–30. <https://doi.org/10.1123/jsr.2014-0245>.
- [48] Bonacci J, Hall M, Saunders N, Vicenzino B. Gait retraining versus foot orthoses for patellofemoral pain: a pilot randomised clinical trial. *J Sci Med Sport* 2018;21:457–61. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.187>.
- [49] Bonacci J, Fox A, Hall M, Fuller JT, Vicenzino B. Effect of gait retraining on segment coordination and joint variability in individuals with patellofemoral pain. *Clin Biomech* 2020;80:105179. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.105179>.
- [50] Bramah C, Preece SJ, Gill N, Herrington L. A 10% Increase in Step Rate Improves Running Kinematics and Clinical Outcomes in Runners With Patellofemoral Pain at 4 Weeks and 3 Months. *Am J Sports Med* 2019;47:3406–13. <https://doi.org/10.1177/0363546519879693>.
- [51] Neal BS, Barton CJ, Birn-Jeffrey A, Daley M, Morrissey D. The effects & mechanisms of increasing running step rate: A feasibility study in a mixed-sex group of runners with patellofemoral pain. *Phys Ther Sport* 2018;32:244–51. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.05.018>.
- [52] Sinclair JK. Effects of a 10 week footstrike transition in habitual rearfoot runners with patellofemoral pain. *Comp Exerc Physiol* 2016;12:141–50. <https://doi.org/10.3920/CEP160013>.
- [53] Cook DJ, Sackett DL. Rules of evidence and clinical recommendations on the use of antithrombotic agents [10]. *Chest* 1994;105:647. <https://doi.org/10.1378/chest.105.2.647b>.
- [54] El-Gilany A-H. What is case series. *Asploro J Biomed Clin Case Reports* 2018;1:10–5.
- [55] Munn Z, Barker TH, Moola S, Tufanaru C, Stern C, McArthur A, et al. Methodological quality of case series studies: An introduction to the JBI critical appraisal tool. *JBI Database Syst Rev Implement Reports* 2019;2127–33. <https://doi.org/10.11124/JBISRIR-D-19-00099>.
- [56] Gardner M, Altman DG. Confidence intervals rather than P values : estimation rather than hypothesis testing. *Br Med J* 1986;292:746–50.
- [57] Sinclair J. Effects of barefoot and barefoot inspired footwear on knee and ankle loading during running. *Clin Biomech* 2014;29:395–9. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2014.02.004>.
- [58] Sinclair J, Richards J, Selfe J, Fau-Goodwin J, Shore H. The influence of minimalist and maximalist footwear on patellofemoral kinetics during running. *J Appl Biomech* 2016;32:359–64. <https://doi.org/10.1123/jab.2015-0249>.
- [59] Firminger CR, Edwards WB. The influence of minimalist footwear and stride length reduction on lower-extremity running mechanics and cumulative loading. *J Sci Med Sport* 2016;19:975–9. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.03.003>.

- [60] Hossain M, Alexander P, Burls A, Jobanputra P. Foot orthoses for patellofemoral pain in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2011. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd008402.pub2>.
- [61] Haute Autorité de santé. Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique 2013:192.
- [62] Ryan M, Elashi M, Newsham-West R, Taunton J. Examining injury risk and pain perception in runners using minimalist footwear. *Br J Sports Med* 2014;48:1257–62. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-092061>.
- [63] Fuller JT, Thewlis D, Buckley JD, Brown NAT, Hamill J, Tsiros MD. Body Mass and Weekly Training Distance Influence the Pain and Injuries Experienced by Runners Using Minimalist Shoes: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med* 2017;45:1162–70. <https://doi.org/10.1177/0363546516682497>.
- [64] Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: A critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ* 2017;358:1–9. <https://doi.org/10.1136/bmj.j4008>.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Tableaux récapitulatifs des études incluses

