



HAL
open science

Le port des semelles proprioceptives augmente t-il l'équilibre postural et la proprioception du danseur classique ?

Pierre Gayte

► **To cite this version:**

Pierre Gayte. Le port des semelles proprioceptives augmente t-il l'équilibre postural et la proprioception du danseur classique ?. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-03103755

HAL Id: dumas-03103755

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03103755v1>

Submitted on 8 Jan 2021

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

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

**LE PORT DES SEMELLES PROPRIOCEPTIVES
AUGMENTE-T-IL LE CONTRÔLE POSTURAL
ET LA PROPRIOCEPTION DE CHEVILLE CHEZ
LE DANSEUR CLASSIQUE ?**

GAYTE Pierre

Directeur de mémoire : Mme Joannie HENRY

Remerciements

Même si ce mémoire s'avère être une expérience personnelle, dans le sens où elle met à l'épreuve notre rigueur individuelle de travail et notre capacité propre de recherche, d'analyse et de rédaction, c'est avant tout un travail d'équipe, qui fait appel à de nombreux acteurs, aux rôles tous différents mais complémentaires. Ainsi, il me tient à cœur de remercier tous ceux qui, de près ou de loin, y ont contribué.

En premier lieu, je tiens à adresser mes sincères remerciements à l'intention de ma directrice de mémoire, Madame Joannie Henry, pour la confiance qu'elle a accordée à ce projet dès le départ. Je lui exprime de la même manière ma reconnaissance pour sa bienveillance, son soutien et sa disponibilité, dont elle a fait preuve à mon égard, et qui m'ont permis d'appréhender cet exercice avec plus d'assurance. Son implication a fortement contribué à l'aboutissement de ce travail.

Je tiens aussi à remercier l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Marseille, et tous les professeurs, intervenants et professionnels que j'ai pu rencontrer au cours de ces quatre années, qui, chacun à leur manière, ont contribué à me faire découvrir la multitude de facettes qu'offre la pratique de la kinésithérapie.

J'exprime aussi une reconnaissance toute particulière à Monsieur Nicolas Brunet, kinésithérapeute de l'Opéra National de Paris, pour le temps qu'il a consacré à répondre à mes interrogations, et pour ses éclaircissements au sujet de la kinésithérapie du danseur classique.

Je remercie aussi chaleureusement toute l'équipe de l'Opéra Grand Avignon de m'avoir ouvert ses portes, et par la même occasion, celles de la danse classique.

De chaleureux remerciements également à l'égard de ma famille et de mes amis. À mon père, et à son esprit cartésien, à ma mère pour ses longues séances de relecture exaltantes ainsi qu'à mes sœurs, Clémence et Pauline, pour les moments de quiétude qu'elles ont parfois eu du mal à m'accorder... Mais au prix d'un soutien que je sais indéfectible.

Sans oublier Hélène, Christine, Martine et Véronique, pour l'intérêt tout particulier qu'elles ont porté à l'avancée de mes recherches. Une attention également à l'égard de ma cousine Julie, pour qui les mathématiques n'ont pas de secrets et qui m'emboîte le pas dans la grande aventure de la kinésithérapie. À nos futurs projets professionnels, bon vent !

Un remerciement aussi à mes amis et futurs kinésithérapeutes, Oriane et Alan, avec qui j'ai fait mes premiers pas dans le monde de la kinésithérapie, mais également dans celui de la danse, par le biais de nos projets universitaires.

Une pensée reconnaissante également à l'égard d'Alejandro, qui a contribué en image à ce mémoire. Pour ça, un grand merci.

Un dernier remerciement à l'intention de toutes les personnes m'ayant accompagné, de près ou de loin, et que je n'aurais pas eu l'occasion de citer ici et à qui j'assure une profonde affection.

Table des matières

REMERCIEMENTS	- I -
----------------------	--------------

TABLE DES MATIÈRES	- II -
---------------------------	---------------

I. INTRODUCTION	- 1 -
------------------------	--------------

<i>Prologue</i>	- 1 -
-----------------	--------------

1. LE DANSEUR CLASSIQUE	- 2 -
--------------------------------	--------------

1.1 HISTOIRE ET ÉVOLUTION DE LA PRATIQUE, DU XV ^{ème} À NOS JOURS	- 2 -
--	-------

1.2 LES QUALITÉS REQUISES CHEZ LE DANSEUR	- 3 -
---	-------

1.2.1 Le concept d' <i>en dehors</i>	- 3 -
--------------------------------------	-------

1.2.2 Les positions de base en danse classique	- 4 -
--	-------

1.2.3 L'aplomb du danseur	- 5 -
---------------------------	-------

1.3 LES PATHOLOGIES FRÉQUENTES CHEZ LE DANSEUR	- 6 -
--	-------

1.3.1 Blessures chez le danseur : les principaux facteurs de risque	- 6 -
---	-------

1.3.2 Blessures chez le danseur : localisations et types d'atteintes	- 7 -
--	-------

2. POSTURE, ÉQUILIBRE ET ÉQUILIBRE POSTURAL	- 8 -
--	--------------

2.1 POSTURE : DÉFINITION ET PRINCIPAUX ACTEURS	- 8 -
--	-------

2.2 L'ÉQUILIBRE CHEZ L'HOMME ET LE DANSEUR	- 9 -
--	-------

2.3 CONTRÔLE POSTURAL : DESCRIPTION, FONCTIONNEMENT ET STRATÉGIES	- 11 -
---	--------

2.3.1 Définitions	- 11 -
-------------------	--------

2.3.2 Le double rôle du contrôle postural	- 11 -
---	--------

2.3.3 Les systèmes mis en jeu lors du processus de stabilisation posturale	- 12 -
--	--------

2.3.4 Les différentes stratégies motrices de stabilisation posturale	- 13 -
--	--------

3. LES SEMELLES PROPRIOCEPTIVES	- 14 -
--	---------------

3.1 RÔLE DES RÉCEPTEURS CUTANÉS PLANTAIRES DANS LE CONTRÔLE POSTURAL	- 14 -
--	--------

3.1.1 Histologie de la surface plantaire	- 15 -
--	--------

3.1.2 La surface plantaire et son rôle de " <i>carte dynamométrique</i> "	- 16 -
---	--------

3.2 LA SEMELLE PROPRIOCEPTIVE : UNE ALLIÉE DE LA POSTURE ?	- 16 -
--	--------

3.3 SEMELLES PROPRIOCEPTIVES : LES DIFFÉRENTS CHAMPS D'ACTION	- 17 -
---	--------

II. MÉTHODE	- 18 -
1. STRATÉGIE DE RECHERCHE	- 19 -
2. SÉLECTION DES ÉTUDES	- 20 -
3. CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION DES ÉTUDES	- 21 -
4. ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES ÉTUDES INCLUSES	- 22 -
III. RÉSULTATS	- 23 -
1. DESCRIPTION DES ÉTUDES	- 24 -
2. VALIDITÉ INTERNE ET RISQUES DE BIAIS DES ÉTUDES INCLUSES	- 25 -
3. EFFETS DES SEMELLES PROPRIOCEPTIVES	- 28 -
3.1 EFFET SUR LE CONTRÔLE POSTURAL	- 28 -
3.2 EFFET SUR LA PROPRIOCEPTION DE CHEVILLE	- 31 -
IV. DISCUSSION	- 34 -
1. ANALYSE DES PRINCIPAUX RÉSULTATS	- 34 -
1.1 SEMELLES PROPRIOCEPTIVES ET MODIFICATION DU CONTRÔLE POSTURAL	- 35 -
1.2 SEMELLES PROPRIOCEPTIVES ET MODIFICATION DE LA PROPRIOCEPTION DE CHEVILLE	- 37 -
1.3 CONCLUSIONS	- 42 -
2. APPLICABILITÉ DES RÉSULTATS EN PRATIQUE CLINIQUE	- 42 -
3. QUALITÉ DE PREUVE	- 44 -
4. BIAIS POTENTIELS DE LA REVUE	- 47 -
V. CONCLUSION	- 49 -
BIBLIOGRAPHIE	- 52 -
ANNEXE	
RÉSUMÉ	

I. Introduction

Prologue

Il me serait plus commode de débiter cet écrit en prétendant que la danse classique a toujours occupé dans ma vie une place prépondérante. Seulement c'est loin d'être le cas, puisque l'intérêt tout particulier que je porte à la discipline ne remonte qu'à récemment, lors de ma rencontre avec l'équipe du ballet d'Avignon dans le cadre d'un projet universitaire. Et c'est en tant que spectateur au cours d'une répétition de la Bayadère, que le charme a opéré.

À cet instant, je ne m'expliquais pas cet attrait soudain et inattendu pour la discipline mais au jour d'aujourd'hui, je pense pouvoir affirmer que ce qui m'a séduit alors n'est autre que cet écho à l'appétit que je cultive pour la cinétique des corps, dévoués au service de causes qui les surpassent. Si l'objectif du patient est de se mouvoir pour vivre, celui du danseur s'affranchit de toute fonctionnalité primaire et s'arrache à l'instinct. Il use de son corps comme moyen d'expression, et la rigueur et la grâce qu'il impose à ce dernier sont autant d'outils lui permettant de transmettre ses messages. C'est pourquoi il me semble nécessaire de prendre en considération l'ambivalence du danseur, qui abrite en son corps non pas seulement un artiste ni uniquement un athlète, mais une complexe combinaison des deux.

Si je mentionne cette spécificité, c'est qu'elle est essentielle à prendre en compte selon moi dans la rééducation de ce type de patient. Le danseur ne peut se contenter de bouger, il doit transcender le mouvement, le porter à son paroxysme et le rendre le plus spectaculaire possible : comme un ténor utiliserait sa voix pour chanter, le danseur n'a que ses membres pour s'exprimer, et dans une société où la parole prime sur tout, il se doit d'être convaincant. Et pour que ce dialogue mutique soit le plus percutant possible, le danseur repousse sans cesse les limites que lui impose son anatomie, et cela au prix d'un entraînement acharné, pourvoyeur de performance mais fatalement ponctué par la survenue de blessures.

Très longtemps et jusqu'à peu, le bien être du danseur a été mis au second plan, si bien qu'il s'habituaient très jeune aux souffrances et aux sévices, lesquels faisaient alors partie intégrante de sa discipline. En effet, on note encore de nos jours que seuls de rares opéras en France sont dotés d'une équipe soignante attitrée. Par exemple à Marseille, le ballet ne bénéficie des services que d'un unique ostéopathe.

C'est donc pour faire valoir davantage l'importance de la kinésithérapie dans le domaine de la danse et de l'art en général, pour montrer que notre profession a entièrement sa place dans la préparation des artistes, mais aussi pour consolider mes connaissances sur le sujet en vue d'un futur projet professionnel, que je me penche sur la question et que je décide d'orienter le sujet de mon mémoire sur la complémentarité de ces disciplines, qui n'existent et ne vivent qu'au travers du mouvement, de sa recherche, et de son perfectionnement.



Image 1. Louis XIV, dans *le Ballet Royal de la Nuit*. 1653. © Bibliothèque Nationale de France.

1. Le Danseur Classique

1.1 Histoire et évolution de la pratique, du XV^{ème} siècle à nos jours

Il tenait à cœur à la célèbre danseuse étoile Agrippina Vaganova d'enseigner à ses élèves l'histoire du ballet, afin qu'ils appréhendent au mieux leur discipline. C'est dans cette même optique que je m'attache à la décrire succinctement dans ce qui pourrait faire office de prélude, en vue de mieux situer le sujet qui va être le mien.

La danse classique, ou du moins les premières formes qui s'y apparentent, voit le jour à la Renaissance, à la cour d'Italie. Néanmoins, les écrits de l'époque la décrivent davantage comme un simple divertissement destiné à accompagner les orchestres. (H. Marquié)

C'est en France, sous Louis XIV, que la pratique acquiert véritablement ses lettres de noblesse. En effet, la danse classique était une véritable passion pour le monarque, qui aimait s'y adonner de manière récréative, mais qui l'utilisait aussi comme outil de pouvoir politique.

Par exemple, pour fêter sa victoire sur la Fronde, le jeune roi organise en 1653 *Le Ballet royal de la nuit*. Il y occupe le premier rôle et apparaît en métaphore solaire lors du dernier acte, lui permettant d'asseoir son autorité sur les autres protagonistes, parmi lesquels se trouvaient de grands seigneurs ayant pris part à la révolte. Ainsi, grâce à la suprématie de l'astre et au travers de la clarté qu'il propage sur la pénombre, le Roi vise à affirmer sa position de nouveau souverain. Son portrait pour cette occasion est représenté sur la gravure ci-contre (**Image 1**).

C'est par ailleurs suite à cette représentation que naîtra le surnom qui le caractérise encore aujourd'hui. Ainsi, c'est sous le règne de Louis XIV que la danse est réellement portée au rang de discipline artistique à part entière. (H. Marquié)

En effet, il est à l'initiative de la création de l'Académie Royale de Danse en 1661. Elle regroupe des proches du roi, essentiellement des danseurs et des musiciens, et a pour but d'établir les préceptes de la danse et d'ainsi légitimer la pratique. C'est en grande partie à cette époque que les principes fondamentaux, encore en rigueur de nos jours, ont été formulés. Par ailleurs, les termes techniques en danse classique sont encore utilisés en français partout à travers le monde. (E. Nye)

La pratique de la danse classique n'a par la suite cessé d'évoluer, et la discipline s'est peu à peu professionnalisée. Aux ballets de cour, dansés dans les salons du Roi Soleil succèdent les comédies ballet, l'opéra ballet, les ballets d'action ou pantomimes, et enfin le ballet romantique qui vit le jour au XIX^{ème} siècle et qui est celui encore pratiqué de nos jours.

Ce dernier courant marque un tournant majeur dans l'histoire de la danse classique, puisque c'est à ce moment que la pratique devient essentiellement féminine.

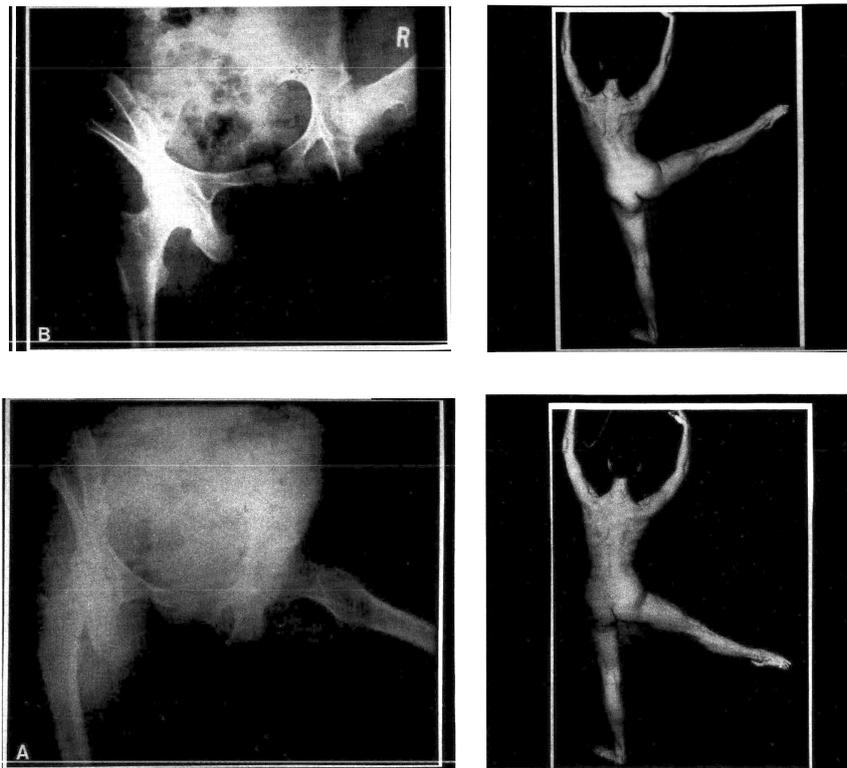


Image 2. Différence d'amplitude entre une abduction de hanche pure (A) et une abduction couplée à une rotation externe de hanche (B). D'après S. Kushner, 1990.

De plus, en accord avec l'idéal romantique de l'époque, des modifications s'opèrent au niveau des techniques, avec l'apparition de figures de plus en plus aériennes, dont l'effet se trouve amplifié par le port des *pointes* qui font alors leur apparition aux pieds des danseuses.

Désormais, l'aplomb, l'élévation et le pas de deux deviennent les pierres angulaires de la pratique, et s'imposent ainsi à tout danseur. (E. Nye)

Par la suite, le ballet romantique et ses techniques ont contribué au développement de nombreux styles de danse plus récents, tels que le modern jazz, la danse contemporaine, ou encore le hip-hop.

De nos jours, la danse classique occupe en France une place à part entière dans le paysage culturel. Les compagnies françaises et étrangères sont non seulement au service de la pérennité de cet art mais aussi de son renouveau, et permettent de repousser sans cesse les limites d'une discipline désormais pluri centenaire.

1.2 Les qualités requises chez le danseur

Il existe de nombreuses manières d'enseigner la danse classique. Elles dépendent des préférences propres à chaque professeur, et à chaque école. Cependant, les principales sont au nombre de sept et nous nous intéresserons ici à celle qui, de nos jours, est la plus utilisée, à savoir la méthode Vaganova, du nom de sa conceptrice.

Selon elle, la pratique de la danse classique s'appuie sur trois piliers ; [1]

- La maîtrise du concept *d'en dehors*
- Le positionnement des pieds et des épaules
- L'aplomb du danseur

Outre l'importance de connaître les spécificités de la discipline pour mieux appréhender la prise en charge du patient danseur, il me semble d'abord judicieux aux vues du sujet de l'étude, d'approfondir ces notions qui influent toutes trois sur la posture et l'équilibre du danseur.

1.2.1. Le concept *d'en dehors*

Il s'agit de la première notion que le jeune danseur doit acquérir, car elle représente le point de départ de tous mouvements en danse classique.

D'un point de vue anatomique, le concept *d'en dehors* décrit la position caractéristique en rotation externe du membre inférieur du danseur. Elle est visible sur l'**Image 2** ci-contre.



Image 3. Photos des cinq positions de base des pieds en danse classique. *Crédit photo : Alejandro Álvarez Longines.*

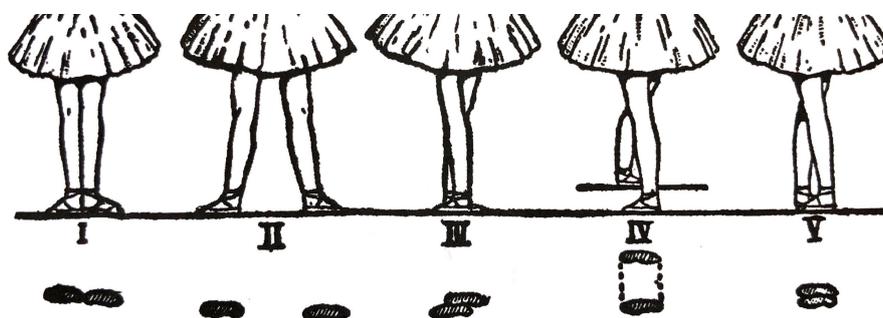


Image 4. Schéma des cinq positions de base des pieds en danse classique. D'après A. Vaganova, 1948.

Le concept *d'en dehors* est caractérisé par une rotation externe de hanche dans une amplitude maximale, plaçant ainsi le genou et le pied de telle sorte que toute la face interne de la cuisse, de la jambe, et du pied, soient visibles de face. [1] C'est la position de base du membre inférieur, dont découle les positions fondamentales de pieds qui seront décrites ultérieurement.

Cette position répond non seulement à une exigence esthétique chez le danseur, [2] mais elle permet en plus une meilleure cinétique en amplitude extrême d'abduction de hanche. [1,2] En effet, grâce à la rotation externe maximale de hanche qu'il implique, la position *en dehors* permet un abaissement de la tête fémorale et une *posteriorisation* du grand trochanter qui limiteront ainsi la butée de ce dernier contre l'acétabulum, permettant des battements de jambe plus amples dans le plan frontal. [2]

1.2.2. Les positions de base en danse classique

C'est une autre notion fondamentale en danse classique. Chacune des positions est précisément codifiée ; on en compte cinq pour les pieds, et généralement trois pour les bras. [1] C'est de ces positions que découlent tous les mouvements en danse classique. Il s'impose donc au thérapeute de connaître les bases de la pratique, en vue de comprendre les mécanismes lésionnels et d'apporter une réponse la plus adaptée possible.

- Positions des pieds

Du fait de la position *d'en dehors* imposée à la jambe, le pied ne peut se soustraire qu'à cinq positions dans lesquelles il est possible et commode de se mouvoir. [1]

- **Première** : les deux pieds se touchent au niveau des talons et l'axe des pieds suit une ligne commune aux deux.
- **Deuxième** : l'axe des deux pieds reste sur une même ligne, mais les deux talons sont espacés d'une distance équivalente à un pied.
- **Troisième** : l'axe des deux pieds est décalé mais parallèle, le bord externe du pied en avant se retrouve en contact avec le bord interne du pied en arrière, les talons n'étant pas alignés avec les pointes de pied.
- **Quatrième** : semblable à la troisième, mais avec un alignement strict du talon arrière avec la pointe de pied avant, et vice versa. Les deux pieds ne sont pas en contact l'un avec l'autre.
- **Cinquième** : il s'agit de la 4^{ème} position, sans écart entre les deux pieds.

Elles sont toutes présentées ci-contre, sur les **Images 3 et 4**.

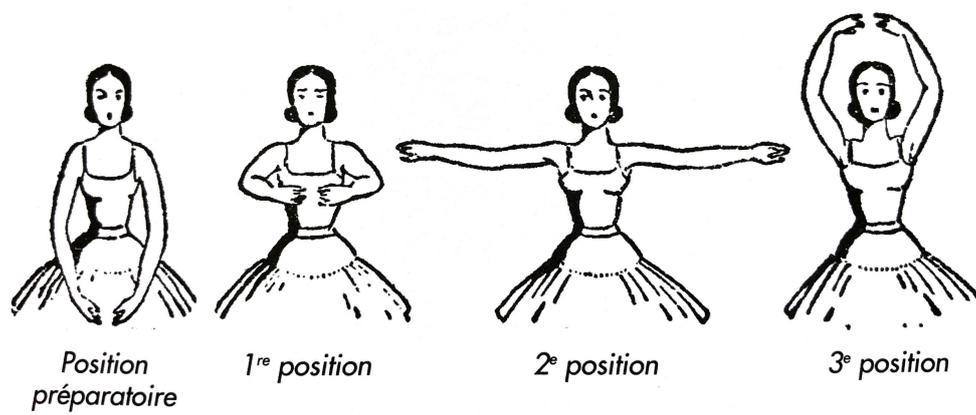


Image 5. Schéma des cinq positions de base des pieds en danse classique. D'après A. Vaganova, 1948.

- Positions des bras

Le positionnement des bras joue un rôle important dans la stabilité du danseur. Comme un équilibriste sur un câble tendu, le danseur réduit fortement son polygone de sustentation et les bras s'avèrent donc essentiel au maintien de son équilibre.

Une fois encore, leur positionnement est codifié et répond à des règles strictes : on compte trois positions de base auxquelles s'ajoute la position préparatoire. [1] Elles sont décrites ci-contre sur l'**Image 5**.

La position initiale des bras – ou position préparatoire – est décrite de telle sorte que les deux membres supérieurs forment un ovale en se rejoignant. On note une légère flexion de gléno-humérale, accompagnée d'une flexion de quelques degrés des coudes et des poignets, les mains se font face sans se toucher.

- **Première** : elle est semblable à la position préparatoire, mais la flexion de gléno-humérale est plus importante, de sorte que les mains du danseur se retrouvent à hauteur de poitrine.
- **Deuxième** : elle implique une abduction des gléno-humérales, le coude en légère flexion en vue de conserver l'esthétisme en rondeur du membre supérieur.
- **Troisième** : élévation complète du membre supérieur, une légère flexion des coudes et les doigts qui se font face sans se toucher.

À partir de ces positions fondamentales naissent de nombreuses variantes. Le positionnement des mains s'avère aussi très important dans la recherche de la grâce du mouvement. Il varie en fonction des enseignements, et sera différent selon s'il se réfère à l'école française, russe, ou italienne.

1.2.3. L'aplomb du danseur

Dans un premier temps, il est important de définir ce que l'auteure veut dire lorsqu'elle parle d'aplomb du danseur. Pour l'évoquer, elle décrit à la fois de *bon placement du corps*, et de *maitrise de l'équilibre* ainsi que de la *stabilité*. [1]

Nous nous accorderons donc à décrire cette composante comme étant la capacité du danseur à appréhender la pesanteur, en vue d'obtenir la meilleure posture possible, soit, pour simplifier davantage : l'aplomb du danseur n'est autre que son équilibre postural.

Cet aspect de la danse est sûrement un des plus important pour le danseur. En effet, tant que cet équilibre n'est pas trouvé, le danseur sera incapable de maintenir non seulement ses figures statiques, mais aussi ses mouvements dansés, car l'équilibre s'avère être la condition sine qua non aux deux.

