



Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et Réadaptation

Pays de la Loire.

54, rue de la Baugerie - 44230 SAINT-SÉBASTIEN SUR LOIRE

Relation entre la souplesse et le risque de blessure chez le danseur classique,
contemporain et moderne : une revue de la littérature.

SALVAYRE Zoé

Mémoire UE 28

Semestre 10

Année scolaire 2020-2021

RÉGION DES PAYS DE LA LOIRE



AVERTISSEMENT

Les mémoires des étudiants de l'Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et de la Réadaptation sont réalisés au cours de la dernière année de formation MK. Ils réclament une lecture critique. Les opinions exprimées n'engagent que les auteurs. Ces travaux ne peuvent faire l'objet d'une publication, en tout ou partie, sans l'accord des auteurs et de l'IFM3R.

Remerciements

Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers toutes les personnes m'ayant aidé de près ou de loin dans l'élaboration de ce mémoire.

Je tiens à remercier ma directrice de mémoire pour sa grande disponibilité, sa patience certaine et dont les conseils avisés m'ont été indispensables pour réaliser ce travail de recherche.

Je souhaite remercier ma famille et mes parents pour leur soutien et leur écoute tout au long de ces années de formation et tout au long de ma scolarité.

Enfin, pour mes ami(e)s, qui ont rendu ces années d'études particulièrement agréables et enrichissantes, merci, nous nous reverrons.

Résumé

Introduction : Activité physique et artistique, la danse soumet le corps à une charge de travail intense et quotidienne. Les danseurs réalisent de grands mouvements à grandes amplitudes nécessitant un assouplissement des systèmes musculo-tendineux. La rigueur ainsi que l'exigence physique en fait une discipline à haut risque de blessure. Entre 50 et 90% des danseurs se blessent au cours de leur carrière. Les blessures principalement rencontrées en danse sont musculosquelettiques (69%) et concernent le membre inférieur (44%). On retrouve une prévalence importante de blessures de sur-utilisation notamment du genou (13-15%) ou de la cheville (18-30%). L'objectif de la revue est de définir la relation entre la souplesse et la prévalence de blessures en danse classique, moderne et contemporaine.

Méthode : Nous avons réalisé une recherche systématique dans trois bases de données scientifiques (PubMed, ScienceDirect et PEDro). Les études incluses dans la revue ont été évaluées avec les échelles modifiées « NewcastleOttawa Scale ».

Résultats : 446 résultats ont été identifiés, 7 études ont été incluses ainsi qu'une étude provenant de recherches complémentaires. Parmi ces études, nous retrouvons 5 études transversales, 2 études de cohorte et 1 étude cas-témoins.

Conclusion : Il semblerait qu'il y ait une relation entre la souplesse et survenue de blessure chez le danseur classique, contemporain et moderne. Cette relation intéresse les ischios-jambiers, les amplitudes articulaires disponibles de hanche et de cheville et la prévalence de blessures du rachis, du genou et de la cheville. Cette relation inclue des composants non évalués dans cette revue, aussi des recherches complémentaires doivent être menées afin d'établir un lien de cause à effet entre la souplesse et les blessures.

Mots-clés

- Amplitudes articulaires
- Blessures
- Danse
- Souplesse

Abstract

Introduction : As a physical and artistic activity, dance demands an intense daily training. Dancers performed large movement with great range of motion requiring flexibility of the musculo-tendinous system. The rigor as well as the physical demands makes a discipline with high injury prevalence. Between 50 and 90% of dancers sustain injuries during their career. The most common injuries in dance are musculoskeletal (69%) and concern lower extremity (44%). There is a significant prevalence of overuse injuries, particularly to the knee (13-15%) and ankle (18-30%). The objective of the review is to identify relationship between flexibility and injury prevalence, if dancers's ROM can be linked to the increase of injury.

Method : Three databases (PubMed, ScienceDirect and PEDro) were systematically searched using key words and MeSH terms. A methodological evaluation was done to assess quality and level of evidence of studies using the modified « Newcastle Ottawa Scale »

Results : On 446 results potentially relevant studies, 8 observationnal studies met the inclusion criteria including 5 cross-sectionnial studies, 2 chort study and 1 case-control study.

Conclusion : Flexibility's dancers may be related to injury occurrence in classical, contemporary and modern dancers. This relationship include hamstring, hip and ankle range of motion and prevalence of spine, knee et ankle injuries. Because of the non evaluated components in this review, further reasearch is needed.

Keywords

- Dance
- Flexibility
- Injury
- Range of motion

Sommaire

1	Introduction.....	10
2	Cadre conceptuel	11
2.1	La danse, une activité artistique et une discipline physique rigoureuse	11
2.2	La blessure en danse.....	15
2.3	L'amplitude de mouvement chez les danseurs.....	19
3	Problématisation	26
4	Méthodes de recherche	27
4.1	Recherche d'articles	27
4.2	Identification.....	28
4.3	Critères d'éligibilité à la revue de littérature	29
4.4	Sélection des articles	30
4.5	Index de qualité	32
5	Résultats.....	32
5.1	Caractéristiques des études choisies.....	32
5.2	Méthodologie des études retenues et particularités.....	33
5.3	Présentation des résultats et caractéristiques des études sélectionnées	36
5.4	Analyse des résultats	39
6	Discussion.....	43
6.1	Interprétation des résultats.....	43
6.2	Limites des résultats	47
6.3	Biais méthodologiques des études.....	49
6.4	Validité interne de la revue	50
6.5	La souplesse en tant que cause de blessure ?.....	50
6.6	La souplesse et ses conséquences sur l'architecture musculaire	51
7	Conclusion	52

Références bibliographiques

Annexe 1 à 4

I-IX

1 Introduction

Dorothée Gilbert, danseuse étoile à l'Opéra de Paris, témoigne « la blessure c'est le moment où la tête veut danser mais le corps dit stop » (1). Alors que le danseur négocie avec ses deux facettes, artiste et sportif, la question de sa santé et de sa place dans la prise en charge athlétique intervient souvent lors d'une blessure. Comme beaucoup de sportifs, un danseur présentera plusieurs raisons de ne pas vouloir s'arrêter malgré la douleur ou la blessure et préférera l'ignorer de peur que celle-ci ne représente le début de la fin de sa carrière (2). C'est ainsi qu'une douleur, un problème physique mineur se transformera en une blessure majeure.

Selon le Centre National de la Danse, 90% des danseurs risquent de se blesser au cours de leur carrière. Pour la danse classique, le risque est de 97%, pour la danse contemporaine de 82 % et pour la danse moderne il est de 80% (3,4). Globalement, les blessures sont d'ordre musculosquelettiques et touchent le membre inférieur et le rachis. Les muscles et tendons sont les structures les plus touchées, suivies des articulations et des os. Dans 34 à 57% des cas, ces blessures sont liées à des compensations qui induisent de nouvelles stratégies motrices permettant d'effectuer le même mouvement mais en sur-sollicitant d'autres parties du corps (3). Ces compensations reflètent les exigences d'une institution dictant la discipline du corps et imposant aux danseurs l'exécution de positions défiants parfois le design propre du corps. Ces positions requièrent une extrême souplesse et peuvent être difficile à atteindre pour un danseur qui devient alors vulnérable et sujet aux blessures. Ainsi, cette balance entre la demande physique inscrite dans une logique de performance, et la demande esthétique régie par le principe d'hyper souplesse, pourrait favoriser l'incidence de blessures chez le danseur.

La souplesse est un sujet très investigué dans la littérature. Particulièrement les étirements, concernant leurs mécanismes, leurs bénéfices et préjudices tant à l'échelle de la fibre musculaire qu'à l'échelle du corps entier. Aujourd'hui, il y a consensus sur les étirements et leurs effets à court terme. Les étirements chronique, tels que la danseuse les pratique restent une notion peu investiguée dans le milieu du sport.

L'objectif de ce mémoire est **d'étudier au travers de la notion d'amplitude articulaire, la souplesse et de déterminer sa relation au risque de blessure chez le danseur**. Une meilleure compréhension de ces concepts et de leurs caractéristiques respectives nous aiderons à répondre à cette problématique et à définir les enjeux qui en découlent.

Dans un premier temps, un cadre théorique développera les différentes notions et terminologies, l'épidémiologie et l'étiologie. Dans un second temps la démarche de recherche sera exposée ainsi que les résultats obtenus. Lors d'une discussion, nous argumenterons nos propos et analyserons notre méthode afin d'ouvrir sur de nouvelles perspectives.

2 Cadre conceptuel

2.1 La danse, une activité artistique et une discipline physique rigoureuse

2.1.1 Un art mais plusieurs institutions

Héritée de Louis XIV par la danse baroque, la danse présente à la fois une dimension physique et artistique. Elle représente un moyen d'expression et d'interprétation du chorégraphe qui place alors le corps du danseur comme un outil d'exécution de sa créativité et de ses émotions (5). Ce corps présente une forme spécifique et l'habileté de se mouvoir selon certains mouvements et certains rythmes.

Historiquement, on retrouve la danse classique au cœur de toutes les danses occidentales modernes. D'abord un art masculin, c'est une danse au service de la narration et de la grâce enseignée dans des institutions qui présentent un idéal corporel. Ces institutions sont le lieu d'apprentissage d'une technique corporelle mais aussi et surtout d'une vision du monde basée sur la hiérarchie, la discipline et l'ascétisme (6). La danse classique est dite aérienne et les mouvements sont codifiés. Elle présente un schéma corporel mettant en opposition la froideur et la rigueur avec la finesse et la grâce demandée par la représentation fondamentale historique. Technique, esthétisme, rigueur et maîtrise du corps, c'est à la fois une prise de possession de l'institution sur le corps mais également sur le temps (7).

Le XX^{ème} siècle s'ouvre sur un scénario complexe et on assiste à une révolution dans le milieu de la danse. C'est l'éclosion de la danse moderne. Les événements politiques et culturels ont un effet profond sur la danse qui voit apparaître des courants vigoureusement opposés au conventionnalisme du classique comme le moderne où le corps est un lieu d'expérience et de savoir. Si la danse classique a inventé l'élévation et un langage de posture, cette révolution de l'état de danse et de l'état de corps invente de nouveaux points d'appui et de nouveaux rythmes (8). Ainsi, des danseuses comme Graham ou Duncan s'écartent du modèle de la danse classique

et introduisent des techniques du corps en rupture les unes avec les autres. Les danseurs utilisent la gravité, se déplacent pieds nus et laissent leurs émotions inspirer leurs mouvements. Dans la danse moderne puis la danse contemporaine, le membre supérieur prend une place plus importante que dans la danse académique et permet au danseur l'esthétique de son mouvement.

C'est à la fin du XXème siècle qu'apparaît la notion de danse contemporaine portée par un chorégraphe, Merce Cunningham. Dans la continuité proposée par la danse moderne, le contemporain se positionne davantage dans la rupture avec le conformisme du classique. Il se veut porteur d'un message et fait naître une émotion chez son spectateur. D'autres formes d'arts inspirent largement ses chorégraphes et ainsi, la nature, les arts optiques ou encore la sculpture trouve écho dans ce nouveau genre (9,10). On retrouve des techniques centrées sur des mouvements de contraction et de relâchement, du travail au sol, mettant en scène des corps nus, variant entre des techniques de moderne et de ballet. L'essence même de ce nouveau genre réside dans l'émotion placée au centre de ce qui constitue l'armature de la gestuelle, c'est-à-dire le travail corporel (9,11). Le contemporain propose un travail corporel extrême, riche et sans limite qui demande au danseur d'assimiler de nouvelles représentations mentales et corporelles (12). Pour le spectateur, c'est la rupture avec la verticale propre et lisse du classique pour une danse hybride où les lignes sont malmenées.

La danse classique est à l'origine historique des autres danses et malgré une divergence d'esthétisme, ses principes forment l'architecture de la danse moderne et de la danse contemporaine. Ce sont ses principes que nous détaillons.

2.1.2 Principes esthétiques de la danse

2.1.2.1 La verticalité

La danse classique se définit par un langage et une technique chorégraphique reposant sur certains principes fondamentaux, la colonne vertébrale de cette discipline. Parmi ces principes, on retrouve dans un premier temps la gravité, c'est-à-dire la verticalité et l'équilibre stable selon l'alignement et l'extension du corps. Cette extension s'apprend en étirant la colonne vertébrale de la taille jusqu'à la tête tout en ancrant les pieds dans le sol. Cette verticalité du buste et équilibre n'est pas naturelle et reposent sur les membres inférieurs du danseur. Ce sont ces éléments qui participent à ce qu'on peut appeler la posture classique, position verticale et allongée du corps et qui représente le facteur premier d'identification du danseur (10).

2.1.2.2 La pointe

L'élévation de la danseuse s'est faite par évolution à travers les époques où les danseuses sont passées sur *demi-pointes* puis sur *pointes*. Dans le langage commun, être sur « la pointe des pieds » signifie être en équilibre sur la plante des pieds. En danse, on distingue la *pointe* et la *demi-pointe* (fig. 1). La position *en pointe* position s'explique par l'angle que prend le pied dans le chausson appelé « pointe ». C'est un chausson rigide à méplat en bois qui permet au danseur de tenir en équilibre sur le bout des orteils. Elle nécessite un minimum de 90° de flexion plantaire du complexe cheville-pied (12,13). La position *demi-pointe* correspond à la position entre le pied à plat et le pied sur pointe. C'est le terme commun pour indiquer que le pied repose uniquement sur les têtes des métatarsiens et sur les orteils (10).



Figure 1 : Photos d'une danseuse sur pointe (en haut) et sur demi-pointe (en bas)

2.1.2.3 L'en-dehors

L'en dehors est l'attribut physique fondamental dans beaucoup de styles de danse et notamment en danse classique où il est représentatif du ballet romantique (14). Essentiel pour la beauté de la ligne, il correspond à une rotation externe de tout le membre inférieur avec 70 degrés pour les hanches, 5 degrés pour l'axe jambier et une abduction de pied de 15 degrés (15). Il associe une rétroversion du bassin et un étirement antérieur des structures capsulo-ligamentaires de l'articulation coxo-fémorale (17). Lorsque le genou est fléchi, il y participe par un petit mouvement de rotation angulaire. Les muscles associés à la rotation externe sont, par ordre d'activation, les rotateurs latéraux profonds (piriforme, jumeaux supérieur et jumeau inférieur, obturateur externe, obturateur interne), les adducteurs et enfin le grand fessier (10).

L'en-dehors est présent dans tous les mouvements de la danse classique et dans toutes les positions. En danse il existe cinq positions de bases : la première, la seconde, la troisième, la quatrième et la cinquième (fig.2).

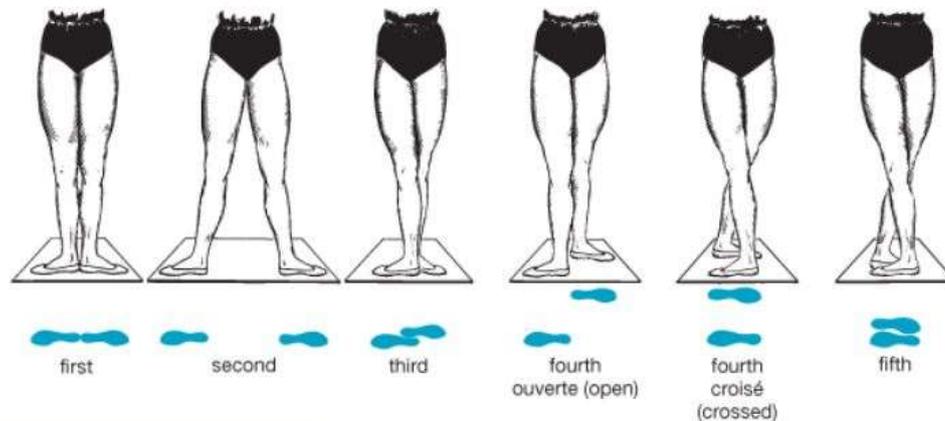


Figure 2 : Les cinq positions en danse classique. Katharine Holabird

Un en-dehors « idéal » est estimé à 90 degrés de rotation externe des membres inférieurs. Il est possible de travailler cet en-dehors avec de l'assouplissement afin de gagner en extensibilité au niveau des hanches. Chaque danseur présente une anatomie propre et si les hanches ne sont pas assez extensibles pour répondre aux exigences des positions, le danseur compense avec le bas de jambe. Il place ses pieds à 90 degrés de rotation externe puis force ses genoux et ses hanches en extension ce qui implique une pronation et une torsion externe du tibia. On appelle ça alors « l'en dehors forcé » (14). De plus, lorsque les danseurs forcent l'en dehors, ils effectuent une hyperlordose du bassin. Cette position étant mauvaise pour l'esthétique, ils la corrigent en effectuant une rétroversion forcée du bassin, ce qui place la capsule et les ligaments dans une position vulnérable. Les muscles psoas et sartorius se retrouvent également dans une position de contrainte. Il semblerait que si l'amplitude articulaire mesurée passivement est plus grande que celle mesurée activement, le danseur a recours à un en-dehors forcé, dû à une faiblesse musculaire ou une hypo-extensibilité de l'unité musculo-tendineuse (13). D'autres facteurs comme l'antéversion du col fémoral ou l'orientation de la cavité acétabulaire sont impliqués dans l'en-dehors. Un « en-dehors forcé » peut avoir des conséquences désastreuses comme des lésions dégénératives des cartilages, une luxation fémoro-patellaire ou des tendinopathies au niveau du membre inférieur. Il peut également provoquer des douleurs ou blessures au niveau de la colonne lombaire (11).