ANNEXE 2 : Grille d'évaluation des biais méthodologiques des ECR : PEDro

ANNEXE 3 : Grille d'évaluation des biais méthodologiques des séries de cas : JBI Critical Appraisal Checklist for Case series

ANNEXE 4 : Tableaux récapitulatifs des moyennes et intervalles de confiance concernant le critère de jugement « douleur »

ANNEXE 5 : Tableaux récapitulatifs des moyennes et intervalles de confiance concernant le critère de jugement « fonction »

ANNEXE 6 : Tableaux récapitulatifs des moyennes et intervalles de confiance concernant le critère de jugement « retour au sport »

ANNEXE 1 : Tableaux récapitulatifs des études incluses

Étude	Schéma d'étude	Population	Intervention	Comparateur	Critères de jugement	Résultats
<p><i>"Gait retraining versus foot orthoses for patellofemoral pain: a pilot randomised clinical trial"</i></p> <p>Bonacci et al (2018) [48]</p>	<p>Essai contrôlé Randomisé (Étude pilote)</p>	<p>16 coureurs récréatifs</p> <p>Diagnostic clinique de SFP</p> <p>Attaque RFS pour tous les coureurs</p>	<p>N = 8 patients (4 hommes / 4 femmes)</p> <p>Chaussures minimalistes + Augmentation de la cadence de 10%</p> <p>10 sessions sur les 6 premières semaines, guidées par kinésithérapeutes</p> <p>Correspond à 20% du volume de course (les 80% restants se font sans supervision, avec les chaussures habituelles & avec cadence augmentée)</p>	<p>N = 8 patients Uniquement des femmes</p> <p>Semelles plantaires</p> <p>4 sessions d'essayages</p> <p>Utilisation lors de toutes les séances de course</p>	<p>Recueil des CDJ lors de la visite initiale (T0) et à 12 semaines (T12)</p> <p><u>Douleur</u> : Pire douleur des semaines précédentes : VASw (Visual Analogue Scale) Douleur moyenne : VASu</p> <p><u>Fonction</u> : AKPS (Anterior Knee Pain Scale)</p> <p>Amélioration globale par GRC (Global Rating Change)</p>	<p>Effet adverse : 3/7 patients du groupe intervention, déclarent douleur légère mollet</p> <p><u>Résultats intergroupes</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Amélioration statistiquement significative du score AKPS • Diminution statistiquement significative de la pire douleur (VAS) • Pas de différence significative pour la douleur moyenne (VAS) • Success rate / GRC : 86% vs 29% en faveur d'une amélioration au moins modérée (GRC > +4) dans le groupe intervention.

Étude	Schéma d'étude	Population	Intervention	Comparateur	Critères de jugement	Résultats
<p>« <i>Is combining gait retraining or an exercise programme with education better than education alone in treating runners with patellofemoral pain? A randomised clinical trial</i> »</p> <p>Esculier et al (2018) [46]</p>	<p>Essai contrôlé Randomisé</p>	<p>69 coureurs</p> <p>Diagnostic clinique de SFP</p>	<p>N = 23 patients (9 hommes / 14 femmes)</p> <p>Éducation (Cf. comparateur) + Augmentation de la cadence de pas de 7,5-10%</p> <p>Période de 8 semaines avec 5 sessions de course à T1, T2 T3, T5 & T7</p> <p>10 minutes de tapis de course, avec feedback par un kinésithérapeute à chaque session</p>	<p>2 comparateurs :</p> <p>1) <u>Éducation (N = 23 patients)</u> : Management de la charge et du stress mécanique Modification de l'entraînement en fonction des symptômes Conseil de course pour diminuer les contraintes</p> <p>2) <u>Éducation + Exercices (N = 23 patients)</u> Renforcement combiné des muscles de la hanche et du genou</p> <p>4 phases de 2 semaines avec une progression du renforcement (20 min de renfo, 3x /semaine)</p>	<p>Recueil des CDJ lors de la visite initiale (T0), à 4 semaines (T4), 8 semaines (T8), et 20 semaines (T20)</p> <p><u>Douleur :</u> Douleur usuelle : VASu Pire douleur : VASw Douleur lors de la course : VASr</p> <p><u>Fonction :</u> KOS-ADLS (Knee Outcome Survey of the Activities of Daily Living Scale)</p> <p>Volume de course</p>	<p><u>Comparaison intra-groupe :</u> Amélioration significative sur la KOS-ADLS et sur les 3 VAS pour les 3 groupes de T0 à T20</p> <p><u>Comparaison intergroupe (vs Éducation seule)</u> Aucune différence statistiquement significative retrouvée sur l'échelle KOS-ADLS</p> <p>Aucune différence statistiquement significative retrouvée sur les 3 variantes de VAS</p> <p>Pas d'augmentation du volume de course / semaine</p> <p>La comparaison Groupe intervention vs Éducation + Renforcement n'a pas été réalisée</p>