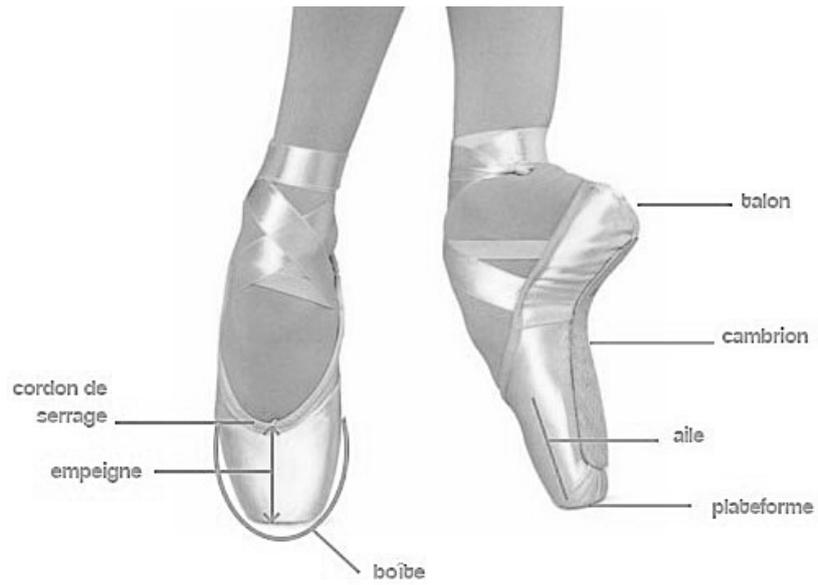


Image 6. Description des éléments constituant les *pointes*, de face et de profil. D'après Richardson, 2010.



Image 7. Radiographie du pied d'une danseuse montée *en pointe*. D'après Science Photo Library.

Au cours des premières années d'apprentissage, les jeunes danseurs perfectionnent d'abord leur équilibre à la barre, et s'exercent ensuite sans, dans des exercices dits « *au milieu* ». [1]

De plus, tous les danseurs évoluent *sur demi pointes* dans un premier temps. Il s'agit de chaussons souples, qui épousent la forme du pied et dont la semelle est très fine.

Après quelques années d'expérience, les danseuses débutent la pratique *sur pointes* : dans ce cas, le chausson est plus rigide, la semelle renforcée, et un socle en bois rend la pointe de la chaussure plus rigide pour permettre le support de l'hallux lors de la montée en pointe. (Richardson, 2010) Pour une meilleure perception, la configuration de la pointe et l'anatomie du pied lors du port de cette dernière sont décrites sur les **Images 6** et **7**. Tout ce souci porté à l'esthétisme éloigne progressivement la danseuse du sol, pour rendre ses gestes plus aériens et tenter de l'affranchir toujours davantage du joug de la pesanteur, mais cela au prix d'une exposition croissante aux déséquilibres.

C'est ici que la description du placement des pieds et des bras prend tout son sens, car la solidité et la bonne répartition des appuis plantaires, ainsi que le placement équilibré des membres supérieurs, vont venir contrebalancer cette tendance au déséquilibre induite par la réduction du polygone de sustentation.

En parlant de la stabilité, l'auteure soutient qu'une fois cette composante acquise, « *le danseur pourra affronter librement les aspects les plus difficiles de son art* ». [1]

1.3 Les pathologies fréquentes chez le danseur

Les danseurs classiques professionnels sont de véritables athlètes de haut niveau, et poursuivent par conséquent des entraînements intensifs et pluri quotidiens. Cette intensité les expose particulièrement au risque de survenue de blessures, et fait de cette population une des plus touchée par les troubles musculo-squelettiques. [3]

Une étude de 2008 s'est penchée sur la question, et a révélé que 67 à 95% des danseurs subissaient au moins une blessure par an. [3] La plupart des pathologies relèvent d'une surutilisation, et deviennent chroniques, affectant à la fois la performance du danseur, mais aussi sa qualité de vie. [3–7]

1.3.1 Blessures chez le danseur : les principaux facteurs de risque

Le premier facteur de risque est une conséquence de l'essence même de la danse classique.

En effet, le danseur utilise son corps comme moyen d'expression, en lui imposant d'outrepasser sans cesse ses limites. Même s'il a été montré que le danseur classique était doté d'une souplesse plus développée que le reste de la population, [8,9] les amplitudes recherchées dans de nombreux mouvements dansés vont au-delà des capacités biomécaniques physiologiques et s'avèrent irrémédiablement délétères en définitive.

S'ajoute à cela l'intensité du travail fourni au quotidien, comprenant les cours de danse, les répétitions et les représentations, et autant de gestes répétés, de postures soutenues, d'articulations et de muscles sollicités en vue d'obtenir la meilleure qualité de mouvement possible. C'est cette répétition du mouvement qui est à l'origine de la plupart des troubles musculo-squelettiques : en effet, les blessures de sur-utilisation représentent la majorité des atteintes chez le danseur. [10]

De plus, il doit sans cesse s'adapter aux chorégraphes et aux exigences propres à chacun, concernant le rythme, l'utilisation de l'espace, le type d'évolution sur scène, ainsi que le poids des costumes et des accessoires. Tous ces éléments nécessitent une grande capacité d'adaptation de la part du danseur et si cette dernière ne suffit plus, ils constituent un risque majeur de blessure. [11]

Il a aussi été constaté qu'un mauvais contrôle sensori-moteur augmentait le nombre de blessures. Ce déficit induit une mauvaise perception de l'espace, qui est à l'origine d'une diminution de l'efficacité et d'un ralentissement dans la survenue des stratégies de protection. [12] Cela illustre l'importance d'une bonne gestion des informations sensorielles, essentielle d'un point de vue esthétique (l'aplomb du danseur) mais aussi préventif.

L'âge, le genre, l'expérience, les antécédents traumatiques et la capacité à gérer l'anxiété, ainsi que le niveau de performance sont autant de facteurs qui entrent aussi en jeu dans l'apparition des troubles musculo-squelettiques (TMS) chez le danseur. [4,11,13,14]

1.3.2 Blessures chez le danseur : localisations et types d'atteintes

La grande majorité des études s'accorde à dire que les blessures chez le danseur concernent préférentiellement le membre inférieur, et plus précisément la cheville et le pied. Quant aux atteintes du rachis, elles sont moins nombreuses mais restent relativement fréquentes. [3,5,6,10,14,15] Le membre supérieur est quant à lui relativement préservé, et ne représente que 5 à 15% des lésions. [15] Il ne sera par conséquent pas développé ici. On note par ailleurs que la grande majorité des blessures surviennent suite à une sur-sollicitation des structures, qui sont deux fois plus représentées que les blessures traumatiques. [6]

- Les pathologies du membre inférieur

Le pied du danseur est particulièrement exposé, de par sa sollicitation permanente à différents degrés, que ce soit en termes de force lors des montées *sur pointes* ou des portés, d'explosivité pour assurer les pulsions ou d'amorti lors des réceptions de sauts.

La blessure la plus répandue reste l'**entorse de cheville**, mais un nombre conséquent de **fractures de fatigue** est aussi observé au niveau des os sésamoïdes et des métatarsiens, lesquelles coïncident souvent avec un défaut de technique du danseur. [16]

Toujours suite à une sur-sollicitation des structures, on retrouve aussi un nombre important de **syndromes du carrefour postérieur** avec atteinte du dôme talien, et de **tendinopathies du long fléchisseur de l'hallux**. [17,18]

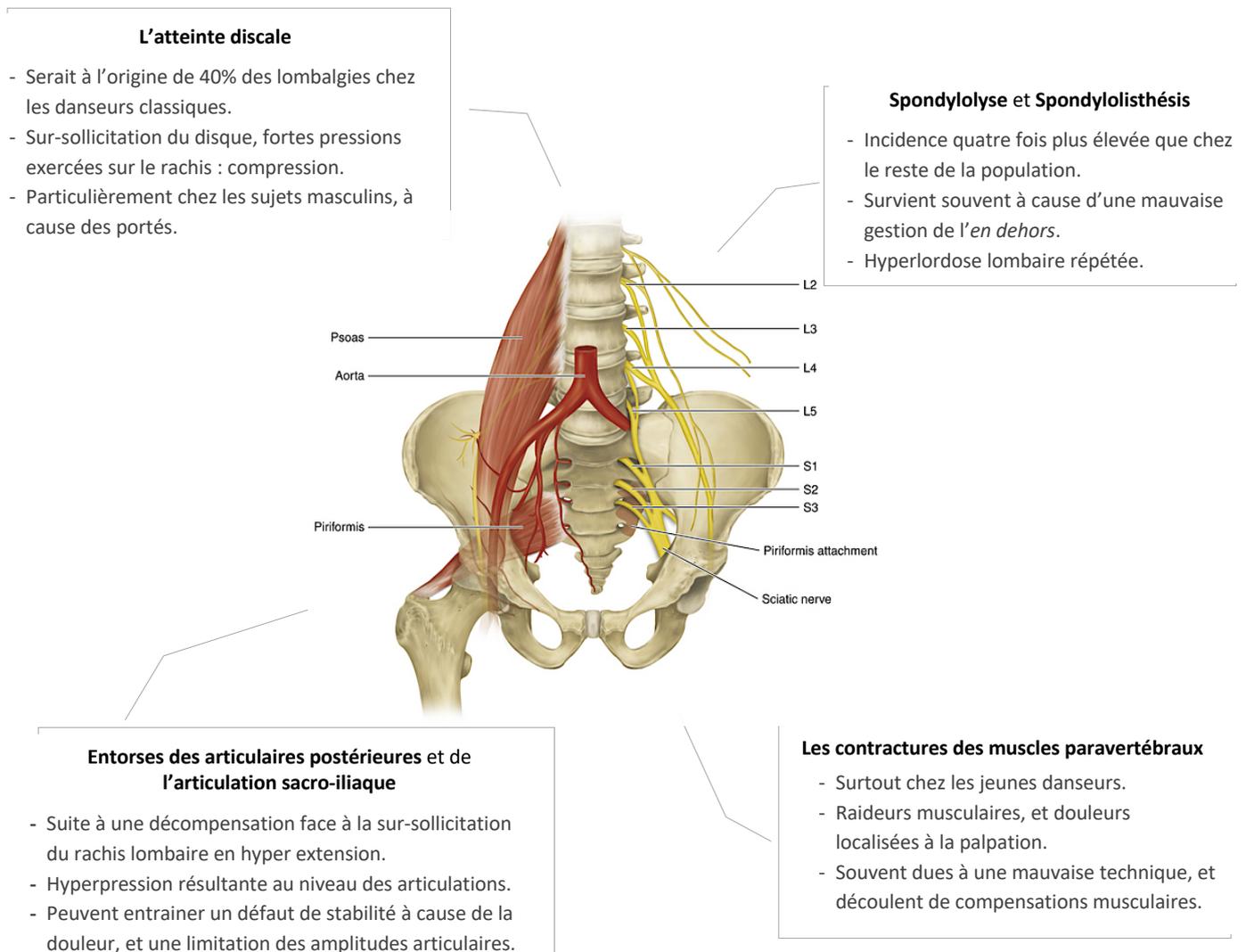


Figure 1. Les principales pathologies lombaires du danseur classique. [14,17,18]

- Les pathologies lombaires

En danse classique, le rachis est non seulement sollicité d'un point de vue postural, mais aussi en termes de force et de stabilité, notamment chez les sujets masculins qui effectuent les portés. Les principales atteintes sont regroupées sur la **Figure 1** ci-contre.

Les pathologies métaboliques et les troubles de l'alimentation s'avèrent aussi importants à prendre en compte, du fait de leur forte recrudescence chez les danseurs, mais, s'éloignant du sujet initial, ils ne seront pas développés ici.

2. Posture, équilibre et équilibre postural

2.1. Posture : définition et principaux acteurs

- Qu'est-ce que la posture ?

La posture peut être définie comme étant *la position des segments corporels, les uns par rapport aux autres et par rapport aux forces qui s'exercent sur lui, formant un ensemble stable à un moment donné.* [21]

La station debout érigée représente la posture de référence chez l'être humain. Cependant, de nombreuses autres postures lui sont accessibles, du moment où un équilibre est établi entre la gravité qui l'attire vers le sol, et la force centrifuge qui tend à l'y soustraire. [22]

Une posture est maintenue si les conditions d'équilibre sont respectées. (Paillard, 1991)

- Le tonus dans la posture

Le maintien d'une posture est indissociable du concept de tonus musculaire. En effet, le corps ne lutte pas contre la pesanteur uniquement lorsqu'il produit un mouvement, mais aussi en condition statique. [23]

Ainsi, pour éviter de subir trop fortement les effets de la gravité, les muscles sont dotés d'un *tonus de base*, défini comme une tension minimale, involontaire et permanente du muscle, et ce même au repos. (Ajuriaguerra, 1949).

Le tonus musculaire s'adapte en permanence aux variations de positionnements des segments corporels dans l'espace. [23]

On distingue plusieurs types de tonus, à savoir premièrement le tonus de base, qui s'observe en permanence dans le muscle, en état de veille et de sommeil, et le tonus d'action, qui prépare le muscle au mouvement. (J. Lacombe, 2008)

En condition statique, on parlera de tonus postural, décrit comme étant « *l'ensemble équilibré des contractions musculaires qui maintient une attitude d'un segment du corps ou du corps tout entier.* » (Deschoenmaecker, 2010)

Dans certaines pathologies, le tonus se trouve impacté. Il peut être exacerbé comme chez les patients hémiplegiques et on parlera alors d'hypertonie. À l'inverse, il peut diminuer au point de ne plus lutter contre les forces extérieures, induisant un phénomène de flaccidité, caractéristique des muscles hypotoniques. [23]

- Le rôle des muscles posturaux

Les muscles posturaux diffèrent des muscles phasiques, non seulement par leur fonction, mais aussi dans leur constitution.

En effet, les muscles voués à la posture disposent davantage de fibres musculaires lentes, appelées ainsi à cause du délai nécessaire à leur contraction. Cependant, si leur recrutement nécessite un laps de temps plus important que leurs homologues rapides, elles sont en revanche plus résistantes à la fatigue grâce à un métabolisme aérobie, assuré par une forte vascularisation, qui fait qu'on les qualifie aussi communément de *fibres rouges*. [24]

On peut aussi noter que les fibres mise en jeu dans la posture ne reçoivent pas la même innervation motrice que les fibres musculaires rapides. C'est d'ailleurs cet élément qui semble déterminer la nature du muscle à sa genèse. [25]

Concernant la fonction des muscles posturaux, ils assurent un double rôle ; [26]

- Antigravitaire, via une adaptation constante du tonus musculaire.
- De support du mouvement, en maintenant une base fixe et stabilisée.

Par ailleurs, l'activité musculaire posturale est principalement observée au niveau des muscles extenseurs des membres inférieurs (notamment le muscle soléaire) ainsi qu'au niveau des muscles du tronc et de la région cervicale. [27]

2.2. L'équilibre chez l'homme et le danseur

Marcher, danser, tomber, vieillir : la vie est une succession de déséquilibres.

K. Lambert

- L'équilibre : définition mécanique

D'un point de vue strictement mécanique, l'équilibre d'un solide est atteint lorsque d'une part, la résultante des *forces* qui s'exercent sur lui est nulle, et d'autre part lorsque la somme des *moments* qui s'exercent sur ce même solide est nulle également. Il nécessite que la projection du centre de gravité du solide soit comprise à l'intérieur de son polygone de sustentation, déterminé par le contour externe des appuis de ce même solide. [22]

- L'équilibre chez l'être humain

Appliqué à la biomécanique humaine, et si l'on considère le sujet en position orthostatique et en appui bipodal, son polygone de sustentation est trapézoïdal à base antérieure, et la projection de son centre de gravité se fait dans la partie postérieure de ce dernier.

Ces paramètres varieront en fonction de la posture adoptée par la personne, et l'équilibre sera maintenu tant que la projection du centre de gravité se fait au sein du polygone de sustentation. [28] Afin d'assurer l'équilibre et de le rétablir en cas de contraintes, un mécanisme de contrôle postural est mis en place par le corps lui-même. [29]

Ainsi, plus le polygone de sustentation est large, plus la ligne de gravité est courte (ce qui se traduit par un centre de gravité proche de la surface d'appui), et plus la projection du centre de gravité se situe proche du centre du polygone de sustentation, alors plus la posture sera stable et peu sujette aux déséquilibres. [28]

- L'équilibre du danseur

La recherche de légèreté inhérente au ballet romantique impose des conditions spécifiques à l'équilibre du danseur.

On observe tout d'abord une diminution générale du polygone de sustentation. Si l'on prend l'exemple d'une danseuse évoluant *sur pointes*, ce dernier se trouve réduit au simple contour de la plateforme située au niveau de *la boîte*, à l'avant des chaussons. Il se réduit encore davantage lors d'une arabesque par exemple, où l'appui devient unipodal. [30] De plus, les codes du ballet romantique reposant principalement sur des performances aériennes, la ligne de gravité se trouve sans cesse allongée, diminuant encore davantage la stabilité du danseur.

De ce fait, nous pourrions envisager un développement de capacités d'équilibration plus performantes chez les danseurs, en vue de pallier ces contraintes. Or ce n'est pas le cas, comme le montrent plusieurs études. En effet, en comparant les oscillations d'équilibration, elles sont identiques à celles du groupe témoin composé de sujets ne pratiquant pas la danse classique, [31] de même que l'équilibre unipodal yeux ouverts/yeux fermés qui est aussi comparable dans les deux populations [32]. Le contrôle postural statique et dynamique n'est pas non plus significativement augmenté chez les danseurs. [33]

L'entraînement ne suffisant pas, il est donc intéressant d'explorer de nouvelles pistes susceptibles d'influencer et d'affûter les capacités d'équilibration du danseur.

2.3. Contrôle postural : description, fonctionnement et stratégies

2.3.1. Définitions

L'équilibre postural est décrit comme la capacité à atteindre, maintenir, ou regagner un état d'équilibre. Il peut être statique ou dynamique, en fonction de l'activité du sujet. [28,34]

Le **contrôle postural** représente l'ensemble des stratégies mises en place au service de l'équilibre postural. [30] Il intervient pour contrer l'effet de phénomènes déséquilibrants intrinsèques (modification de l'alignement des segments corporels par exemple) ou extrinsèques (produits par l'environnement) au sujet. [35]

2.3.2. Le double rôle du contrôle postural

Le contrôle postural assure deux fonctions principales nécessaires au maintien de l'équilibre du sujet, à savoir l'orientation posturale et la stabilisation posturale. [35]

- **L'orientation posturale**

Elle représente *la capacité d'un individu à maintenir une relation appropriée entre ses segments [corporels] et l'environnement, en vue de réaliser une tâche* (Shumway-Cook & Woollacott).

En d'autres termes, cela signifie que pour que l'état d'équilibre soit atteint, le sujet doit percevoir correctement son environnement en vue de s'adapter aux contraintes qu'il lui impose. [29] Pour cela, la perception de la verticale par l'individu (verticale subjective) doit se rapprocher le plus possible de la verticale gravitaire. [35]

Afin de recueillir les informations nécessaires à l'orientation du corps dans l'espace, plusieurs systèmes sont sollicités. Contre toute attente, la contribution des afférences visuelles dans la perception de la verticale n'est pas majeure dans ce cas. [35–37]

En effet, les informations graviceptives sont primordiales et suffisent le plus souvent à établir la perception de la verticale (graviception somesthésique), même si des signaux vestibulaires peuvent contribuer à l'améliorer davantage (graviception vestibulaire). Elles proviennent de capteurs situés au niveau des viscères et des gros vaisseaux. [38]

La proprioception (fibres IA et IB) ainsi que les afférences cutanées plantaires interviennent aussi dans le processus d'orientation posturale. [35]

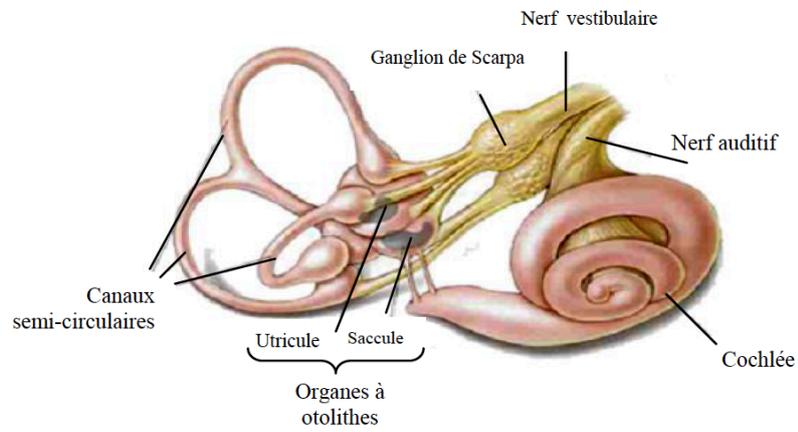


Figure 2. Localisation des organes à otolithes et des trois canaux semi-circulaires. D'après A. Paillard, 2010

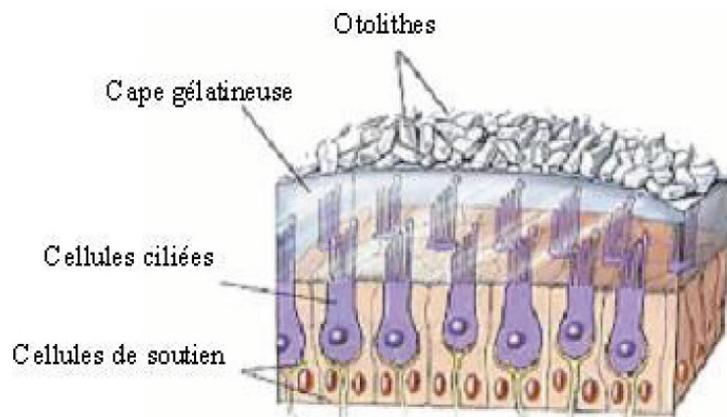


Figure 3. Représentation d'un organe à otolithes en position de repos. D'après A. Paillard, 2010

- **La stabilisation posturale**

C'est la capacité de l'individu à maintenir la projection verticale de son centre de gravité à l'intérieur de son polygone de sustentation (Shumway-Cook & Woollacott).

La stabilisation posturale regroupe tous les phénomènes visant à maintenir et à rétablir l'équilibre du sujet. Elle recrute à la fois le système visuel, vestibulaire, et proprioceptif. [35] Le processus de stabilisation d'un individu peut être objectivé à l'aide d'une plateforme de stabilométrie (posturographie), qui reproduit les oscillations du sujet autour de son centre de gravité. [35]

2.3.3. Les systèmes mis en jeu lors du processus de stabilisation posturale

Il est établi qu'aucune hiérarchie sensorielle ne fait foi ici. La sélection et la pondération des systèmes mis en jeu dépend de la situation et des préférences intrinsèques de l'individu. [35]

- **Système visuel**

Le fait de pouvoir tenir debout dans le noir pourrait discréditer l'implication de la vision dans le maintien de la stabilité posturale.

Or, la prépondérance du système visuel a été démontrée lors de tâches complexes, ainsi que chez certains individus. [39] En effet, des études ont observé une sur-utilisation de ces afférences chez les danseurs comparé à la population générale, [40] mais aussi par rapport à d'autres sportifs tels que les judokas. [33]

- **Système vestibulaire**

Au sein de l'oreille interne, les canaux circulaires sont sensibles aux accélérations angulaires. Les organes à otolithes, comprenant le saccule et l'utricule, perçoivent quant à eux les accélérations linéaires. [35] Ces derniers sont décrits sur les **Figures 2 et 3** ci-contre.

Les mouvements de la tête sont alors retranscrits sous forme d'influx nerveux à l'origine de deux réflexes ; *le réflexe vestibulo-spinal* qui agit sur le tonus des hémicorps en fonction de la direction d'accélération de la tête et *le réflexe oculo-vestibulaire*, qui agit sur la tonicité du cou en maintenant le regard à l'horizontale quels que soient les mouvements du tronc. [29]

Il est majoritairement impliqué dans la stabilisation lorsque le support est instable, ou lorsque le corps est en mouvement (locomotion). [35]

- **Système somatoproprioceptif ou somatosensoriel**

Il met en jeu de nombreux récepteurs, à la fois au niveau musculo-tendineux (fuseaux neuromusculaires, organes tendineux de Golgi), au niveau articulaire, mais aussi au niveau de la plante des pieds, avec les récepteurs cutanés plantaires. [35] Le triceps et les informations proprioceptives qu'il émet jouent un rôle primordial dans le maintien de la posture et de l'équilibre. [41]

Les informations somatoproprioceptives vont ensuite cheminer jusqu'aux aires primaires du cortex, puis elles vont être orientées vers les aires associatives qui recueillent aussi les informations provenant du système visuel et vestibulaire. Ces informations vont ainsi contribuer à élaborer et à enrichir la perception que se fait le sujet de son corps dans l'espace : on parle de schéma corporel. [42]

Ainsi, à la moindre modification de l'équilibre induite par un facteur interne ou externe, le Système Nerveux Central fournira une réponse adaptée, via la stimulation des muscles posturaux. Ces derniers agiront en vue de maintenir ou de ramener la projection du centre de gravité au sein du polygone de sustentation. [42,43]

Si la rééducation vestibulaire en kinésithérapie nécessite des formations supplémentaires et un équipement spécifique, tous les kinésithérapeutes sont en revanche à même, aux vues de leur formation initiale, de proposer des programmes rééducatifs visant à rétablir ou à stimuler les capacités proprioceptives du patient. En effet, cette composante se retrouve dans la plupart des plans de traitements, et vise non seulement une meilleure performance chez les sportifs notamment, mais elle s'avère aussi bénéfique pour tous patients confondus, de par son rôle préventif.