2.1.3 Le danseur en tant que sportif de haut niveau

En danse, le corps de l'artiste s'entremêle avec le corps du sportif et ses limites biomécaniques (11,15). On retrouve la balance entre la demande physique, inscrite dans une logique de performance, et la demande esthétique, régie par le principe d'hyper souplesse. Comme pour beaucoup de sports de haut niveau, la carrière d'un danseur est relativement courte. Par exemple, celle d'un danseur professionnel de l'Opéra de Paris se termine à 42 ans, homme comme femme et peu importe l'état de santé du danseur (3,18). L'apprentissage de la danse est généralement précoce avec un objectif de longévité de carrière ce qui exige des conditions de santé optimales et s'inscrivant dans la durée. Un danseur professionnel s'exerce environ 6 heures dans la journée et peut enchaîner avec une représentation le soir. Sur un spectacle d'une durée de 3 heures, il peut être sur scène pendant 1h30 à enchaîner les pas de la chorégraphie, ce qui implique une condition physique optimale. Plus le danseur va pratiquer, plus il soumet son corps à de nombreuses contraintes et plus il sera à risque de blessures. (19).

2.2 La blessure en danse

2.2.1 Les types de blessures

La danse représente un sport à haut risque de blessure. Certaines d'entre elles sont communes à d'autres sports mais les caractéristiques spécifiques de la danse rendent les danseurs plus vulnérables à certains types de pathologies.

Selon l'Association Internationale en Médecine et Science de la Danse (IADMS), une blessure se caractérise par une déficience anatomique au niveau des tissus, diagnostiquée par un professionnel de la santé agréé, qui entraîne une perte d'activité pendant un ou plusieurs jours après le jour d'apparition (20). Dans ce contexte, "activité" signifie la participation à un cours, à une répétition ou à un spectacle. Pour les événements qui n'atteignent pas le niveau de blessure à déclarer dans le système de surveillance, le terme "plaintes musculosquelettiques" devrait s'appliquer. Cette définition se rapproche de celle donnée par plusieurs auteurs qui classent les blessures en 3 catégories « perte de temps » (« *time loss* »), « attention médicale » (« *medical attention* »), « autres plaintes » (« *all complaint* ») (21,22). « Perte de temps » comprend les blessures qui empêchent le sportif de participer à un ou plusieurs entraînements ; les blessures « *attention médicale* » qui nécessitent à l'athlète de suivre des soins par un professionnel de santé. Enfin, les blessures « autres plaintes » pour celles qui n'atteignent pas le niveau de déclaration

d'arrêt ou de prise en charge par un professionnel de santé. La blessure se caractérise également par son mécanisme d'apparition. Elle peut être aiguë (« *acute* »), de sur-utilisation (« *overuse* ») ou chronique (23). Chez les danseurs, les blessures les plus fréquemment rencontrées sont celles dites *overuse* (22,24–26).

2.2.2 Epidémiologie de la blessure en danse

2.2.2.1 Données épidémiologiques générales

Entre 50 et 90% des danseurs se blessent au cours de leur carrière, que ce soit en danse classique ou contemporaine (27). Selon la littérature, un danseur se blesse entre 1,3 et 2,8 fois au cours de sa carrière pour 1000 heures de pratique (3)(28). En danse moderne, le taux d'incidence de blessure est de 80 % (4). Chez les danseurs pre-professionnels, le taux de blessure varie entre 26 et 51% (29).

Concernant le type de blessure, la majorité des blessures sont musculosquelettiques et représente 69% chez les professionnels et 42,1% chez les non-professionnels (30). De plus, nous retrouvons 70% des blessures de sur-utilisation contre 20% de traumatiques (31). Enfin, il semblerait qu'en danse classique, on retrouve une proportion plus importante de blessure de sur-utilisation chez les femmes que chez les hommes. Cette proportion s'inverse en danse contemporaine (32).

2.2.2.2 La localisation corporelle des blessures chez le danseur

Concernant la localisation de ces blessures, les chiffres varient selon les études et les auteurs. En revanche, toutes les études montrent une prévalence largement supérieure de blessures du membre inférieur par rapport au membre supérieur et au tronc. En moyenne, 80% des blessures totales touchent le membre inférieur peu importe le niveau et le type de danse (24,33). Le tableau I reprend la répartition des blessures selon les danses et selon le Centre National de la Danse.

Nous allons détailler ces blessures par la suite.

Tableau I : Répartition des blessures selon le type de danse selon le Centre National de la Danse (1).

	Tête	Dos	Membres supérieurs	Membres inférieurs	Pied et cheville	Traumatiques	Chroniques
Danse classique							
Amateurs	3%	10%	3%	43%	41%	25%	75%
Professionnels	1%	12%	4%	44%	39%	48%	52%
Danse contemporaine							
Professionnels	3%	17%	13%	27%	40%	28%	72%
Danse hip hop							
Professionnels	8%	9%	30%	32%	21%	45%	55%

Les blessures musculaires chez le danseur sont surtout aiguës donc traumatiques (1/3 selon Askling & al. contre 1/6 de sur-utilisation) et particulièrement retrouvées chez le danseur masculin (30,34). Les blessures à la cuisse représenteraient en moyenne 25% de ces blessures dont 50% concerneraient les ischios-jambiers (28,35,36).

Les blessures à la cheville concernent une majorité des blessures (entre 18 et 30% selon la littérature) et notamment chez les femmes (22,35,37). Parmi ces blessures, il existe l'entorse de cheville, différentes tendinopathies parmi lesquelles on retrouve le tibia postérieur, le tendon d'Achille et le fléchisseur de l'hallux (24,31). Enfin, le conflit antérieur et postérieur de la cheville sont fréquents chez le danseur (10%) (13,22,35,38,39).

Les blessures dans la région du pied peuvent concerner les hallux valgus, nombreux chez les danseuses, ou les fractures de fatigue, notamment du métatarse (5,40,41).

Les blessures du genou représentent entre 13 et 25% des blessures totales avec notamment une forte proportion de syndrome fémoro-patellaire (29% selon la littérature) (22,28,33).

Les blessures à la hanche représentent entre 10 et 20% des blessures totales avec notamment le syndrome de l'ilio-pectoral ou la tendinopathie du droit fémoral (14,24,42).

Les blessures et douleurs du dos touchent couramment les danseurs dont la proportion de lombalgies varie entre 8 et 20% (28,37,43).

Pour conclure, les blessures en danse concernent principalement le membre inférieur et toutes ses structures musculosquelettiques. La prévention et le traitement des blessures en danse =, notamment en kinésithérapie, requièrent une connaissance et une compréhension des mécanismes mis en jeu.

2.2.2.3 Les principaux facteurs de risques de blessures

Contraintes physiques et esthétiques. Historiquement, l'institution académique implique des danseuses un esthétisme rigoureux. Cette tradition entraîne un conflit avec l'évolution naturelle du corps et sa modification lors de la puberté. L'aspect allongé, longiligne de la danseuse l'oblige à effacer ses formes et à se restreindre à un indice de masse corporelle faible. Les danseuses ne peuvent pas prendre énormément en volume musculaire car plus un muscle est volumineux, plus il contient du tissu conjonctif qui est susceptible d'augmenter sa raideur (44). Néanmoins, il a été montré par plusieurs auteurs que l'ajout de renforcement musculaire supplémentaire aux cours de danses n'affecte pas l'aspect physique du danseur et tendrait à être un facteur de prévention (45,46).

L'en-dehors (décrit en partie 2.1.2.3) est considéré comme un facteur de risque. Chez les danseuses qui compensent leur en-dehors par une pronation du pied, on retrouve une prévalence plus importante de blessures (47)(48). De plus, la compensation de l'en-dehors entraîne un tilt antérieur du bassin ce qui augmente la prévalence de lombalgies chez les danseuses (49).

L'hypermobilité articulaire. Elle se définit comme le syndrome d'hypermobilité articulaire bénin (50). Selon la littérature, la prévalence serait de 44% chez les danseurs. L'hypermobilité se mesure à l'aide du score de Beighton et fait référence aux facteurs capsulo-ligamentaires des articulations, la forme osseuses et la congruence des articulations (51). Selon la littérature elle est considérée comme un facteur de risque car elle pourrait entraîner des instabilités articulaires via une hyper laxité ligamentaire et des pathologies comme des dégénération précoces du cartilage. Cette notion est cependant controversée (50,52).

Antécédent de blessures. Le facteur de risque le plus important retrouvé dans la littérature concerne les antécédents de blessures. Un danseur aura plus de risques de se blesser s'il a déjà souffert de blessures au cours de sa carrière ou non (33,42).

Autres facteurs de risques connus. Parmi les facteurs de risques de blessures en danse, nous retrouvons également le type de sol, le temps d'entraînement et les habitudes de vie des danseuses. Parmi celles-ci, on retrouve la consommation de tabac, les troubles alimentaires, la fatigue et le stress (36,53,54). Le temps d'entraînement peut être considéré comme un facteur de risques avec des blessures qui augmentent suivant l'intensité et la fréquence des entraînements (35). Les dysfonctions menstruelles sont également un facteur de risques de

blessures, notamment de fracture (54–56). En revanche, l'âge et le genre ne sont pas considérés comme des facteurs de risques (42).

2.2.2.4 Quelques mécanismes de blessures

La liste des mécanismes de blessures présentée ci-dessous n'est pas exhaustive.

En ce qui concerne les blessures traumatiques et aiguës, les danseuses et danseurs peuvent se blesser lors des sauts et pirouettes (mouvement où le danseur tourne sur lui-même sur *demi-pointe* ou sur *pointe*) (30). Certaines blessures « *overuse* » arrivent lors de répétitions de mouvements. C'est le cas pour les tendinopathies des muscles du pied. Pour certaines pathologies nous retrouvons certains mécanismes typiques de la danse classique. Par exemple, les tendinopathies comme celles des fléchisseurs des orteils surviennent lors de mouvements répétés comme la flexion dorsale. Lors de ces mouvements répétés, les tendons fléchisseurs se retrouvent comprimés entre le tubercule postérieur du talus et le sustentaculum tali et il peut y avoir une inflammation. Le conflit postérieur est également concerné par cette problématique. Il est lié au contact anormal entre le calcaneus et le tibia lors de la flexion plantaire extrême (5,57).

Concernant les blessures musculaires, Askling & al., nous montre qu'elles interviennent aux ischios-jambiers et adducteurs chez les danseurs lors d'étirement à faible intensité et faible vitesse lorsque la hanche est en flexion et le genou en extension (58). La blessure peut également intervenir lors de sauts à grandes amplitudes comme le grand jeté mais cela est plus rare (34). Ces grands sauts et grands mouvements font équivoques à la représentation populaire du danseur et à sa capacité à atteindre des amplitudes articulaires impressionnantes. Les danseurs sont des artistes mais aussi athlètes dont l'expression physique passe par des mouvements rythmés et harmonieux, plaçant leurs corps dans des positions qui requièrent une extraordinaire souplesse et compliance. La danse est une activité artistique qui implique une forte demande physique, musculaire en souplesse et en équilibre (5,59).

2.3 L'amplitude de mouvement chez les danseurs

2.3.1 Définitions de l'amplitude de mouvement

Un mouvement se définit par le déplacement d'un corps dans un espace à un moment déterminé. Sa biomécanique se définit par une trajectoire et une vitesse donnée. Sa direction se fait selon l'architecture osseuse et le déplacement des segments est possible grâce à l'action des muscles

s'y insérant. L'espace défini lorsque le segment se déplace est appelé « amplitude de mouvement » et plus communément « amplitude articulaire » (traduite comme ROM – range of motion dans la littérature).

Il existe deux types d'amplitudes. L'amplitude passive qui se définit et se mesure lorsqu'une personne extérieure mobilise le segment jusqu'à la distance maximale. Ou au contraire, l'amplitude articulaire active, lorsque le segment se déplace grâce à la force musculaire déployée par le sujet. L'amplitude de mouvement dépend de l'anatomie des articulations et de leurs congruences, des facteurs capsulo-ligamentaires et des structures musculo-tendineuses qui les entourent (60).

Dans le domaine de la santé, la mesure de l'amplitude articulaire présente plusieurs avantages. Elle permet d'évaluer l'effet d'un traitement, sert de marqueur pour un suivi inter-opérateurs, aide au diagnostic de certaines pathologies.

L'outil de référence pour mesurer l'amplitude articulaire est le goniomètre. Il existe également d'autres outils comme le dynamomètre isocinétique, l'inclinomètre et les mesures photographiques (58,59,61).

2.3.2 La souplesse chez le danseur

La souplesse peut se définir comme la capacité du couple muscle-tendon à s'allonger (61) ou encore comme l'aptitude d'une articulation à atteindre son amplitude articulaire maximale sans blessure (62). C'est une qualité physique au même titre que la force ou l'endurance. Elle se mesure à travers la mesure de l'amplitude de mouvement (traduite comme ROM – range of motion dans la littérature).

En danse, nous retrouvons des mouvements nécessitant des petites amplitudes comme un dégagé (ouverture de quelques degrés de la jambe tendue dans le plan frontal ou sagittal) ou des grandes amplitudes comme une arabesque ou un grand battement (ouverture en dégagé mais avec une amplitude dépassant 90°). Ces mouvements à grandes amplitudes font principalement intervenir la flexion de hanche, l'extension de hanche et les rotations de hanche mais aussi l'extension dorsale lors d'un cambré (extension du tronc vers l'arrière) et flexion plantaire lorsque la danseuse se met sur pointe.

Les tableaux ci-dessous (Tableau II) présentent les différences entre les amplitudes articulaires physiologiques et les amplitudes articulaires retrouvées chez le danseur. Dans l'ensemble, le danseur présente des amplitudes de mouvements supérieures à la population générale.

Tableau II : Tableaux d'amplitudes articulaires physiologiques et chez la danseuse du membre inférieur (63) (64)

Articulation	Mouvement	Amplitude	Dancers	
			Mean (Deg)	SD
Hanche	Flexion	120-125°		
	Extension	15-30°		
	Rotation externe	40-50°		
	Rotation interne	25-40°		
	Abduction	30-50°		
	Adduction	20-30°		
Genou	Flexion	130-140°		
	Extension	0°		
Cheville	Flexion Dorsale	15-20°		
	Flexion Plantaire	50-60°		
	Varisation (inversion)	30-40°		
	Valgisation (éversion)	15-20°		
			Hip	
			External rotation	84.0 ± 16.2
			Internal rotation	49.0 ± 8.4
			Flexion	167.0 ± 7.6
			Extension	-0.4 ± 1.2
			Abduction	55.0 ± 7.7
			Adduction	-2.3 ± 8.7
			Knee	
			Extension	172 14.4

L'amplitude de mouvement dépend de la souplesse du danseur qui dépend elle-même du tissu musculaire et de sa capacité à s'allonger. Dans la littérature, il y a consensus pour dire que la souplesse est augmentée directement par les étirements musculaires (27,58,65). Un étirement correspond à l'action d'allonger deux extrémités d'un muscle jusqu'à l'apparition d'une douleur ou d'une douleur insupportable selon les auteurs. Cette limite est subjective et est appelée amplitude articulaire maximale. Chez les danseurs, plus souples que le reste de la population (64,66), l'étirement le plus pratiqué est l'étirement statique auquel ils y consacrent plusieurs heures (62). L'étirement met en tension les tissus mous comme par exemple le muscle. Cette mise en tension est permise de par l'architecture et des propriétés musculaires bien particulières.

2.3.3 Rappels mécaniques sur le muscle

Le muscle strié est un ensemble de faisceaux qui regroupe eux-mêmes un ensemble de cellules appelé fibre musculaire. Une fibre contient plusieurs myofibrilles qui forment l'unité contractile du muscle (fig. 3). Le sarcomère est constitué de myofilaments d'actine et de myosine. Lors du cycle de contraction ces deux protéines s'assemblent et forment ce que l'on appelle un « pont d'actine-myosine » pour permettre le raccourcissement de la fibre musculaire.

En revanche, lors de cycle d'étirement ce ne sont pas eux qui s'étirent mais les protéines qui les relient, comme par exemple, les filaments de titine. Ces derniers jouent un rôle majeur dans le maintien de la stabilité du pont actine-myosine. Lors d'une contraction, la force passive de la titine diminue contrairement à la condition d'étirement où elle augmente. Elle agit couplée avec une seconde protéine, la desmine, protéine adaptable au niveau des fascias avec des capacités de flexibilité importantes. C'est la partie la plus externe de la titine qui participe majoritairement à l'étirement (fig. 4) (67–71).

Parmi les propriétés d'un muscle, nous en retrouvons qui interviennent dans l'allongement d'un muscle : l'élasticité et la plasticité. L'élasticité correspond à la capacité du muscle à s'étirer puis à reprendre sa longueur initiale. La raideur musculaire est une propriété du muscle qui s'oppose à l'étirement. Elle correspond à la résistance d'un corps mis en tension afin d'empêcher sa déformation (44). Un étirement se décompose en 3 phases : une phase élastique, une phase plastique puis une phase de rupture (lorsqu'on a dépassé le seuil plastique, phase où la fibre subit des lésions proportionnelles à l'état de tension) (fig.5). La plasticité correspond à la capacité du muscle à s'étirer puis à conserver les modifications de longueur à l'arrêt de l'étirement.