Étude	Schéma d'étude	Population	Intervention	Comparateur	Critères de jugement	Résultats
<p>« <i>Effects of a 10-week footstrike transition in habitual rearfoot runners with patellofemoral pain</i> »</p> <p>Sinclair et al (2016)[52]</p>	Série de cas	<p>N = 9 coureurs récréatifs Uniquement des hommes</p> <p>Diagnostic clinique de SFP</p> <p><u>Âge</u> : 29,33 (4,21) ans <u>Taille</u> : 1,72 (0,11) m <u>Poids</u> : 69,11 (5,66) kg</p> <p><u>Type de foulée</u> : attaque par l'arrière-pied (RFS)</p>	<p>Modification de la technique de course :</p> <ul style="list-style-type: none"> Augmenter la cadence & diminuer la longueur de pas Courir avec pas légers, en atterrissant sur avant-pied (FFS) « Courir la tête haute, aussi grand que possible » <p><u>Protocole</u> : 10 semaines de transition</p> <p>Les sujets gardent leur volume de course habituel, en augmentant le temps de course en FFS de 10% / semaine</p> <p>+ 4 exercices de renforcement et d'étirement centrés sur le triceps sural / mollet.</p>		<p>Recueil des CDJ lors de la visite initiale (T0) et à 10 semaines (T10)</p> <p><u>Douleur</u> du tendon d'Achille : Numeric Pain rating Scale (NPS)</p> <p><u>Fonction</u> : KOOS (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score) questionnaire</p>	<p>Augmentation statistiquement significative de la douleur du tendon d'Achille</p> <p>Augmentation statistiquement significative du score des sous-catégories « Douleur » et « Sport » du KOOS questionnaire</p> <p>Pas de différence significative pour les autres sous-catégories</p>

Étude	Schéma d'étude	Population	Intervention	Comparateur	Critères de jugement	Résultats
<p>« A 10% Increase in Step Rate Improves Running Kinematics and Clinical Outcomes in Runners With Patellofemoral Pain at 4 Weeks and 3 Months »</p> <p>Bramah et al (2019)[50]</p>	Série de cas	<p>12 patients coureurs (4 hommes / 8 femmes)</p> <p>Diagnostic clinique de SFP</p> <p>Les patients doivent présenter des anomalies cinématiques dans le plan frontal de la hanche et du bassin pour être inclus dans l'étude.</p> <p><u>A</u>ge : 39,92 (6,5) ans <u>I</u> : 170,33 (6,98) m <u>P</u> : 61,03 (6,48) kg</p>	<p>1 session de 10 min de course avec cadence de pas augmentée de 10%</p> <p>Puis autogestion avec une application métronome sur smartphone/smart-watch pour monitorer la course pendant 4 semaines (2 semaines avec puis 2 semaines sans)</p>		<p>Données récoltées lors de la visite initiale (T0), puis à 4 semaines (T4) et à 3 mois (M3)</p> <p><u>Douleur</u> : Pire Douleur des semaines précédentes avec NRSw</p> <p><u>Fonction</u> : LEFS (Lower Extremity Functional Scale)</p> <p>Plus grande distance de course sans douleur Volume de course</p>	<p>Diminution statistiquement significative de la pire douleur des semaines précédentes sur NFS</p> <p>Amélioration statistiquement significative de la fonction sur la LEFS</p> <p>Augmentation significative du volume de course par semaine, et de la distance de course sans douleur</p>