2.3.4. Les différentes stratégies motrices de stabilisation posturale

Lorsqu'un facteur extrinsèque ou intrinsèque à l'individu vient perturber son équilibre, différents mécanismes sont alors mis en place.

Les premières à être déclenchées sont d'ordre réflexe, et surviennent presque instantanément après la perturbation ; le plus commun étant le réflexe myotatique. Il induit une réponse de faible intensité, capable de contrer uniquement de petites oscillations : on parle ici de **réponses musculaires à latence courte**. [35,44]

Si ces dernières ne suffisent pas à rétablir l'équilibre de l'individu, les **réponses à moyenne et longue latence** sont sollicitées et contrairement aux précédentes, elles mettent en jeu une réponse volontaire, faisant intervenir le cortex cérébral.

Dans ce cas-là, des synergies musculaires impliquant les muscles du tronc et des membres sont mises en place pour aboutir à une réorganisation rapide de la posture, afin de contrer le déséquilibre et d'éviter la chute. [45]

Ceci se fait au travers de trois stratégies, la plus adaptée étant choisie en fonction de l'importance de la perturbation, des contraintes de l'environnement (qualité du support d'appui), et des capacités intrinsèques au sujet. [29,30,35] La commande de ces dernières est initiée au niveau du tronc cérébral et le cortex participe à leur modulation. [29]

Elles sont schématisées ci-après sur la **Figure 4**.

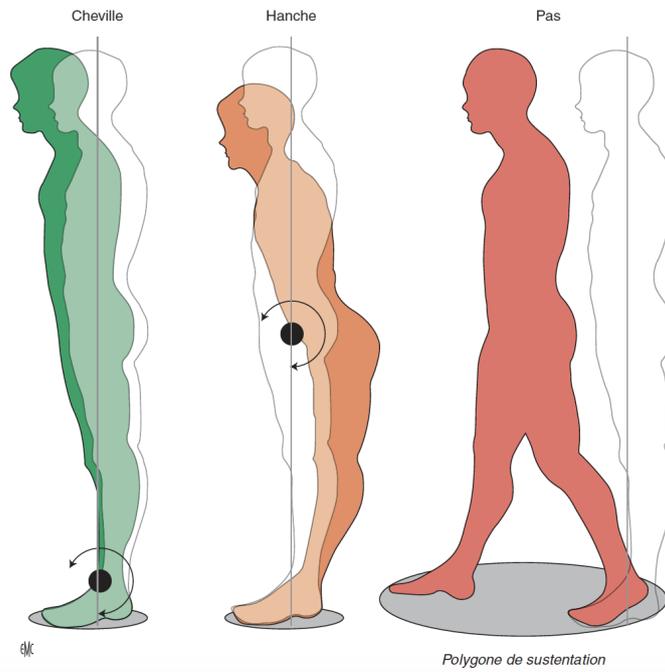


Figure 4. Les trois stratégies motrices de stabilisation.
D'après N. Duclos, C. Duclos et S. Mesure, 2017

1. La stratégie de cheville

Elle s'effectue au travers d'ajustements induits par la talo-crurale. Elle paraît être la plus adaptée lors de faibles déséquilibres sur support rigide et fixe. [29,30,35,46]

2. La stratégie de hanche

Elle est recrutée lorsque la stratégie précédente est dépassée, et souvent lorsque le déséquilibre survient sur support instable. Elle est aussi privilégiée si le centre de gravité doit être rapidement déplacé. [29,30,35,46]

3. La stratégie du pas

C'est la dernière alternative pour contrer le déséquilibre, puisqu'elle engendre une modification du polygone de sustentation. Elle représente la limite de la stabilisation posturale. [29,30,35,46]

Il existe d'autres stratégies dont le fonctionnement n'est pas le même que les trois citées ci-dessus. En effet, elles sont déclenchées en amont du déséquilibre, et non pas en réponse à ce dernier. On les appelle **les ajustements posturaux anticipés**. Ils s'appuient sur le schéma corporel de l'individu, et sont développés 100 à 150ms avant la perturbation à prévoir. [29]

L'ensemble de ces phénomènes forment l'arsenal nécessaire au maintien de l'équilibre du sujet. Lorsqu'ils sont déficients, leur prise en charge en kinésithérapie est souvent envisagée afin de rétablir une stabilité maximale et de limiter le risque de chute.

3. Les semelles proprioceptives

3.1. Rôle des récepteurs cutanés plantaires dans le contrôle postural

La phrase la plus sotte de la langue française ; « bête comme ses pieds ».

M. Béjart

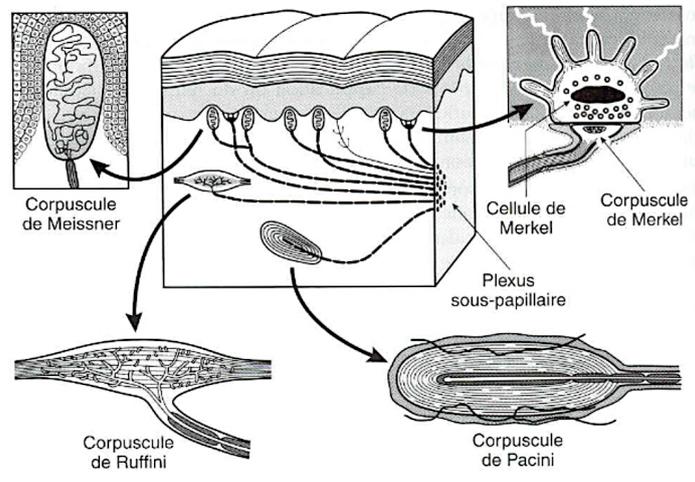


Figure 5. Schéma représentant les quatre types de barorécepteurs recouvrant la plante des pieds.
D'après M. Crépeau, 2017

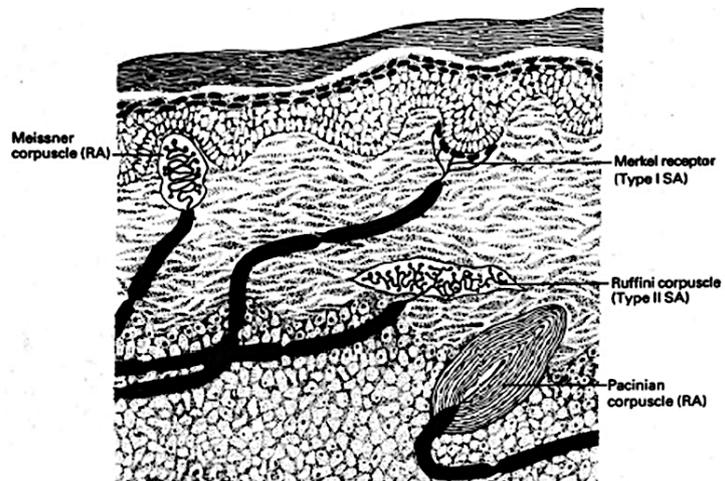


Figure 6. Coupe histologique de la peau recouvrant la surface plantaire.
D'après M. Crépeau, 2017

Il a été établi que l'équilibre et son maintien faisaient appel à de multiples informations sensorielles. [35,47–51] Il n'existe pas de réelle hiérarchie visant à déterminer qu'un système serait plus important qu'un autre dans le maintien de l'équilibre, puisque la sollicitation des différents organes dépend du sujet et de la situation à laquelle il est exposé. [35]

Cependant, les afférences cutanées plantaires occupent une place de choix dans ce "dialogue avec l'environnement", puisqu'elles sont l'intermédiaire direct entre le corps et sa surface d'appui. [47,50] De ce fait, la plante du pied est dans la plupart des cas, le premier organe à percevoir les variations du support d'appui susceptibles d'altérer l'équilibre du sujet. [52]

En effet, des études ont montré qu'en supprimant temporairement les afférences plantaires par hypothermie [53] ou par anesthésie [54], l'équilibre du sujet s'en trouvait fortement altéré par une mauvaise perception du sol et de ses appuis. À contrario, des expériences visant à stimuler électivement certaines parties de la surface plantaire (à l'aide de vibrations mimant une augmentation de pression localisée), ont montré que cela déclenchait une réponse posturale adaptée aux déstabilisations simulées. [50]

3.1.1. Histologie de la surface plantaire

La plante du pied est recouverte d'une peau glabre constituée, comme tout le reste de l'organisme, de l'épiderme, du derme, et de l'hypoderme. C'est au sein de ce tissu que se logent les mécanorécepteurs, et plus précisément les barorécepteurs, chargés de coder en permanence la localisation et l'intensité des forces de pression qu'ils subissent au contact du support d'appui. [47] Ils sont décrits sur la **Figure 5 et 6** ci-contre.

Quatre types de barorécepteurs tapissent la surface plantaire. [47,55–57]

- **Les récepteurs à adaptation lente ;**
 - **De type I (SAI)**, ou *disques de Merkel*, qui représentent 14% des barorécepteurs plantaires ;
 - **De type II (SAII)**, ou *corpuscules de Ruffini* (15%).

- **Les récepteurs à adaptation rapide ;**
 - **De type I (FAI)**, ou *corpuscules de Meissner* (57%) ;
 - **De type II (FAII)**, ou *corpuscules de Pacini* (14%).

Ces récepteurs sont retrouvés partout sur le corps, de la peau glabre de la paume de main à la peau pileuse du mollet, mais c'est de leur répartition spécifique au niveau de la plante du pied que découle leur rôle bien particulier dans la gestion de l'équilibre. [56]



Figure 7. Distribution des barorécepteurs la surface plantaire.
D'après P. Kennedy et T. Inglis, 2001

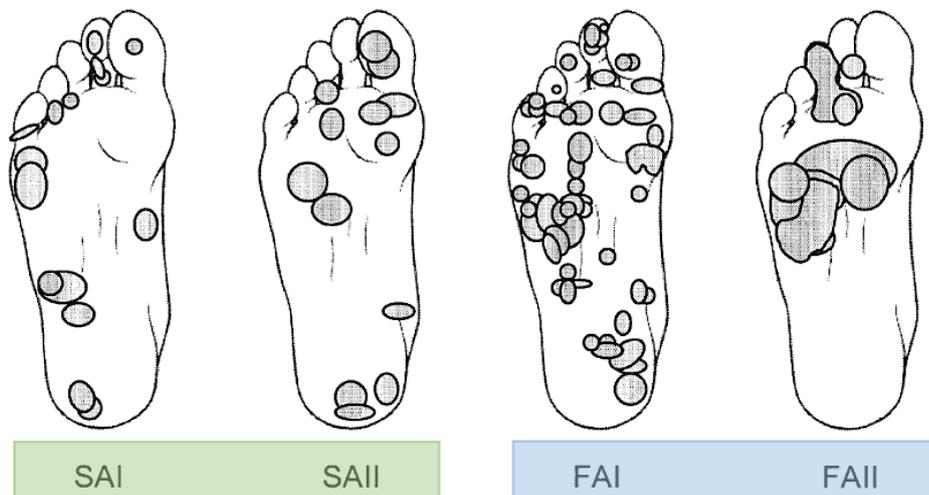


Figure 8. Cartographie des champs réceptifs propres à chaque sous-famille de barorécepteurs. En vert, les récepteurs à adaptation lente, en bleu, les récepteurs à adaptation rapide. D'après P. Kennedy et T. Inglis, 2001

3.1.2. La surface plantaire et son rôle de "carte dynamométrique"

Pour commencer, il est nécessaire de différencier les deux sous-familles de barorécepteurs citées précédemment.

La grande majorité d'entre eux appartiennent à la famille des récepteurs à adaptation rapide (FAI et FAII), ce qui signifie qu'ils s'activent uniquement à l'initiation puis à l'interruption de leur mise en contrainte. Les autres, dont l'activation est continue, sont classés dans la famille des récepteurs à adaptation lente (SAI et SAII). [55] Leur répartition globale est détaillée sur la **Figure 7**.

Par ailleurs, il est important de noter aussi qu'un barorécepteur est une structure infime mais qu'il capte les informations sensorielles sur une zone bien plus étendue que lui, décrite comme étant son *champ réceptif*. [55] Les récepteurs à adaptation rapide de type II (FAII) sont peu nombreux, mais en comparaison avec les autres, ils disposent de champs réceptifs beaucoup plus vastes. Ces derniers sont décrits sur la **Figure 8**.

Ainsi, le rôle fonctionnel de ces barorécepteurs consiste à percevoir, puis à transmettre sous forme d'influx nerveux à la fois les pressions statiques (via les SAI et SAII) mais aussi les variations de pression lorsque les appuis sont modifiés (via les FAI et FAII). [56] Par ailleurs, chaque récepteur a un seuil d'activation qui lui est propre, allant de 0,3 à 750 mN (millinewton), ce qui augmente davantage la précision du message envoyé aux centres nerveux. [55] Les récepteurs cutanés plantaires assurent ainsi *le codage spatio-temporel des pressions plantaires*. [50]

3.2. La semelle proprioceptive : une alliée de la posture ?

La semelle proprioceptive, aussi appelée *semelle de posture* ou *orthèse plantaire*, semble être à première vue l'apanage du podologue. Mais dans le cadre d'une prise en charge pluri disciplinaire du sportif, il s'avère intéressant de connaître aussi les moyens thérapeutiques dont disposent les autres professionnels de santé, et tout particulièrement pour le kinésithérapeute, qui participe pleinement aux perfectionnements des capacités du sujet en termes de contrôle postural. [58,59]

En effet, le rôle des deux thérapeutes semble se confondre ici au profit de l'objectif du patient, qui reste le but ultime. Ainsi, les kinésithérapeutes et les podologues ne disposent pas des mêmes outils, mais une prise en charge pluridisciplinaire du patient implique une certaine connaissance des dispositifs disponibles. Ainsi, une rééducation de la posture et du contrôle postural en cabinet de kinésithérapie pourrait être complétée par le port de semelles proprioceptives en dehors des séances, en vue de concourir à une prise en charge optimale du patient.

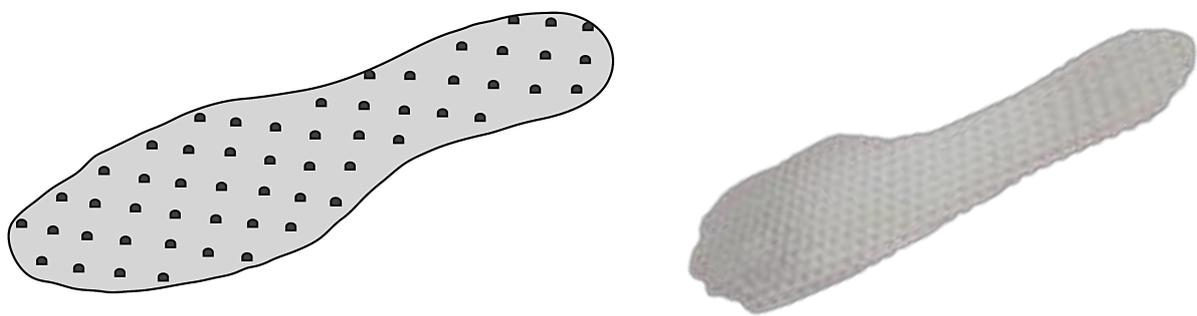


Figure 9. Schéma et photographie d'une semelle proprioceptive, avec la présence des *barres* à sa surface. D'après D. Clark, 2014

- Semelles proprioceptives : description

Il s'agit d'un dispositif médical, d'épaisseur et de composition variable, qui doit correspondre à la morphologie plantaire et aux besoins du sujet. [59] Elles sont décrites ci-contre, sur la **Figure 9**.

Les semelles proprioceptives doivent être réalisées avec des matériaux à haute densité, afin d'assurer une certaine fermeté au contact du pied. En effet, des semelles trop molles minorent la perception du sol, entraînant un défaut de stimulation des barorécepteurs (hypoesthésie plantaire) à l'origine d'une augmentation de l'instabilité posturale et de la même manière, un risque de troubles biomécaniques sus-jacents. [43]

Elles se composent d'une base en matière plastique (thermoformée ou non), parsemée de microreliefs appelés *barres* ou *éléments de stimulation posturale*. [60] (**Figure 9**) Ces derniers doivent être constitués de matériaux fermes (*dureté shore supérieure à 60*) et leur hauteur ne doit pas dépasser 3 millimètres. [59,61] Au-delà de cette épaisseur, les réponses posturales risquent d'être désadaptées, les semelles devenant ainsi possiblement iatrogènes. [43]

- Semelles proprioceptives : mode d'action

« La modification de la base d'appui par une orthèse de n'importe quelle épaisseur est susceptible d'entraîner des modifications dans la régulation posturale » A-M. Leporck

Ainsi, l'effet des semelles proprioceptives repose sur un double phénomène : d'une part, les microreliefs, ou *barres*, permettent d'augmenter la surface de contact et donc le nombre d'informations fournies aux barorécepteurs. [43] D'autre part, la répartition des *barres* sur la semelle permet de stimuler sélectivement les zones de la plante du pied où les barorécepteurs sont les plus nombreux, et notamment en fonction des déficits observés au cours de l'examen clinique postural. [62]

Le mécanisme d'action de la semelle proprioceptives est simple. En augmentant la surface d'appui, un nombre plus important de barorécepteurs se retrouve stimulé, et on observe ainsi une augmentation des messages nerveux provenant de la surface plantaire. [42]

De ce fait, le Système Nerveux Central détient une image plus précise de la qualité des appuis et de leurs variations à chaque instant, lui permettant de fournir des réponses d'autant plus adaptées. [43,59]

3.3. Semelles proprioceptives : les différents champs d'action

Chez **le sujet âgé**, on retrouve une réduction des ressources haptiques, et donc une diminution des afférences cutanées plantaires, qui rime avec un contrôle postural déficient et un risque de chute élevé. [63]

En s'intéressant au possible bénéfice d'une sur-stimulation des barorécepteurs plantaires, les chercheurs ont analysé l'effet des semelles proprioceptives sur l'équilibre de personnes âgées. Les résultats ont ainsi montré non seulement une amélioration du contrôle postural en statique, [42,63–65] mais aussi lors de la marche. [42,63,64] De manière concomitante, une diminution du nombre de chute a aussi été observée par rapport au groupe témoin. [42,63,65]

Concernant le port des semelles proprioceptives chez **le sujet pathologique**, les études montrent une amélioration significative du schéma de marche chez le patient parkinsonien, [66] ainsi que chez les patients atteints de sclérose en plaques. [67,68] Des recherches en cours tentent d'évaluer l'effet du port de ces semelles sur l'équilibre des patients diabétiques, souffrant de neuropathies périphériques. [69]

Enfin, il a été démontré que chez **le sujet sportif**, le port des semelles proprioceptives pourrait améliorer les performances sportives. [42] Si elles semblent avoir un effet modéré au début de la performance, c'est avec l'arrivée de la fatigue musculaire que leur rôle devient particulièrement intéressant. En effet, elles permettraient d'améliorer significativement le contrôle postural à la suite d'un effort, en situation de fatigue musculaire. [70] Une amélioration a aussi été retrouvée dans une cohorte composée de *footballeuses professionnelles* avec une perception augmentée des appuis, comparé au port de semelles classiques, entraînant une meilleure stabilité et par extension, un mouvement sportif de meilleure qualité. [71,72] De même, une meilleure qualité des appuis ainsi qu'un gain dans la symétrie des mouvements ont été observés chez des *rameurs d'aviron professionnels*, suite au port de ces semelles. [73] Chez *les coureurs* également, une meilleure perception des appuis couplée à une réduction de la charge à l'impact ont également été observées, diminuant ainsi le risque de blessures. [74]

Sur de nombreux aspects, le port de semelles proprioceptives semble être bénéfique pour le sportif. Ces résultats pourraient donc naturellement être transposables aux danseurs classiques, et l'objectif de cette revue de littérature est de collecter et d'analyser les données actuelles de la science sur le sujet.

II. Méthode

La problématique de cette revue de littérature est détaillée à travers l'équation de recherche suivante ;

- ⇒ **Population** : les danseurs classiques professionnels, en formation ou en activité.
- ⇒ **Intervention** : le port de semelles proprioceptives.
- ⇒ **Comparaison** : l'absence de semelles proprioceptives.
- ⇒ **Critères de jugement (Outcomes)** : l'amélioration du contrôle postural (*critère de jugement principal*) ou de la proprioception de la cheville (*critère de jugement secondaire*). Et ainsi, la prévention des TMS et une meilleure performance dans la réalisation du geste sportif.

L'objectif de cette revue systématique est donc de déterminer si le port des semelles proprioceptives augmente le contrôle postural et la proprioception de cheville des danseurs classiques.

1. Stratégie de recherche

La première partie de la recherche a été effectuée à l'aide des bases de données électroniques suivantes : PubMed, ScienceDirect, Cochrane library, Europe PMC et PEDro. En parallèle, une recherche manuelle a aussi été effectuée en se rapportant aux références bibliographiques des études et des revues de littérature les plus pertinentes par rapport à notre sujet.

Par la suite, la collecte d'articles s'est concentrée sur les bases de données électroniques recueillant la littérature grise, telles que Thèses.fr et l'Agence de la Bibliographie des Études Supérieures.

Les mots clés qui ont été utilisés pour la recherche sont : *ballet dancers, elite dancers, professionnall dancers, textured insoles, foot orthoses, postural balance* et *proprioception*.

Ils ont été choisis pour correspondre au mieux à l'équation de recherche. De nombreuses variantes ont été testées et seuls ces sept mots clés ont été conservés, car ils permettaient d'orienter correctement la recherche en vue d'obtenir les articles les plus pertinents possible. Par exemple, le terme « *dancers* » utilisé sans complément a été exclu car les résultats de recherche qu'il engendrait n'étaient pas suffisamment ciblés concernant la population.

Ces mots clés ont été reliés entre eux par des opérateurs booléens, afin d'aboutir à une question de recherche la plus précise possible.

- L'opérateur « *AND* » est utilisé entre deux termes lorsqu'on désire que les titres, résumés, ou textes entiers (en fonction du choix) contiennent absolument les deux termes.
- L'opérateur « *OR* » permet une recherche plus large, en acceptant les études comportant au moins un des deux termes.
- L'opérateur « *NOT* » quant à lui, permet d'exclure de la recherche toutes les études qui contiendront le terme qui succède à cet opérateur.

La recherche d'articles s'est étendue du 10 septembre 2019, jusqu'au 20 décembre 2019. Seuls les articles en langue française ou anglaise ont été sélectionnés. De plus, afin d'obtenir des résultats en accord avec les données actuelles de la science, seuls les articles dont la date de publication était comprise entre 1970 et 2020 ont été inclus.

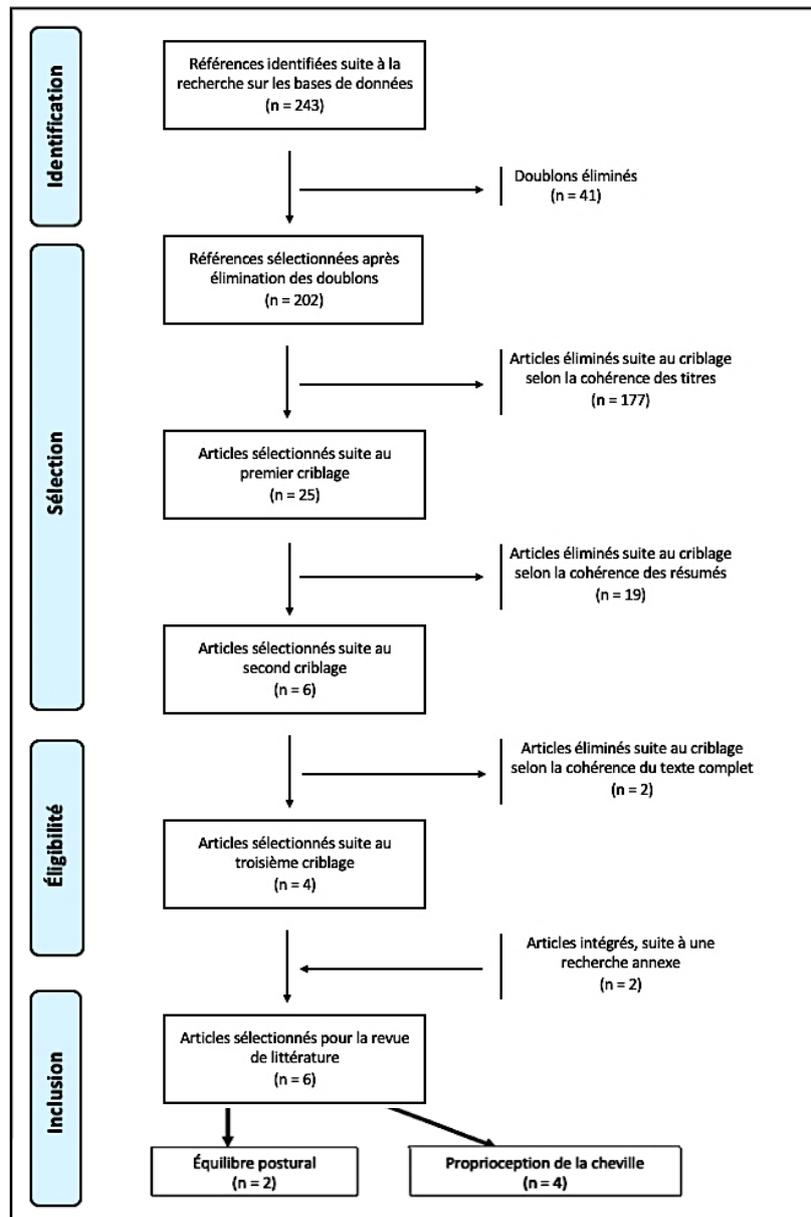


Figure 10. Diagramme de flux, représentant la méthodologie appliquée pour la sélection des articles.