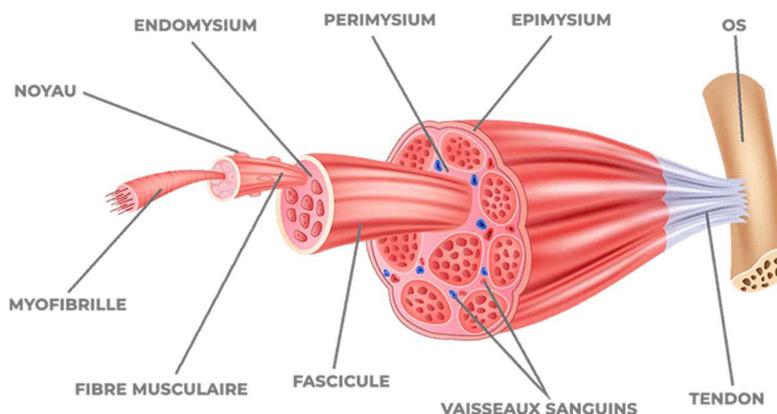


Figure 3 : Schéma explicatif de l'anatomie du muscle strié squelettique

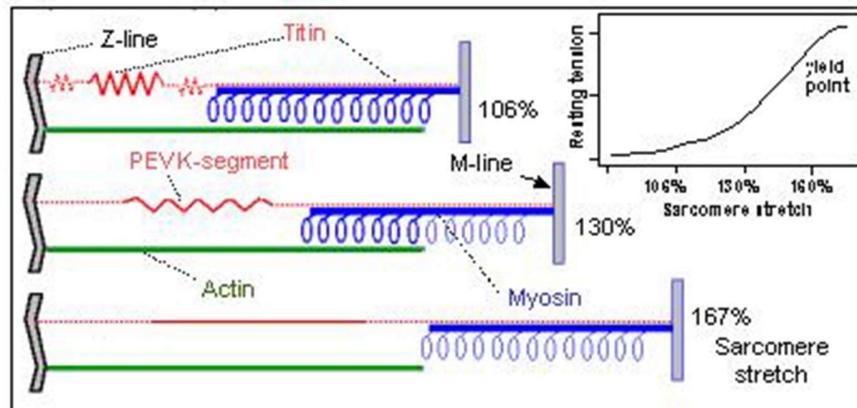


Figure 4 : Schéma simplifié de la mécanique de la titine lors d'un étirement

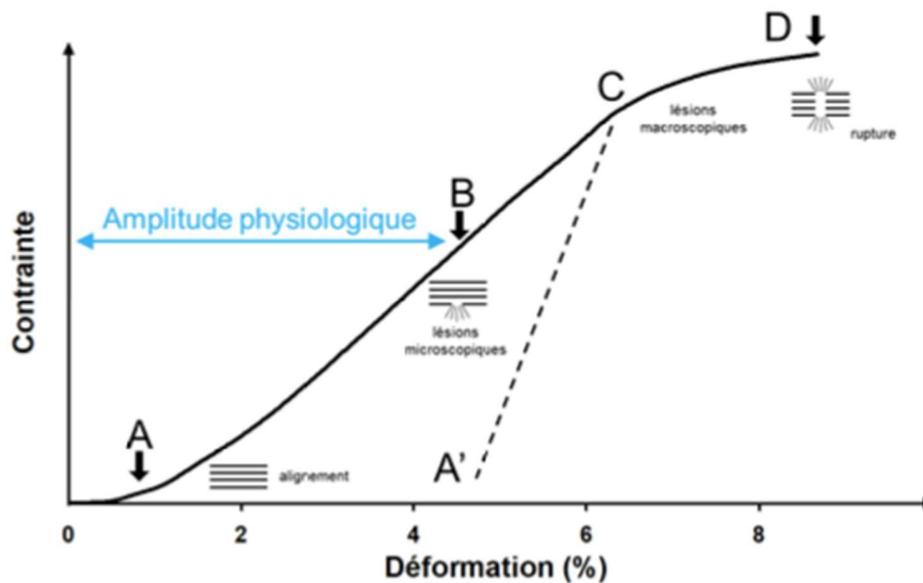


Figure 5 : Courbe de déformation d'un muscle selon l'intensité de la contrainte exercée (35).

Lors d'un étirement, on retrouve également un allongement du tissu tendineux. Sa raideur est supérieure à celle du tissu musculaire car il est composé de fibres de collagènes qui lui procure une résistance importante à la traction et donc une faible capacité d'allongement (65). En effet, un tendon est capable de s'allonger de 8% de sa longueur alors qu'un muscle s'allonge entre 20 et 50% de sa longueur. L'étirement du tendon se décompose en 4 phases : phase initiale, la phase

linéaire, la phase de rupture partielle et la phase de rupture totale au-delà de 8% de déformation (65).

L'étirement provoquera des modifications structurelles de l'unité musculo-tendineuse avec une hypertrophie des fibres musculaires grâce à une augmentation du nombre de sarcomère et une diminution de la raideur du tissu conjonctif (44,72).

2.3.4 Les différents types d'étirements musculaires

Il existe plusieurs types d'étirements : les étirements passifs, statiques, actif, dynamiques et balistiques (73,74).

L'étirement passif correspond à la mise en tension lente et progressive d'un muscle de sa course externe à sa limite maximale. Il permet le gain ou la restauration d'amplitude. Il peut être de courte durée permettant d'éviter l'enraidissement et l'entretien des amplitudes articulaires ou de longue durée permettant de gagner en souplesse. C'est l'étirement le plus utilisé en danse car il se réalise de manière autonome et permet d'aller jusqu'à la limite douloureuse tout en étant progressif (75).

L'étirement actif correspond à un étirement musculaire dans sa phase élastique auquel on ajoute une contraction isométrique. Il se réalise souvent de manière dynamique, ce qui consiste à réaliser 2 à 3 mouvements concentriques en y ajoutant une composante de vitesse. Un étirement à vitesse rapide provoquera une raideur plus élevée qu'un étirement à vitesse lente. L'étirement dynamique est souvent préféré pour s'échauffer ou en préparation physique mais n'a pas été démontré comme permettant de gagner en amplitude articulaire (76,77). Lors de mouvements comme le grand jeté ou les grands battements, le danseur réalise un étirement dynamique.

L'étirement balistique correspond à la contraction d'un groupe musculaire pour produire un mouvement répété de type oscillatoire sur une amplitude importante. Cet étirement est réalisé lors des mouvements de grands battements ou de grands jetés en danse. Il aura tendance à engendrer une contraction réflexe du muscle étiré par reflexe myotatique. C'est un étirement régulièrement pratiqué en échauffement notamment dans les sports d'accélération tel que le football (72,78).

La littérature indique que le temps idéal d'un étirement de courte durée d'un temps de 30 secondes afin de ne pas avoir de conséquence sur la performance sportive à court terme et d'avoir des bénéfices à long terme (76,79).

Chez les danseurs, l'étirement est à visée de gain d'amplitude mais également dans un but d'entraînement à la production de force explosive dans des amplitudes articulaires extrême (80). Les danseurs privilégient alors les étirements statiques. Ils s'étirent sur des durées supérieures à 30 secondes et arrivent à atteindre des amplitudes importantes. Ces amplitudes sont possibles car l'assouplissement fait également intervenir les structures neurophysiologiques de l'unité musculo-tendineuse.

2.3.5 Neurophysiologie de l'étirement

Lorsque nous étirons brutalement un muscle, on assiste à un réflexe physiologique appelé réflexe myotatique. Le rôle de ce dernier est de contrôler les changements de longueur du muscle pour le ramener à sa longueur initiale. Il va à l'inverse de l'étirement. Au repos, l'activité des fuseaux neuro-musculaires est faible mais augmente lorsque le muscle est étiré ce qui déclenche le réflexe myotatique. Afin de le limiter, il faut effectuer un étirement peu intense et contrôlé. En effet, un premier étirement peu intense et progressif générera une réponse myotatique et si cet étirement est maintenu par un phénomène d'habituation, l'activité des fuseaux diminuera. Il faut environ 20 secondes pour atteindre l'habituation. Une fois celle-ci obtenue, un second étirement de la fibre musculaire générera à nouveau une activité myotatique puis une habituation. A la fin, ce sont les propriétés mécaniques du tissu musculaire qui limiteront l'amplitude articulaire et donc l'étirement (71).

Les danseuses sont adeptes de ce genre d'étirement, progressifs et lents car ils leurs permettent de s'approcher de leur amplitude articulaire maximale pour pouvoir la maintenir en posture.

2.3.6 Effets de l'étirement à long terme sur l'unité musculo-tendineuse

2.3.6.1 Conclusions contradictoires concernant les bénéfices

Les danseuses pratiquent l'étirement de manière chronique, depuis plusieurs années et pendant plusieurs heures. La littérature montre que l'amplitude de mouvement est augmentée grâce à l'étirement de manière immédiate et de manière chronique. L'étirement permet un gain d'amplitude grâce à deux mécanismes. Tout d'abord, la tolérance à l'étirement. Le couple muscle-tendon est capable de tolérer l'étirement passif tout en revenant à sa longueur initiale de repos

(81). Deuxièmement, la diminution de la résistance visco-élastique du muscle due à ses propriétés mécaniques ou à sa géométrie. Les résultats retrouvés dans une revue de la littérature sur les étirements chroniques montrent qu'un étirement pendant une durée supérieure à 3 semaines a peu d'effet sur l'angle de force d'une articulation. En revanche, ils montrent une augmentation de l'extensibilité musculaire maximale après les 3^{ème} et 4^{ème} semaines d'intervention et une diminution de la raideur du tissu tendineux. Il semblerait qu'à long terme, il y ait une tolérance musculaire mais que l'amplitude articulaire active reste inchangée à cause de la tension des muscles antagonistes (72,81).

2.3.6.2 Conclusions contradictoires concernant les préjudices

La littérature actuelle ne semble pas dire que l'étirement ait une incidence sur le risque de blessure à long terme mais certaines études ont montré que l'augmentation de la souplesse des ischio-jambiers diminuait l'incidence des blessures musculaires (82). De plus, lorsqu'on étire un muscle, nous augmentons la compliance du couple muscle-tendon et plus un couple muscle-tendon est compliant, plus il est en mesure d'absorber et de restituer rapidement l'énergie. Si le tendon n'est pas assez compliant, il ne peut pas restituer correctement l'énergie absorbé et cela peut augmenter le risque de blessure. Aussi, un muscle raide semble avoir un risque de blessure plus important(72,83).

3 Problématisation

Il semblerait que l'étirement provoque une diminution de la raideur à court terme et un bénéfice sur la performance et le risque de blessure à long terme (81,86). Ces hypothèses sont pour la plupart basées sur une population de sportifs à faible amplitude de mouvement. Cependant, la danseuse consacre des heures à l'assouplissement, le couple muscle tendon est donc déjà très compliant. Cette qualité physique lui permet de réaliser de grands mouvements à grandes amplitudes et nous pouvons alors nous demander si cela va augmenter le risque de blessure ou au contraire le préserver.

Ceci nous amène à nous questionner sur la capacité du système musculo-tendineux à se laisser distendre et s'il serait lié à une prévalence plus importante ou non de blessures chez le danseur. Ainsi, nous souhaitons savoir si une corrélation entre ces deux facteurs existe et quels seraient les paramètres la définissant.

L'objectif de cette revue est de déterminer s'il existe un lien entre la souplesse, au travers de l'amplitude articulaire et le risque de blessure chez le danseur. Aussi, nous nous intéressons ici à cette relation spécifiquement chez le danseur en danse classique, contemporain et moderne.

Au regard des connaissances théoriques exposées, nous faisons l'hypothèse que la souplesse du danseur est associée à la prévalence de ses blessures. L'objectif de ce travail est donc d'affirmer ou de réfuter l'hypothèse d'une **corrélation entre la souplesse et le risque de blessure chez les danseurs**.

4 Méthodes de recherche

Nous avons choisi de répondre à notre problématique sous la forme d'une revue de la littérature systématique utilisant la méthode PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) qui est une méthode de rédaction de revue de littérature scientifique validée (87).

4.1 Recherche d'articles

4.1.1 Question de recherche et équation de recherche

Afin d'optimiser notre stratégie de recherche, nous avons définis trois axes d'intérêts correspondant à notre problématique. Ces trois axes nous permettent par la suite d'établir une liste de mots-clés correspondants et utiles pour établir des équations de recherche exhaustives. Ces axes et mots-clés sont présentés dans le tableau suivant (Tableau III).

Tableau III : Axes de recherches et mots-clés correspondants

Axes de recherches		Mots Clés
Axe 1 : Population	Danse Classique, moderne et contemporaine.	Ballet, Dance
Axe 2 : Variable étudiée 1	Souplesse	Flexibility, Range of Motion, Hypermobility,
Axe 3 : Variable étudiée 2	Blessure	Injury, Pain

Notre question de recherche s'inscrit dans un questionnement descriptif, de corrélation. C'est-à-dire que nous interrogeons la littérature sur la relation entre deux facteurs, la souplesse et les blessures à travers des études non interventionnelles.

4.1.2 Interrogation des bases de données

Par la suite, ces critères nous ont permis de constituer trois équations de recherche afin d'interroger les bases de données et leurs interfaces respectives suivantes : MEDLINE et PubMed, Science Direct et enfin PEDro.

Pour le moteur de recherche PubMed nous avons utilisé l'équation de recherche suivante : ("Range of Motion, Articular"[Mesh] OR flexibility OR hypermobility) AND "Dancing"[Mesh] AND ("Wounds and Injuries"[Mesh] OR injury OR pain) en utilisant certains termes MeSH.

Pour la base de données ScienceDirect, nous avons utilisé l'équation de recherche suivante : *Ballet AND flexibility AND injury AND ("lower limb" OR back OR knee OR ankle OR hip)*. Cette dernière est différente car ScienceDirect n'accepte que 8 opérateurs booléens. De plus, afin de réduire le bruit documentaire et d'optimiser la pertinence des résultats, nous avons fait le choix de limiter les recherches aux dix dernières années (c.-à-d. 2010-2020). Nous avons également choisi d'utiliser le filtre que propose la base de données « *medecine and dentistry* ».

Enfin, pour la recherche sur PEDro l'équation de recherche suivante a été utilisée : « *dance* » AND « *flexibility* ». PEDro répertorie un nombre moins important d'articles que ScienceDirect et PubMed car elle est spécifique à la kinésithérapie. C'est pourquoi afin d'obtenir tous les articles en lien avec notre problématique nous avons réduit l'équation de recherche.

4.2 Identification

Pour optimiser la recherche, nous avons inclus dans cette étape tous les articles se référant à la danse, à la mobilité et aux blessures.

Des lectures parallèles (bibliographies ou références extraites) et non inscrites dans la stratégie de recherche ont permis d'identifier de nouveaux articles (n=1) afin d'affiner la revue de littérature.

Dans un premier temps, nous avons trié et éliminé tous les doublons.

4.3 Critères d'éligibilité à la revue de littérature

Afin de sélectionner les études pertinentes parmi les résultats obtenus, nous avons établi des critères d'inclusion et d'exclusion de la revue de littérature.

4.3.1 Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion pour cette revue ont été définis en suivant les axes de recherche décrits vu précédemment (4.1.1). Concernant l'axe « population », nous avons choisi d'inclure les articles traitant des types de danses présentés dans cette revue soit la danse classique, la danse moderne et la danse contemporaine. Comme exposé dans le cadre théorique, celles-ci ont une origine historique et esthétique commune, nous avons choisi de ne pas les séparer afin de lutter contre le silence documentaire. Concernant la variable « souplesse », nous avons choisi de différencier la souplesse musculaire et les amplitudes de mouvements de la mobilité articulaire pure et de ses conséquences propres sur les articulations. Pour avoir une meilleure homogénéité dans les résultats et pour répondre avec plus de précision à notre problématique, nous avons inclus les études traitant du sujet « flexibility » et exclu les études concernant la mobilité articulaire. Enfin, concernant la variable « blessure », tous les articles traitant des blessures ou des douleurs liées à la pratique de la danse ont été inclus.

4.3.2 Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion ont également été définis selon les axes de recherches décrits (4.1.1) Concernant l'axe 1 « population », afin d'assurer une homogénéité des résultats nous avons exclu les types de danse ayant une origine technique trop éloignée de la danse classique. C'est le cas, d'une étude obtenue sur la danse irlandaise car c'est une danse de groupe reposant sur la répétition et la rapidité de sauts. C'est également le cas d'une étude sur le pôle dance qui s'éloigne du ballet par l'intervention d'un élément extérieur, la barre de pole. De plus, les études dont la population principale est différente des danseurs sont exclues. L'âge et le niveau de danse ne sont pas des critères d'exclusion pour cette revue. Concernant le type d'études retenues, nous avons choisi de restreindre la sélection aux études ayant un niveau de preuve suffisant par rapport à notre question de recherche. Comme indiqué précédemment, notre problématique s'inscrit dans une recherche observationnelle. Les études les plus pertinentes pour y répondre sont les études observationnelles (de cohorte, transversales, cas-témoins) (88). Les chapitres de livres, les revues narratives ainsi que tout autre type de littérature grise (avis d'experts, extraits de thèses,...) ont été écartés de la sélection.

On retrouve également comme critère d'exclusion : la langue de publication, (les études non traduites en anglais, langue de référence dans le milieu scientifique, sont exclues) ; l'année de publication (inférieure à 2000 car les articles plus anciens sont moins pertinents pour répondre à notre problématique) ; les études qui utilisent la danse comme moyen thérapeutique pour une autre pathologie (par exemple chez les personnes âgées) car elles n'appartiennent pas à la cible de notre recherche et créent du bruit documentaire ; les études ayant un score de validité interne insuffisant. Ce dernier paramètre est abordé dans le paragraphe 4.5 Index de qualité.

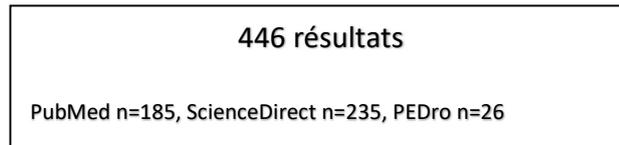
4.4 Sélection des articles

En combinant les trois bases de données et les trois équations de recherches respectives, 446 résultats ont été trouvés : 185 sur PubMed, 235 sur ScienceDirect et 26 sur PEDro.

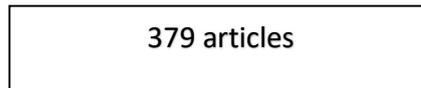
Après avoir exclu les 67 doublons, nous avons exclu 260 articles à la lecture des titres et des résumés qui ne correspondaient pas à notre question de recherche. A la suite de cette étape, nous obtenions 35 articles a priori pertinents. Nous les avons soumis à une lecture intégrale afin d'en évaluer l'éligibilité et avons identifié 8 articles répondant aux critères d'inclusion et d'exclusion préalablement définis.

Des lectures complémentaires à ce processus de sélection ont permis l'ajout d'une source correspondant aux axes de recherche portant ainsi à 9 le nombre d'articles retenus.

La figure 6 présente les étapes constituant la méthode de sélection utilisée dans cette revue.