Étude	Schéma d'étude	Population	Intervention	Comparateur	Critères de jugement	Résultats
<p>« <i>Effect of gait retraining on segment coordination and joint variability in individuals with patellofemoral pain</i> »</p> <p>Bonacci et al (2020)[49]</p>	Série de cas	<p>6 coureurs (3 hommes / 3 femmes)</p> <p>Diagnostic clinique de SFP</p> <p>Il s'agit d'un sous-échantillon de l'étude pilote de 2018 de <i>Bonacci et al</i></p> <p><u>Age</u> : 33 (10) ans <u>I</u> = 1,75 (0,6) m <u>P</u> : 69,6 (15,8) kg</p> <p><u>Durée des symptômes</u> : 46,3 (42) mois</p>	<p>Chaussures minimalistes + Augmentation cadence 10%</p> <p>10 sessions de course sur 6 semaines</p> <p>Correspond à 20% du volume de course Pour les 80% restants, utilisation de leurs chaussures habituelles et de la cadence augmentée</p> <p>Après 6 semaines, sans supervision, utilisation de la cadence augmentée + chaussures habituelles (sans métronome)</p>		<p>Recueil des CDJ lors de la visite initiale à T0, à 6 semaines (T6), et à 12 semaines (T12)</p> <p><u>Douleur</u> : Pire douleur des semaines précédentes par VASw</p>	Diminution statistiquement significative de la douleur à 6 et 12 semaines (VAS)

Étude	Schéma d'étude	Population	Intervention	Comparateur	Critères de jugement	Résultats
<p>« <i>The effects of a multimodal rehabilitation program on symptoms and ground-reaction forces in runners with patellofemoral pain syndrome</i> »</p> <p>Esculier et al (2016)[47]</p>	Série de cas	<p>21 coureurs (Proportion homme/femme inconnue)</p> <p>Diagnostic clinique de SFP</p> <p><u>Age</u> : 34,1 (6,0) ans <u>I</u> : 167,8 (6,7) m <u>P</u> : 67,4 (11,5) kg</p> <p><u>Durée des symptômes</u> : 38,1 (45,5) mois</p>	<p>Programme multimodal sur 8 semaines incluant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Du renforcement des muscles des membres inférieurs - Des exercices de contrôle moteur - Des étirements - Des conseils sur la course (gestion des symptômes, contraintes appliquées, augmentation de la cadence...) 		<p>Recueil des CDJ lors de la visite initiale (T0) et à 8 semaines (T8)</p> <p><u>Douleur</u> : VASu pour douleur usuelle VASw pour pire douleur VASr pour douleur lors de la course</p> <p><u>Fonction</u> : KOS-ADLS</p> <p><u>Changement global</u> : GRC</p>	<p>Amélioration statistiquement et cliniquement significative sur l'échelle KOS-ADLS (MCID 7,1 pts)</p> <p>Amélioration statistiquement significative des 3 variations de VAS (cliniquement significatif pour VASr)</p> <p><u>GRC</u> : 16 succès (GRC > +5)</p>