2. Sélection des études

Suite à divers essais, la sélection des mots clés et des opérateurs booléens pour lesquels les études obtenues étaient les plus pertinentes a finalement été définie. Il s'agit de l'équation de recherche suivante ;

“ (((Textured insoles) **OR** (Foot orthoses)) **AND** ((Ballet dancers) **OR** (Elite dancers))) ”

Une fois cette équation entrée dans la barre de recherche des différentes bases de données, un total de **243 articles** a été collecté ;

- 114 sur Pubmed ;
- 95 sur ScienceDirect ;
- 34 sur Cochrane Library.

Cependant, aucun article n'a été recensé ni sur PEDro, ni sur Europe PMC en utilisant cette équation de recherche.

Suite à cela, les références sélectionnées ont subi une série de criblages successifs. Les différentes étapes sont synthétisées dans la **Figure 10** ci-contre.

Avant tout, il a été nécessaire d'éliminer les 41 doublons, de nombreuses études apparaissant sur plusieurs bases de données à la fois.

Ensuite, et dans un premier temps, les 202 études restantes ont été soumises à un processus de sélection. Ce dernier visait tout d'abord à valider la pertinence des titres de ces articles. Ainsi, pour être sélectionnés, il devait contenir au moins deux éléments de l'équation de recherche. Il a été observé des discordances dans 177 d'entre eux (population pas assez ciblée, effet des semelles sur la marche etc.) et le nombre d'articles encore sélectionnés s'élevait alors à 25.

Suite à un criblage similaire portant cette fois sur les résumés puis sur le texte intégral de l'article, le nombre final d'articles éligibles pour la revue était de quatre. Sont venus s'ajouter deux articles provenant de la recherche manuelle annexe portant le nombre d'études incluses à six au final.

La totalité des études incluses valident ainsi tous les critères, et ne diffèrent que par leur critère de jugement : deux d'entre elles ont pour critère de jugement principal *l'équilibre postural*, tandis que les quatre autres évaluent *la proprioception de cheville*, qui représente le critère de jugement secondaire.

Quant aux articles écartés, ils ont été répertoriés avec les causes de leur exclusion, dans le tableau de l'**Annexe 1**.

3. Critères d'inclusion et d'exclusion des études

- *Type d'étude*

Les articles étaient inclus dans cette revue s'ils étaient d'ordre expérimentaux. Par conséquent, la recherche s'est portée principalement sur les essais cliniques randomisés, mais les essais cliniques non randomisés n'ont pas pour autant été écartés. En effet, le sujet de cette étude étant relativement ciblé, les critères de recherches très étroits et l'intervention encore peu répandue, il a donc été convenu d'élargir le champ de recherche.

Cependant, pour valider leur inclusion, les études devaient obtenir un score d'au moins **14/28** à l'échelle de *Downs et Black (D&B)*, qui évalue à la fois la qualité méthodologique des essais randomisés mais aussi celle des essais non randomisés, et qui sera détaillée plus loin.

- *Population*

Les études devaient porter sur les danseurs classiques professionnels, toutes celles ne répondant pas strictement à ces deux injonctions ont alors été mises de côté. Lorsque la population de l'étude était non professionnelle, où qu'elle pratiquait d'autres styles de danse, se rapprochant de la danse classique (danse contemporaine) ou pas (jazz, danse irlandaise), les papiers étaient automatiquement écartés.

Par ailleurs, le but de l'étude visait à déterminer l'impact des semelles proprioceptives sur la prévention des blessures et sur les performances du sportif, et non pas dans le cadre de la prise en charge d'une pathologie. Cette étude vise donc à déterminer le rôle préventif du port de ces orthèses plutôt que leur rôle curatif. De plus, une pathologie sous-jacente pourrait biaiser les résultats de l'étude et ne pas rendre compte du réel effet de la semelle.

C'est donc pour ne pas fausser les résultats que les sujets composant les cohortes ne devaient souffrir d'aucun trouble ni pathologie du dos et des membres inférieurs au moment de l'expérimentation, qui aurait pu compromettre la véracité des résultats.

Concernant la taille de l'échantillon, la limite basse a été fixée arbitrairement à un minimum de vingt sujets, en vue de fournir des résultats raisonnablement significatifs.

- *Intervention et comparateur*

Concernant les semelles, il fallait que l'article précise qu'elles soient dotées d'un rôle proprioceptif, autrement dit qu'elles stimulent et amplifient la production de messages nerveux provenant des afférences plantaires. Si le choix du matériau de la semelle n'était pas pris en compte dans la sélection, les microreliefs quant à eux, ne pouvaient excéder 3 mm de hauteur, en accord avec les données citées dans l'introduction qui mentionnent un risque de réponses posturales non adaptées avec des *barres* aux dimensions supérieures. [58,61]

Les études portant sur tout autre type de semelles non proprioceptives ont été mises de côté. Ont aussi été écartés les articles étudiant tout autre moyen de stimulation plantaire, telles que les vibrations.

Dans l'étude, les semelles proprioceptives pouvaient être portées durant le cours de danse, pendant les périodes de repos du danseur ou seulement pour l'expérimentation, la revue s'intéressant à l'effet des semelles proprioceptives qu'il soit immédiat, à moyen ou à long terme.

Concernant l'intervention contrôle, elle pouvait être réalisée de différentes manières à partir du moment où elle ne s'éloignait pas excessivement du contexte de la danse et de la vie quotidienne du danseur, afin de pouvoir apprécier au mieux l'effet positif ou négatif engendré par le port des semelles proprioceptives.

Étaient tolérées les comparaisons avec ;

- Les pieds nus ;
- Le port des chaussures ou des chaussons de danse portés habituellement par le danseur ;
- Les autres types de semelles non proprioceptives ;
- Les sols texturés (mous, ou à picots par exemple).

● *Critère de jugement*

Le critère de jugement principal de l'étude analysée devait porter sur l'évolution du contrôle postural pour que cette dernière soit sélectionnée. Par ailleurs, si l'étude traitait de l'amélioration de la proprioception de cheville, elle était elle aussi prise en compte du fait qu'elle puisse être considérée comme un critère de jugement intermédiaire (ou secondaire) ; l'amélioration de la proprioception de cheville ayant pour finalité le perfectionnement du contrôle postural dans notre cas.

4. Évaluation de la qualité des études incluses

Ainsi, toutes les études jugées pertinentes par rapport au sujet ont été soumises à une évaluation afin de déterminer la qualité de leur méthodologie.

Afin d'être en capacité d'évaluer à la fois des essais cliniques randomisés et non randomisés, c'est l'échelle de **Downs et Black** (*Downs and Black Checklist for Quality Assessment*) qui a été choisie pour déterminer le degré de qualité méthodologique des articles. [75] Elle est plus amplement détaillée en **Annexe 2**. Cette échelle semble être une alternative envisageable à l'échelle PEDro, [76] cette dernière n'évaluant que les essais cliniques randomisés.

<i>Études incluses</i>	Numéros attribués
<i>Does wearing textured insoles during non-class time improve proprioception in professional dancers? [78]</i> N. Steinberg et al. (2015)	1
<i>Use of textured insoles to improve the association between postural balance and ankle discrimination in young male and female dancers [79]</i> N. Steinberg et al. (2015)	2
<i>Can textured insoles improve ankle proprioception and performance in dancers? [80]</i> N. Steinberg et al. (2016)	3
<i>The effect of textured ballet shoe insoles on ankle proprioception in dancers [81]</i> N. Steinberg et al. (2016)	4
<i>Influence of textured insoles on dynamic postural balance of young dancers [77]</i> N. Steinberg et al. (2017)	5
<i>Should ballet dancers vary postures and underfoot surfaces when practicing postural balance ? [77]</i> N. Steinberg et al. (2018)	6

Tableau 1. Assignation d'un numéro à chacune des études.

En effet, elle est conçue pour correspondre à la fois aux essais cliniques randomisés et non randomisés. Elle se compose de 27 items, quantifiant la qualité méthodologique de l'étude. Elle se divise en cinq parties ; [75]

1. Évaluation de la méthodologie générale (10 items),
2. Évaluation de la validité externe de l'étude (3 items),
3. Évaluation de la validité interne, centrée sur les biais relevant de l'intervention ou des résultats (7 items),
4. Évaluation de la validité interne, centrée sur les biais concernant les modalités de l'échantillon (6 items),
5. Évaluation de la puissance de l'étude (1 item).

La validité externe d'une étude est évaluée afin de déterminer si les résultats obtenus par cette dernière sont extrapolables ou pas, à l'ensemble de la population dont sont extraits les sujets de l'échantillon. [75]

La validité interne quant à elle, évalue les risques de biais dans une étude. [75] Ainsi, les biais de sélection, les biais de performance et de mesure et les biais d'attrition ont été recherchés.

Enfin, **la puissance** exprime la probabilité de détecter une différence lorsqu'elle existe réellement. [75]

L'analyse des résultats décrite postérieurement et aboutissant aux conclusions de cette revue de littérature sera uniquement qualitative.

III. Résultats

Comme toutes les études ont été menées par la même équipe, il est impossible de les citer simplement par le nom du chercheur. Ainsi, afin d'éviter de préciser tout l'intitulé de l'étude à chaque citation, un numéro sera attribué à chaque étude, et chacune d'entre elles sera citée par l'intermédiaire de ce dernier. (Cf **Tableau 1** ci-contre).

Étude, auteur et date	Type d'étude	Caractéristiques de l'échantillon	Âge Moyenne M / écart type σ	Description : Intervention	Description : Intervention de comparaison	Type de semelles	Critère de jugement	Appareil de mesure utilisé
<i>Does wearing TI during non-class time improve proprioception in professional dancers? [78]</i> N. Steinberg et al. (2015)	ECR Cross-over	Taille : 26 Sexe : 14F/12H Danseurs classiques professionnels en formation (ABS)	13 à 17 ans	Port des chaussures habituelles avec les semelles proprioceptives Min 2h/jour (repos) Pendant 4 semaines	Port des chaussures habituelles sans les semelles proprioceptives Pendant 4 semaines	Proprioceptives En polychlorure de vinyle 4 micro reliefs par cm ² (3mm x 1mm)	Proprioception/ Sensibilité discriminative de la cheville	AMEDA
<i>Use of TI to improve the association between PB and ankle discrimination in young male and female dancers [79]</i> N. Steinberg et al. (2015)	ECNR	Taille : 44 Sexe : 24F/20H Danseurs classiques professionnels en formation (ABS)	13 à 19 ans M : 16,32 σ : 1,625	Port des semelles proprioceptives dans les chaussons du danseur Durant tout le test, soit 5 x 10 mouvements de cheville	Port des chaussons du danseur sans les semelles proprioceptives Durant tout le test, soit 5 x 10 mouvements de cheville	Proprioceptives En polychlorure de vinyle 4 micro reliefs par cm ² (3mm x 1mm)	Proprioception/ Sensibilité discriminative de la cheville (Équilibre Postural)	AMEDA (IMU)
<i>Can TI improve ankle proprioception and performance in dancers? [80]</i> N. Steinberg et al. (2015)	ECR Cross-over + Groupe contrôlé	Taille : 60 Sexe : 29F/31H Danseurs classiques professionnels en formation (ABS)	13 à 19 ans	Port des semelles proprioceptives dans les chaussons pendant le travail à la barre Pendant 5 semaines	- Port des chaussons sans semelles proprioceptives à la barre / 5 semaines - Port des chaussons sans semelles proprioceptives à la barre / 10 semaines	Proprioceptives En polychlorure de vinyle 4 micro reliefs par cm ² (3mm x 1mm)	Proprioception / Sensibilité discriminative de la cheville	AMEDA
<i>The effect of textured ballet shoe insoles on ankle proprioception in dancers [81]</i> N. Steinberg et al. (2015)	ECNR	Taille : 44 Sexe : 24F/20H Danseurs classiques professionnels en formation (ABS)	13 à 19 ans M : 16,32 σ : 1,625	Port des semelles proprioceptives dans les chaussons pendant le test, soit 5x10 mouvements de cheville	Pieds nus, port des chaussons sans semelles, puis avec des semelles molles, puis avec des semelles proprioceptives. Idem	Proprioceptives En polychlorure de vinyle 4 micro reliefs par cm ² (3mm x 1mm)	Proprioception/ Sensibilité discriminative de la cheville	AMEDA
<i>Influence of TI on dynamic PB of young dancers [34]</i> N. Steinberg et al. (2017)	ECR Cross-over	Taille : 26 Sexe : 14F/12H Danseurs classiques professionnels en formation (ABS)	13 à 19 ans M : 15,69 σ : 0,22	Port des chaussures habituelles avec les semelles proprioceptives Min 2h/jour (repos) Pendant 4 semaines	Port des chaussures habituelles sans les semelles proprioceptives Pendant 4 semaine	Proprioceptives En polychlorure de vinyle 4 micro reliefs par cm ² (3mm x 1mm)	Équilibre Postural	IMU
<i>Should ballet dancers vary postures and underfoot surfaces when practicing PB ? [77]</i> N. Steinberg et al. (2018)	ECNR	Taille : 36 Sexe : 22F/14H Danseurs classiques professionnels en formation (ABS)	14 à 19 ans M : 16,14 σ : 1,55	Port des semelles proprioceptives dans les chaussons du danseur Tenue 30 sec en unipodal Répétition de 10 fondus	Pieds nus, port des chaussons sans semelles, puis sur deux sols texturés, puis avec des semelles proprioceptives. Idem	Proprioceptives En polychlorure de vinyle 4 micro reliefs par cm ² (3mm x 1mm)	Équilibre Postural	IMU

Tableau 2. Tableau de synthèse des études incluses.

Concernant les abréviations ; ABS pour Australian Ballet School, AMEDA pour Ankle active Movement Extent Discrimination Apparatus, ECNR pour Essai clinique non randomisé, ECR pour Essai clinique randomisé, IMU pour Inertial Measurement Unit, PB pour Postural balance, TI pour Textured insoles et SP pour Semelles proprioceptives.

1. Description des études

Initialement, le nombre de références identifiées s'élevait à 243 articles. Une série de criblage a été nécessaire pour écarter les articles non pertinents, et pour ne garder que ceux en accord avec la problématique de la revue. Ainsi, six études ont été incluses en vue d'être analysées. Par conséquent, elles valident toutes les critères d'inclusion déterminés précédemment, et sont décrites dans le **Tableau 2** ci-contre.

- *Nature des études incluses et de leurs essais cliniques*

Les études sélectionnées ici sont toutes des études **étiologiques** car elles cherchent à déterminer l'influence d'un premier facteur x sur un second y .

Dans notre cas, la variable dépendante est soit l'équilibre postural pour *les études 5 et 6* [34,77], soit la proprioception de cheville pour *les études 1 à 4* [78–81], dont on va observer les modifications possiblement induites par le port des semelles proprioceptives, ce dernier représentant la variable indépendante.

Les études incluses sont aussi décrites comme **expérimentales**, les données n'étant pas uniquement observées et collectées dans la population cible, comme c'est le cas pour les études observationnelles.

Concernant maintenant le type d'essai clinique, il varie en fonction des articles. Ils sont décrits plus précisément en **Annexe 3**.

En effet, *les études 1, 3, et 5* tentent de répondre à leur question de recherche par des **essais cliniques croisés randomisés**. (*Annexes 3 et 3'*).

→ Pour *les études 1 et 5*, l'échantillon initial a été scindé en deux cohortes comparables au début de l'essai. Ainsi, durant la première partie de l'étude, c'est le groupe (GRP1) qui portait les semelles proprioceptives, alors que les sujets du groupe 2 (GRP2) ne les portaient pas. Et inversement pour la seconde partie de l'étude.

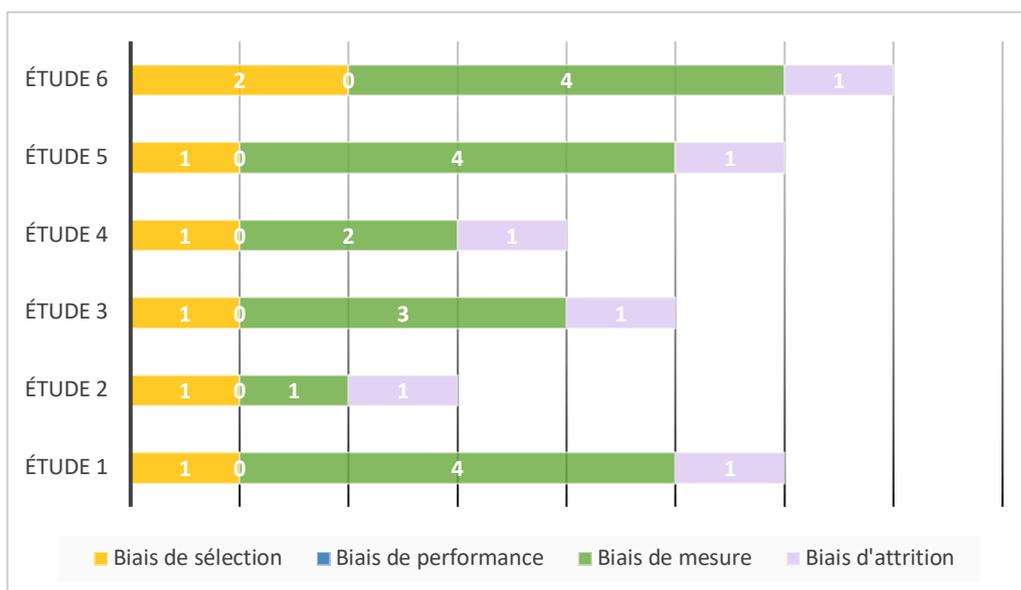
→ *L'étude 3* suit le même schéma, si ce n'est qu'un groupe témoin a en plus été constitué au début de l'étude (*en gris sur le schéma en annexe*), groupe dans lequel les sujets n'ont porté aucune semelle durant toute la durée de l'essai. Ainsi, grâce à l'essai clinique croisé randomisé (cross-over), la véracité des résultats se trouve renforcée du fait que tous les sujets de l'étude subissent à un moment ou à un autre, l'intervention testée.

D'autre part, les trois autres études, à savoir *les études 2, 4 et 6* portent sur des **essais cliniques non randomisés** (*Annexes 3''*). [77,79,81] En effet, l'échantillon n'est pas scindé en deux et il n'y a donc pas de groupe témoin ; tous les participants sont exposés indépendamment au facteur testé. L'évaluation du critère de jugement est réalisée avant et après l'intervention, et les résultats sont ensuite comparés en vue d'estimer l'effet du traitement.

Articles	Does wearing TI during non-class time improve proprioception in professional dancers? [78] 1	Use of TI to improve the association between PB and ankle discrimination in young male and female dancers [79] 2	The effect of textured ballet shoe insoles on ankle proprioception in dancers [81] 4	Can TI improve ankle proprioception and performance in dancers? [80] 3	Influence of TI on dynamic PB of young dancers [34] 5	Should ballet dancers vary postures and underfoot surfaces when practicing PB? [77] 6
MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE						
Critère 1	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Critère 2	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Critère 3	NON	OUI	OUI	NON	OUI	OUI
Critère 4	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI
Critère 5	NON	OUI	OUI	OUI	NON	NON
Critère 6	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Critère 7	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Critère 8	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Critère 9	NON	OUI	OUI	OUI	NON	OUI
Critère 10	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
VALIDITÉ EXTERNE						
Critère 11	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Critère 12	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Critère 13	OUI	NON	NON	OUI	OUI	NON
VALIDITÉ INTERNE – Analyse des biais						
Critère 14	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Critère 15	NON	OUI	NON	I.A.D	I.A.D	I.A.D
Critère 16	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Critère 17	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Critère 18	I.A.D	OUI	OUI	I.A.D	I.A.D	I.A.D
Critère 19	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Critère 20	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Critère 21	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Critère 22	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Critère 23	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	I.A.D
Critère 24	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Critère 25	I.A.D	OUI	OUI	OUI	NON	NON
Critère 26	I.A.D	I.A.D	I.A.D	NON	I.A.D	I.A.D
PUISSANCE						
Critère 27	I.A.D	I.A.D	I.A.D	I.A.D	I.A.D	I.A.D
TOTAL .../28	15	22	21	19	17	16

Tableau 3. Analyse de la méthodologie des études incluses. D’après l’échelle de *Downs et Black*.

Oui (1 point), Non (0 point), I.A.D pour Impossible à déterminer (0 point). Exception pour l’item 5 ; Oui (2 points), P pour Partiellement (1 point), Non (0 point). Les critères en vert sont relatifs au biais de mesure, en bleu au biais de performance, en jaune au biais de sélection, et en violet au biais d’attrition.



Graphique 1. Évaluation du risque de biais des études incluses. D’après les résultats obtenus grâce à l’échelle de *Downs and Black*.

2. Validité interne et risques de biais des études incluses

Dans un premier temps, il s'est avéré nécessaire d'analyser la qualité méthodologique des études afin de pouvoir poursuivre leur analyse, et de savoir quel poids accorder à leurs résultats.

L'échelle utilisée pour l'occasion est celle qui a été citée précédemment, à savoir l'échelle de *Downs et Black*. L'évaluation détaillée et les scores finaux des six études ont été collectés dans le **Tableau 3** ci-contre.

Par ailleurs, en se référant à ce même tableau, et plus précisément à la partie concernant la validité interne, il a été possible d'évaluer le risque de biais de chaque étude, retranscrit dans le **Graphique 1** ci-contre.

Ce graphique représente l'importance des biais recensés dans chaque étude. Les chiffres inscrits dans chaque encadré de couleur représentent la proportion de réponses négatives, ou indéterminées (*qui obtiennent indifféremment un score nul dans l'échelle de D&B*), laquelle est proportionnelle à la force du biais en question.

Ainsi, les biais concernent différents aspects de l'essai clinique, et chacun d'entre eux est susceptible de survenir à un moment précis dans le déroulement de l'essai clinique. Cette chronologie est détaillée en **Annexe 4**.

- **Biais de sélection**

Concernant le **biais de sélection** tout d'abord, il est susceptible d'apparaître au moment de la division de l'échantillon. Il représente le risque que les différents groupes formés ne soient pas suffisamment ressemblants au départ, et que leur comparaison par la suite se retrouve ainsi biaisée. [82]

En effet, pour que les résultats obtenus puissent être imputables le plus possible à l'intervention testée, il faut que la comparaison ait eu lieu entre deux cohortes qui diffèrent le moins possible aux vues des caractéristiques qui ne relèvent pas du traitement. [83]

Si ce biais est initialement défini, comme tous les autres, pour les essais cliniques randomisés (ECR), il est également possible de l'adapter aux essais cliniques non-randomisés (ECNR). Ainsi, au début de l'étude, tous les sujets devront posséder des caractéristiques communes, et être représentatifs de la population dont ils sont extraits.

Ici, toutes les études [34,78–81] sauf une valident 5 items sur 6, et décrivent **une randomisation** des sujets et la constitution de groupes initiaux homogènes. Seule la 6^{ème} étude [77] ne donne pas d'information quant à une possible randomisation des sujets testés. Il est nécessaire que ce biais soit le plus faible possible, car s'il est trop important, les effets mesurés à la fin de l'essai ne pourront être attribués au seul effet de l'intervention.

Concernant l'**assignation secrète**, qui sous-entend que la personne réalisant la sélection initiale des sujets ne connaisse pas au préalable l'intervention qui leur est destinée, au risque d'orienter ses choix, elle n'est mentionnée dans aucun des articles.

- *Biais de performance*

Il fait partie des biais pouvant se révéler au cours de la mise en place du traitement testé. Il a trait aux différences possibles entre les groupes pour tout ce qui concerne la réalisation de l'intervention, que ce soit au niveau de l'observance du sujet, de l'intensité du suivi ou encore du respect du protocole d'étude. De ce fait, tout cela impacte aussi la comparabilité des groupes. Ces facteurs extérieurs risquent par conséquent d'influencer les résultats finaux, ainsi que la véracité de la conclusion de l'étude. [82,83]

L'échelle de *Downs et Black* consacre le 17^{ème} item à l'évaluation du **biais de performance**. En effet, il traite de la durée de l'intervention, et cherche à déterminer si elle a été la même pour tous les sujets de l'étude. Dans notre cas, toutes les études [34,77–81] cochent l'items.

En effet, pour *les études 3 et 5*, [34,80] la durée du port des semelles est à chaque fois précisées. Elle est de cinq semaines, pendant les cours de danse pour la première et de quatre semaines pour la seconde, avec un minimum de deux heures par jour sur le temps de repos.