Identification :**Sélection :**

(-) filtres ScienceDirect (n=535)
(-) doublons (n=67)

**Eligibilité :**

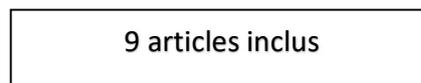
- **par lecture de titres & résumés :**

(-) lecture de titres n= 260
(-) lecture des résumés n= 84



- **par lecture intégrale :**

(-) population différente n=2
(-) critère d'intervention différent n=11
(-) absence d'évaluation de blessures n=4
(-) revues de littérature, article de revue, n=8
(-) date de publication < 2000 n=2
(+) lecture complémentaire n=1



- **par évaluation méthodologique :**

(-) score de validité interne insuffisant n=1

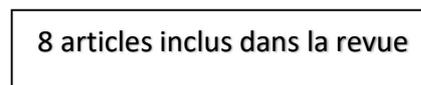
Inclusion :

Figure 6 : Diagramme de flux

4.5 Index de qualité

La dernière étape du processus de sélection correspond à l'évaluation interne des études retenues. Afin d'assurer leur qualité méthodologique, nous nous sommes appuyés sur l'ouvrage de Pallot, A. (2019) *Evidence Based Practice*, qui présente l'échelle Newcastle Ottawa Scale (NOS). Cette échelle, relative aux études observationnelles évalue l'étude selon trois principaux items : la sélection des groupes étudiés, la comparabilité des groupes et le résultat pour les groupes étudiés. De plus, l'échelle se décline selon le type exact d'étude : Les études de cohorte sont évaluées sur 10 points (10 étant l'indicateur maximum) et les études cas-témoins et transversales sont évaluées sur 9 points. Les études incluses dans la revue ont obtenu des scores entre 8 et 9/10 pour les 2 études de cohorte et 7 et 8/9 pour les 6 études observationnelles. La table 1 rapporte les différents scores attribués aux études. Le détail de ces scores est disponible en annexe 2.

Seule l'étude de M.Wójcik « Selected lower extremity flexibility tests as an element of functional assessment for ballet school students – Preliminary observation » a obtenu un score NOS de 4/10. Elle a donc été exclue, au regard de son faible score comparativement aux autres études et de sa faible pertinence afin d'avoir une meilleure homogénéité de résultats.

5 Résultats

5.1 Caractéristiques des études choisies

Au regard des critères exposés, le processus de recherche génère 8 résultats dans la littérature scientifique actuelle. Les études sélectionnées sont toutes des études observationnelles. On retrouve 5 études transversales, 2 études de cohorte et 1 étude cas-témoins. Les caractéristiques générales des études sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau IV).

Tableau IIV : Caractéristiques des études sélectionnées

Articles 	Publication 	Type d'étude 	Echelle de qualité 	Score 
Steinberg N. & al. Extrinsic and intrinsic risk factors associated with injuries in young dancers aged 8-16 years (89)	J Sports Sci. 2012	Transversale	NOS Modifié / 10	9/10
Steinberg N. & al. Injuries in female dancers aged 8 to 16 years (90)	J Athl Train. 2013	Transversale	NOS Modifié / 10	9/10
Steinberg N. & al. Paratenonitis of the Foot and Ankle in Young Female Dancers (91)	Foot & Ankle Intl. 2011	Transversale	NOS Modifié / 10	8/10
Steinberg N. & al. Lower extremity and spine characteristics in young dancers with and without patellofemoral pain (92)	Res Sports Med. 2017	Cas-témoins	NOS modifié /9	8/9
Steinberg N. & al. Joint range of motion and patellofemoral pain in dancers (93)	Int J Sports Med. 2012	Transversale	NOS Modifié / 10	8/10
S.Bronner, N. & al. Risk factors for musculoskeletal injury in elite pre-professional modern dancers: A prospective cohort prognostic study (94)	Phys Ther Sport,2018	Cohorte rétrospective	NOS /9	7/9
Drężewska M. & al. Hip joint mobility in dancers: preliminary report (95)	Ortop Traumatol Rehabil. 2012	Transversale	NOS Modifié / 10	8/10
Recherche complémentaire : Hiller CE & al. Intrinsic predictors of lateral ankle sprain in adolescent dancers : a prospective cohort study (96)	Clin J Sport Med. 2008	Cohorte prospective	NOS /9	8/9

5.2 Méthodologie des études retenues et particularités

Parmi les études sélectionnées, on retrouve certaines particularités de méthodologie qui nécessitent d'être explicitées afin de faciliter l'analyse des résultats.

Mesure des amplitudes. Dans l'ensemble des études sélectionnées, les mesures d'amplitudes de mouvements et hypo-extensibilités musculaires ont été mesurées par un goniomètre. A

l'exception de l'étude de CE.Hiller où certaines amplitudes ont été mesurées par un inclinomètre ou à l'aide d'un test appelé « test de la flexion dorsale en charge ».

Certaines amplitudes articulaires passives ont été mesurées selon 10 positions (fig. 7) (89–93):

- Flexion plantaire en pointe (mesure A),
- Flexion plantaire de cheville (mesure B),
- Flexion dorsale de cheville (mesure C),
- Rotation externe et rotation interne de hanche (mesures D et E),
- Abduction de hanche (mesure F),
- Flexion et extension active de hanche (mesure G et H),
- Flexion de genou (mesure I),
- Mesure active de l'extensibilité des ischio-jambiers (mesure J).

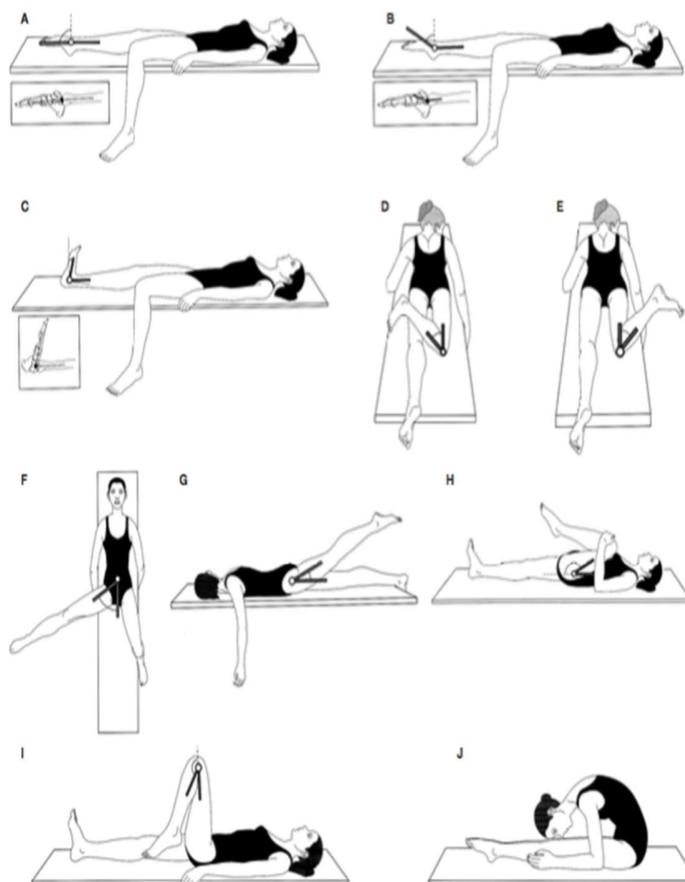


Figure 7 : Mesure des amplitudes articulaires selon Steinberg N & al.

Les critères d'évaluation pour objectiver une hypo-extensibilité étaient les suivants : pour le quadriceps, une flexion de genou inférieure à 90°, pour l'ilio-psoas une extension de hanche inférieure à 0°, pour la bandelette ilio-tibiale si la hanche était en abduction au repos et enfin pour les ischios-jambiers si la flexion de hanche selon le Straight Leg Raise Test était inférieure à 90° (94).

Classement des amplitudes. Parmi les études présentées, certaines ont établi un classement des amplitudes articulaires où les amplitudes articulaires sont divisées selon trois catégories : *hypoROM* (score inférieur à 1 point de la moyenne) *averageROM* (score compris entre -1 et +1 de la moyenne) et *hyperROM* (score supérieur à 1 point de la moyenne). Ces catégories sont présentées en annexe 3(89–91,93).

Dans l'étude N.Steinberg & al. *Joint range of motion and patellofemoral pain in dancers*, la population est divisée en 18 groupes basés sur les amplitudes articulaires des trois articulations étudiées (exemple : groupe A : rotation externe de hanche moyenne + extension de genou moyenne + flexion en pointe moyenne) (93).

Définition des blessures. Pour objectiver les blessures, les danseuses devaient rapporter les critères suivants: présence d'une douleur reproductible à l'examen clinique, signe clinique d'inflammation spécifique à la pathologie investiguée (œdème, présence de nodule sur le tendon, douleur à la palpation,...) (89–91). Pour certaines études des critères d'exclusion ont été établis selon les pathologies investiguées : la présence d'une pathologie concomitante, antécédents de chirurgie du pied ou cheville et/ou luxation, subluxation pour les études sur les entorses ou tendinopathies, antécédents de chirurgie et/ou luxation, subluxation de la patella pour les études sur le genou(92,93). Dans l'étude de N.Steinberg & al. *Lower extremity and spine characteristics in young dancers with and without patellofemoral pain*, les danseuses présentant des troubles musculosquelettiques et ayant manqué un cours dans les deux dernières années étaient exclus du groupe contrôle.

Statistiques spécifiques. Pour mesurer la corrélation entre les variables d'intérêts, les auteurs ont réalisé des analyses de régression logistique. Afin de faciliter la compréhension des résultats, il nous paraît important d'explicitier cet outil. La régression logistique est une méthode d'analyse multivariée permettant de quantifier l'association entre plusieurs variables afin de les généraliser à la population de référence (97). Pour cela ils établissent un rapport de côte (Odds-Ratio, OR) qui

établit le degré de dépendance entre les variables. Si la variable d'intérêt n'est pas rare dans la population, il peut s'interpréter de la même façon que le risque relatif : si le rapport est égal à 1, les deux variables sont indépendantes, s'il est supérieur à 1, l'association est positive, s'il est inférieur à 1, l'association est négative. Enfin, compte tenu de notre question, si l'intervalle de confiance à 95% de ce rapport comprend la valeur 1, cela signifie que l'association ne sera pas significative.

5.3 Présentation des résultats et caractéristiques des études sélectionnées

Le tableau ci-dessous (Tableau VI) présentent les principales caractéristiques des études incluses dans la revue. Il regroupe les éléments méthodologiques et les résultats permettant de répondre à notre problématique.

Par la suite, nous détaillons et analysons ces résultats selon les articulations et leurs amplitudes de mouvements respectives et ce pour tout le membre inférieur.

Tableau V: Résultats des études incluses dans la revue

Abréviations : IRR : incidence rate ratio, IC : intervalle de confiance, μ : moyenne, p : p-value ; ctrl : contrôle, MAI : blessures de sur-utilisation, TL-Inj : Blessures traumatiques, Q : quadriceps, IJ : Ischios-jambiers, ITB : Bandelette ilio-tibiale, IP : ilio-psoas, ROM : amplitudes articulaires, Abd : abduction, RE : rotation externe, RI : rotation interne Fle : flexion, Ext : extension ; FP : flexion plantaire, SFP : syndrome fémoro-patellaire, Pro/Non pro : Professionnel/Non professionnel

Code couleur : vert = résultat statistiquement significatif ; violet = résultats non statistiquement significatifs ; gris = significativité non précisée

Article	Population (taille, age sexe, type de danse, +/- cohorte)	Critères d'évaluations pertinents		Résultats
		Blessure	ROM	
Bronner S, & al. Risk factors for musculoskeletal injury in elite pre-professional modern dancers: A prospective cohort prognostic study	N=180 danseurs étudiants ($\mu=18,14$ ans +/-0,68), 140 femmes & 40 hommes, Moderne, Cohorte pendant 4 ans.	MAI TL-Inj	Hypo-extensibilités : Q,IJ, ITB,IP	Nombre de blessures totales : MAI = 1672 ; TL-inj=288
				MAI/ Hypo-extensibilités : 1 muscle IRR = 2,695 ; IC 95% [1,1016 ; 7,150] 2-4 muscles : IRR=4,10 ; IC 95% [1,1783 ; 9,461]
Drężewska M, & al. Hip joint mobility in dancers: preliminary report	N=49 danseurs pro 15-32 ans ($\mu=21$), 37 femmes & 12 hommes, Classique et jazz.	Groupe avec antcd (Inj) vs Groupe sans antcd (NInj)	Hanche : Fle,Ext,Abd,Add,RE, RI	(μ ABD G Inj = 50,58) > (μ ABD G Ninj = 45,11) (μ RE Dt Inj=39,75) > (μ RE Dt Ninj=36,84)
Hiller CE, & al. Intrinsic predictors of lateral ankle sprain in adolescent dancers: a prospective cohort study	N=115 danseurs étudiants adolescents ($\mu=14,2$ +/-1,8 ans), 21 hommes et 94 femmes, Classique. Cohorte pendant 13 mois.	1 ère entorse	Cheville : Eversion, Inversion, FD Hanche : RE Extension métacarpo-phalangienne du 1 ^{er} orteil	Groupe test : Risque d'entorse augmenté par une grande amplitude de cheville en inversion (HR=1,06, IC 95% [1,00 ; 1,12])
				Groupe validation : pas de résultats

				ROM genou & SFP : Pas de corrélation
Steinberg N, & al. Joint range of motion and patellofemoral pain in dancers	N=1359 danseuses non pro 8 - 20 ans, Classique, moderne et jazz.	SFP	Cheville : flexion en pointe, FP, FD, Hanche : RE, RI, Abd, Fle, Ext Genou : Fle, Ext, Extensibilité IJ	SFP (<i>hypoROM</i> RE hanche + <i>averageROM</i> Ext genou + <i>averageROM</i> FP pointe) > <i>averageROM</i> (10,2% VS 26,4%) (<i>HypoROM</i> VS <i>averageROM</i>) et prévalence de SFP : Flexion en pointe (p=0,001) ; FP (p=0,001) ; Abd (p=0,001) ; Ext hanche ((p=0,000); IJ (p=0,000)
Steinberg N, & al. Lower extremity and spine characteristics in young dancers with and without patellofemoral pain.	N=542 danseuses non pro 10 - 16 ans, Groupe avec SFP n=271, Groupe ctrl n=271, Classique, moderne et jazz.	SFP	Cheville : FP, FD Hanche : RE, RI, Abd, Genou : Fle, Ext, Extensibilité IJ.	FP cheville SFP < ctrl (57,15 +/- 7,97 VS 59,31 +/-6,91) FD cheville SFP > ctrl (12,32 +/-4,77 VS 10,95+/-4,39) Flexion de genou SFP > ctrl (148,51 +/-5,31 VS 146,47 +/-5,82)
Steinberg N, & al. Extrinsic and intrinsic risk factors associated with injuries in young dancers aged 8-16 years	N=1336 danseuses non pro 8 - 16 ans, Classique, moderne et jazz.	Genou Tendinopathies cheville Rachis Autres	Cheville : flexion en pointe FP, RE de hanche, Abd de hanche, extensibilité des IJ.	42,6% de l'échantillon présentent une ou plus blessure. Douleurs dos : hypo RE de hanche. Autres : Hyper RE hanche, Autres : Hyper Abd hanche. Tendinopathies Cheville : Hyper Abd hanche.
Steinberg N, & al. Injuries in female dancers aged 8 to 16 years	N=569 danseuses non pro blessées 8 - 16 ans ($\mu=13,3$), Classique, moderne et jazz.	Genou Tendinopathies cheville Rachis Autres	Cheville : Flexion pointe, FP, FD, Hanche : RE, RI, ABD, Fle	Douleur de dos : (Hyper RE hanche) > <i>averageROM</i> (OR=3,79, IC 95% [1,34 ; 10,75])
Steinberg N, & al. Paratenonitis of the foot and ankle in young female dancers	N=1082 danseuses non pro 8 - 16 ans, Classique, moderne et jazz..	Paraténonite	Hanche : Fle, Ext, RE, RI Genou : Fle, Ext, Cheville : flexion en pointe, FP, FD, Extensibilité IJ.	Prévalence paraténonite : 8,6% Corrélation pour : hyper ABD hanche, hyper FP, hyper Flexion en pointe, hyper RE hanche

5.4 Analyse des résultats

5.4.1 Extensibilité musculaire toute articulations confondues

Nous retrouvons une forte proportion de danseurs hypo-extensibles (HE) : 88% pour le droit fémoral, 92% pour la bandelette ilio-tibiale et 41% pour les ischios-jambiers. Parmi eux, 89% des danseurs présentent au moins 2 muscles hypo-extensibles et 9% présentent 1 muscle hypo-extensible (94). Cette étude montre une association entre l'hypo-extensibilité musculaires et le risque de se blesser pour un danseur. En effet, un danseur a 2,7 à 4 fois plus de chances d'avoir une blessure de sur-utilisation (MAI) si 1 ou plus de ses muscles sont hypo-extensibles (pour 2-4 muscles : IRR=4,107, IC 95% [1,783;9,461], pour 1 muscle HE (IRR=2,695, IC 95% [1,016;7,150])). Néanmoins, aucune association significative n'est rapportée concernant les blessures traumatiques (94). Dans une seconde étude, parmi les danseurs ayant une hypo-extensibilité des ischios-jambiers, on retrouve 12% des danseurs ayant un SFP et 9% de danseurs sains ($p > 0,05$)(92). Dans cette même étude, la variable « ischios-jambiers/lombaires » est retrouvée comme étant significativement associée au SFP lors de la régression logistique (OR=3,542, IC 95% [1,022 ;12,280]) (92). En revanche, une troisième étude montre des résultats inverses chez des danseuses âgées de 8 à 20 ans et atteintes de syndrome fémoro-patellaires où les danseurs ayant une hyper-extensibilité des « ischios-jambiers/lombaires » seraient plus sujets au syndrome fémoro-patellaire (28,2% vs 9,3%, $p=0,000$). Cette variable n'est pas retrouvée lors de la régression logistique et les auteurs ne tiennent pas compte de cette association précisément (93).