Étude	Schéma d'étude	Population	Intervention	Comparateur	Critères de jugement	Résultats
<p>« <i>The effects & mechanisms of increasing running step rate: A feasibility study in a mixed-sex group of runners with patellofemoral pain</i> »</p> <p>Neal et al (2018)[51]</p>	Série de cas (étude de faisabilité)	<p>10 participants (4 hommes / 6 femmes)</p> <p>Diagnostic clinique de SFP</p> <p><u>Age</u> : 31,6 (5,5) ans <u>I</u> : 170,6 (7,8) m <u>P</u> : 67,7 (9,8) kg</p> <p><u>Durée des symptômes</u> : 45,1 (32,1) mois</p>	<p>Augmentation de la cadence de 7,5% avec feedback par métronome</p> <p>18 sessions sur 6 semaines</p> <p>Augmentation du temps de course lors de sessions de 10 à 30 minutes</p>		<p>Recueil des CDJ lors de la visite initiale (T0) et à 6 semaines (T6)</p> <p><u>Douleur</u> : Douleur moyenne et pire douleur de la semaine précédente (NRS)</p> <p><u>Fonction</u> : AKPS</p>	<p>Diminution de la douleur moyenne statistiquement significative (NRS)</p> <p>Diminution de la pire douleur statistiquement et cliniquement significative (NRS)</p> <p>Pas de modification significative sur la fonction (AKPS)</p>

ANNEXE 2 : Grille d'évaluation des biais méthodologiques des ECR : PEDro

Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	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 <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	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 <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	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 <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	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 <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:

ANNEXE 3 : Grille d'évaluation des biais méthodologiques des séries de cas : JBI Critical Appraisal Checklist for Case series

JBI Critical Appraisal Checklist for Case Series

Reviewer _____ Date _____

Author _____ Year _____ Record Number _____

	Yes	No	Unclear	Not applicable
• Were there clear criteria for inclusion in the case series?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Was the condition measured in a standard, reliable way for all participants included in the case series?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Were valid methods used for identification of the condition for all participants included in the case series?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Did the case series have consecutive inclusion of participants?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Did the case series have complete inclusion of participants?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Was there clear reporting of the demographics of the participants in the study?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Was there clear reporting of clinical information of the participants?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Were the outcomes or follow up results of cases clearly reported?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Was there clear reporting of the presenting site(s)/clinic(s) demographic information?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Was statistical analysis appropriate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Overall appraisal: Include Exclude Seek further info

Comments (Including reason for exclusion)

ANNEXE 4 : Tableaux récapitulatifs des moyennes et intervalles de confiance concernant le critère de jugement « douleur »

	Comparaison intra-groupe		Comparaison inter-groupe
Esculier et al (ECR)	VASu (0-10)	T4 vs T0 : -1,1 (-2,1 ; -0,1) T8 vs T0 : -1,5 (-2,5 ; -0,4) T20 vs T0 : -1,6 (-2,7 ; -0,4)	T4 vs T0 : 0,3 (-0,8 ; 1,4) T8 vs T0 : 0,2 (-0,9 ; 1,3) T20 vs T0 : 0,1 (-1,1 ; 1,3)
	VASw (0-10)	T4 vs T0 : -2,2 (-3,6 ; -0,8) T8 vs T0 : -3,0 (-4,4 ; -1,6) T20 vs T0 : -2,8 (-4,3 ; -1,2)	T4 vs T0 : 0,5 (-1,1 ; 2,2) T8 vs T0 : 0,4 (-1,2 ; 2,0) T20 vs T0 : 0,7 (-1,0 ; 2,4)
	VASr (0-10)	T4 vs T0 : -2,6 (-3,9 ; -1,3) T8 vs T0 : -3,3 (-4,6 ; -2,1) T20 vs T0 : -3,6 (-4,9 ; -2,3)	T4 vs T0 : -0,1 (-1,5 ; 1,2) T8 vs T0 : -0,4 (-1,7 ; 1,0) T20 vs T0 : -0,7 (-2,1 ; 0,7)
Bonacci et al (ECR)	VASu (0-100)	T12 vs T0 : -13,92 (-25,04 ; -2,80)	T12 vs T0 : -12,21 (-28,99 ; 4,55)
	VASw (0-100)	T12 vs T0 : -34,95 (-52,34 ; -17,56)	T12 vs T0 : -38,64 (-70,63 ; -6,64)
Esculier et al (Série de cas)	VASu (0-100)	T8 vs T0 : -19,2 (-25,97 ; -12,43)	
	VASw (0-100)	T8 vs T0 : -28,7 (-40,49 ; -16,91)	
	VASr (0-100)	T8 vs T0 : -32,3 (-43,23 ; -21,37)	
Bonacci et al (Série de cas)	VASw (0-100)	T6 vs T0 : 32 (13,45 ; 50,55) T12 vs T0 : 37,16 (19,54 ; 54,78)	
Bramah et al (Série de cas)	NRSw (0-10)	T4 vs T0 & M3 vs T0 : $X^2=21,38$, $p<0,01$	
Neal et al (Série de cas)	NRSu (0-10)	T6 vs T0 : 2,1 (0,88 ; 3,32)	
	NRSw (0-10)	T6 vs T0 : 3,9 (2,08 ; 5,72)	
Sinclair et al (Série de cas)	NPS Tendon d'Achille (0-10)	T10 vs T0 : 1,61 (0,84 ; 2,38)	