D'autre part, *les études 1, 2, 4 et 6* [77–79,81] décrivent aussi en détail la configuration des tests, en détaillant le temps de tenue des postures, mais aussi le nombre de répétitions des différents mouvements, que ce soit lors des tests sur appareil ou pas. *Les études 2 et 6* spécifient même la fréquence à laquelle les mouvements doivent être réalisés (55 bpm).

- *Biais de mesure*

Il advient, comme son nom l'indique, lors de la mesure du ou des critères de jugement. Il prend en compte toutes les modalités capables de biaiser le résultat final. Ainsi, les sujets (*simple aveugle*), les thérapeutes (*double aveugle*) et les examinateurs (*triple aveugle*) devraient être tenus dans l'ignorance du traitement reçu autant que faire se peut. L'usage d'un **placebo** (ou d'un traitement de référence) peut être dispensé au groupe contrôle, lorsque cela est possible. [82,83]

En se référant à l'échelle de *Downs et Black*, dans laquelle 7 items sont alloués à évaluer le **biais de mesure**, nous notons que *les études 2 à 4* [79–81] valident respectivement 6, 4 et 5 items, alors que *les études 1, 5 et 6* [34,77,78] n'en valident que 3. En effet, une mise en aveugle des sujets n'est spécifiée dans aucune des études, même lorsque celles-ci mettent en place un traitement pouvant s'apparenter à un placebo (semelles standards). [78,81] De plus, la mise en insu des examinateurs n'est pas non plus mentionnée en ce qui concerne le critère de jugement principal.

- **Biais d'attrition**

Il survient lors de l'analyse des résultats, lorsque des patients faisant partie de l'essai au départ sont écartés de l'analyse statistique finale. De ce fait, les groupes ne sont plus comparables au moment de l'analyse, et toute sortie d'étude annule les bénéfices de la randomisation initiale. [82,83]

Pour l'éviter, il est nécessaire d'analyser à la fin de l'étude, les résultats de tous les sujets ayant débuté l'étude, même si ces derniers ont été perdus de vue au court de l'essai ou s'ils n'ont pas suivi l'intervention convenablement. Les données de chaque sujet inclus dans l'essai doivent toutes être comptabilisées dans les conclusions ; c'est ce qu'on appelle une analyse en **Intention de traiter**. [82,83]

Le biais d'attrition est évalué par l'item 26 de l'échelle *Downs et Black*, qui traite des sujets perdus de vue. Ce critère s'avère impossible à déterminer car il n'est renseigné dans aucune des études. Seule *l'étude 3* indique que cinq participants sont sortis de l'étude.

- **Conclusion**

Ainsi, on note une certaine disparité concernant la validité interne des études incluses.

En effet, concernant **le biais de mesure**, les résultats sont très disparates, allant quasiment du simple au double avec 6 items validés sur 7 pour la meilleure des études et seulement 3 pour les dernières du classement. Or la mise en insu des sujets et des examinateurs est un élément essentiel dans une essai clinique, car il permet de réduire l'influence du jugement personnel des protagonistes concernés.

De même pour **le biais d'attrition**, qui lorsqu'il est faible, permet de renforcer la véracité des résultats obtenus. Cependant, les critères le concernant n'étant pas clairement énoncés dans les études (excepté dans la troisième), il est compliqué de statuer outre mesure sur ce point.

Par ailleurs, concernant **le biais de sélection**, les équipes semblent avoir pris des dispositions relativement efficaces, leurs permettant ainsi de diminuer l'impact de ce dernier sur la validité des études. En effet, le respect de la randomisation en début d'étude représente un critère essentiel pour la validation des résultats, en faisant en sorte que les cohortes restent le plus comparables possible, et ce dès le début.

Quant au **biais de performance**, il semble lui aussi particulièrement écarté des études analysées. Néanmoins, il est important de noter qu'un seul item n'est consacré à ce dernier dans l'échelle de *Downs et Black*, comme pour le biais d'attrition.

L'évaluation au préalable des différents biais permet ainsi de nuancer la portée des résultats en fonction de l'intensité de ces derniers. Étant donnée la présence de certains d'entre eux dans les études incluses, le regard vis-à-vis des données obtenues se doit de rester prudent et critique quant à leur véracité.

- *Biais de publication*

Ce dernier est à part et concerne la qualité méthodologique de la revue en elle-même. Il découle de toute synthèse de résultats, avec le risque d'attribuer plus d'importance aux résultats positifs qu'aux résultats négatifs. Ainsi, la revue se doit d'inclure toute étude en accord avec ses critères d'inclusion, sans tenir compte de la nature des résultats. L'analyse de ce biais se fait habituellement à l'aide d'un « *funnel plot* ». [83] Il n'a pas été réalisé dans le cadre de la présente revue, car seulement six études y ont été incluses.

3. Effets des semelles proprioceptives

3.1 Effet sur le contrôle postural (critère de jugement principal)

Dans *les études 5 et 6* [34,77], l'analyse porte sur la possible évolution du contrôle postural ; pour l'étudier, la mesure de plusieurs paramètres posturo graphiques (PPG) a été réalisée.

Les PPG permettent d'évaluer différents paramètres du centre de gravité (CG) pendant le processus de stabilisation du sujet. Ainsi, plus leurs valeurs sont faibles, moins les oscillations sont importantes, donc meilleure est la stabilité. [84]

Les PPG analysés dans *les études 5 et 6* sont ;

- **L'Amplitude moyenne**¹ (notée AAM, soit *Average acceleration magnitude* en anglais) : elle représente l'amplitude moyenne de déplacement du CG. *Elle se mesure en millimètres.* [84]
- **La Moyenne quadratique** (notée RMSA, soit *Root mean square acceleration* en anglais) : elle permet de chiffrer la trajectoire du CG. *Elle se mesure aussi en millimètres (mm).* [84]
- **Le Range** : il se définit comme la distance maximale entre deux points distincts sur la trajectoire du CG. *Il est mesuré en millimètres.* [84]

¹ *Les études composant cette revue traitaient principalement de l'AAM. Par conséquent, l'évolution de la RMSA et du Range sera uniquement mentionnée.*

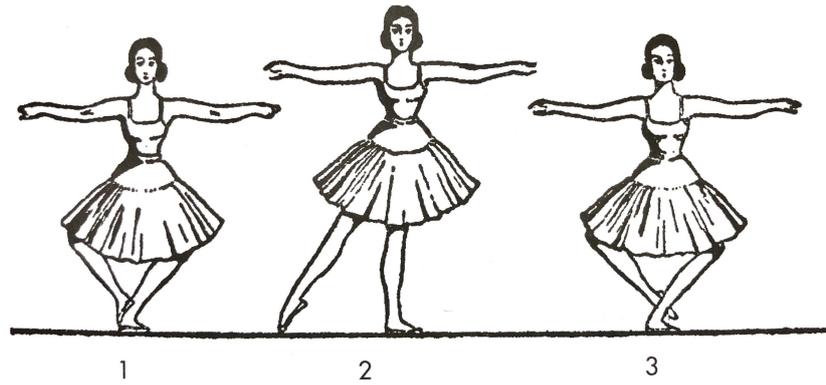


Figure 11. Décomposition d'un battement fondu.

	Mesure pré-intervention (mm)	Mesure post-intervention (mm)	Différence intragroupe (mm)	Moyenne des différences intragroupes (mm)	Taille de l'effet ² (mm)	Intervalle de confiance à 95%	
AAM avec semelles proprioceptives							
GRP1 Sem 1 à 4	0,025	0,023	- 0,002	- 0,002	- 0,0015 (- 7,1%)	[-0,0018 ; - 0,0012]	
GRP2 Sem 5 à 8	0,0195	0,0175	- 0,002				
AAM sans semelle proprioceptive							
GRP1 Sem 5 à 8	0,023	0,020	- 0,003	- 0,0005			[- 8,5% ; - 5,6%]
GRP2 Sem 1 à 4	0,0175	0,0195	+ 0,002				

Tableau 4. Étude 5/Mesures et analyses de l'AMM dans le plan frontal chez les GRP1-2.

² Par soucis de clarté, il a été choisi de présenter la taille de l'effet de manière négative car si elles ont un effet bénéfique, le port des semelles entraîne une diminution et non pas une augmentation des PPG. Ainsi, si la taille de l'effet est négative, elle est en faveur des semelles proprioceptives, et inversement si elle est positive.

Ils sont mesurés à l'aide de capteurs inertiels (IMU pour *Inertial Measurement Unit* en anglais) qui analysent les oscillations dans le plan frontal (ML pour *médio-latéral*) et sagittal (AP pour *antéro-postérieur*). Les variables obtenues sont des variables continues.

Les capteurs sont habituellement fixés au niveau lombaire ou sur le front du sujet.

ÉTUDE 5

Il s'agit ici d'un essai clinique croisé randomisé.

Pour le GRP1, le port des semelles s'est étendu du début de la première semaine à la fin de la quatrième. Les sujets du GRP1 avaient ensuite pour consigne de laisser les semelles de côté de la cinquième semaine jusqu'à la fin de l'essai. Et inversement pour le GRP2.

Le test proposé à la fin de l'intervention consistait à évaluer le contrôle postural des danseurs lorsqu'ils effectuaient un *fondue* : au départ, le danseur est en cinquième position, en appui unipodal, genoux fléchis. Il réalise ensuite une extension de genoux bilatérale, tient la position, et se replace en position initiale. La décomposition du mouvement est décrite sur la **Figure 11**.

Les résultats obtenus n'étaient significatifs³ que dans le plan frontal. Ces derniers sont synthétisés dans le **Tableau 4** ci-contre.

Ainsi, ces résultats nous montrent que suite au port des semelles proprioceptives pendant 4 semaines, une diminution significative de l'AAM de **0,0015 mm** est observée, soit une diminution de 7,1% par rapport aux mesures de départ. L'intervalle de confiance indique que dans 95% des cas, la diminution de l'AMM dans le plan frontal sera comprise entre 0,0018 et 0,0012mm (soit -8,5% à -5,6%) : elle semble donc être strictement en faveur d'une réduction de l'AMM.

De la même manière, l'étude mentionne une diminution significative de la RMSA et du Range suite au port des semelles, mais là aussi, uniquement dans le plan frontal. La baisse de ces valeurs traduit des oscillations moins importantes dans le plan frontal lors du test et donc, une meilleure stabilité frontale.

Néanmoins, l'étude informe qu'aucune variation significative des PPG n'a été observée dans le plan sagittal.

En conclusion, l'étude 5 décrit une augmentation significative du contrôle postural des danseurs, et ce uniquement dans le plan frontal.

³ Le risque alpha pour toutes les études est fixé comme étant inférieur à 5%. Ainsi, tous les résultats obtenus avec un $p \geq 0,05$ seront considérés comme non significatifs.

	Moyenne des mesures (mm)	Écart-types	Taille de l'effet ⁴ (mm)	Intervalle de confiance à 95%
AAM				
Condition 4	0,161	0,036	- 0,019 (- 10,6%)	[- 0,040 ; + 0,002]
Condition 1	0,180	0,051		[- 22,2% ; + 1,1%]
AAM				
Condition 4	0,161	0,036	- 0,015 (- 8,5%)	[- 0,035 ; + 0,005]
Condition 2	0,176	0,047		[- 19,9% ; + 2,8%]
AAM				
Condition 4	0,161	0,036	- 0,018 (- 10,1%)	[- 0,039 ; + 0,003]
Condition 3	0,179	0,051		[- 21,8% ; + 1,7%]
AAM				
Condition 4	0,161	0,036	- 0,009 (- 5,3%)	[- 0,028 ; + 0,010]
Condition 5	0,170	0,044		[- 16,5% ; + 5,9%]
AAM				
Condition 4	0,161	0,036	- 0,004 (- 2,4%)	[- 0,021 ; + 0,013]
Condition 6	0,165	0,037		[- 12,7% ; + 7,9%]

Tableau 5. Étude 6/Mesures et analyses de l'AMM dans le plan frontal, en comparant la condition 4 (port des semelles) aux conditions 1, 2, 3, 5 et 6.

⁴ Par soucis de clarté, il a été choisi de présenter la taille de l'effet de manière négative car si elles ont un effet bénéfique, le port des semelles entraine une diminution et non pas une augmentation des PPG. Ainsi, concernant le contrôle postural, si la taille de l'effet est négative, elle est en faveur des semelles proprioceptives, et inversement si elle est positive.

ÉTUDE 6

Cette étude met en place un essai clinique non randomisé.

La configuration du test pour chaque danseur est la suivante ;

- **Condition 1** : Réalisation d'un fondu en maintenant une posture relâchée, avec les chaussons de danse ;
- **Condition 2** : Réalisation d'un fondu en maintenant une posture *identique à celle que le danseur aurait maintenu lors d'un cours de danse*, avec les chaussons de danse ;
- **Condition 3** : Réalisation d'un fondu pieds nus ;
- **Condition 4** : Réalisation d'un fondu avec les chaussons de danse dans lesquels étaient insérées les semelles proprioceptives ;
- **Condition 5** : Réalisation d'un fondu pieds nus sur support texturisé ;
- **Condition 6** : Réalisation d'un fondu pieds nus sur support à picots.

Les résultats obtenus pour la mesure de l'AAM dans le plan frontal ont été regroupés et analysés dans le **Tableau 5**.

Un effet mélioratif à court terme du port des semelles est observé concernant l'AAM dans le plan sagittal comparé aux conditions 1, 2, 3, 5 et 6.

Cette étude montre une meilleure stabilité générale des sujets en condition 4, c'est-à-dire lors du port des semelles proprioceptives. On note une très faible différence en faveur des semelles proprioceptives, entre les gains obtenus suite au port de ces dernières et l'utilisation du support à picots, avec une diminution de **0,004mm**, (soit - 2,4%).

Cependant, la différence est plus marquée en comparant avec les autres conditions. En effet, concernant les conditions 1, 2, 3 et 5, la diminution est respectivement de - 0,019 ; - 0,015 ; - 0,018 et - 0,009mm en faveur du port des semelles proprioceptives. (Respectivement - 10,6% ; - 8,5% ; - 10,1% et - 5,3%). Cependant, les résultats obtenus suite à l'étude sont nuancés par leur intervalle de confiance, qui stipule que si l'effet peut être favorable dans la population générale (limites basses négatives), il peut aussi ne pas l'être même si cela semble être dans une moindre mesure (limites hautes positives).

Les résultats de cette étude montrent une diminution significative des PPG plus importante dans les trois dernières conditions, et plus significativement encore dans la 4^{ème} et la 6^{ème} où la plante des pieds est stimulée respectivement par des semelles proprioceptives ou un support à picots.

De plus, cette amélioration de la stabilité est ici observée à la fois dans le plan frontal et sagittal. Cependant, pour une considération de l'effet dans la population générale, les résultats obtenus sont à moduler en fonction de leurs intervalles de confiance.

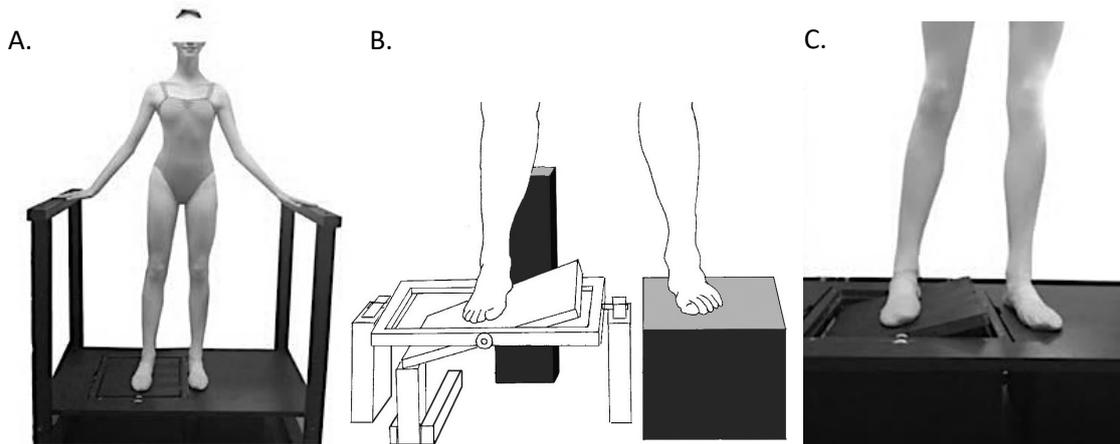


Figure 11. Description de l'AMEDA© utilisé pour évaluer les capacités discriminatives de l'articulation talo-crurale des sujets afin d'obtenir le score AUC. D'après N. Steinberg.
 Vue générale de l'appareil sur l'image A, vue détaillée de la plateforme sur les images B et C.

	Score AUC pré-intervention	Score AUC post-intervention	Différence intragroupe	Moyenne des différences intragroupes	Taille de l'effet ⁵	Intervalle de confiance à 95%		
Intervention (semelles proprioceptives)								
GRP1 Sem 1 à 4	0,63	0,725	+ 0,095	+ 0,115	+ 0,158 (+24,4%)	[+ 0,099 ; + 0,217]		
GRP2 Sem 5 à 8	0,605	0,74	+ 0,135					
Intervention témoin (semelles standards)								
GRP1 Sem 5 à 8	0,725	0,665	- 0,06	- 0,043				
GRP2 Sem 1 à 4	0,63	0,605	- 0,025					

Tableau 6. Étude 1/ Mesures, analyses et comparaisons des scores AUC chez les GRP1 et 2.

⁵ Concernant la proprioception de cheville, une taille d'effet positive traduit une augmentation du score AUC donc un bénéfice en faveur des semelles proprioceptives. Et inversement en cas d'une taille d'effet négative.

3.2 Effet sur la proprioception de cheville (critère de jugement secondaire)

Concernant *les études 1, 2, 3 et 4*, l'analyse porte sur la proprioception de cheville des danseurs, et plus particulièrement sur « leur sensibilité discriminative ».

En effet, les recherches suivantes cherchent à évaluer la capacité du sujet à discerner les degrés d'inversion dans lequel il positionne sa cheville, uniquement à l'aide des informations proprioceptives qu'il perçoit.

Afin d'évaluer cela, l'appareil AMEDA© (*Ankle active Movement Extent Discrimination Apparatus*) est utilisé. Il est présenté sur la **Figure 11** en contre page.

La plateforme mobile sur laquelle le sujet pose son pied, dispose d'une certaine amplitude jusqu'à une butée métallique qui l'arrête. Cette butée peut être placée à cinq niveaux différents, le premier correspondant à une inversion de faible amplitude (10,49° ou niveau 1 pour le sujet) alors que le dernier implique une inversion maximale de la talo-crurale (14°52 ou niveau 5 pour le sujet).

Ainsi, après une mémorisation préalable des différents niveaux par le sujet, la butée sera placée de manière aléatoire. Le sujet devra réaliser lui-même le mouvement afin d'atteindre la butée. Il devra ensuite repositionner sa cheville en position neutre et déterminer à quel niveau il pense avoir été soumis.

Leurs réponses sont collectées et analysées en vue de les coter en valeurs AUC (Area Under the Curve) qui évaluent la précision des réponses, allant de 0,5 (équivalent à une réponse au hasard) à 1 (équivalent à une discrimination parfaite entre les différents niveaux).

En faisant la moyenne des valeurs obtenues, chaque sujet obtient un certain score appelé : score AUC.⁶

ÉTUDE 1

Cette étude présente un essai clinique croisé randomisé. Les résultats sont regroupés dans le **Tableau 6**.

Dans cette étude, la taille de l'effet obtenue admet une augmentation de **0,158 point** (soit + 24,4%) du score AUC en faveur du port des semelles proprioceptives, comparé au port de semelles standards.

⁶ Le risque alpha pour toutes les études est fixé comme étant inférieur à 5%. Ainsi, tous les résultats obtenus avec un $p \geq 0,05$ seront considérés comme non significatifs.

	Moyenne des scores AUC	Écart-types	Effectifs	Taille de l'effet ⁸	Intervalle de confiance à 95%
Scores AUC					
<i>Condition 1</i>	0,69	0,03	44	- 0,005 (- 0,7%)	[- 0,01 ; + 0,02] [- 1,4% ; + 2,9%]
<i>Condition 2</i>	0,685	0,04			

Tableau 7. Étude 2/ Mesures, analyses et comparaisons des scores AUC chez les GRP1 et 2.

	Score AUC pré-intervention	Score AUC post-intervention	Différence intragroupe	Moyenne des différences intragroupes	Taille de l'effet ⁷	Intervalle de confiance à 95%		
Intervention (semelles proprioceptives)								
GRP1 <i>Sem 1 à 5</i>	0,675	0,698	+ 0,023	+ 0,0295	+ 0,024 (+ 3,4%)	[+ 0,020 ; + 0,028] [+2,9% ; + 4%]		
GRP2 <i>Sem 6 à 10</i>	0,706	0,742	+ 0,036					
Intervention témoin (absence de semelles)								
GRP1 <i>Sem 6 à 10</i>	0,698	0,712	+ 0,014	+ 0,0055				
GRP2 <i>Sem 1 à 5</i>	0,709	0,706	- 0,003					

Tableau 8. Étude 3/ Mesures, analyses et comparaisons des scores AUC chez les GRP1 et 2.

⁷ Concernant la proprioception de cheville, une taille d'effet positive traduit une augmentation du score AUC donc un bénéfice en faveur des semelles proprioceptives. Et inversement en cas d'une taille d'effet négative.

⁸ Concernant la proprioception de cheville, une taille d'effet positive traduit une augmentation du score AUC donc un bénéfice en faveur des semelles proprioceptives. Et inversement en cas d'une taille d'effet négative.

L'intervalle de confiance indique que dans 95% des cas, le port des semelles engendrera une augmentation du score AUC allant de + 0,099 point à + 0,217 point (soit + 15,3% à + 33,5%). Il est important de noter que les semelles, quelles qu'elles soient, étaient portées en dehors des cours de danse. La durée de l'essai s'étend sur 8 semaines au total.

L'étude 1 conclue donc à un effet bénéfique du port des semelles proprioceptives sur la proprioception de cheville.

É T U D E 2

L'essai mis en place dans cette étude était non randomisé. Les résultats obtenus sont analysés dans le **Tableau 7** ci-contre.

Cet essai compare le port des chaussons de danse sans semelles proprioceptives (condition 1) au port des chaussons de danse avec les semelles proprioceptives (condition 2). Ainsi, suite au rajout de ces dernières dans les chaussons des danseurs, une diminution de **0,005 point** (soit - 0,7%) du score AUC est constatée. L'intervalle de confiance stipule que dans 95% des cas, le port des semelles pourrait engendrer un effet compris entre - 0,01 point (- 1,4%) et + 0,02 point (+ 2,9%). Les résultats montrent que non seulement, les semelles proprioceptives n'améliorent pas le score AUC des sujets, mais qu'elles contribuent même à le faire diminuer.

Par ailleurs, l'étude précise qu'en détaillant ces recherches, elle a mis en lumière des différences importantes entre les danseuses et les danseurs. En effet, l'effet des semelles proprioceptives s'avère infime chez les danseuses, avec des scores en moyenne plus élevés en condition 2. Cependant, l'effet négatif constaté s'avère très présent chez les danseurs, avec une différence d'environ + 0,0068 point au score AUC en faveur des danseuses lors du port des semelles proprioceptives.

L'étude 2 nous amène à la conclusion qu'il y aurait une disparité de bénéfice suite à l'apport de semelles proprioceptives, selon si le sujet est une danseuse ou un danseur.

É T U D E 3

Il s'agit ici d'un essai clinique croisé randomisé, avec une particularité supplémentaire qui est qu'il dispose d'un groupe témoin en plus. Les résultats obtenus sont regroupés dans le **Tableau 8** ci-contre.

Grâce à la configuration de cette étude, il donc est possible d'étudier l'effet du port des semelles proprioceptives à moyen et à long terme chez les danseurs. Il faut noter qu'ici, les danseurs portent leurs semelles proprioceptives lors des sessions *à la barre* de leurs cours de danse.

	Score AUC pré-intervention	Score AUC post-intervention	Différences intragroupes	Moyenne des différences intragroupes	Taille de l'effet ⁸	Intervalle de confiance à 95%		
AUC GRP1								
<i>Sem 1 à 5</i>	0,675	0,698	+ 0,023	+ 0,019	+ 0,015 (+ 2,2%)	[+ 0,012 ; + 0,018] [+1,8% ; + 2,6%]		
<i>Sem 6 à 10</i>	0,698	0,712	+ 0,014					
AUC GRPt								
<i>Sem 1 à 5</i>	0,665	0,684	+ 0,019	+ 0,004				
<i>Sem 6 à 10</i>	0,684	0,673	- 0,011					

Tableau 8'. Étude 3/ Mesures, analyses et comparaisons du score AUC chez le GRP1 et le groupe témoin (GRPt).

La période surlignée en rouge correspond à la période de port des semelles proprioceptives.