En conclusion, l'hypo-extensibilité musculaire, notamment des ischios-jambiers semble être corrélée à la prévalence de blessure.

5.4.2 Amplitudes articulaires de hanche

5.4.2.1 Abduction de hanche

Nous retrouvons des amplitudes articulaires actives de hanche en abduction plus importantes chez les danseuses ayant des antécédents de blessures ($\mu_{\text{Antcd}} = 50,58^\circ$ vs $\mu_{\text{NoAntcd}} = 45,11^\circ$, $p=0,04$) (95). Ceci est cohérent avec les résultats retrouvés dans d'autres études indiquant que les danseurs atteints de tendinopathies, spécifiquement de paraténonites ou de blessures « autres » ont des amplitudes articulaires en abduction plus importantes que chez les danseurs sains ($p=0,002$)(89,91). On retrouve une corrélation positive entre l'abduction de hanche et les blessures de genou (OR=1,049, IC 95% [1,004;1,095]), les tendinopathies de cheville (OR=1,138, IC 95% [1,058 ;1,223]) ainsi que les blessures « autres » (OR=1,125, IC 95% [1,060 ;1,194]). Concernant le syndrome fémoro-patellaire, les résultats montrent une

association entre l'abduction et cette pathologie. Dans un premier temps, on retrouve une diminution de la prévalence du syndrome fémoro-patellaire lorsque l'amplitude diminue (*hypoROM* : 10,0% vs *averageROM* : 25,3%, $p=0,001$). Selon cette même étude, il semblerait que les danseuses ayant une amplitude limitée en abduction de hanche aient significativement moins de chances d'avoir un syndrome fémoro-patellaire (RR=0,4, IC 95% [0,3 ;0,6])(93). En revanche, une seconde étude met en évidence le résultat inverse. Les danseuses ayant un syndrome fémoro-patellaire ont des amplitudes en abduction plus grande que le groupe contrôle (SFP : 58,6° vs ctrl : 53,8°, $p < 0,05$) (92). De plus, cette amplitude est retrouvée comme étant une variable significativement associée à ce syndrome (OR=0,906, IC 95% [0,833 ;0,985]) (OR=0,396, IC 95% [0,246 ;0,637])(92,93). Enfin, il semblerait que l'hyper-abduction de hanche soit corrélée positivement avec le type de blessure « autres » (OR=1,125, IC 95% [1,060 ;1,194]) (89).

Pour synthétiser, l'abduction de hanche semble être corrélée positivement au risque de blessure. En d'autres termes, une abduction de hanche plus grande entraînerait une augmentation du risque de blessure, notamment les tendinopathies des muscles de la cheville et du pied et les syndromes fémoro patellaires.

5.4.2.2 Rotation externe de hanche

Concernant la rotation externe de hanche, les résultats retrouvés nous informent que les danseuses ayant des antécédents de blessures ont des amplitudes articulaires plus grandes que les danseuses sans antécédents ($\mu_{\text{Antcd}} = 39,75^\circ$ vs $\mu_{\text{NoAntcd}} = 36,84$; $p=0,045$) (95). D'autres part, une distribution plus importante de blessures de type « autres » est retrouvée chez les danseuses ayant une hyper rotation externe de hanche ($p=0,01$) (89). De plus, les danseuses ayant une « diminution de mobilité en rotation externe de hanche et en flexion plantaire mais avec une amplitude normale de genou » (= *hypoROM* en RE hanche + FP) sont significativement moins atteintes de syndrome fémoro-patellaire que le groupe contrôle (groupe avec des amplitudes normales dans tous les secteurs) (SFP : 10,2% vs ctrl : 26,4% ; $p=0,0002$) (tableau VI) (93).

Tableau VI : Répartition des danseurs selon leurs amplitudes articulaires. N.Steinberg & al. Joint range of motion and Patellofemoral Pain in Dancers.

Group	N	Hip external rotation	Knee extension	ankle/foot pointe	Injured dancers (%)	P value ^{*, **}
A	503	average	average	average	26.4	
B	128	hypo	average	hypo	10.2	0.0002

Table 3 Division of the dancers into 18 groups based on their hip, knee, and ankle/foot ROM categories.

Enfin, la prévalence de paraténonite est significativement associée à une augmentation de la rotation externe de hanche (OR=1,048, IC 95% [1,014 ; 1,083]) (91). Un résultat similaire est retrouvé pour les blessures rachidiennes (OR=3,8, IC 95% [1,3 ; 10,8]) (89,90). Cependant, ce dernier résultat est contredit par une des études où il semblerait que les danseuses ayant une hypo mobilité en rotation externe aient tendance à avoir plus de blessures rachidiennes (89). En revanche, cette hypothèse n'est pas justifiée par des statistiques significatives.

Au regard des résultats obtenus dans les études sélectionnées, il semblerait que la rotation externe excessive soit préjudiciable pour plusieurs sites anatomiques notamment la cheville, le genou ou le dos.

5.4.2.3 Rotation interne de hanche

Concernant la rotation interne de hanche, les résultats montrent que les danseuses atteintes de syndromes fémoro-patellaires ont des amplitudes articulaires de rotation interne significativement plus petites que les non-atteintes (SFP : 54,7° vs ctrl : 57,6°, $p < 0,05$). Or, ce facteur est retrouvé comme étant significativement associé à ce syndrome (OR=1,063, IC 95% [1,021 ; 1,07]) (92).

5.4.2.4 Extension de hanche

Concernant l'extension de hanche, il y a significativement moins de danseurs hypo-mobile en extension de hanche et souffrant d'un syndrome fémoro-patellaire que dans le groupe contrôle (SFP : 12,6% vs ctrl : 24,2%, $p = 0,000$) (93).

La hanche dans ses trois degrés de liberté, semble associée à différentes blessures comme les tendinopathies de cheville, le syndrome fémoro-patellaire ou les blessures de dos. Il semble qu'un excès d'abduction, de rotation externe, d'extension ou un manque de rotation interne représentent des facteurs prédisposant pour les blessures.

5.4.3 Amplitudes de genou

Concernant les amplitudes articulaires de genou, nous retrouvons une amplitude moyenne en flexion significativement plus grande chez les danseuses ayant un syndrome fémoro-patellaire (SFP : 148,51° vs ctrl : 146,74°, $p = 0,005$) (92). En revanche, ce résultat n'est pas retrouvé lors de la régression statistique logistique ce qui indique que ce n'est pas une variable corrélée au risque de syndrome fémoro-patellaire. De plus, on retrouve une prévalence de danseurs blessés plus faible lorsqu'ils ont une petite amplitude articulaire de hanche et de cheville mais une amplitude normale au genou (résultat visible sur la figure 7) (93).

Ainsi, au regard de l'ensemble des résultats, il semblerait que les amplitudes articulaires de genou n'interviennent pas ou très peu, dans la relation souplesse et blessure chez la danseuse.

5.4.4 Amplitudes de cheville

5.4.4.1 Flexion plantaire de cheville

Concernant les amplitudes articulaires de la cheville et notamment la flexion plantaire, nous retrouvons une prévalence moins importante de danseuses ayant un syndrome fémoro-patellaire chez celles qui ont une plus petite amplitude (*hypoROM* : 13,7% vs *averageROM* : 26,1%, $p=0,001$) (93). Dans le même sens, nous retrouvons une amplitude en flexion plantaire diminuée chez les danseuses ayant un syndrome fémoro-patellaire (SFP : 57,15° vs ctrl : 59,31°, $p=0,047$) (92). Des résultats semblent indiquer qu'une diminution d'amplitude en flexion plantaire entraînerait une diminution des risques de syndrome fémoro-patellaire (RR=0,52, IC 95% [0,4 ;0,8])(93). Ce résultat est cohérent avec celui retrouvé dans une autre étude qui indique que ces deux variables sont positivement corrélées, une augmentation de la flexion plantaire entraîne une augmentation des risques de SFP (OR=1,060, IC 95% [1,015 ; 1,10])(92). D'autre part, nous retrouvons une association significative entre une grande flexion plantaire et une forte prévalence de paraténonites (91). Enfin, il semblerait qu'une petite flexion plantaire soit associée à une diminution des risques de blessures du genou (OR=0,958, IC 95% [0,932 ;0,985]), du rachis (OR=0,952, IC 95% [0,912 ;0,994]) ainsi que des blessures « autres » (OR=0,955, IC 95% [0,919 ;0,992]) (89).

Ainsi, selon les études, il semblerait qu'une flexion plantaire excessive soit associée à une augmentation des risques de blessures notamment à la cheville et qu'à l'inverse, une diminution de mobilité au niveau de la cheville diminue le risque de blessure au genou et au rachis.

5.4.4.2 Flexion plantaire en pointe

Parmi les danseuses ayant un syndrome fémoro-patellaire, nous retrouvons une proportion moins importante de danseuses ayant une flexion plantaire en pointe limitée (*hypoROM* : 12,2% vs *averageROM* : 26,2% $p=0,001$)(93). De plus, il semblerait que les risques d'avoir un syndrome fémoro-patellaire soit divisé par deux chez une danseuse ayant une hypo-flexion plantaire en pointe (RR=0,47, IC 95% [0,3 ;0,7]) (93). Cette hypothèse est appuyée par d'autres résultats qui indiquent qu'une diminution de l'amplitude chez une danseuse aura tendance à diminuer le risque de SFP (OR=0,506, IC 95% [0,316 ;0,810], $p=0,0005$). En revanche, une étude sur les tendinopathies indique qu'au contraire, les danseuses ayant des paraténonites

semblent avoir des amplitudes de flexion plantaire en pointe plus importantes (91). Ce facteur n'est pas retrouvé lors de l'analyse régressive logistique.

Pour synthétiser, il semblerait qu'une petite amplitude en flexion en pointe soit corrélée à une diminution des blessures chez la danseuse, notamment de syndrome fémoro-patellaire.

5.4.4.3 Flexion dorsale

La flexion dorsale est significativement plus grande chez les danseuses ayant un syndrome fémoro-patellaire (SFP : 12,32° vs ctrl : 10,95°, $p=0,015$) (92). Cependant, une autre étude indique que si la flexion dorsale diminue le risque de syndrome fémoro-patellaire diminue (OR=0,888, IC 95% [1,277 ; 6,802])(92). Ce résultat est cohérent avec une autre étude qui indique qu'une grande amplitude en flexion dorsale semble augmenter le risque de SFP (OR=1,527, IC 95% [1,079 ; 2,160]) (93).

Aussi, il semblerait que la flexion dorsale soit corrélée à la prévalence de blessure, notamment du syndrome fémoro-patellaire mais il est difficile d'établir le sens de cette corrélation.

5.4.4.4 Inversion de cheville

Une étude montre une association entre l'entorse de cheville et l'amplitude en inversion où il est annoncé que le risque augmente selon l'amplitude ($\mu=34,5$, HR=1,06, IC [1,00 ; 1,12], $p=0,027$, $\alpha=0,08$) (96). En revanche, cette association n'est pas retrouvée dans la suite de l'étude (HR=1,25 ; IC 95% [0,91 ; 1,04], $p=0,4$). Aussi, l'inversion de cheville n'est pas corrélée au risque d'entorse de cheville chez la danseuse.

6 Discussion

6.1 Interprétation des résultats

En considérant l'ensemble des résultats présentés dans les études sélectionnées, nous pouvons nous affirmer que l'amplitude du mouvement disponible dans les articulations de hanche et de cheville chez le danseur soit liée à la possibilité de blessure. En d'autres termes, il semble qu'il existe une relation entre la souplesse et la blessure. Globalement, il semblerait qu'une hyper flexibilité au niveau du membre inférieur soit préjudiciable pour le danseur. Cependant, nous avons remarqué quelques spécificités dans les résultats. Il semblerait que la relation souplesse et blessure soit dépendante de la localisation anatomique considérée. Bien que la majorité des études s'intéressent au membre inférieur

dans son ensemble, nous ne pouvons conclure que sur des types de blessures en particulier (syndrome fémoro-patellaire, paraténonites, blessures du rachis).

6.1.1 La place des amplitudes articulaires des articulations du membre inférieur dans les blessures du rachis

Certaines des études présentées dans la revue investiguent les blessures du rachis. Il semblerait que l'hyper-extensibilité musculaire soit corrélée positivement au risque de blessure du rachis (89)(90). Malgré un intervalle de confiance large, l'association retrouvée est considérée comme « forte » car le rapport de cote est grand et l'échantillon est grand ($n=569$, $OR=3,8$ IC 95% [1,3 ;10,8]) (90). Dans ce sens, une étude de Kirby L. & al. a montré que des gymnastes avec des douleurs lombaires avaient une plus grande extensibilité de la chaîne postérieure que celles sans douleurs lombaires (98).

De plus, il semblerait que l'amplitude en flexion plantaire de cheville soit corrélée négativement au risque de blessure du rachis ($OR=0,952$ IC 95% [0,912 ;0,994]) (89). Le rapport de cote est proche de 1, cela signifie que, bien qu'elle soit significative, l'association n'est pas très forte.

Cependant, nous n'avons pas d'indications concernant le type de blessure répertoriées dans la catégorie « rachis ». Nous ne savons pas si cela concerne des douleurs chroniques ou aiguës, si cela concerne des blessures traumatiques ou d'usures.

6.1.2 La place des amplitudes articulaires des articulations du membre inférieur dans les blessures de hanche

Selon M.Drezeswka, il semblerait qu'il y ait une corrélation positive entre l'abduction de hanche et la présence d'antécédents de blessures de hanches_(95). En revanche, les auteurs ne donnent pas d'indications quant au marqueur de risque, nous ne savons pas si c'est la blessure qui a entraîné une augmentation de l'amplitude ou la réciproque. Nous ne savons également pas quelles pathologies sont concernées par « blessures de hanche », si cela concerne des pathologies traumatiques, d'usure ou des douleurs.

Par ailleurs, comme citée dans le cadre théorique, l'hypermobilité articulaire est un facteur de risque de blessure (2.2.2.3). Aussi, nous avons fait la distinction entre hypermobilité articulaire, et hyper-amplitude articulaire. Ainsi, il est possible que cette corrélation soit dû à une hypermobilité articulaire et qui aurait entraîné une prévalence de blessure plus qu'à une hyper-extensibilité.

6.1.3 La place des amplitudes articulaires des articulations du membre inférieur dans les blessures au genou et le syndrome fémoro-patellaire

Deux études sont exclusivement consacrées au syndrome fémoro-patellaire. Les études indiquent qu'une danseuse semble avoir plus de risques d'avoir un syndrome fémoro-patellaire si elle est excessivement souple au niveau de la hanche, notamment en abduction, rotation externe, rotation interne et extension.

Par ailleurs, il semblerait que le risque de blessure de sur-utilisation est donc de syndrome fémoro-patellaire soit proportionnel à l'hypo-extensibilité musculaire. D'après les résultats de S.Bronner & al., les danseuses sont particulièrement hypo-extensibles au niveau des droits fémoraux, de la bandelette ilio-tibiale et des ischios-jambiers. Nous savons que ces muscles participent à la stabilisation dynamique de l'articulation fémoro-patellaire et sont impliqués dans le syndrome fémoro-patellaire (99). De plus, ce syndrome est très fréquent chez les danseuses pour qui le genou représente une zone de faiblesse. N. Steinberg & al. établissent une corrélation positive entre l'hypo-extensibilité des ischios-jambiers et le risque de blessure (OR=3,542, IC 95% [1,022 ;12,280])(92). Le rapport de cote est de 3,5, cela signifie que les danseuses ont trois fois de chances de se blesser si elles manquent de souplesse, de plus l'intervalle de confiance ne croise pas le 0 ce qui rend l'observation significative. Une étude de White & al sur des patients présentant un syndrome fémoro-patellaire est cohérente avec notre hypothèse. Selon eux, les patients ayant un syndrome fémoro-patellaires ont des ischios-jambiers moins extensibles que le groupe témoins (100). De plus, une revue de la littérature réalisée par Lankhorst & al. indique retrouvé une diminution de souplesse du membre inférieur chez des patients atteints de syndrome fémoro-patellaire (101).

A la suite de leur étude, S.Bronner & al. rapportent qu'une forte proportion de danseuses présentent une hypo-extensibilité de la bandelette ilio-tibiale (92%)(94). La bandelette ilio-tibiale est la continuité anatomique du tenseur du fascia lata, muscle participant à la rotation interne de hanche. Ainsi nous pouvons supposer que si la bandelette est hypo-extensible, la danseuse pourrait avoir une diminution de l'amplitude en rotation externe et une augmentation de l'amplitude en rotation interne. N. Steinberg & al., trouve une corrélation entre une augmentation de la rotation interne et de la prévalence de syndrome fémoro-patellaire (OR=1,063, IC 95% [1,021 ; 1,07]) (92). Ainsi, nous pouvons supposer que chez les danseuses ayant une bandelette ilio-tibiale hypo-extensible, la prévalence de syndrome fémoro-patellaire soit importante. Dans le même sens, une étude de Reid & al. de 1987, indique qu'une inégalité de souplesse entre les deux membres inférieurs chez le danseur

classique pourrait jouer un rôle dans les douleurs latérales de genou, notamment dans les syndromes de friction comme le syndrome de la bandelette ilio-tibiale ou le syndrome fémoro-patellaire (64).

Une seconde amplitude de mouvement semble être en relation avec le syndrome fémoro-patellaire. L'ensemble des auteurs est unanime concernant la relation entre l'abduction de hanche et le risque de syndrome fémoro-patellaire. En effet, ce risque semble augmenter proportionnellement à l'abduction de hanche.

Enfin, il semblerait qu'une raideur de la cheville en flexion plantaire et en pointe diminue le risque de syndrome fémoro-patellaire et qu'à l'inverse une grande mobilité en flexion dorsale augmente ce risque.

Ainsi, il semblerait que si nous sommes en présence d'une différence d'amplitudes articulaires et d'extensibilité musculaire générale du membre inférieur, la stabilité dynamique du genou ne soit pas optimale rendant le danseur vulnérable face aux contraintes.