Légende : Les données en bleues correspondent aux résultats non statistiquement significatifs selon les moyennes et. IC à 95%. Les données en noires correspondent aux résultats statistiquement significatifs.

ANNEXE 5 : Tableaux récapitulatifs des moyennes et intervalles de confiance concernant le critère de jugement « fonction »

	Comparaison intra-groupe		Comparaison inter-groupe
Esculier et al (ECR)	KOS-ADLS (0-100)	T4 vs T0 : 11,8 (5,7 ; 17,9) T8 vs T0 : 14,7 (8,1 ; 21,4) T20 vs T0 : 15,6 (8,9 ; 22,3)	T4 vs T0 : -2,3 (-8,8 ; 4,2) T8 vs T0 : -3,4 (-10,4 ; 3,5) T20 vs T0 : -2,8 (-10,3 ; 4,8)
Bonacci et al (ECR)	AKPS (0-100)	T12 vs T0 : 12,26 (5,6 ; 18,62)	T12 vs T0 : 17,21 (7,03 ; 27,38)
Esculier et al (Série de cas)	KOS-ADLS (0-100)	T8 vs T0 : 17,8 (10,06 ; 25,54)	
Bramah et al (Série de cas)	LEFS (0-80)	T4 vs T0 & M3 vs T0 : X ² =22,29, p<0,01	
Neal et al (Série de cas)	AKPS (0-100)	T6 vs T0 : 4,4 (-10,22 ; 1,42)	
Sinclair et al (Série de cas)	KOOS « Symptômes » (0-100)	T10 vs T0 : 6,88 (-9,6 ; 23,36)	
	KOOS « Douleur » (0-100)	T10 vs T0 : 16,37 (3,77 ; 28,97)	
	KOOS « Sport » (0-100)	T10 vs T0 : 19,06 (1,91 ; 36,21)	
	KOOS « Fonction et vie quotidienne » (0-100)	T10 vs T0 : 12,4 (-2,07 ; 26,87)	
	KOOS « Qualité de vie » (0-100)	T10 vs T0 : 3,95 (-17,73 ; 25,63)	

Légende : Les données en bleues correspondent aux résultats non statistiquement significatifs selon les moyennes et. IC à 95%. Les données en noires correspondent aux résultats statistiquement significatifs.

ANNEXE 6 : Tableaux récapitulatifs des moyennes et intervalles de confiance concernant le critère de jugement « retour au sport »

	Comparaison intra-groupe		Comparaison inter-groupe
Esculier et al (ECR)	Volume de course/semaine (Km)	T8 vs T0 : 3,3 (0,1 ; 6,4) T20 vs T0 : -1,7 (-6,9 ; 3,5)	T8 vs T0 : 1,7 (-1,9 ; 5,3) T20 vs T0 : 0,7 (-5,4 ; 6,8)
Bramah et al (Série de cas)	Volume de course/semaine (Km)	T4 vs T0 : 13,78 (4,62 ; 22,93) M3 vs T0 : 14,99 (5,25 ; 24,73)	
	Plus longue distance sans douleur (Km)	T4 vs T0 : 6,84 (3,05 ; 10,62) M3 vs T0 : 9,3 (5,39 ; 13,21)	

Légende : Les données en bleues correspondent aux résultats non statistiquement significatifs selon les moyennes et. IC à 95%. Les données en noires correspondent aux résultats statistiquement significatifs.