	Moyenne des scores AUC	Écart-types	Effectifs	Taille de l'effet ⁹	Intervalle de confiance à 95%
AUC (semelles proprioceptives* Vs chaussures sans semelle)					
<i>Condition 3*</i>	0,685	0,0548	44	- 0,013 (- 1,9%)	[-0,01 ; 0,04] [- 1,4% ; + 5,7%]
<i>Condition 1</i>	0,698	0,065			
AUC (semelles proprioceptives* Vs pieds nus)					
<i>Condition 3*</i>	0,685	0,0548	44	- 0,01 (- 1,4%)	[-0,02 ; 0,04] [- 2,9% ; + 5,8%]
<i>Condition 2</i>	0,695	0,0663			
AUC (semelles proprioceptives* Vs semelles standards)					
<i>Condition 3*</i>	0,685	0,0548	44	- 0,001 (- 0,2%)	[-0,04 ; 0,04] [- 5,8% ; + 5,8%]
<i>Condition 4</i>	0,686	0,0733			

Tableau 9. Étude 4/ Mesures, analyses et comparaisons des scores AUC chez les GRP1 et 2.

^{8,9} Concernant la proprioception de cheville, une taille d'effet positive traduit une augmentation du score AUC donc un bénéfice en faveur des semelles proprioceptives. Et inversement en cas d'une taille d'effet négative.

En effet, le **Tableau 8** analyse les possibles effets à moyen terme en comparant les mesures obtenues au bout de 5 semaines chez les deux groupes. Dans ce cas, le bénéfice imputé au port des semelles proprioceptives serait de **+ 0,024 point** (soit + 3,4%) au score AUC par rapport à l'absence de semelles.

L'intervalle de confiance permet d'extrapoler ces résultats au-delà du simple échantillon de l'étude, et indique que dans 95% des cas, l'augmentation du score AUC serait comprise entre + 0,020 et + 0,028 point (+ 2,9% et + 4%).

Le **Tableau 8'** quant à lui, permet d'étudier les effets à long terme, en regroupant les données obtenues à la fin des 10 semaines chez le GRP1 et en les comparant à celles du groupe témoin (GRPt). On observe alors une augmentation de **0,015 point** (soit + 2,2%) du score AUC en faveur du port des semelles proprioceptives.

Ainsi, l'augmentation du score AUC serait comprise dans 95% des cas entre + 0,012 et + 0,018 point avec le port des semelles proprioceptives (soit + 1,8% et + 2,6%).

L'étude 3 convient d'un effet bénéfique des semelles proprioceptives sur la proprioception de cheville, et ce, à moyen terme, mais également à plus long terme.

É T U D E 4

Cette étude décrit un essai clinique non randomisé. Les résultats obtenus sont visibles dans le **Tableau 9** ci-contre.

Ils indiquent que le port des semelles proprioceptives entrainerait une diminution des scores AUC par rapport au port des chaussons sans semelle, à la condition pieds nus, et au port de semelles standards (respectivement - **0,013** ; - **0,01** ; - **0,001 point**) (soit - 1,9% ; - 1,4% ; - 0,2%).

Ainsi, les semelles proprioceptives semblent ne pas améliorer, et même plutôt nuire aux capacités de discrimination de la cheville, même si l'intervalle de confiance pondère ces résultats en stipulant que dans 95% des cas, et si l'on considère la population générale, le port des semelles proprioceptives pourrait entrainer une évolution du score AUC allant de - 0,01 à + 0,04 point (soit [- 1,4 % ; + 5,7%]) par rapport au simple port des chaussons de danse.

L'essai met aussi en lumière l'influence du genre du sujet sur ces résultats. En effet, comme pour *l'étude 2*, si les semelles proprioceptives ne semblent engendrer qu'une infime amélioration par rapport au port des chaussons sans semelle chez les danseuses (+ 0,003 point), c'est l'inverse qui est observé chez les danseurs. En comparant les deux mêmes conditions, l'effet des semelles proprioceptives est négatif et ces dernières entraînent une diminution de 0,028 point du score AUC.

L'étude a aussi comparé l'effet des semelles proprioceptives en fonction du niveau de proprioception de cheville de base des sujets, tous genres confondus. De ce fait, il est apparu que si les semelles proprioceptives permettaient une augmentation du score AUC chez les sujets ayant un niveau proprioceptif initial bas (+ 0,064 point), elles impactaient au contraire négativement les sujets à haut niveau proprioceptif initial, avec une diminution de - 0,08 point en moyenne par rapport au port unique des chaussons.

L'étude 4 illustre un effet inconstant des semelles proprioceptives à court terme, et qui semble soumis à l'influence de plusieurs facteurs. Elles s'avèrent avoir un effet bénéfique à court terme pour les sujets à faible proprioception initiale et chez les danseuses, mais elles desservent ceux à fort niveau proprioceptif ainsi que les sujets masculins.

.....

Ainsi, l'étude de ces 6 articles nous a fourni un nombre conséquent de résultats. Il est maintenant nécessaire de les analyser et de les confronter entre eux afin d'apporter une réponse à la problématique initiale, et cela au travers d'une analyse critique et en accord avec les données actuelles de la science. La dernière partie s'y consacre.

IV. Discussion

1. Analyse des principaux résultats

L'utilisation des semelles proprioceptives tend à se généraliser depuis quelques années, et ce particulièrement dans le domaine sportif, comme le montrent de récentes études sur le sujet. [72–74]

Si la finalité recherchée n'est pas toujours la même en fonction des pratiques, la revue actuelle traite de la danse classique et *cherche à déterminer si les SP affectent positivement ou non le contrôle postural et la proprioception de cheville des danseurs*, ceci dans un but de prévention et de performance.

Par conséquent, l'étude ci-après vise à analyser les résultats recueillis dans la partie précédente, et cherche à fournir des recommandations fiables et vérifiées scientifiquement, en vue d'être appliquées dans la pratique clinique.

1.1. Semelles proprioceptives et modification du contrôle postural

Dans le but d'analyser l'effet des semelles proprioceptives sur le critère de jugement principal de cette revue, à savoir **le contrôle postural**, l'étude porte sur l'analyse de l'évolution des paramètres posturo graphiques chez les danseurs.

Ainsi, *les études 5 et 6* s'accordent toutes deux à dire qu'une diminution significative des oscillations est observée dans le plan frontal suite au port des semelles proprioceptives (SP).

L'étude 5 compare leur effet avec le port simple des chaussures et se concentre sur l'effet à moyen terme des SP¹⁰ puisque les sujets ont pour consigne de les porter au moins deux heures par jour, pendant quatre semaines. *L'étude 6*, quant à elle, compare le port des SP à différentes conditions, et l'effet étudié est à court terme, puisqu'elles ne sont portées que dans le cadre des tests. Ainsi, même s'il paraît compliqué de réellement comparer ces deux études du fait de leur disparités de configuration, il est quand même envisageable d'en tirer des conclusions.

En effet, concernant le contrôle postural, il est intéressant de noter que les répercussions du port des SP à court terme semblent plus importantes que celles à long terme, non pas en termes d'intensité, mais plutôt au niveau de l'étendue des effets.

Ainsi, dans *l'étude 6*, les paramètres posturo graphiques (PPG) sont non seulement améliorés dans le plan frontal comme pour *l'étude 5*, mais ils le sont aussi dans le plan sagittal.

Il faut préciser que les conditions des tests étaient sensiblement les mêmes dans les deux études, puisque les danseurs étaient évalués dans les deux cas sur un *fondus* et qu'ils portaient tous des SP de même composition et dont les paramètres étaient identiques (même taille de micro-reliefs), la seule différence étant qu'elles étaient ajustées à la pointure de chacun.

Cependant, l'interprétation de ces résultats doit rester prudente, et rappelons que *l'étude 6*, du fait de sa configuration en ECNR, ne décrit clairement aucune randomisation des sujets, et ne mentionne nulle part une quelconque mise en insu ni des danseurs, ni des évaluateurs.

Dans *l'étude 6*, en faisant la moyenne des résultats obtenus dans chacune des conditions, l'effet en faveur du port des SP se traduit par une diminution de plus de 7% des oscillations dans le plan sagittal par rapport aux autres conditions. Par ailleurs, la comparaison la plus pertinente reste sûrement celle avec le port des chaussons sans semelles en condition d'entraînement (condition 2), qui s'apparente le plus avec le quotidien et la pratique du danseur.

¹⁰ Tout au long de cette étude, et pour une meilleure perception de la portée des effets ; l'expression *court terme* sera utilisée pour désigner les effets immédiats du port des SP, *moyen terme* pour les effets obtenus au terme de 4 à 5 semaines, et *long terme* pour ceux obtenus au-delà.

Cette dernière valide le port des SP puisque la différence de **8,5%** de l'AMM est en sa faveur. L'intervalle de confiance quant à lui, nous indique que le port des SP pourrait entraîner un effet sur l'AAM allant de **-19,9%** à **+2,8%** dans la population générale, et ce cas de figure est retrouvé de la même manière dans les autres conditions, ce qui signifie que le port des SP pourrait aussi induire une augmentation de l'AMM dans la population générale, même si elle resterait moins importante en termes d'intensité que les bénéfices envisageables.

Par ailleurs, *l'étude 5*, suite à ses huit semaines d'essai au total, obtient une vision à plus long terme des répercussions possibles des SP sur le contrôle postural du danseur.

Ainsi, si l'on compare dans cette étude les résultats obtenus au terme de la 4^{ème} semaine par le GRP1 à ceux obtenus par le GRP2 à la fin de la 8^{ème}, ils s'alignent tous deux sur une diminution de *0,002mm* de l'AAM. Ainsi, en combinant les résultats, et selon la taille de l'effet, le port des SP induit **une diminution de plus de 7%** de l'AAM dans le plan frontal à moyen terme par rapport au port des chaussures sans SP, allant de **-8,5%** à **-5,6%** selon l'intervalle de confiance. De ce fait, le port des SP serait de la même manière strictement favorable à moyen terme dans la population aux vues des résultats de l'étude, contrairement aux résultats obtenus précédemment à court terme.

Néanmoins, même si *l'étude 5* semble peu sujette au biais de sélection, ses résultats doivent faire l'objet d'expérimentations supplémentaires et il n'est pas possible aux vues des seules données fournies par celle-ci, de valider fermement l'hypothèse, dont on aurait pu davantage tenir compte si elle avait été comparée à un groupe contrôle équivalent, étudié lui aussi sur 8 semaines.

Par conséquent, cette augmentation de contrôle postural pourrait être liée à une meilleure « perception du sol » par les danseurs [85] qui, ayant l'habitude de s'entraîner sur des sols durs et stables, négligent habituellement les informations sensibles provenant du système somatoproprioceptif au profit des deux autres (visuel et vestibulaire). [33]

Pour conclure, un bénéfice à court terme a été observé sur la cohorte étudiée ; les SP induisent une amélioration significative du contrôle postural par rapport au simple port des chaussures de danse. Cependant, l'analyse des intervalles de confiance nuance cette conclusion, et laisse entrevoir de possibles effets défavorables suite au port des SP lorsque l'on transfère ces résultats à la population générale.

Par ailleurs, un effet bénéfique a été observé à moyen terme par rapport au port simple des chaussures, lorsque les danseurs portaient les SP au moins 2h par jour pendant leur temps de repos. Dans ce cas, les conclusions de l'étude semblent davantage transposables à la population générale aux vues des intervalles de confiance, dont les limites sont toutes deux en faveur d'un effet bénéfique des SP.

De plus, leur effet à long terme sur le contrôle postural apparaît comme favorable, mais des études supplémentaires restent nécessaires pour valider plus solidement encore cette observation.

Cependant, il faut noter que les SP ne semblent pas agir uniformément sur le contrôle postural. S'il paraît avéré que les oscillations diminuent dans le plan frontal, les modifications induites dans la stabilité sagittale restent encore à approfondir par le biais d'autres recherches.

Ainsi, au terme de cette analyse, et aux vues des résultats fournis par ces deux études, il est possible de conclure sur un effet bénéfique du port des SP à moyen terme sur le contrôle postural, améliorant principalement la stabilité dans le plan frontal.

1.2. Semelles proprioceptives et modification de la proprioception de cheville

Afin de révéler le possible impact du port des SP sur **la proprioception de cheville**, les études 1 à 4 ont évalué la sensibilité discriminative de l'articulation talo-crurale des danseurs grâce à l'appareil AMEDA®, lequel permettait d'octroyer un score AUC en fonction des réponses données par le sujet. Plus ce score se rapproche de 1, plus la proprioception du danseur est élevée.

- Effet à court terme des semelles proprioceptives

Si l'on cherche à évaluer, dans un premier temps, l'effet à court terme du port des SP sur la proprioception de cheville, l'étude des *articles 2 et 4* s'avère la plus adaptée puisque les essais qu'ils désignent, mettent en place une succession de tests sur un court laps de temps, en vue d'évaluer l'impact de différentes conditions sur la proprioception de cheville.

L'étude 2 évalue les scores AUC obtenus par les danseurs avec (condition 2) et sans les SP (condition 1) dans leurs chaussons de danse.

Les résultats n'indiquent pas seulement une absence d'effet à court terme des SP, mais **une diminution du score AUC de 0,7%** (soit - 0,005 point) par rapport au port unique des chaussons. Cependant, l'intervalle de confiance pondère ce résultat, et indique dans 95% des cas, l'effet pourrait être au minimum de -1,4% et qu'il pourrait atteindre jusqu'à + 2,9% (IC 95% : -0,01 à +0,02 point), laissant donc entrevoir que le port des SP pourrait aussi améliorer le score AUC si l'on transfère ces résultats à plus grande échelle.

L'étude 4 quant à elle, effectue la même comparaison, et relève une différence plus de deux fois supérieure à celle retrouvée précédemment, à savoir **une diminution de 1,9 %** du score AUC (soit - 0,013 point), avec une hypothèse comparable pour la population générale, allant de -1,4% à + 5,7% (IC 95% : -0,01 à +0,04 point).

Au terme de cette étude, et comparativement à l'étude précédente, le port des semelles proprioceptives à court terme semble desservir les capacités proprioceptives des danseurs par rapport au simple port des chaussons, même si ces observations doivent être pondérées par les intervalles de confiance, qui laissent entrevoir un possible effet favorable dans la population générale. Ces données sont d'autant plus évocatrices que les études dont elles sont issues obtiennent un score élevé à l'échelle de *Downs et Black*.

Les comparaisons précédentes étant effectuées par rapport au port simple des chaussons de danse, il est intéressant de constater que les résultats sont aussi en défaveur du port des SP à court terme lorsqu'on compare aux autres conditions de *l'étude 4*. En effet, la diminution est de **1,4%** par rapport à la condition "pieds nus".

Mais c'est en comparant le port des SP à celui des semelles standards que l'écart se fait le plus mince. En effet, la diminution du score AUC suite au port des SP s'avère infime comparé à cette condition, puisqu'il n'est plus que de **0,2%**. Ainsi, ces résultats laissent penser que quelle que soit la nature de la semelle, elle semble desservir la proprioception de cheville du danseur.

Ces résultats semblent faire échos à *l'étude 3*, dans laquelle il était mentionné que les danseurs rapportaient une certaine gêne lors du port de semelles pendant le cours de danse. Ces dernières n'étant pas fixées à l'intérieur de la chaussure, elles glissaient vers l'avant du chausson, et devenaient inconfortables pour le danseur.

Ainsi, la diminution des capacités proprioceptives concomitante au port de semelles pourrait avoir un lien avec ce défaut d'adaptation de la semelle au chausson de danse, qui produirait par conséquent l'effet inverse à celui recherché. De ce fait, il est d'ores et déjà possible d'émettre des réserves quant au port des semelles durant les cours de danse.

Aussi, face aux résultats défavorables obtenus, *les études 2 et 4* ont cherché à déterminer les facteurs étant à l'origine de ces effets. Les chercheurs ont ainsi mis en lumière d'autres caractéristiques liées au sujet lui-même et qui pourraient être impliquées dans les différences observées.

En effet, elles montrent toutes deux des nuances quant aux effets à court terme du port des SP. Ainsi, même s'il s'avère infime, le port des SP chez les danseuses induit une augmentation du score AUC de 0,002 point environ pour *l'étude 2* et 0,003 point pour *l'étude 4* par rapport au port simple des chaussons. Or, c'est l'effet inverse qui est observé chez les danseurs, avec une diminution allant de 0,0068 point pour *l'étude 2* à 0,028 point pour *l'étude 4*.

Ensuite, pour déterminer le facteur à l'origine de cette différence inter-genre, les chercheurs se sont penchés sur les capacités proprioceptives initiales de cheville¹¹ (CPI) des sujets. Ainsi, suite à cette analyse, il s'est avéré que les danseuses obtenaient en moyenne des scores AUC moins élevés que leurs homologues masculins, traduisant un défaut proprioceptif chez ces dernières.

Cet écart avait déjà été observée par *Pappas et al.* lors d'une étude visant à évaluer la stabilité des danseurs lors d'une réception de saut. Elle serait la conséquence d'une sur-sollicitation de la cheville en position d'hyper flexion plantaire par les danseuses (lors de la montée *sur pointes*), qui entrainerait une distension des tissus de la face antérieure de la cheville, à l'origine d'une diminution des messages proprioceptifs provenant de cette zone. [86]

¹¹ Ici, la CPI était déterminée en fonction des scores AUC obtenus lors du port des chaussons de danse sans semelles.

Par opposition, l'effet négatif des SP observé chez les sujets à haute CPI, donc principalement chez les danseurs, pourrait s'expliquer par une proprioception déjà suffisamment développée, qui serait parasitée par les informations supplémentaires provenant des SP, lesquelles seraient à l'origine d'une surcharge des capacités du système nerveux chargé de les analyser. [87]

Un effet comparable avait d'ailleurs été observé dans une étude portant sur l'impact du port d'un short en néoprène censé augmenter la proprioception de hanche de joueurs de football, et qui ne s'est avéré bénéfique que pour les sujets ayant une proprioception initiale de hanche moins élevée. [88]

Cette observation s'avère particulièrement intéressante pour notre analyse, et contribuera à préciser les futures recommandations cliniques de cette revue.

Ainsi, l'analyse de ces études permet de mettre en évidence l'implication de la CPI dans l'efficacité des SP. Néanmoins, l'effet des semelles proprioceptives à court terme s'avère fluctuant en ce qui concerne la proprioception de cheville, et ne paraît pas intéressant à mettre en place aux vues de ces études. Les études suivantes, qui évaluent les sujets sur de plus longues périodes, vont permettre de rendre compte de leur effet à plus long terme.

- Effet à moyen terme des semelles proprioceptives

À présent, l'analyse des *études 1 et 3* qui se déroulent respectivement sur 8 et 10 semaines, vise à déterminer un possible effet à moyen terme du port des SP sur la proprioception de cheville. Il s'agit ici de deux essais cliniques croisés randomisés.

L'étude 1 compare le port des SP à celui de semelles standards, et ce, pendant les heures de repos des danseurs.

Les résultats traduisent un effet favorable du port des SP à moyen terme, avec une augmentation de **24,4%** (soit +0,158 point) du score AUC par rapport à la condition contrôle. De plus, l'intervalle de confiance confirme cet effet favorable au-delà de l'échantillon de l'étude, avec une estimation des bénéfices allant de **+ 15,3% à + 33,5%** (IC 95% : +0,099 à +0,217 point).

Si l'on s'intéresse aux résultats obtenus par *l'étude 3*, qui étudie aussi l'effet des SP à moyen terme, on observe un effet certes favorable mais nettement moins important, avec une augmentation de **3,4%** (+0,024 point) du score AUC, validé de la même manière par un intervalle de confiance lui aussi strictement positif, allant de **+ 2,9% à + 4%** (IC 95% : + 0,020 à + 0,028 point).

Pour tenter de comprendre cet écart entre les deux études, il faut les comparer.

En comparant les deux études, les différences majeures susceptibles d'entrer en compte sont ;

- La nature de l'intervention témoin : avec le port de semelles standards pour l'étude 1 et l'absence de semelles pour l'étude 3.
- Les conditions dans lesquelles étaient portées les SP : pendant les périodes de repos pour l'étude 1, et pendant les cours de danse pour l'étude 3.

Ainsi, ces deux facteurs semblent pouvoir expliquer l'important écart observé entre les deux études.

En effet, dans *l'étude 1*, le port des semelles standards induit une certaine diminution des scores AUC (-0,043 point), quand l'absence de semelles dans *l'étude 3* semble avoir un effet inverse et quasiment imperceptible (+0,0055 point).

Or, même si les paramètres des semelles standards utilisées ne sont pas décrits, il a été observé que le port de semelles molles provoquait une stimulation insuffisante des barorécepteurs plantaires. Ainsi, elles seraient par conséquent à l'origine d'un phénomène pouvant s'apparenter à une "anesthésie" de la surface plantaire, provoquant par la suite un accroissement de l'instabilité posturale. [43] Cette observation pourrait être transposée aux nôtres, et expliquerait l'importante augmentation mesurée lors de *l'étude 1* : l'effet des SP apparaît démesurément important car il a été comparé à une intervention témoin dont l'effet n'était pas neutre.

Ici, la diminution des scores AUC induites par les semelles standards pourrait avoir contribué à amplifier les bénéfices attribués aux SP. Par conséquent, l'intensité de l'effet des SP se rapprocherait davantage de celui observé dans *l'étude 3*, dont l'intervention témoin avait un effet plus neutre. De plus, cette dernière décrivait une qualité méthodologique plus importante à l'échelle de *Downs et Black*, comparativement à l'étude 1.

Cependant, il est important de tenir compte aussi du second facteur. En effet, les précédentes études ont montré que le port de semelles lors du cours de danse s'avérait peu commode pour les danseurs. Ainsi, il est possible que ce facteur ait aussi influencé les résultats obtenus dans *l'étude 3*.

Cependant, contrairement aux effets observés à court terme, ceux à moyen terme semblent strictement bénéfiques, à la fois dans l'échantillon, mais aussi dans la population générale.

Ainsi, le port des SP à moyen terme s'avère significativement favorable selon ces deux études. Même si des études supplémentaires seraient nécessaires pour obtenir des précisions quant aux modalités du port de ces semelles, les données actuelles et le bien être des sujets font pencher la balance en faveur du port des SP pendant les périodes de repos des danseurs.

- Effet à long terme des semelles proprioceptives

Concernant l'étude de l'effet des SP à long terme, la configuration de *l'étude 3* s'y prête particulièrement, car elle possède un groupe témoin supplémentaire ne portant aucune semelle durant tout l'essai, lequel permettra ainsi d'effectuer une comparaison sur le total des 10 semaines.

Ainsi, en comparant l'évolution du GRP1 à celle du GRPt au terme de l'essai, on observe une augmentation de **2,2%** du score AUC (soit +0,015 points), évaluée entre **+ 1,8% et + 2,6%** dans l'ensemble de la population (IC 95% : + 0,012 à + 0,018).

L'essai décrit ainsi un effet favorable du port des SP *à long terme* sur la proprioception de cheville, même lorsque les danseurs ne les portent plus, et ce à la fois dans l'échantillon, mais aussi dans la population générale.

Même si les résultats d'une unique étude ne sont bien évidemment pas suffisants pour confirmer une quelconque hypothèse, il est par ailleurs intéressant de constater que ces observations semblent rejoindre le concept énoncé par le Pr. Roll, selon lequel les afférences proprioceptives auraient un impact sur le cortex cérébral.

Le cortex cérébral n'est pas une entité figée, et il connaît une restructuration perpétuelle des cellules qui le composent, notamment en fonction des contraintes imposées au sujet : c'est ce que l'on appelle *la neuroplasticité*. Ces modifications sont induites suite à des variations d'utilisation de la structure en question, à savoir *la sur-utilisation, la non utilisation, ou l'utilisation différente*. (R. Roll, 2016)

La première des trois propositions fait en effet écho à l'essai clinique mené dans *l'étude 3* notamment, qui au travers du port des SP, cherchait une sur-stimulation des afférences cutanées plantaires jusque-là délaissées par les danseurs, qui leurs préféraient à la place les afférences visuelles et vestibulaires pour la gestion de leur équilibre. Ainsi, cela pourrait laisser penser à un possible remaniement des aires corticales vouées au traitement des afférences proprioceptives chez les danseurs suite au port des SP pendant 5 semaines.

Cependant, cela reste une simple hypothèse, qui ne pourra être prise en compte qu'à la suite de possibles travaux scientifiques sur le sujet.

Ainsi, même si les bénéfices à long terme semblent être cohérents aux vues des données scientifiques actuelles, les résultats d'une seule étude ne suffisent pas à affirmer et à généraliser une quelconque conclusion. Cependant, l'efficacité des SP à moyen terme s'avèrent encourageant quant à un possible effet sur du plus long terme.

1.3. Conclusions

En vue de permettre à la fois un effet bénéfique sur le contrôle postural et sur les capacités proprioceptives de cheville, cette revue a permis de déterminer que le port des SP à moyen terme serait la meilleure option envisageable, les effets étant déjà perçus au bout de 4 à 5 semaines. De plus, par soucis de commodité, il est préférable que les danseurs les portent pendant leurs périodes de repos.

C'est ici les seules conclusions suffisamment vérifiées qui peuvent être énoncées à la suite de cette revue. L'effet à court terme (traduit en pratique par un port occasionnel des SP) obtient des résultats trop fluctuants, que ce soit au niveau de l'équilibre postural ou de la proprioception de cheville. Quant à l'effet à long terme, il apparaît comme bénéfique à priori, mais nécessite des travaux supplémentaires avant d'aboutir à de possibles conclusions.

Déclaration de liens d'intérêts

L'auteur affirme n'avoir aucun lien d'intérêts.