6.1.4 La place des amplitudes articulaires des articulations du membre inférieur dans les blessures de cheville et de pieds

Parmi les études incluses dans la revue, plusieurs s'intéressent au risque de paraténonites chez le danseur (89–91). Il semblerait que les paraténonites de cheville soient corrélées positivement à l'abduction de hanche, la rotation externe et la flexion plantaire chez la danseuse (89). Nous ne pouvons pas généraliser à toutes les tendinopathies car seuls les paraténonites sont étudiées dans notre revue. D'autre part, les résultats obtenus sur la cheville concernent des blessures de sur-utilisation. Selon S.Bronner & al, on ne trouve pas de lien entre la souplesse et les blessures traumatiques (94). Ce résultat est cohérent avec d'autres études de la revue qui n'ont pas rapporté de corrélation entre la souplesse et le risque ou la prévalence d'entorses de cheville (96,102).

Des études retrouvées dans la littérature semblent contredire ces hypothèses en évoquant une corrélation entre les blessures de cheville et les amplitudes de cheville. Une étude de Cahalan & al. chez une population de danseurs de danse irlandaise rapporte que les danseuses ayant le plus de blessure au pied et à la cheville (tous types confondus) ont des gastrocnémiens plus souples donc une plus grande amplitude en flexion dorsale (103). Une seconde étude de Malliaras & al., sur une population de volleyeuses indique qu'au contraire, une diminution d'amplitude en flexion dorsale entraînerait une augmentation des tendinopathies de cheville et notamment du tendon d'Achille, dans cette population (104).

Au regard de l'analyse et de l'interprétation des résultats présentés dans cette revue, nous pouvons conclure qu'il semblerait que la souplesse, à travers l'amplitude articulaire, soit corrélée au risque de blessure chez la danseuse classique, moderne et contemporaine. Il semblerait qu'un excès de souplesse **en abduction de hanche, rotation externe de hanche et flexion plantaire** soit dommageable et puisse entraîner des blessures, notamment de sur-utilisation chez la danseuse.

6.2 Limites des résultats

6.2.1 Nuances dans l'interprétation

Nous pouvons nuancer les interprétations faites précédemment. En effet, l'amplitude de mouvement n'est pas influencée exclusivement par la souplesse et les hypo-extensibilités musculaires. Par exemple, d'autres composantes comme les limitations cutanées (brides, cicatrices), restrictions articulaires (capsulo-ligamentaire, ankylose,...) ou encore les douleurs peuvent l'influencer (105). Les nerfs périphériques peuvent également être impliqués dans une limitation articulaire (106).

Bien que l'âge et le niveau de danse ne soient pas des critères d'inclusion, les caractéristiques propres de notre population étudiée nuancent nos conclusions. Tout d'abord, la majorité des études incluses examinent une population de danseuses préprofessionnelles âgées de 8 à 20 ans. Seule l'étude présentée par M. Drezewska & al concerne un échantillon de 49 danseurs âgés de 18 à 32 ans (95). Nous supposons que les adolescents peuvent être confrontés à d'autres problématiques qui ne concerneraient pas les adultes, tels que des facteurs psychologiques ou physiologiques (107). De plus, le niveau de danse est différent selon les études. Sur 4176 danseurs inclus dans la revue, seulement 49 étaient des professionnels. Les corrélations précises que nous avons apporté dans la revue ne sont alors pas transposables à une population exclusivement composée de danseurs professionnels. Cependant, considéré le niveau, l'expérience et l'épidémiologie des blessures dans la population professionnelle, nous pouvons supposer que celle-ci reste concernée par nos conclusions.

Ensuite, les études incluses dans cette revue s'intéressent seulement aux blessures du membre inférieur. Malgré la faible prévalence connue des blessures du membre supérieur chez le danseur, nous ne pouvons pas généraliser nos résultats à l'ensemble du système musculosquelettique. De plus, certaines études traitent spécifiquement d'un type de blessure tandis que d'autres sont plus générales, ce qui rend les comparaisons plus délicates.

Enfin, l'ensemble des études à l'exception de celle de S. Bronner & al mettent en évidence des présences de corrélation, qu'elles soient positive ou négative. Aucune étude ne renseigne sur l'absence de corrélation entre deux variables. Les amplitudes articulaires qui ne sont pas cités n'ont pas obtenus de résultats significatifs, mais cela ne signifie pas pour autant qu'elles sont indépendantes.

Pour conclure, si nous établissons une corrélation positive entre la souplesse et le risque de blessure chez le danseur, nous ne pouvons pas donner la taille de son effet.

6.2.2 Pertinence des études sélectionnées

Notre problématique concerne une corrélation. Une corrélation mesure la force de l'association entre deux variables, ici, la souplesse et la présence de blessure chez les danseuses classique, moderne et contemporaine. Aussi, les études les plus appropriées pour répondre à ce type de question sont les études descriptives transversales. C'est-à-dire sans notion de temporalité. Parmi les études incluses dans la revue, 5 sont des études transversales, 2 sont des études de cohortes et 1 étude est cas-témoins. Les études transversales incluses étudient la relation entre différentes amplitudes articulaires et la prévalence de différentes blessures. Les études de cohorte étudient les mêmes variables mais en y ajoutant un facteur temporel. C'est-à-dire que c'est l'incidence des blessures qui est prise en compte et non la prévalence. Ce type d'étude est plus adaptée aux questions de recherche impliquant une causalité qu'une corrélation. Ici, cela a finalement peu d'impact car l'ensemble des auteurs a utilisé la même analyse statistique ce qui a permis d'obtenir des résultats cohérents et homogènes. La seconde étude de cohorte étudie transversalement nos variables d'intérêts : les blessures et les amplitudes ont été mesurés au même moment et ce sont des données secondaires qui ont été mesurées sur 4 ans. Afin de définir la qualité méthodologique des études incluses, nous avons utilisés des adaptations de l'échelle NewCastle Ottawa Scale qui est une échelle pour les études observationnelles. Cette adaptation est disponible en français dans le livre de Pallot A. (2019) *Evidence Based Practice*.(88). La fiabilité de cette échelle n'a pas été étudiée laissant un choix personnel à l'inclusion ou l'exclusion de certaines études. Suite à cette évaluation nous avons jugé qu'une note inférieure à la moyenne dans une cohorte d'études de qualité homogène était un critère d'exclusion de l'étude. Cet élément subjectif constitue un biais de détection dans la construction de la revue. De plus, 5 des études sélectionnées sont présentées par le même auteur N. Steinberg ce qui ajoute un biais de participation à la revue. Enfin, l'extraction des données pour la constitution de la revue s'est

faite à un seul opérateur. Ce biais de sélection inévitable peut altérer la qualité méthodologique de la revue.

6.3 Biais méthodologiques des études

Certains éléments des études sélectionnées dans la revue présentent des limites et des biais pouvant influencer sur la fiabilité des résultats.

6.3.1 Outil de mesure utilisé

Tout d'abord, concernant la mesure des amplitudes articulaires dans les études, l'outil utilisé par la majorité des auteurs est le goniomètre. Cet outil est l'outil le plus accessible et le plus simple d'utilisation. En revanche, son positionnement sur les parties molles demande une certaine attention et le mouvement peut provoquer des imprécisions. Il présente des limites de reproductibilité reconnues (108). Sachant que les corrélations établies dépendent du classement des amplitudes articulaires dépendant lui-même de la valeur exacte de l'amplitude mesurée, un biais de mesure peut être important sur le résultat final.

S.Bronner & al. n'utilisent pas la mesure exacte de car ils évaluent de manière binaire la flexibilité des danseurs. De la même manière, dans les études de N.Steinberg, l'hypo-extensibilité des ischios-jambiers est mesurée selon si la danseuse arrive à toucher ses pieds avec ses mains lorsqu'elle est en position assise, les jambes en extension. Cette mesure n'est pas validée dans la littérature et peut créer des biais dans l'interprétation car elle n'est quantifiable. Selon Portero & al., il est possible de mesurer l'extensibilité du tissu musculaire à l'aide d'un dynamomètre isocinétique. Celui-ci permet de mesurer la résistance à l'étirement du système musculo-articulaire à différentes vitesses et à une bonne reproductibilité (65). En revanche, ces dynamomètres mobilisent l'articulation jusqu'à 80% de l'amplitude maximale tolérable par le sujet.

6.3.2 Référentiel et normes d'amplitudes articulaires

Les référentiels d'amplitudes articulaires utilisés par les auteurs pour déterminer les corrélations sont différents selon les auteurs. Dans les études de N.Steinberg & al., les amplitudes articulaires sont mesurées puis classées selon trois catégories « *hypoROM* », « *averageROM* » et « *hyperROM* » (annexe 3). Ce classement a été réalisé lors d'une précédente étude de N.Steinberg & al et sert de norme pour les études des mêmes auteurs (109). Le groupe « *averageROM* » est utilisé comme groupe contrôle afin d'établir des comparaisons inter-groupe. Les trois autres études ne précisent pas si un référentiel en particulier a été utilisé, aussi nous les avons étudiés en prenant comme référence les

amplitudes articulaires physiologiques présentées dans le cadre théorique. Si nous comparons ces deux référentiels, nous retrouvons des différences. Ainsi, les notions de « petites » ou « grandes » amplitudes peuvent être difficile à comparer et cela rajoute un biais dans l'interprétation des résultats.

6.4 Validité interne de la revue

Tout d'abord, nous avons choisis d'interroger seulement 3 moteurs de recherches afin de sélectionner nos études. Il en existe de nombreux dans le domaine de la santé qui aurait pu faire ressortir d'autres résultats pertinents. De plus, nous avons été exposés à un bruit documentaire important lors de l'utilisation de ScienceDirect ce qui nous a contraint à exclure les études publiées avant 2010. L'utilisation d'une équation de recherche plus adaptée à cette base de donnée aurait pu réduire ce bruit et nous permettre d'inclure d'autres articles pertinents.

D'autre part, lors de la création de nos équations de recherche, nous avons employé le terme « *hypermobility* ». L'utilisation de ce mot-clé nous a apporté du bruit documentaire sur l'hypermobilité articulaire et non sur l'extensibilité musculaire. L'utilisation de mots clés comme « *extensibility* » ou « *stretch* » dans l'équation de recherche aurait pu permettre l'accès à une plus grande littérature sur le thème de la souplesse. De plus, cela aurait pu s'avérer pertinent d'ajouter des mots-clés précisant la population étudiée, tels que « *contemporary* » et « *modern* » pour les danses homonymes.

Enfin, nous avons fait le choix d'exclure de manière générale tous les articles publiés avant 2000. Cette décision a été prise afin de réduire le bruit documentaire et de ne pas avoir des résultats qui seraient en désaccord avec les nouvelles données scientifiques. Nous avons alors exclu deux études de 1987 et 1997. Or a posteriori, nous nous sommes rendu compte que ces deux études auraient pu être pertinentes pour répondre à notre problématique et que ce critère de sélection n'était pas le plus stratégique.

6.5 La souplesse en tant que cause de blessure ?

Au vu des différents types d'études incluses dans la revue, nous ne pouvons pas définir de lien de cause à effet entre nos deux variables. Afin de nous demander si nous pouvions faire l'hypothèse de ce lien de causalité, nous avons utilisé les critères de causalités de Bradford Hill disponibles dans l'ouvrage Pallot A. (2019) *Evidence Based Practice* (110). La présentation des critères est disponible en annexe 4. A la suite de ces critères, nous ne sommes pas en

mesure d'établir une causalité entre la souplesse et le risques de blessures. En effet, malgré la puissance de certains rapports de côte retrouvés, l'association présente des critères incompatibles avec une relation de cause à effet : les résultats ne sont pas toujours identiques si l'on modifie les critères spatio-temporels, on ne connaît pas la temporalité d'une variable par rapport à l'autre, etc. De plus, aucune preuve expérimentale montrant une modification des blessures lorsque l'on modifie la souplesse n'est connue. Nous ne pouvons pas créer de lien de causalité et affirmer que la souplesse représente un facteur de risque de blessure chez le danseur. En revanche, nous avons établi une corrélation entre les deux variables et nous pouvons dire qu'il semblerait que la souplesse augmente la probabilité de survenue de blessures.

6.6 La souplesse et ses conséquences sur l'architecture musculaire

Nous nous sommes intéressés à la relation entre la souplesse et la blessure au travers des amplitudes articulaires mais nous n'avons pas étudié les effets de la souplesse et de son implication sur l'architecture musculaire (111).

Il a été montré dans la littérature que l'unité musculo-tendineuse chez le danseur classique présentait des différences par rapport à une population de non danseurs. Selon Moltubakk & al., nous retrouvons une différence de longueur des fascicules musculaires du gastrocnémien et du soléaire. Les gastrocnémiens présentent des fascicules musculaires plus longs tandis que le soléaire présentent des fascicules plus courts (66). Les mêmes observations ont été faites par Nunes & al. Ces derniers montrent également que le tendon d'Achille des danseurs est plus épais que la normale. Il pourrait être intéressant d'investiguer ce sujet pour l'élargir à d'autres unités musculo-tendineuses que le triceps sural et ainsi nous pourrions observer si les muscles très souples présentent des particularités structurelles. De plus, l'étude de l'anatomopathologie musculaire chez un danseur blessé pourrait être également pertinente afin de savoir s'il présente lui aussi des modifications structurelles. Ainsi croiser ces deux informations pourrait permettre de savoir si un muscle particulièrement souple présente un risque de blessure plus élevé qu'un muscle non souple. A terme il serait intéressant de savoir quelle structure intrinsèque du muscle est modifiée par la souplesse et quelle laquelle de ces modifications intervient dans le risque de blessure chez un patient très souple.

7 Conclusion

A travers cette revue systématique, nous avons mis en évidence les corrélations suivantes : Les blessures du rachis et de la hanche semblent corrélées à de grandes amplitudes de hanche en rotation externe et en abduction. Les blessures du genou et particulièrement le syndrome fémoro-patellaire semblent être corrélées à une grande mobilité de hanche notamment dans les amplitudes articulaires suivantes : en abduction, en rotation interne, en rotation externe. Concernant les blessures de la cheville notamment la prévalence de paraténonites, elles semblent être corrélées avec une grande mobilité de cheville notamment en flexion plantaire et en pointe. Enfin une hypo-extensibilité des ischios-jambiers semble être corrélé à la prévalence de syndrome fémoro-patellaire tandis qu'une hyper-extensibilité des ischios-jambiers semble être corrélée à une augmentation de la prévalence des blessures du rachis.

Ces corrélations présentent des limites et nécessiteraient d'être investiguées dans de futures études afin de pouvoir être affirmées ou infirmées.

Ce travail de recherche a permis de compléter quatre années d'études sur la physiologie et la biomécanique du corps humain, notamment chez le sportif. Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le champ musculosquelettique et dans le champ des biostatistiques. Il nous a permis d'acquérir des connaissances théoriques et littéraires afin de pouvoir les appliquer en conditions professionnelles. Ces connaissances seront utiles pour réaliser différents projets professionnels comme la prise en charge kinésithérapique spécifique des danseurs ou d'autres patients sportifs ou non souffrant de blessures musculosquelettiques. De plus, ce travail nous sera utile pour affiner différentes pratiques professionnelles comme la place de l'étirement dans l'échauffement ou la récupération et la place des composantes biomécaniques dans le mouvement.

Enfin cela nous permet d'établir et de concrétiser un projet professionnel qui est celui de travailler dans le domaine de la danse afin d'acquérir une expertise technique et comportementale pour mieux accompagner les patients et mieux répondre à leurs besoins.

Références bibliographiques :

1. Trapenard A. Passion Dorothée Gilbert [Internet]. Boomerang. 2019 [cité 12 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.franceinter.fr/emissions/boomerang/boomerang-22-novembre-2019>
2. Aalten A. In the Presence of the Body: Theorizing Training, Injuries and Pain in Ballet. *Dance Res J*. 2005;37(2):55-72.
3. 3_SANTE_DANSE.pdf [Internet]. [cité 16 avr 2021]. Disponible sur: https://www.cnd.fr/fr/file/file/101/inline/3_SANTE_DANSE.pdf
4. Shah S, Weiss DS, Burchette RJ. Injuries in professional modern dancers: incidence, risk factors, and management. *J Dance Med Sci Off Publ Int Assoc Dance Med Sci*. mars 2012;16(1):17-25.
5. Prisk VR, O'Loughlin PF, Kennedy JG. Forefoot Injuries in Dancers. *Clin Sports Med*. avr 2008;27(2):305-20.
6. Sorignet P-E. Être danseuse contemporaine : une carrière "corps et âme". *Trav Genre Soc*. 2004;N° 12(2):33-53.
7. Présentation [Internet]. [cité 16 avr 2021]. Disponible sur: <https://ffdanse.fr/index.php/danse-artistique/presentation>
8. Courtet C. De l'expérience du mouvement dans la danse moderne. *Ethnogr - En Ligne*. juin 2006;Numéro 10.
9. Valéry P. De l'expérience du mouvement dans la danse moderne Catherine Courtet. :22.
10. Pappacena F. La danse classique, entre art et science. Gremese. (Bibliothèque des Arts).
11. Kwan S. When Is Contemporary Dance? *Dance Res J*. déc 2017;49(3):38-52.
12. Sorignet P-E. Le métier de danseur. Retour sur une enquête. *Staps*. 9 mai 2014;n° 103(1):119-31.
13. Deighan M. Flexibility in dance. *J Dance Med Sci*. 1 janv 2005;9:13-7.
14. AID35_05.pdf [Internet]. [cité 11 avr 2021]. Disponible sur: http://mediatheque.cnd.fr/ressources/ressourcesEnLigne/aid/aid/AID35_05/AID35_05.pdf
15. Thiescé A. Pathologie du complexe pelvi-fémoral du sportif [Internet]. Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson; 2009 [cité 27 avr 2021]. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9782294709449>
16. Thiescé A. Pathologies du complexe pelvi-fémoral du sportif.