Résumé

Introduction : Le syndrome fémoro-patellaire est une des blessures les plus fréquentes (7% à 29%) chez les coureurs d'endurance. L'augmentation de la cadence de pas pourrait être un nouveau moyen de traiter cette pathologie. Ce nouveau pattern entraîne des variations des paramètres cinématiques et cinétiques observés lors de la course, objectivant une diminution des contraintes imposées au genou et notamment à l'articulation fémoro-patellaire.

Cette revue de littérature a pour objectif de déterminer, à travers la douleur, la fonction et le retour au sport, l'efficacité d'un point de vue clinique de cette intervention chez les coureurs souffrant de SFP

Méthode : Les bases de données PEDro, PubMed, Cochrane Library et Google Scholar ont été parcourues jusqu'en mars 2021. Sept articles correspondant aux critères d'éligibilité de cette revue ont été identifiés et inclus. Ainsi, deux ECR et cinq séries de cas ont été analysés afin de répondre à notre question de recherche. Une synthèse qualitative a été réalisée devant l'hétérogénéité des études et des outils de mesure.

Résultats : Les données scientifiques suggèrent majoritairement un effet bénéfique de l'intervention étudiée. Les ECR présentent des résultats nuancés entre les évolutions intragroupes et intergroupes. Toutes les séries de cas soutiennent un effet positif sur la douleur, l'effet sur la fonction est plus incertain. Uniquement deux études s'intéressent au retour au sport, ne donnant que peu d'informations sur cet aspect.

Discussion : La quantité insuffisante d'essais contrôlés randomisés, ainsi que la faible qualité des preuves provenant des séries de cas ne permettent pas de conclure sur l'efficacité de l'augmentation de la cadence de pas. De plus, les protocoles mis en place sont très différents et difficilement comparables. Des ECR plus nombreux sont nécessaires afin d'apporter plus de données à ce sujet.

Mots clés : Syndrome fémoro-patellaire ; Coureurs ; Course à pied ; Cadence ; Douleur ; Fonction ; Retour au sport

Abstract

Introduction : Patellofemoral pain is one of the most prevalent (7% to 29%) injury in endurance runners. The increase of the running step rate could be a new way to treat this pathology. This new pattern causes modifications of kinematics and kinetics parameters observed while running, revealing a decrease in the knee joint stress and particularly in the patellofemoral joint stress.

The purpose of this review is, through pain, function and return to sport, to determine the clinical effectiveness of this approach in runners suffering of PFP.

Methods : The PEDro, PubMed, Cochrane Library and Google Scholar databases were searched until March 2021. Seven articles who were matching with the eligibility criteria of this review were identified and included. Thus, two RCT and five case series were analyzed in order to deal with our research subject. Due to studies and tools heterogeneity, a qualitative synthesis was performed.

Results : These data predominantly suggest a beneficial effect of the intervention studied. The RCT show dubious results between intragroup and intergroup evolutions. Conversely, all case series support a positive effect of the intervention on pain while the effect on function is more uncertain. Only two studies are interest in return to sport, giving very few information.

Discussion : The insufficient quantity of RCT and the low quality of evidence from the case series don't allow us to make conclusion about the efficacy of the step rate modification. Thereby, the experimental protocols are very different and hardly comparable. More RCT are needed in order to give more data on this topic.

Key words: Patellofemoral pain ; Running ; step rate ; Step cadence ; Pain ; Function ; Return to sport