2. Applicabilité des résultats en pratique clinique

Aux vues des résultats obtenus, le port des semelles proprioceptives à moyen terme semble avoir un effet positif avéré à la fois sur le contrôle postural, mais aussi sur la proprioception de cheville. Toutefois, il est important d'extraire ces résultats d'une interprétation purement expérimentale et de les transposer dans une réalité clinique, afin de déterminer si la prise en charge est envisageable, au-delà de l'effet qu'elle procure. Pour cela, il est nécessaire de la confronter aux différents facteurs à prendre en compte.

- **L'ampleur du problème auquel l'intervention répond**

L'incidence annuelle des troubles musculo-squelettiques (TMS) touche 67 à 95% des danseurs classiques professionnels, d'après une étude s'appuyant sur la collecte de données auprès de plusieurs compagnies de danse. [3]

De plus, une étude réalisée par *Garrick et al.* se penche sur l'impact économique de leur prise en charge médicale. En réalisant le suivi de 104 danseurs classiques sur trois saisons, un total de 309 blessures a été recensé. En analysant les relevés d'indemnités d'assurance, le coût de prise en charge médicale s'élevait à près de 400 000\$. [89]

Ainsi, aux vues des répercussions d'une part en termes de santé publique, et d'autre part en termes de coût engendré, la mise en place d'une prise en charge préventive s'avère justifiée voire impérative.

- **Le coût**

Aucune codification tarifaire n'est clairement établie pour les SP, mais l'Assurance Maladie stipule tout de même qu'elles ne font pas partie des dispositifs médicaux pris en charge par la Sécurité Sociale.

Si l'on se base sur le coût des semelles orthopédiques classiques, leur prix oscillerait entre 75€ pour les moins onéreuses, jusqu'à plusieurs centaines d'euros pour les plus perfectionnées. Les tarifs dépendent notamment du matériau utilisé, ainsi que du temps et de la méthode utilisée pour leur confection.

Il faut rajouter à cela le coût d'une consultation chez un podologue, dont le prix est de 27€ si ce dernier est conventionné.

- **Les effets indésirables**

Aucun effet indésirable notable n'a été décrit au travers des études analysées. D'autres études sur le sujet s'avèrent nécessaires.

- **Les alternatives déjà proposées**

Aux vues de l'ampleur du phénomène et des recherches menées à ce sujet, aucune alternative notable ne semble proposée dans le but de réduire les blessures et d'augmenter la performance des danseurs.

- **Les contraintes**

Concernant l'observance, elle s'avère peu contraignante pour les danseurs. En vue des résultats obtenus, il est préférable que les SP soient portées dans les chaussures du danseur, en dehors des cours de danse. Ainsi, une fois la semelle positionnée au fond de la chaussure, le sujet n'a plus à s'en soucier.

Il faut cependant garder à l'esprit que la durée de vie moyenne d'une semelle orthopédique classique est de 1 à 2 ans, et qu'elle est de ce fait sûrement comparable pour les SP. Au-delà de cette période, il faudra donc de nouveau consulter afin d'opérer les modifications nécessaires.

- **Applicabilité des résultats**

Suite à l'analyse des résultats réalisée dans cette revue, que ce soit en faveur d'une amélioration du contrôle postural ou de la proprioception de cheville, les effets induits par le port des SP à moyen terme varient en moyenne autour de 10% de bénéfice.

Néanmoins, la prise en compte de ce résultat gagnerait à être comparé à l'effet que ce gain produit réellement sur l'incidence des blessures et sur la performance des danseurs, cela par le biais d'études supplémentaires.

Cependant, le montant à prévoir pour la mise en place d'une telle mesure reste conséquent, surtout qu'en tant que traitement préventif, il devrait s'appliquer à tous les danseurs.

Mais compte tenue de l'enjeu humain et économique non négligeable que représente les TMS chez les danseurs classiques professionnels, auquel s'additionne l'absence d'alternatives actuellement proposées, les semelles proprioceptives restent une piste à envisager.

De plus, le caractère peu contraignant est un facteur majeur d'observance, et coïncide avec l'intensité des entraînements et des répétitions qui fait que les danseurs risquent de ne pas suivre correctement un traitement si ce dernier s'avère trop astreignant.

Cependant, des études supplémentaires, notamment sur l'effet des SP sur le long terme, s'avèrent nécessaires pour parvenir à des conclusions plus abouties, afin de fournir des recommandations claires, vérifiées et adaptées à la population concernée.

3. Qualité de preuve

Les critères utilisés dans le système GRADE¹² (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*) seront utilisés ici afin d'évaluer la qualité des recommandations établies. [90,91]

Les 5 premiers critères évaluent les facteurs susceptibles de faire diminuer la qualité des données scientifiques dans les études sélectionnées.

- Critère 1 : **Risque de biais** *Sérieux (-1) / Très sérieux (-2)*

Les essais inclus dans la revue étaient sujets au risque de biais. Cependant, cet élément a été pris en compte dans l'analyse, et il a contribué à moduler les recommandations.

Il est spécifié que dans ce cas, le score de la revue n'est pas dégradé. [90]

Score suite à l'évaluation du critère 1 : **4/4**

¹² Une revue de littérature obtient d'emblée le score de 4/4 selon le système GRADE. Son score est ensuite modulé en fonction des critères suivants. [90]

- Critère 2 : **Hétérogénéité** des résultats *Importante (-1) / Très importante (-2)*¹³

Ici, du fait que l'analyse des résultats soit strictement qualitative, aucun *forest plot* n'a été mis en place pour déterminer si les études étaient ou pas, suffisamment similaires pour que leurs résultats soient combinés. Cependant, même si les caractéristiques de l'échantillon et l'intervention testée étaient identiques dans toutes les études, le nombre de sujets, la méthodologie des études et leurs objectifs n'étaient pas toujours les mêmes.

Ainsi, aux vues de ces éléments, l'hétérogénéité des résultats peut être qualifiée d'*importante*.

Score suite à l'évaluation du critère 2 : **3/4**

- Critères 3 : **Caractère indirect** des données *Incertitude (-1) / Incertitude majeure (-2)*

Les recommandations établies s'appuient ici sur l'analyse d'études dont l'objectif était précisément en phase avec la problématique de la revue. Par exemple, les essais sélectionnés avaient tous pour population des danseurs classiques, et aucun ne traitait par exemple des sportifs en général, dont on aurait pu extrapoler les résultats.

Ainsi, le score de la revue ne se trouve pas dégradé.

Score suite à l'évaluation du critère 3 : **3/4**

- Critère 4 : **Imprecision** des résultats *Sérieuse (-1) / Très sérieuse (-2)*

Dans une revue, cet item fait échos à la qualité des résultats obtenus, et par conséquent, à la confiance accordée à ces derniers. C'est donc ici l'intervalle de confiance à 95% qui va être évalué : lorsqu'il est large, le score est dégradé d'un point, lorsqu'il est très large, il perd 2 points.

Même si les IC à 95% de la plupart des études de la revue restent relativement étroits, certains s'avèrent plus larges, et la revue perd ici 1 point.

Score suite à l'évaluation du critère 4 : **2/4**

- Critère 5 : **Biais de publication** *Probable (-1) / Très probable (-2)*

Le processus de recherche d'article ne s'est à aucun moment basé sur la nature positive ou négative des résultats, mais uniquement sur la pertinence des études par rapport à la problématique de la revue. À partir du moment où les caractéristiques de l'étude étaient en accord avec la question PICO de la revue, cette dernière était automatiquement sélectionnée.

¹³ Les réponses sélectionnées sont celles surlignées. Si rien n'est surligné, c'est qu'aucune réponse ne convenait.

Ainsi, la littérature anglaise mais aussi française ont été analysées, de même que la littérature non publiée. De plus, l'absence de conflit d'intérêt a par ailleurs concouru à l'objectivité de la recherche menée, l'intérêt porté à une conclusion négative ou positive étant équivalente.

Par conséquent, le score ne se trouve ici pas dégradé.

Score suite à l'évaluation du critère 5 : **2/4**

Initialement, d'autres facteurs constituent le système GRADE. Cependant, ces derniers reposant sur des données chiffrées qui n'ont pas été étudiées dans la présente revue qui se veut qualitative, un seul a pu être transposé à notre analyse. Il est cependant important de préciser que ces facteurs non transposables sont tous, contrairement à ceux évalués supra, voués à augmenter le score GRADE et donc le niveau de preuve de la revue analysée.

- Critère 6 : **Facteurs de confusion**

Présence (+1)

Se dit des facteurs qui auraient pu réduire l'effet observé et qui n'auraient pas été pris en compte ou suggérant un effet potentiel non démontré. Or, les études analysées ne semblaient pas présenter de tels facteurs. Le score se trouve donc inchangé.

Ainsi le score final assigné à la présente revue selon le score GRADE est de **2/4**. Il contribue à évaluer le niveau de confiance et par extension la qualité de preuve globale de la revue. Cependant, d'autres facteurs doivent aussi être pris en compte en vue d'établir la force de recommandation, [90] à savoir ;

- *Le rapport entre les bénéfices et les inconvénients à recommander ou pas l'intervention* : ce dernier est en faveur des SP car d'un point de vue purement efficace, le port des SP à moyen terme a un effet bénéfique en comparaison avec l'absence de ces dernières.
- *L'incertitude des stratégies alternatives* : ici aussi le facteur est en faveur du port des SP car aucun autre dispositif n'est actuellement mis en place pour prévenir les blessures des danseurs et améliorer leur performance.
- *Le ratio coût-efficacité* : ce facteur est en défaveur du port des SP car le modeste bénéfice induit est confronté à un coût de mise en place important.

Ainsi, aux vues du score GRADE obtenu et des facteurs supplémentaires pris en compte, la force des recommandations délivrées par cette revue s'avère **Modérée**, ou de **grade B** selon le système de gradation de l'HAS, car elles reposent sur des preuves scientifiques de niveau intermédiaire.

4. Biais potentiels de la revue

Il est important de vérifier et de tenir compte de la qualité interne des études sélectionnées avant d'émettre de quelconques recommandations, mais il est aussi primordial d'évaluer de manière critique la revue en elle-même.

C'est par conséquent ce sur quoi se concentre cette partie, via l'utilisation de la grille d'évaluation méthodologique des revues systémiques AMSTAR¹⁴, laquelle est fournie en **Annexe 5**. Elle comporte 11 items visant à évaluer le risque de biais des revues systémiques, lesquels sont détaillés ci-dessous¹⁵ ;

1. Un plan de recherche établi a priori est-il fourni ?

Oui *Non* *Impossible de répondre*

La question de recherche et les critères d'inclusion sont déterminés au début de la revue, et retranscrits dans la partie Méthode.

2. La sélection des études et l'extraction des données ont-ils été confiés à au moins deux personnes ?

Oui *Non* *Impossible de répondre*

Ces processus ont été effectués par une seule personne.

3. La recherche documentaire était-elle exhaustive ?

Oui *Non* *Impossible de répondre*

L'identification des articles a été effectuée sur cinq bases de données (*PubMed, ScienceDirect, Cochrane library, Europe PMC et PEDro*) et elle a aussi porté sur la littérature grise (*Thèses.fr, Agence de la Bibliographie des Études Supérieures*). (Cf partie Méthode).

4. La nature de la publication était-elle un critère d'inclusion ?

Oui *Non* *Impossible de répondre*

La littérature grise et non publiée a aussi été recherchée dans le cadre de cette revue. (Cf partie **Méthode**).

¹⁴ *A measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews.*

¹⁵ Les réponses sélectionnées sont celles surlignées en gris.

5. **La liste des études (incluses et exclues) est-elle fournie ?**

Oui Non Impossible de répondre

Les études incluses sont référencées dans la partie Résultats (Tableau 2), et la liste de celles qui ont été écartées est fournie en **Annexe 1**.

6. **Les caractéristiques des études incluses sont-elles indiquées ?**

Oui Non Impossible de répondre

Elles sont décrites dans le Tableau 1 de la partie Résultats.

7. **La qualité scientifique des études incluses a-t-elle été évaluée et consignée ?**

Oui Non Impossible de répondre

Chacune des 6 études a fait l'objet d'une évaluation de sa qualité méthodologique en utilisant l'échelle de *Downs et Black*, ceci étant synthétisé dans le Tableau 2 de la partie Résultats.

8. **La qualité scientifique des études incluses dans la revue a-t-elle été utilisée adéquatement dans la formulation des conclusions ?**

Oui Non Impossible de répondre

Dans la discussion, les conclusions sont nuancées et le crédit attribué à chaque résultat dépend du score *D&B* obtenu par l'étude elle-même.

9. **Les méthodes utilisées pour combiner les résultats des études sont-elles appropriées ?**

Oui Non Impossible de répondre

Aucune méthode de combinaison des données n'a été utilisée.

10. **La probabilité d'un biais de publication a-t-elle été évaluée ?**

Oui Non Impossible de répondre

Il n'a pas été évalué, car la revue n'incluait que 6 articles. Ceci est spécifié dans la partie Résultats. Dans ce cas, la grille AMSTAR spécifiait de répondre positivement.

11. **Les conflits d'intérêt ont-ils été déclarés ?**

Oui Non Impossible de répondre

Même si la revue et chacune des 6 études déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts, les sources de financement et de soutien ne sont pour autant pas citées.

L'utilisation de la grille AMSTAR permet une évaluation détaillée de la revue, et balaye de nombreux aspects de cette dernière, mais elle reste uniquement qualitative. Cependant, afin de pouvoir plus aisément comparer la présente revue à d'autres travaux, il serait plus commode de lui attribuer un score chiffré représentatif de sa qualité méthodologique.

Pour ce faire, la grille R-AMSTAR est utilisée, cette dernière n'étant qu'une variante de la précédente. Les détails de cette seconde évaluation sont exposés en **Annexe 6**.

Le score obtenu pour la présente revue est de **31/44**. Les principales sources de biais de cette dernière sont liées à deux éléments majeurs ;

- L'extraction des données réalisée par une seule personne,
- Le manque de regroupement et de combinaison des données du fait de l'hétérogénéité de réalisation des différents essais (différences entre les études au niveau des comparateurs, des durées, des appareils utilisés, etc.)

Au-delà de cette première évaluation, d'autres points sont à améliorer pour les futures revues qui traiteront d'un sujet similaire.

Premièrement, même si l'absence de conflit d'intérêts était mentionnée dans chacune des études composant la revue, il est important de souligner qu'elles ont toutes été menées par la même équipe, celle du Pr Steinberg, et par conséquent, les travaux d'autres chercheurs auraient permis une diversité d'approche, susceptible de contrebalancer les résultats obtenus.

De plus, les danseurs qui ont participé à l'étude évoluaient tous à l'*Australian Ballet School*, et même s'ils changeaient de niveau d'une année sur l'autre, il est probable qu'ils aient suivi les cours des mêmes professeurs, au travers d'une pratique propre aux spécificités de l'école.

Enfin, le faible nombre d'études utilisées pour réaliser cette revue doit être pris en compte dans les recommandations fournies par cette dernière.

Ainsi, si le but de cette revue était de faire l'état des données scientifiques actuelles sur le sujet, des éléments restent cependant à améliorer pour renforcer la fiabilité de ses recommandations.

V. Conclusion

« Ce corps semble s'être détaché de ses équilibres ordinaires. On dirait qu'il joue au plus fin, – je veux dire : au plus prompt, – avec sa pesanteur, dont il esquive à chaque instant la tendance. »

C'est ainsi que Paul Valéry décrivait le danseur dans son ouvrage *Philosophie de la danse*, publié en 1936. Sous la plume du philosophe, il semble revêtir les caractéristiques d'un toréador arrogant, osant défier un partenaire de spectacle qu'il sait pourtant plus fort que lui. Ici vous l'aurez compris, pas d'adversaire taurin mais face au danseur, la gravité et les lois qu'elle impose. Ainsi, l'artiste doit réussir à composer avec elles, et même si souvent il paraît s'y soustraire aux yeux du spectateur, tout cela n'est qu'illusion. Et c'est pour perfectionner cette dernière, pour renforcer cette impression de corps en lévitation comme soumis à une pesanteur inversée, que le danseur s'attelle à un entraînement rigoureux et exténuant, mettant l'organisme à rude épreuve.

« *La danse est un art remarquable en ce sens que l'instrument est confondu avec l'interprète.* »

G. Caciuleanu

En effet, si l'absence d'intermédiaire permet une interaction privilégiée entre le danseur et le spectateur, cela se fait en contrepartie au dépend de l'artiste ; car si dans l'orchestre c'est son instrument que le musicien rudoie, sur scène en revanche, c'est son propre corps que le danseur épuise.

Par conséquent, chaque danseur classique professionnel devrait pouvoir bénéficier d'un suivi médical approprié. En effet, si les plus grands opéras se dotent désormais de programmes de soins adaptés à la pratique de haut niveau, ce n'est pas le cas pour la plupart des compagnies publiques de province, qui ne profitent pas de cet essor.

Ainsi, une étude réalisée en 2003 par *S. Bronner et al.* met l'accent sur ce fait, et qualifie les danseurs de « *population sous-médicalisée* », et ce en dépit du risque important de blessures qui pèse sur eux. [5] Cependant, si le manque de moyens reste le principal frein au développement de programmes préventifs, les frais qu'engendre la prise en charge des TMS et des arrêts de travail s'avèrent colossaux chez cette population particulièrement exposée.

Néanmoins, il est encourageant de noter que l'intérêt pour la discipline se développe dans la communauté scientifique. En effet, de nombreuses études ont vu le jour ces dernières années, visant à étoffer les connaissances sur le sujet et à développer de nouvelles techniques de prise en charge adaptées aux spécificités de la pratique.

C'est dans ce contexte aussi que l'*International Association for Dance Medicine and Science* a vu le jour en 1990. Elle est notamment à l'origine de la publication du *Journal of Dance Medicine and Science*, qui est un journal destiné à collecter les dernières études scientifiques parues et en lien avec la danse. L'organisation compte aujourd'hui plus de 900 membres à travers le monde, regroupant à la fois des professionnels de la danse, des scientifiques, ainsi que des professionnels de santé.

Ainsi, il me paraît primordial que la kinésithérapie participe pleinement à cet essor. En effet, aux vues de ses compétences dans la prise en charge du patient sportif, le kinésithérapeute apparaît comme un partenaire de choix dans le suivi du danseur classique.

Outre ses compétences dans le domaine du sport, c'est aussi sa connaissance de la biomécanique du corps et des composantes du mouvement que le kinésithérapeute pourrait mettre à profit de concert avec le danseur, pour concilier à la fois beauté du geste et respect de ses limites.

De plus, il pourrait jouer ici un double rôle. Le premier viserait au maintien en bonne santé des danseurs, par la mise en place de traitements préventifs et une gestion en équipe avec le préparateur physique pour tout ce qui concerne les processus de préparation et de récupération des danseurs. Le second rôle quant à lui serait davantage curatif, avec la prise en charge des blessures, par le biais d'un suivi rapproché et à l'aide de techniques rééducatives adaptées aux spécificités de la pratique. Ce procédé n'est d'ailleurs pas nouveau, puisqu'il existe déjà à haut niveau dans d'autres disciplines sportives. Ainsi, l'intérêt de cette prise en charge serait d'agir à la fois pour diminuer l'incidence des blessures, en contribuant également à la recherche de performance des danseurs.

Cependant, la prise en charge du danseur doit s'inscrire dans un processus plus large et inclure le maximum de professionnels de santé afin de concourir au mieux aux objectifs finaux. Ainsi, plus qu'une simple collaboration, les soignants doivent coopérer afin de mettre à disposition du patient-danseur un arsenal thérapeutique le plus adapté possible à ses besoins ; une prise en charge optimale et de qualité semble par conséquent indissociable d'une organisation interdisciplinaire des soignants. Il est donc important selon moi de s'intéresser aussi aux autres spécialités, ainsi qu'aux moyens dont disposent chacune d'entre elles. Et c'est d'ailleurs ce que j'ai tenté de laisser transparaître dans le sujet de cette revue, en mêlant les compétences des différents acteurs de soins au service d'une même cause.

Néanmoins, au-delà de l'attention portée aux semelles proprioceptives et à leur mode d'action qu'il me tenait à cœur d'approfondir, cette étude m'a aussi permis d'étayer mes acquis sur des domaines ayant directement trait avec mon champ de compétence. En effet, au fil des différentes recherches que j'ai réalisées tout au long de cet écrit, j'ai pu asseoir et développer mes connaissances à propos de l'équilibre mais aussi de la proprioception, sur leur mode de fonctionnement, des organes qu'ils sollicitent, des ajustements qu'ils produisent face aux contraintes, et de leur interdépendance fonctionnelle. Mais il m'a aussi permis d'appréhender les spécificités de l'exercice de la kinésithérapie dans le monde de la danse classique. En cela, ce travail fut très enrichissant.

À présent, il est désormais temps de conclure ce mémoire. Je me réjouis d'avoir réussi à concilier la kinésithérapie et la danse au sein de ce travail qui marque la fin de mon parcours universitaire et le début de ma vie professionnelle. Enfin, c'est à cours de mots que je me décide enfin à léguer la plume à quelqu'un sachant mieux que moi la manier.

Ainsi, selon Amélie Nothomb,

« Il y a une logique profonde à associer ces deux dieux, la danse et le feu. Regarder de grands danseurs provoque le même émoi que regarder une bûche enflammée : Le feu danse, le danseur brûle. »

Et s'il était de notre ressort de faire en sorte qu'il ne s'embrase.

Bibliographie

- [1] Vaganova A. Concepts de base. Bases Danse Class. 3ème édition, GREMESE; 1948, p. p.61-63.
- [2] Kushner S, Saboe L, Reid D, Penrose T, Grace M. Relationship of turnout to hip abduction in professional ballet dancers. *Am J Sports Med* 1990;18:286–91. <https://doi.org/10.1177/036354659001800312>.
- [3] 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* 2008;38:126–36. <https://doi.org/10.2519/jospt.2008.2390>.
- [4] Hamilton LH, Hamilton WG, Meltzer JD, Marshall J, Molnar M. Personality, stress, and injuries in professional ballet dancers. *Am J Sports Med* 1989;17:263–7. <https://doi.org/10.1177/036354658901700219>.
- [5] Bronner S, Ojofeitimi S, Spriggs J. Occupational Musculoskeletal Disorders in Dancers. *Phys Ther Rev* 2003;8:57–68. <https://doi.org/10.1179/108331903225002416>.
- [6] 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* 2015;3:232596711559262. <https://doi.org/10.1177/2325967115592621>.
- [7] 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* 2016;19:50–6. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2015.12.007>.
- [8] Hamilton WG, Hamilton LH, Marshall J, Molnar M. A profile of the musculoskeletal characteristics of elite professional ballet dancers. *Am J Sports Med* 1992;20:267–73. <https://doi.org/10.1177/036354659202000306>.
- [9] McCormack M, Bird H, de Medici A, Haddad F, Simmonds J. The Physical Attributes Most Required in Professional Ballet: A Delphi Study. *Sports Med Int Open* 2019;03:E1–5. <https://doi.org/10.1055/a-0798-3570>.
- [10] Hincapié CA, Morton EJ, Cassidy JD. Musculoskeletal Injuries and Pain in Dancers: A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:1819–1829.e6. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.02.020>.
- [11] Evans RW, Evans RI, Carvajal S. Survey of injuries among West End performers. *Occup Environ Med* 1998;55:585–93. <https://doi.org/10.1136/oem.55.9.585>.
- [12] Hiller CE, Refshauge KM, Beard DJ. Sensorimotor Control is Impaired in Dancers with Functional Ankle Instability. *Am J Sports Med* 2004;32:216–23. <https://doi.org/10.1177/0363546503258887>.
- [13] Ramel EM. Psychosocial Factors at Work and Their Association with Professional Ballet Dancers' Musculoskeletal Disorders n.d.:10.
- [14] Byhring S, Bø K. Musculoskeletal injuries in the Norwegian National Ballet: a prospective cohort study. *Scand J Med Sci Sports* 2002;12:365–70. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2002.01262.x>.
- [15] Milan KR. Injury in Ballet: A Review of Relevant Topics for the Physical Therapist. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994;19:121–9. <https://doi.org/10.2519/jospt.1994.19.2.121>.
- [16] Khan K, Brown J, Way S, Vass N, Crichton K, Alexander R, et al. Overuse Injuries in Classical Ballet. *Sports Med* 1995;19:341–57. <https://doi.org/10.2165/00007256-199519050-00004>.
- [17] Heim M, Siev-Ner I, Warshavski M, Engelberg S, Chechic A, Azaria M. Anterior ankle impingement: an unexplainable mass in a ballet dancer. *The Foot* 1998;8:169–70. [https://doi.org/10.1016/S0958-2592\(98\)90054-2](https://doi.org/10.1016/S0958-2592(98)90054-2).
- [18] Nunes GS, Tessarin BM, Scatone Silva R, Serrão FV. Relationship between the architecture and function of ankle plantar flexors with Achilles tendon morphology in ballet dancers. *Hum Mov Sci* 2019;67:102494. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.102494>.
- [19] Gottschlich LM, Young CC. Spine Injuries in Dancers: *Curr Sports Med Rep* 2011;10:40–4. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e318205e08b>.
- [20] Baker RJ, Patel D. Lower Back Pain in the Athlete: Common Conditions and Treatment. *Prim Care Clin Off Pract* 2005;32:201–29. <https://doi.org/10.1016/j.pcp.2004.11.004>.
- [21] Massion J. Postural control system. *Curr Opin Neurobiol* 1994;4:877–87. [https://doi.org/10.1016/0959-4388\(94\)90137-6](https://doi.org/10.1016/0959-4388(94)90137-6).
- [22] N AC. Posture et équilibre : deux notions différentes n.d. :32.
- [23] Claveirole L. Prise en charge psychomotrice d'un trouble de la posture et de l'équilibre chez une enfant atteinte de déficience mentale et d'épilepsie. Université Paul Sabatier, 2011.
- [24] IJkema-Paassen J, Gramsbergen A. Development of Postural Muscles and Their Innervation. *Neural Plast* 2005;12:141–51. <https://doi.org/10.1155/NP.2005.141>.
- [25] Gurfinkel V, Cacciatore TW, Cordo P, Horak F, Nutt J, Skoss R. Postural Muscle Tone in the Body Axis of Healthy Humans. *J Neurophysiol* 2006;96:2678–87. <https://doi.org/10.1152/jn.00406.2006>.
- [26] Paillard J. Tonus, postures et mouvements. *Physiologie*, vol. 3, Paris : Flammarion ; 1976, p. 521–728.
- [27] Mouzat A, Dabonneville M, Roux D, Borges N, Bertrand P. Position des pieds et paramètres stabilométriques. *Staps* 2005;67:59. <https://doi.org/10.3917/sta.067.0059>.
- [28] Pollock A, Durward B, Rowe P. What is balance ? 1999.
- [29] Duclos N, Duclos C, Mesure S. Contrôle postural : physiologie, concepts principaux et implications pour la réadaptation 2019 :9.
- [30] Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing* 2006;35:ii7–11. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl077>.
- [31] Janura M, Procházková M, Svoboda Z, Bizovská L, Jandová S, Konečný P. Standing balance of professional ballet dancers and non-dancers under different conditions. *PLOS ONE* 2019;14:e0224145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224145>.
- [32] Lin C-F, Lee I-J, Liao J-H, Wu H-W, Su F-C. Comparison of Postural Stability Between Injured and Uninjured Ballet Dancers. *Am J Sports Med* 2011;39:1324–31. <https://doi.org/10.1177/0363546510393943>.
- [33] Perrin P, Devitère D, Hugel F, Perrot C. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait Posture* 2002;15:187–94. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(01\)00149-7](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(01)00149-7).
- [34] Steinberg N, Tirosh O, Adams R, Karin J, Waddington G. Influence of Textured Insoles on Dynamic Postural Balance of Young Dancers. *Med Probl Perform Art* 2017;32:63–70. <https://doi.org/10.21091/mppa.2017.2012>
- [35] Pérennou D. Physiologie et Physiopathologie du contrôle postural. *Lett Médecine Phys Réadapt* 2012;120–32. <https://doi.org/10.1007/s11659-012-0316-1>.
- [36] Bisdorff AR, Wolsley CJ, Anastasopoulos D, Bronstein AM, Gresty MA. The perception of body vertically (subjective postural vertical) in peripheral and central vestibular disorders n.d.:12.