17. Khan K, Brown J, Way S, Vass N, Crichton K, Alexander R, et al. Overuse Injuries in Classical Ballet: Sports Med. mai 1995;19(5):341-57.
18. Dumont A, Kadel N, Brunet N, Colombié JB, Lewton Brain P, Couillandre A. Danse et santé. Sci Sports. sept 2016;31(4):236-44.
19. Fabian CR. Danse classique : les blessures, « c'est important d'en parler », confie la danseuse Dorothee Gilbert [Internet]. 2019 [cité 16 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=fGF-vcC4SCY>
20. Standard Measures Consensus Initiative (SMCI) Executive Summary - International Association for Dance Medicine & Science [Internet]. [cité 11 avr 2021]. Disponible sur: <https://iadms.site-ym.com/page/385>
21. Clarsen B, Bahr R. Matching the choice of injury/illness definition to study setting, purpose and design: one size does not fit all! Br J Sports Med. avr 2014;48(7):510-2.
22. Kenny SJ, Palacios-Derflinger L, Whittaker JL, Emery CA. The Influence of Injury Definition on Injury Burden in Preprofessional Ballet and Contemporary Dancers. J Orthop Sports Phys Ther. mars 2018;48(3):185-93.
23. van Mechelen W. Sports Injury Surveillance Systems: 'One Size Fits All?'. Sports Med. sept 1997;24(3):164-8.
24. Ekegren CL, Quested R, Brodrick A. Injuries in pre-professional ballet dancers: Incidence, characteristics and consequences. J Sci Med Sport. mai 2014;17(3):271-5.
25. Harvey J, Tanner S. Low Back Pain in Young Athletes: A Practical Approach. Sports Med. déc 1991;12(6):394-406.
26. Smith PJ, Gerrie BJ, Varner KE, McCulloch PC, Lintner DM, Harris JD. Incidence and Prevalence of Musculoskeletal Injury in Ballet: A Systematic Review. Orthop J Sports Med. juill 2015;3(7):2325967115592621.
27. van Seters C, van Rijn RM, van Middelkoop M, Stubbe JH. Risk Factors for Lower-Extremity Injuries Among Contemporary Dance Students. Clin J Sport Med [Internet]. 10 oct 2017 [cité 13 avr 2021]; Publish Ahead of Print. Disponible sur: <https://journals.lww.com/00042752-900000000-99276>
28. Smith TO, Davies L, de Medici A, Hakim A, Haddad F, Macgregor A. Prevalence and profile of musculoskeletal injuries in ballet dancers: A systematic review and meta-analysis. Phys Ther Sport. mai 2016;19:50-6.
29. Hincapié CA, Morton EJ, Cassidy JD. Musculoskeletal Injuries and Pain in Dancers: A Systematic Review. Arch Phys Med Rehabil. sept 2008;89(9):1819-1829.e6.
30. Costa MSS, Ferreira AS, Orsini M, Silva EB, Felicio LR. Characteristics and prevalence of musculoskeletal injury in professional and non-professional ballet dancers. Braz J Phys Ther. 19 janv 2016;20(2):166-75.

31. Leanderson C, Leanderson J, Wykman A, Strender L-E, Johansson S-E, Sundquist K. Musculoskeletal injuries in young ballet dancers. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* sept 2011;19(9):1531-5.
32. Sobrino FJ, de la Cuadra C, Guillén P. Overuse Injuries in Professional Ballet: Injury-Based Differences Among Ballet Disciplines. *Orthop J Sports Med.* 1 juin 2015;3(6):2325967115590114.
33. Caine D, Goodwin BJ, Caine CG, Bergeron G. Epidemiological Review of Injury in Pre-Professional Ballet Dancers. *J Dance Med Sci.* 15 déc 2015;19(4):140-8.
34. Askling C, Lund H, Saartok T, Thorstensson A. Self-reported hamstring injuries in student-dancers. *Scand J Med Sci Sports.* août 2002;12(4):230-5.
35. Fuller M, Moyle GM, Minett GM. Injuries across a pre-professional ballet and contemporary dance tertiary training program: A retrospective cohort study. *J Sci Med Sport.* déc 2020;23(12):1166-71.
36. Soares Campoy FA, Raquel de Oliveira Coelho L, Bastos FN, Júnior JN, Marques Vanderlei LC, Luiz Monteiro H, et al. Investigation of Risk Factors and Characteristics of Dance Injuries. *Clin J Sport Med.* nov 2011;21(6):493-8.
37. van Winden DPAM, Van Rijn RM, Richardson A, Savelsbergh GJP, Oudejans RRD, Stubbe JH. Detailed injury epidemiology in contemporary dance: a 1-year prospective study of 134 students. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2019;5(1):e000453.
38. Hamilton WG. Posterior Ankle Pain in Dancers. *Clin Sports Med.* avr 2008;27(2):263-77.
39. Luk P, Thordarson D, Charlton T. Evaluation and Management of Posterior Ankle Pain in Dancers. *J Dance Med Sci.* 15 juin 2013;17(2):79-83.
40. Einarsdottir H, Troell S, Wykman A. Hallux Valgus in Ballet Dancers: A Myth? *Foot Ankle Int.* févr 1995;16(2):92-4.
41. Niek van Dijk C, Lim LSL, Poortman A, Strübbe EH, Marti RK. Degenerative Joint Disease in Female Ballet Dancers. *Am J Sports Med.* 1 mai 1995;23(3):295-300.
42. Gamboa JM, Roberts LA, Maring J, Fergus A. Injury Patterns in Elite Preprofessional Ballet Dancers and the Utility of Screening Programs to Identify Risk Characteristics. *J Orthop Sports Phys Ther.* mars 2008;38(3):126-36.
43. Henn ED, Smith T, Ambegaonkar JP, Wyon M. LOW BACK PAIN AND INJURY IN BALLET, MODERN, AND HIP-HOP DANCERS: A SYSTEMATIC REVIEW. *Int J Sports Phys Ther.* oct 2020;15(5):671-87.
44. Prévost P. Étirements et performance sportive : 2004;9.
45. Mistiaen W, Roussel NA, Vissers D, Daenen L, Truijten S, Nijs J. Effects of aerobic endurance, muscle strength, and motor control exercise on physical fitness and

- musculoskeletal injury rate in preprofessional dancers: an uncontrolled trial. *J Manipulative Physiol Ther.* juin 2012;35(5):381-9.
46. Vera AM, Barrera BD, Peterson LE, Yetter TR, Dong D, Delgado DA, et al. An Injury Prevention Program for Professional Ballet: A Randomized Controlled Investigation. *Orthop J Sports Med.* 1 juill 2020;8(7):232596712093764.
 47. Cimelli SN, Curran SA. Influence of Turnout on Foot Posture and Its Relationship to Overuse Musculoskeletal Injury in Professional Contemporary Dancers: A Preliminary Investigation. *J Am Podiatr Med Assoc.* janv 2012;102(1):25-33.
 48. Jenkins JB, Wyon M, Nevill A. Can turnout measurements be used to predict physiotherapist-reported injury rates in dancers? *Med Probl Perform Art.* déc 2013;28(4):230-5.
 49. Drężewska M, Śliwiński Z. Lumbosacral pain in ballet school students. Pilot study. *Ortop Traumatol Rehabil.* avr 2013;15(2):149-58.
 50. Day H, Koutedakis Y, Wyon MA. Hypermobility and Dance: A Review. *Int J Sports Med.* juill 2011;32(07):485-9.
 51. Palmer ML, Epler ME, Epler MF. *Fundamentals of Musculoskeletal Assessment Techniques.* Lippincott Williams & Wilkins; 1998. 440 p.
 52. Briggs J, McCormack M, Hakim AJ, Grahame R. Injury and joint hypermobility syndrome in ballet dancers--a 5-year follow-up. *Rheumatol Oxf Engl.* déc 2009;48(12):1613-4.
 53. Hamilton LH, Hamilton WG, Meltzer JD, Marshall P, Molnar M. Personality, stress, and injuries in professional ballet dancers. *Am J Sports Med.* avr 1989;17(2):263-7.
 54. Mainwaring LM, Finney C. Psychological Risk Factors and Outcomes of Dance Injury: A Systematic Review. *J Dance Med Sci Off Publ Int Assoc Dance Med Sci.* 15 sept 2017;21(3):87-96.
 55. Kadel NJ, Teitz CC, Kronmal RA. Stress fractures in ballet dancers. *Am J Sports Med.* août 1992;20(4):445-9.
 56. L. Biernacki J, Stracciolini A, Fraser J, J. Micheli L, Sugimoto D. Risk Factors for Lower-Extremity Injuries in Female Ballet Dancers: A Systematic Review. *Clin J Sport Med [Internet].* 24 déc 2018 [cité 17 avr 2021]; Publish Ahead of Print. Disponible sur: <https://journals.lww.com/00042752-900000000-99082>
 57. Kadel N. Foot and Ankle Problems in Dancers. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* nov 2014;25(4):829-44.
 58. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Proximal Hamstring Strains of Stretching Type in Different Sports: Injury Situations, Clinical and Magnetic Resonance Imaging Characteristics, and Return to Sport. *Am J Sports Med.* sept 2008;36(9):1799-804.

59. Rangel JG, Divino Nilo dos Santos W, Viana RB, Silva MS, Vieira CA, Campos MH. Studies of Classical Ballet Dancers' Equilibrium at Different Levels of Development and Versus Non-Dancers: A Systematic Review. *J Dance Med Sci.* 15 mars 2020;24(1):33-43.
60. Clarkson HM. *Musculoskeletal Assessment: Joint Range of Motion and Manual Muscle Strength.* Lippincott Williams & Wilkins; 2000. 480 p.
61. Gleim GW, McHugh MP. Flexibility and Its Effects on Sports Injury and Performance: *Sports Med.* nov 1997;24(5):289-99.
62. Wyon M. Stretching for Dance. *IADMS Bull Teach.* 1 janv 2010;2:9-12.
63. Kenyon K, Kenyon J, Pillu M. *Mémo-guide de rééducation: l'essentiel au bout des doigts.* Issy-les-Moulineaux (Hauts-de-Seine): Elsevier Masson; 2020.
64. Reid DC, Burnham RS, Saboe LA, Kushner SF. Lower extremity flexibility patterns in classical ballet dancers and their correlation to lateral hip and knee injuries. *Am J Sports Med.* août 1987;15(4):347-52.
65. Portero P, Farcy S, Rabita G. Évaluation de l'extensibilité du système musculo-articulaire humain in vivo. *Kinésithérapie Rev.* août 2015;15(164-165):25-31.
66. Moltubakk MM, Magulas MM, Villars FO, Seynnes OR, Bojsen-Møller J. Specialized properties of the triceps surae muscle-tendon unit in professional ballet dancers. *Scand J Med Sci Sports.* sept 2018;28(9):2023-34.
67. Medeiros DM, Cini A, Sbruzzi G, Lima CS. Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiother Theory Pract.* 17 août 2016;32(6):438-45.
68. Pessali-Marques B, Peixoto GHC, Cabido CET, Andrade AGP, Rodrigues SA, Tourino FD, et al. Biomechanical Response to Acute Stretching in Dancers and Non-Dancers. *J Dance Med Sci Off Publ Int Assoc Dance Med Sci.* 15 mars 2020;24(1):12-8.
69. Vaquero-Cristóbal R, Molina-Castillo P, López-Miñarro PA, Albaladejo-Saura M, Esparza-Ros F. Hamstring extensibility differences among elite adolescent and young dancers of different dance styles and non-dancers. *PeerJ.* 2020;8:e9237.
70. Bonnel F. La pennation musculaire (sarcomères, fibres, fascicules musculaires et aponévroses) (1ère partie). *Mens Prat Tech Kinésithérapeute [Internet].* 10 avr 2013 [cité 17 avr 2021];542. Disponible sur: <https://www.ks-mag.com/article/892-la-pennation-musculaire-sarcomeres-fibres-fascicules-musculaires-et-aponévroses-1ere-partie>
71. Weppeler CH, Magnusson SP. Increasing Muscle Extensibility: A Matter of Increasing Length or Modifying Sensation? *Phys Ther.* 1 mars 2010;90(3):438-49.
72. Portero P, McNair P. Les étirements musculo-tendineux : des données scientifiques à une pratique raisonnée. *Kinésithérapie Rev.* août 2015;15(164-165):32-40.

73. Konrad A, Stafilidis S, Tilp M. Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties. *Scand J Med Sci Sports*. oct 2017;27(10):1070-80.
74. Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching: Mechanisms and Clinical Implications. *Sports Med*. 2006;36(11):929-39.
75. de Weijer VC, Gorniak GC, Shamus E. The Effect of Static Stretch and Warm-up Exercise on Hamstring Length Over the Course of 24 Hours. *J Orthop Sports Phys Ther*. déc 2003;33(12):727-33.
76. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. *J Orthop Sports Phys Ther*. avr 1998;27(4):295-300.
77. Medeiros DM, Martini TF. Chronic effect of different types of stretching on ankle dorsiflexion range of motion: Systematic review and meta-analysis. *Foot Edinb Scotl*. mars 2018;34:28-35.
78. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab*. janv 2016;41(1):1-11.
79. McHugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. déc 2009 [cité 22 avr 2021]; Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0838.2009.01058.x>
80. Lima CD, Brown LE, Ruas CV, Behm DG. Effects of Static Versus Ballistic Stretching on Hamstring:Quadriceps Strength Ratio and Jump Performance in Ballet Dancers and Resistance Trained Women. *J Dance Med Sci*. 15 sept 2018;22(3):160-7.
81. Freitas SR, Mendes B, Le Sant G, Andrade RJ, Nordez A, Milanovic Z. Can chronic stretching change the muscle-tendon mechanical properties? A review. *Scand J Med Sci Sports*. mars 2018;28(3):794-806.
82. Amako M, Oda T, Masuoka K, Yokoi H, Campisi P. Effect of static stretching on prevention of injuries for military recruits. *Mil Med*. juin 2003;168(6):442-6.
83. Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L, McNair P. Stretching and Injury Prevention: An Obscure Relationship. *Sports Med*. 2004;34(7):443-9.
84. Cooke A, Smith D, Booth A. Beyond PICO: the SPIDER tool for qualitative evidence synthesis. *Qual Health Res*. oct 2012;22(10):1435-43.
85. Toulouse J. Guides thématiques: Pratique factuelle: Poser une question clinique [Internet]. [cité 20 avr 2020]. Disponible sur: <https://libguides.biblio.usherbrooke.ca/c.php?g=626376&p=4368101>
86. Riley DA, Van Dyke JM. The Effects of Active and Passive Stretching on Muscle Length. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. févr 2012;23(1):51-7.

87. Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie Rev.* janv 2015;15(157):39-44.
88. Pallot A, Davergne T. Evidence based practice en rééducation: démarche pour une pratique raisonnée. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2019.
89. Steinberg N, Siev-Ner I, Peleg S, Dar G, Masharawi Y, Zeev A, et al. Extrinsic and intrinsic risk factors associated with injuries in young dancers aged 8-16 years. *J Sports Sci.* 2012;30(5):485-95.
90. Steinberg N, Siev-Ner I, Peleg S, Dar G, Masharawi Y, Zeev A, et al. Injuries in female dancers aged 8 to 16 years. *J Athl Train.* févr 2013;48(1):118-23.
91. Steinberg N, HersHKovitz I, Peleg S, Dar G, Masharawi Y, Siev-Ner I. Paratenonitis of the foot and ankle in young female dancers. *Foot Ankle Int.* déc 2011;32(12):1115-21.
92. Steinberg N, Tenenbaum S, HersHKovitz I, Zeev A, Siev-Ner I. Lower extremity and spine characteristics in young dancers with and without patellofemoral pain. *Res Sports Med Print.* juin 2017;25(2):166-80.
93. Steinberg N, Siev-Ner I, Peleg S, Dar G, Masharawi Y, Zeev A, et al. Joint range of motion and patellofemoral pain in dancers. *Int J Sports Med.* juill 2012;33(7):561-6.
94. Bronner S, Bauer NG. Risk factors for musculoskeletal injury in elite pre-professional modern dancers: A prospective cohort prognostic study. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med.* mai 2018;31:42-51.
95. Drężewska M, Gałuszka R, Sliwiński Z. Hip joint mobility in dancers: preliminary report. *Ortop Traumatol Rehabil.* oct 2012;14(5):443-52.
96. Hiller CE, Refshauge KM, Herbert RD, Kilbreath SL. Intrinsic predictors of lateral ankle sprain in adolescent dancers: a prospective cohort study. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* janv 2008;18(1):44-8.
97. El Sanharawi M, Naudet F. Comprendre la régression logistique. *J Fr Ophtalmol.* oct 2013;36(8):710-5.
98. Kirby RL, Simms FC, Symington VJ, Garner JB. Flexibility and musculoskeletal symptomatology in female gymnasts and age-matched controls. *Am J Sports Med.* mai 1981;9(3):160-4.
99. Saubade M, Gremion G, Robin Martin, Alexandre Becker. Mieux comprendre le syndrome douloureux fémoro-patellaire... pour mieux le traiter. *Rev Med Suisse.* 16 juill 2014;Volume 10.
100. White LC, Dolphin P, Dixon J. Hamstring length in patellofemoral pain syndrome. *Physiotherapy.* mars 2009;95(1):24-8.

101. Lankhorst NE, Bierma-Zeinstra SMA, van Middelkoop M. Factors associated with patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *Br J Sports Med.* mars 2013;47(4):193-206.
102. Wiesler ER, Hunter DM, Martin DF, Curl WW, Hoen H. Ankle flexibility and injury patterns in dancers. *Am J Sports Med.* déc 1996;24(6):754-7.
103. Cahalan R, Purtill H, O'Sullivan P, O'Sullivan K. Foot and ankle pain and injuries in elite adult Irish dancers. *Med Probl Perform Art.* déc 2014;29(4):198-206.
104. Malliaras P, Cook JL, Kent P. Reduced ankle dorsiflexion range may increase the risk of patellar tendon injury among volleyball players. *J Sci Med Sport.* août 2006;9(4):304-9.
105. Royer A, Ceconello R. Bilans articulaires cliniques et goniométriques. Généralités. EMC - Podol-Kinésithérapie. mai 2004;1(2):82-91.
106. Andrade RJ, Lacourpaille L, Freitas SR, McNair PJ, Nordez A. Effects of hip and head position on ankle range of motion, ankle passive torque, and passive gastrocnemius tension: Hip angle effects on ankle passive mechanical properties. *Scand J Med Sci Sports.* janv 2016;26(1):41-7.
107. Storm JM, Wolman R, Bakker EWP, Wyon MA. The Relationship Between Range of Motion and Injuries in Adolescent Dancers and Sportspeople: A Systematic Review. *Front Psychol.* 2018;9:287.
108. Martin RL, McPoil TG. Reliability of Ankle Goniometric Measurements. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1 nov 2005;95(6):564-72.
109. Steinberg N, Hershkovitz I, Peleg S, Dar G, Masharawi Y, Heim M, et al. Range of Joint Movement in Female Dancers and Nondancers Aged 8 to 16 Years: Anatomical and Clinical Implications. *Am J Sports Med.* mai 2006;34(5):814-23.
110. Critères de Bradford Hill pour évaluer la causalité d'une association... [Internet]. ResearchGate. [cité 30 avr 2021]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/figure/Criteres-de-Bradford-Hill-pour-evaluer-la-causalite-dune-association-observee_tbl1_331978217
111. Simpson CL, Kim BDH, Bourcet MR, Jones GR, Jakobi JM. Stretch training induces unequal adaptation in muscle fascicles and thickness in medial and lateral gastrocnemii. *Scand J Med Sci Sports.* déc 2017;27(12):1597-604.
112. Wójcik M, Siatkowski I. Selected lower extremity flexibility tests as an element of functional assessment for ballet school students – Preliminary observation. *Pol Ann Med.* 1 juin 2014;21(1):20-3.

Annexe 1 : Sommaire détaillé afin de faciliter la lecture

1	Introduction.....	10
2	Cadre conceptuel	11
2.1	La danse, une activité artistique et une discipline physique rigoureuse	11
2.1.1	Un art mais plusieurs institutions	11
2.1.2	Principes esthétiques de la danse	12
2.1.2.1	La verticalité	12
2.1.2.2	La pointe.....	13
2.1.2.3	L'en-dehors	13
2.1.3	Le danseur en tant que sportif de haut niveau	15
2.2	La blessure en danse.....	15
2.2.1	Les types de blessures.....	15
2.2.2	Epidémiologie de la blessure en danse.....	16
2.2.2.1	Données épidémiologiques générales.....	16
2.2.2.2	La localisation corporelle des blessures chez le danseur	16
2.2.2.3	Les principaux facteurs de risques de blessures.....	18
2.2.2.4	Quelques mécanismes de blessures	19
2.3	L'amplitude de mouvement chez les danseurs	19
2.3.1	Définitions de l'amplitude de mouvement	19
2.3.2	La souplesse chez le danseur	20
2.3.3	Rappels mécaniques sur le muscle.....	22
2.3.4	Les différents types d'étirements musculaires	24
2.3.5	Neurophysiologie de l'étirement	25
2.3.6	Effets de l'étirement à long terme sur l'unité musculo-tendineuse.....	25
2.3.6.1	Conclusions contradictoires concernant les bénéfices.....	25
2.3.6.2	Conclusions contradictoires concernant les préjudices	26
3	Problématisation	26
4	Méthodes de recherche	27

4.1	Recherche d'articles	27
4.1.1	Question de recherche et équation de recherche.....	27
4.1.2	Interrogation des bases de données.....	28
4.2	Identification.....	28
4.3	Critères d'éligibilité à la revue de littérature	29
4.3.1	Critères d'inclusion.....	29
4.3.2	Critères d'exclusion	29
4.4	Sélection des articles	30
4.5	Index de qualité	32
5	Résultats.....	32
5.1	Caractéristiques des études choisies.....	32
5.2	Méthodologie des études retenues et particularités.....	33
	Classement des amplitudes.....	35
	Définition des blessures.	35
	Statistiques spécifiques.....	35
5.3	Présentation des résultats et caractéristiques des études sélectionnées	36
5.4	Analyse des résultats	39
5.4.1	Extensibilité musculaire toute articulations confondues.....	39
5.4.2	Amplitudes articulaires de hanche.....	39
5.4.2.1	Abduction de hanche	39
5.4.2.2	Rotation externe de hanche	40
5.4.2.3	Rotation interne de hanche	41
5.4.2.4	Extension de hanche	41
5.4.3	Amplitudes de genou	41
5.4.4	Amplitudes de cheville	42
5.4.4.1	Flexion plantaire de cheville	42
5.4.4.2	Flexion plantaire en pointe	42
5.4.4.3	Flexion dorsale	43

5.4.4.4	Inversion de cheville	43
6	Discussion	43
6.1	Interprétation des résultats.....	43
6.1.1	La place des amplitudes articulaires des articulations du membre inférieur dans les blessures du rachis.....	44
6.1.2	La place des amplitudes articulaires des articulations du membre inférieur dans les blessures de hanche.....	44
6.1.3	La place des amplitudes articulaires des articulations du membre inférieur dans les blessures au genou et le syndrome fémoro-patellaire.....	45
6.1.4	La place des amplitudes articulaires des articulations du membre inférieur dans les blessures de cheville et de pieds	46
6.2	Limites des résultats	47
6.2.1	Nuances dans l'interprétation.....	47
6.2.2	Pertinence des études sélectionnées.....	48
6.3	Biais méthodologiques des études.....	49
6.3.1	Outil de mesure utilisé	49
6.3.2	Référentiel et normes d'amplitudes articulaires	49
6.4	Validité interne de la revue	50
6.5	La souplesse en tant que cause de blessure ?.....	50
6.6	La souplesse et ses conséquences sur l'architecture musculaire	51
7	Conclusion	52

Annexe 2 : Tableaux des scores de validité interne des études sélectionnées dans la revue.Traduction française de la *Newcastle-Ottawa Scale* pour les **études de cohorte** selon Pallot A. *Evidence Based Practice* (2019).

			S.Bronner & al. (94)	Hiller CE & al. (96)
Sélection (maximum 4 points)	Représentativité des sujets exposés	(1 étoile) Vraiment représentatif de la population cible en moyenne dans la communauté (1 étoile) Un peu représentatif de la population cible en moyenne dans la communauté (0 étoile) Groupe d'utilisateurs sélectionné	+1 : Représentatif	+1 : Représentatif
	Sélection des sujets non exposés	(0 étoile) Pas de description de la constitution de la cohorte (1 étoile) Issus de la même communauté que les sujets exposés (0 étoile) Issus d'une source différente (0 étoile) Pas de description de la constitution des groupes des sujets non exposés	+0 : Pas de groupe non exposés	+1
	Détermination de l'exposition	(1 étoile) Dossier fiable (comme les dossiers chirurgicaux) (1 étoile) Entretien structuré (0 étoile) Auto-déclaration écrite (0 étoile) Pas de description	+1 : Entretien structuré	+ 1 : Dossier fiable
	Démonstration que le critère de jugement d'intérêt était absent au début de l'étude	(1 étoile) Oui (0 étoile) Non	0	+1 : Absent (groupe validation test)
Comparabilité (maximum 2 points)	Comparabilité des sujets exposés et non exposés sur la base du schéma d'étude ou de l'analyse	(1 étoile) L'étude contrôle le facteur le plus important (1 étoile) L'étude contrôle tout facteur supplémentaire (ce critère pourrait être modifié pour indiquer un contrôle spécifique d'un deuxième facteur important)	+1 : Tout facteur +1 : Facteur important	+1 : Contrôle le facteur important
Critère de jugement (maximum 3 points)	Évaluation du critère de jugement	(1 étoile) Évaluation indépendante en aveugle (1 étoile) Chaînage des données (0 étoile) Auto-évaluation/déclaration (0 étoile) Pas de description	+1 : Chainage des données	+1 : Evaluation indépendante en aveugle
	Le suivi a-t-il été suffisamment long pour que le critère de jugement se produise ?	(1 étoile) Oui (choisir une période de suivi adéquate pour le critère d'intérêt) (0 étoile) Non	+1	+1
	Adéquation du suivi des sujets	(1 étoile) Suivi complet – tous les sujets ont été suivis (1 étoile) Perdus de vue peu susceptibles d'introduire un biais (peu de perdus de vue, pourcentage de suivi adéquat (et préciser le taux jugé adéquat) ou description des perdus de vue fournie) (0 étoile) Taux de perdus de vue supérieur au taux adéquat et absence de description des perdus de vue (0 étoile) Aucune information rapportée	+1 : Suivi complet	+1 : Quelques perdus de vue
Total /9			7/9	8/9

			Drężewska M & al. (95)	Steinberg N, & al. (90)	Steinberg N, & al (89)	Wójcik M. & al. (112)
Sélection (maximum 5 points)	Représentativité de l'échantillon	(1 point) Vraiment représentatif de la population cible en moyenne dans la communauté (1 point) Un peu représentatif de la population cible en moyenne dans la communauté (0 point) Groupe d'utilisateurs (0 point) Pas de description de la stratégie d'échantillonnage	+1 : Vraiment représentatif	+1 : Vraiment représentatif	+1 : Vraiment représentatif	+1 : Un peu représentatif
	Taille de l'échantillon	1 point : Justifiée et satisfaisante 0 point : Non justifiée	0 : Non justifiée	0 : Non justifiée	0 : Non justifiée	0 : Non justifiée
	Non- répondants	1 point : Les caractéristiques entre les répondants et les non-répondants sont comparables et le taux de réponse est satisfaisant 0 point : Les caractéristiques entre les répondants et les non-répondants sont peu comparables ou le taux de réponses est peu satisfaisant 0 point : pas de description des caractéristiques des répondants et non répondants ou du taux de réponses.	+ 1 : Les caractéristiques sont comparables.	+ 1 : Les caractéristiques sont comparables.	+ 1 : Les caractéristiques sont comparables.	+ 1 : Les caractéristiques sont comparables.
	Détermination de l'exposition	(2 points) Outil de mesure validé (1 point) Outil de mesure non validé mais l'outil est disponible ou décrit (0 point) Pas de description de l'outil de mesure	+2 : Goniomètre	+2 : Goniomètre	+2 : Goniomètre	+1 : Outil EVA validé mais mesure flexibilité non valide
Comparabilité (maximum 2 points)	Les sujets des différents groupes de résultats sont comparables (sur la base du schéma d'étude et de l'analyse). Les facteurs de confusion sont contrôlés.	1 point : l'étude contrôle le facteur le plus important 1 point : L'étude contrôle tout facteur supplémentaire	+2	+2	+2	+1 : Seulement le facteur le plus important
Critère de jugement (maximum 3 points)	Evaluation du critère de jugement	2 points : Evaluation indépendante en aveugle 2 points : Couplage des données 1 point : Auto-évaluation/rapport 0 point : Pas de description	+2 : Couplage des données	+2 : Indépendante et en aveugle	+2 : Indépendante et en aveugle	0 : Pas de description
	Test statistique	1 point : Le test statistique utilisé pour analyser les données est clairement décrit et approprié et la mesure de l'association est présentée, incluant un intervalle de confiance et une valeur de p 0 point : Le test statistique n'est pas approprié, non décrit ou incomplet.	0 : Tets de Student, valeur de p-value mais pas d'IC.	+1 : Chi ² , Kappa, ICC 95%	+1	0 : Pas de tests statistiques
Total /10			8 /10	9/10	9/10	4/10

			Steinberg, & al. (93)	Steinberg N, & al. (91)
Sélection (maximum 5points)	Représentativité de l'échantillon	(1 point) Vraiment représentatif de la population cible en moyenne dans la communauté (1 point) Un peu représentatif de la population cible en moyenne dans la communauté (0 point) Groupe d'utilisateurs (0 point) Pas de description de la stratégie d'échantillonnage	+1 : Vraiment représentatif	+1 : Vraiment représentatif
	Taille de l'échantillon	1 point : Justifiée et satisfaisante 0 point : Non justifiée	0 : Non justifiée	0 : Non justifiée
	Non- répondants	1 point : Les caractéristiques entre les répondants et les non-répondants sont comparables et le taux de réponse est satisfaisant 0 point : Les caractéristiques entre les répondants et les non-répondants sont peu comparables ou le taux de réponses est peu satisfaisant 0 point : pas de description des caractéristiques des répondants et non répondants ou du taux de réponses.	0 : Caractéristiques non comparables	0 : Caractéristiques non comparables
	Détermination de l'exposition	(2 points) Outil de mesure validé (1 point) Outil de mesure non validé mais l'outil est disponible ou décrit (0 point) Pas de description de l'outil de mesure	+2 : Goniomètre	+2 : Goniomètre
Comparabilité (maximum 2 points)	Les sujets des différents groupes de résultats sont comparables (sur la base du schéma d'étude et de l'analyse). Les facteurs de confusion sont contrôlés.	1 point : l'étude contrôle le facteur le plus important 1 point : L'étude contrôle tout facteur supplémentaire	+2	+2
Critère de jugement (maximum 3 points)	Evaluation du critère de jugement	2 points : Evaluation indépendante en aveugle 2 points : Couplage des données 1 point : Auto-évaluation/rapport 0 point : Pas de description	+ 2 : Indépendante et en aveugle	+ 2 : Indépendante et en aveugle
	Test statistique	1 point : Le test statistique utilisé pour analyser les données est clairement décrit et approprié et la mesure de l'association est présentée, incluant un intervalle de confiance et une valeur de p 0 point : Le test statistique n'est pas approprié, non décrit ou incomplet.	+1	+1
Total /10			8/10	

Traduction française de la *Newcastle-Ottawa Scale* pour les **études cas-témoins** selon Pallot A. *Evidence Based Praticce* (2019)

			Steinberg N & al. (92)
Sélection (max 4points)	La définition des cas est-elle adéquate (max 1point)	1 point : Oui avec validation indépendante 0 point : Oui (couplage des données ou basée sur des auto-rapports) 0 point : Pas de description	+0
	Représentativité des cas (max 1point)	1 point : Consécutive ou série de cas clairement représentatives 0 point : Biais de sélection potentiel ou non déclaré	+1 : Série de cas représentatives
	Sélection des témoins (max 1 point)	1 point : Même communauté que les cas (auraient été des cas s'ils avaient la pathologie) 0 point : dans un hopital (même communauté que les cas mais dérivés d'une population hospitalisée) 0 point : pas de description	+1 : Même communauté
	Définition des témoins (max 1 points)	(1 point) Pas d'antécédent de la pathologie (0 point) Pas de description de la source	+1
Comparabilité (maximum 2 point)	Comparabilité des cas et des témoins sur la base du schéma d'étude ou de l'analyse	1 point : L'étude contrôle le facteur le plus important 1 point : L'étude contrôle tout facteur supplémentaire (ce critère pourrait être modifié pour indiquer un contrôle spécifique d'un deuxième facteur important)	+2
Critère de jugement (maximum 3 points)	Evaluation de l'exposition (max 1 point)	1 points : Evaluation sécurisée (comme les dossiers chirurgicaux) 1 points : Entretien structuré en aveugle de la condition (cas ou témoins) 0 point : Entretien sans mise en aveugle de la condition (cas ou témoins) 0 point : Auto-déclaration écrite ou dossier médical seulement. 0 point : Pas de description	+ 1 : Structuré en aveugle
	Même méthode d'évaluation des cas et des témoins (max 1 point)	1 point : Oui 0 point : Non	+1
	Taux de non-répondant	1 point : taux similaire dans les deux groupes 0 point : Description des non-répondant 0 point : Taux différent et pas de désignation	+1
Total / 9			8/9

Annexe 3 : Tableau d'amplitudes articulaires chez la danseuses selon N.Steinberg. Extrait de *Joint Range of Motion and Patellofemoral Pain in Dancers*, Int J Sports Med. 2012.

Table 2 Hypo ROM, average ROM and hyper ROM in different joints and movements.

ROM	Hypo ROM(°) [*]	Average ROM(°) ^{**}	Hyper ROM(°) ^{***}
ankle/foot pointe	≤75	76–90	≥91
ankle plantar-flexion	≤45	46–64	≥65
ankle dorsiflexion	≤5	6–15	≥16
hip external rotation	≤50	51–60	≥61
hip internal rotation	≤45	46–65	≥66
hip abduction	≤45	46–59	≥60
hip extension	≤20	21–39	≥40
hip flexion	≤135	136–150	≥151
knee flexion	≤140	141–150	≥151
knee extension	–	0	≥5
lower back & hamstrings	≥ 1 cm distance between forehead and knees	–	Forehead touching the knees

* > -1 SD from the mean

** ± 1 SD from the mean

*** > +1 SD from the mean

Annexe 4 : Lien de causalité selon les critères de Bradford Hill.Tableau VII : Lien de causalité selon les critères de Bradford Hill.

Critère	Questionnement	Réponses
Force	L'association statistique est-elle assez forte ?	La puissance statistique est « moyenne » .
Consistance	Les résultats sont-ils identiques malgré des critères spatio temporels différents ?	Les résultats ne sont pas toujours identiques.
Spécificité	La cause présumée produit-elle un effet spécifique ?	La cause présumée (souplesse) peut produire des effets différents.
Temporalité	La cause précède-t-elle l'effet ?	On ne sait pas quelle variable précède l'autre.
Cohérence	La corrélation est-elle compatible avec les connaissances actuelles ?	La corrélation est compatible avec les connaissances actuelles.
Gradient biologique	Un changement dans la quantité d'exposition entraine-t-elle un changement de la quantité d'effet ?	Oui un changement dans l'exposition de l'amplitude (petite, moyenne ou grande) entraine un changement d'effet.
Plausibilité biologique	L'association est-elle compatible avec les connaissances patho-biologiques établies ?	Peut -être compatible.
Preuve expérimentale	Il y a-t-il des preuves expérimentales montrant une modification de l'effet lorsque l'exposition est modifiée ?	Non connu
Analogie	Le processus de cause à effet à t-il des exemples semblables connus ?	Exemples contrastés dans la littérature.