- [37] Clark B, Graybiel A. Perception of the Postural Vertical Following Prolonged Rodily Tilt in Normals and Subjects With Labyrinthine Defects. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1964;58:143–8. <https://doi.org/10.3109/00016486409121371>.
- [38] Mittelstaedt H. Somatic versus Vestibular Gravity Reception in Man. *Ann N Y Acad Sci* 1992;656:124–39. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1992.tb25204.x>.
- [39] Lee D. Visual proprioceptive control of stance. *J Hum Mov Stud* 1975;1:87–95.
- [40] Michalska J, Kamieniarz A, Fredyk A, Bacik B, Juras G, Slomka KJ. Effect of expertise in ballet dance on static and functional balance. *Gait Posture* 2018;64:68–74. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.05.034>.
- [41] Morasso PG, Schieppati M. Can Muscle Stiffness Alone Stabilize Upright Standing? *J Neurophysiol* 1999;82:1622–6. <https://doi.org/10.1152/jn.1999.82.3.1622>.
- [42] Kenny RPW, Atkinson G, Eaves DL, Martin D, Burn N, Dixon J. The effects of textured materials on static balance in healthy young and older adults: A systematic review with meta-analysis. *Gait Posture* 2019;71:79–86. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.04.017>.
- [43] Villeneuve P, Villeneuve-Parpay S. Traitement postural et stimulations podales n.d. :7.
- [44] Jacobs JV, Horak FB. Cortical control of postural responses. *J Neural Transm* 2007;114:1339–48. <https://doi.org/10.1007/s00702-007-0657-0>.
- [45] Maki BE, McIlroy WE. The Role of Limb Movements in Maintaining Upright Stance: The “Change-in-Support” Strategy. *Phys Ther* 1997;77:488–507. <https://doi.org/10.1093/ptj/77.5.488>.
- [46] Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol* 1986;55:1369–81. <https://doi.org/10.1152/jn.1986.55.6.1369>.
- [47] Kavounoudias A, Roll R, Roll J-P. The plantar sole is a ‘dynamometric map’ for human balance control: *NeuroReport* 1998;9:3247–52. <https://doi.org/10.1097/00001756-199810050-00021>.
- [48] Ruescas-Nicolau MA, Sánchez-Sánchez ML, Marques-Sule E, Espí-López GV. The immediate effect of plantar stimulation on dynamic and static balance: A randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2019;32:453–61. <https://doi.org/10.3233/BMR-181145>.
- [49] Maurer C, Mergner T, Bolha B, Hlavacka F. Human balance control during cutaneous stimulation of the plantar soles. *Neurosci Lett* 2001;302:45–8. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(01\)01655-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(01)01655-X).
- [50] Kavounoudias A, Roll J, Roll R, Gilhodes J. Réponses posturales orientées induites par stimulations n.d. :10.
- [51] Collings R, Paton J, Chockalingam N, Gorst T, Marsden J. Effects of the site and extent of plantar cutaneous stimulation on dynamic balance and muscle activity while walking. *The Foot* 2015 ;25:159–63. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2015.05.003>.
- [52] Bessou, Dupui, Séverac, Bessou M Patrick, Antoine, Patricia. Le pied, organe de l'équilibre. *Pied Équilib Posture* 1996:21–32.
- [53] Magnusson Mån, Enbom Håk, Johansson R, Pyykkö I. Significance of Pressor Input from the Human Feet in Anterior-Posterior Postural Control: The Effect of Hypothermia on Vibration-Induced Body-sway. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1990;110:182–8. <https://doi.org/10.3109/00016489009122535>.
- [54] Thoumie P, Do MC. Changes in motor activity and biomechanics during balance recovery following cutaneous and muscular deafferentation. *Exp Brain Res* 1996;110. <https://doi.org/10.1007/BF00228559>.
- [55] Kennedy PM, Inglis JT. Distribution and behaviour of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole. *J Physiol* 2002 ;538:995–1002. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2001.013087>.
- [56] Blanchet M. Le rôle des récepteurs tactiles plantaires dans le contrôle de la posture chez l'enfant et chez l'adulte n.d. :102.
- [57] Janin M. Sensibilité et motricité podales : leur influence sur le contrôle des activités posturo-cinétiques de sujets sains et pathologiques. Université de Toulouse II, Paul Sabatier, 2009.
- [58] Foisy A. L'examen clinique en podologie posturale. *Rev Podol* 2015;11:19–23. <https://doi.org/10.1016/j.revpod.2015.08.004>.
- [59] Le Normand G. L'orthèse plantaire de stimulation. *Kinésithérapie Rev* 2012 ;12 :77–9. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2012.07.014>.
- [60] Villeneuve P. Les traitements posturo-podiques. *Pied Équilib Posture* 1996 :87–175.
- [61] Villeneuve P. Évaluation de l'action posturale des orthèses plantaires 2007 :7–25.
- [62] Le Normand, Fourage G Romain. Examen statique et tests posturaux : leurs rôles complémentaires dans le choix de l'orthèse plantaire. *Pied Équilib Trait Posturaux* 2003:111.
- [63] Perry SD, Radtke A, McIlroy WE, Fernie GR, Maki BE. Efficacy and Effectiveness of a Balance-Enhancing Insole. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2008;63:595–602. <https://doi.org/10.1093/gerona/63.6.595>.
- [64] Gross MT, Mercer VS, Lin F-C. Effects of Foot Orthoses on Balance in Older Adults. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012;42:649–57. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.3944>.
- [65] de Moraes Barbosa C, Barros Bértolo M, Zonzini Gaino J, Davitt M, Sachetto Z, de Paiva Magalhães E. The effect of flat and textured insoles on the balance of primary care elderly people: a randomized controlled clinical trial. *Clin Interv Aging* 2018;Volume 13:277–84. <https://doi.org/10.2147/CIA.S149038>.
- [66] Lirani-Silva E, Vitória R, Barbieri FA, Orcioli-Silva D, Simieli L, Gobbi LTB. Continuous use of textured insole improves plantar sensation and stride length of people with Parkinson's disease: A pilot study. *Gait Posture* 2017;58:495–7. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.09.017>.
- [67] Elvan A, Selmani M, Kara B, Angin S, Şimşek İE, İDiMan E. Effects of textured insoles on static balance tests in patients with multiple sclerosis n.d.:7.
- [68] Kelleher KJ, Spence WD, Solomonidis S, Apatsidis D. The effect of textured insoles on gait patterns of people with multiple sclerosis. *Gait Posture* 2010;32:67–71. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.03.008>.
- [69] Hatton AL, Gane EM, Maharaj JN, Burns J, Paton J, Kerr G, et al. Textured shoe insoles to improve balance performance in adults with diabetic peripheral neuropathy: study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open* 2019;9:e026240. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-026240>.
- [70] Palazzo F, Nardi A, Tancredi V, Caronti A, Scalia Tomba G, Lebone P, et al. Effect of textured insoles on postural control during static upright posture following lower limb muscle fatigue. *J Sports Med Phys Fitness* 2019;59. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.08029-X>.
- [71] Waddington G, Adams R. Football boot insoles and sensitivity to extent of ankle inversion movement n.d.:6.
- [72] Davids K. “Essential noise” - enhancing variability of informational constraints benefits movement control: a comment on Waddington and Adams (2003). *Br J Sports Med* 2004;38:601–5. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.007427>.
- [73] Vieira T, Botter A, Gastaldi L, Sacco ICN, Martelli F, Giacomozzi C. Textured insoles affect the plantar pressure distribution while elite rowers perform on an indoor rowing machine. *PLOS ONE* 2017;12:e0187202. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187202>.

[74] Wilkinson M, Ewen A, Caplan N, O'leary D, Smith N, Stoneham R, et al. Textured insoles reduce vertical loading rate and increase subjective plantar sensation in overground running. *Eur J Sport Sci* 2018;18:497–503. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1444094>.

[75] Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *J Epidemiol Community Health* 1998;52:377–84. <https://doi.org/10.1136/jech.52.6.377>.

[76] Aubut J-AL, Marshall S, Bayley M, Teasell RW. A comparison of the PEDro and Downs and Black quality assessment tools using the acquired brain injury intervention literature. *NeuroRehabilitation* 2013;32:95–102. <https://doi.org/10.3233/NRE-130826>.

[77] Steinberg N, Waddington G, Adams R, Karin J, Tirosh O. Should Ballet Dancers Vary Postures and Underfoot Surfaces When Practicing Postural Balance? *Motor Control* 2018;22:45–66. <https://doi.org/10.1123/mc.2016-0076>.

[78] Steinberg N, Tirosh O, Adams R, Karin J, Waddington G. Does Wearing Textured Insoles during Non-class Time Improve Proprioception in

Professional Dancers? *Int J Sports Med* 2015;36:1093–9. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1554633>.

[79] Steinberg N. Use of a Textured Insole to Improve the Association Between Postural Balance and Ankle Discrimination in Young Male and Female Dancers. *Med Probl Perform Art* 2015;30:217–23. <https://doi.org/10.21091/mppa.2015.40.40>.

[80] Steinberg N, Waddington G, Adams R, Karin J, Begg R, Tirosh O. Can textured insoles improve ankle proprioception and performance in dancers? *J Sports Sci* 2016;34:1430–7. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1117120>.

[81] Steinberg N, Waddington G, Adams R, Karin J, Tirosh O. The effect of textured ballet shoe insoles on ankle proprioception in dancers. *Phys Ther Sport* 2016 ;17:38–44. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2015.04.001>.

[82] Fletcher R. *Épidémiologie Clin.*, Pradel ; 1998, p. 140.

[83] Abdoul H. *Acculturation à la méthodologie des essais cliniques* 2016.

[84] Rouis A. *Évaluation de l'équilibre postural par capteurs embarqués : application au yoga* n.d.:233.

[85] Shah S. *Caring for the dancer: special considerations for the*

performer and troupe. *Curr Sports Med Rep* 2008;7:128.

[86] Pappas E. Time to Stability Differences Between Male and Female Dancers After Landing From a Jump on Flat and Inclined Floors. *Clin J Sport Med* 2011;21:325–9.

[87] Newcomer K, Laskowski ER, Yu B, Johnson JC, An K-N. The effects of a lumbar support on repositioning error in subjects with low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82:906–10. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.232.81>.

[88] Cameron ML, Adams RD, Maher CG. The effect of neoprene shorts on leg proprioception in Australian football players. *J Sci Med Sport* 2008;11:345–52. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.03.007>.

[89] Garrick, Requa JG RK. *Ballet Injuries. An Analysis of Epidemiology and Financial Outcome.* *Am J Sports Med* 1993 ;4:586–90.

[90] *Méthodologie de gradation des recommandations en pratique vaccinale fondée sur le niveau des preuves scientifiques.* Paris : Haut Conseil de la Santé Publique; 2016.

[91] *Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique.* Paris : Haute Autorité de Santé; 2013.

Annexe

Annexe 1.

Articles	Raisons de l'exclusion		
	Population	Intervention	Critère de jugement
<i>Amorin T. 2018</i>	✓	✗	✗
<i>Annus A. 2009</i>	✓	✗	✗
<i>Bacchi E. 2013</i>	✓	✗	✗
<i>Bartolomeo O. 2010</i>	✓	✗	✗
<i>Bronner S. 2006</i>	✓	✗	✗
<i>Cahalan R. 2018</i>	✗	✗	✗
<i>Coker E. 2018</i>	✓	✗	✗
<i>Eusanio J. 2014</i>	✓	✗	✗
<i>Francisco R. 2012</i>	✓	✗	✗
<i>Jain N. 2018</i>	✓	✗	✗
<i>Jarvis DN. 2015</i>	✓	✗	✗
<i>Kenny R. 2019</i>	✗	✓	✓
<i>Krasnow D. 2011</i>	✓	✗	✗
<i>Liiv H. 2014</i>	✗	✗	✗
<i>Matthew A. 2013</i>	✓	✗	✓
<i>Matthews BL. 2006</i>	✓	✗	✗
<i>Miyamoto RG. 2009</i>	✓	✗	✗
<i>Nihal A. 2003</i>	✓	✗	✗
<i>Palazzo F. 2017</i>	✗	✓	✓
<i>Reeve HK. 2013</i>	✓	✗	✗
<i>Vieira T. 2017</i>	✗	✓	✗

Annexe 1. Tableau recensant les études non incluses dans la revue, et les causes de leur exclusion.

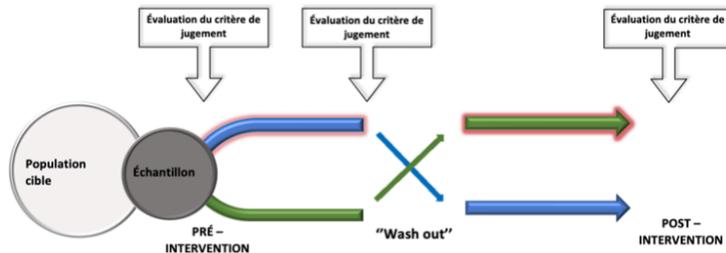
Annexe 2.

CRITERIA	
REPORTING	Score
1. Is the objective of the study clear?	Yes = 1, No = 0
2. Are the main outcomes clearly described in the Introduction or Methods?	Yes = 1, No = 0
3. Are characteristics of the patients included in the study clearly described?	Yes = 1, No = 0
4. Are the interventions clearly described?	Yes = 1, No = 0
5. Are the distributions of principal confounders in each group of subjects clearly described?	Yes = 2, Partially = 1, No = 0
6. Are the main findings of the study clearly described?	Yes = 1, No = 0
7. Does the study estimate random variability in data for main outcomes?	Yes = 1, No = 0
8. Have all the important adverse events consequential to the intervention been reported?	Yes = 1, No = 0
9. Have characteristics of patients lost to follow-up been described?	Yes = 1, No = 0
10. Have actual probability values been reported for the main outcomes except probability < 0.001?	Yes = 1, No = 0
EXTERNAL VALIDITY	Score
11. Were subjects who were asked to participate in the study representative of the entire population recruited?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
12. Were those subjects who were prepared to participate representative of the recruited population?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
13. Were staff, places, and facilities where patients were treated representative of treatment most received?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
INTERNAL VALIDITY	Score
14. Was an attempt made to blind study subjects to the intervention?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
15. Was an attempt made to blind those measuring the main outcomes?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
16. If any of the results of the study were based on data dredging was this made clear?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
17. Was the time period between intervention and outcome the same for intervention and control groups or adjusted for?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
18. Were the statistical tests used to assess main outcomes appropriate?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
19. Was compliance with the interventions reliable?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
20. Were main outcome measures used accurate ? (valid and reliable)	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
21. Were patients in different intervention groups recruited from the same population	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
22. Were study subjects in different intervention groups recruited over the same period of time ?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
23. Were study subjects randomized to intervention groups ?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
24. Was the randomized intervention assignment concealed from patients and staff until recruitment was complete ?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
25. Was there adequate adjustments for confounding in the analyses from which main findings were drawn ?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
26. Were losses of patients to follow-up taken into account ?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0
POWER	Score
27. Was the study sufficiently powered to detect clinically important effects where probability value for a difference due to chance is < 5% ?	* Yes = 1, No = 0, Unclear = 0

Annexe 2. Questionnaire d'évaluation de la qualité d'une étude. D'après Downs et Black. * : cotation simplifiée, d'après Trac et al. (2016).

- Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. J Epidemiol Community Health 1998;52:377-8

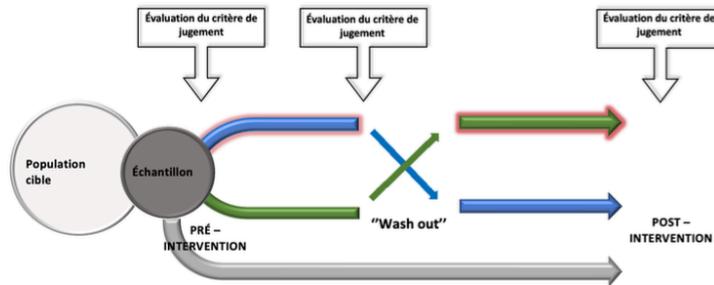
Annexe 3.



Annexe 3. Déroulement d'un essai clinique croisé randomisé. D'après R. Fletcher.

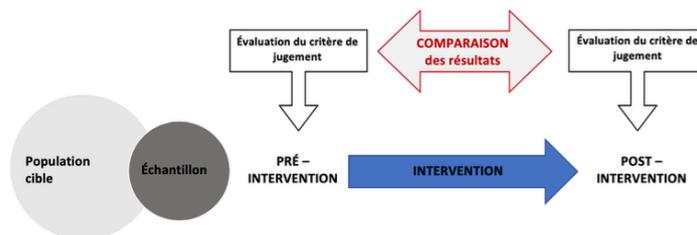
Les essais cliniques des études 1 et 5 suivent ce schéma.

La flèche bleue décrit le parcours du groupe 1, la flèche verte celui du groupe 2, et les portions de flèche surlignées en rouge signifient que le groupe portait les semelles proprioceptives sur la période en question.



Annexe 3'. Déroulement d'un essai clinique croisé randomisé avec un groupe témoin supplémentaire. D'après R. Fletcher.

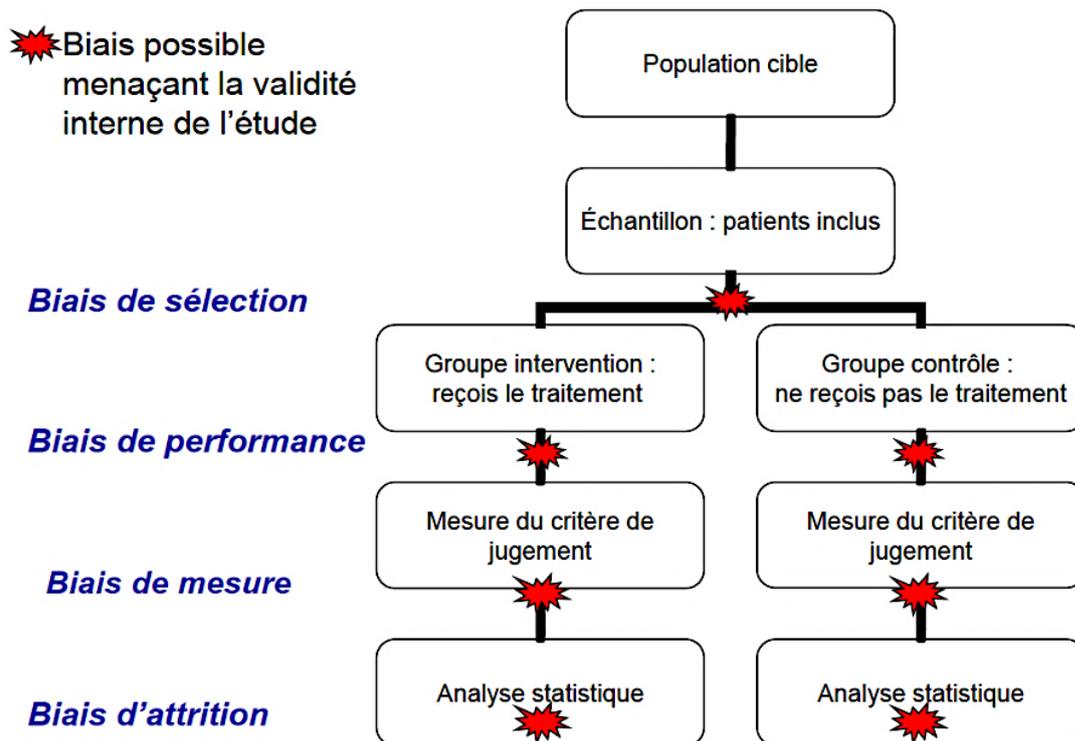
L'essai clinique de l'étude 3 suit ce schéma. Code couleur idem que précédemment.



Annexe 3''. Déroulement d'un essai clinique non randomisé. D'après R. Fletcher.

L'essai clinique des études 2, 4 et 6 suivent ce schéma.

Annexe 4.



Annexe 4. Chronologie des risques d'apparition de différents biais au cours de l'étude.
D'après H. Abdoul

Annexe 5.

1. Un plan de recherche établi a priori est-il fourni?

La question de recherche et les critères d'inclusion des études doivent être déterminés avant le début de la revue.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Pour que la réponse soit « oui », il doit y avoir un protocole, l'approbation d'un comité d'éthique ou des objectifs d'étude prédéterminés ou établis a priori.

Commentaire :

2. La sélection des études et l'extraction des données ont-ils été confiés à au moins deux personnes?

Au moins deux personnes doivent procéder à l'extraction des données de façon indépendante, et une méthode de consensus doit avoir été mise en place pour le règlement des différends.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Deux personnes sélectionnent les études, deux personnes procèdent à l'extraction des données, puis elles se mettent d'accord ou vérifient leur travail respectif.

Commentaire :

3. La recherche documentaire était-elle exhaustive?

Au moins deux sources électroniques doivent avoir été utilisées. Le rapport doit comprendre l'horizon temporel de la recherche et les bases de données interrogées (Central, EMBASE et MEDLINE, par exemple). Les mots clés et (ou) les termes MeSH doivent être indiqués et, si possible, la stratégie de recherche complète doit être exposée. Toutes les recherches doivent être complétées par la consultation des tables des matières de revues scientifiques récentes, de revues de la littérature, de manuels, de registres spécialisés ou d'experts dans le domaine étudié et par l'examen des références fournies dans les études répertoriées.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Si on a consulté au moins deux sources et eu recours à une stratégie complémentaire, cocher « oui » (Cochrane + Central = deux sources; recherche de la littérature grise = stratégie complémentaire).

Commentaire :

4. La nature de la publication (littérature grise, par exemple) était-elle un critère d'inclusion?

Les auteurs doivent indiquer s'ils ont recherché tous les rapports, quel que soit le type de publication, ou s'ils ont exclu des rapports (de leur revue systématique) sur la base du type de publication, de la langue, etc.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Si les auteurs indiquent qu'ils ont recherché la littérature grise ou non publiée, cocher « oui ». La base de données SIGLE, les mémoires, les actes de conférences et les registres d'essais sont, en l'occurrence, tous considérés comme de la littérature grise. Si la source renfermait de la littérature grise, mais aussi de la littérature à large diffusion, les auteurs doivent préciser qu'ils recherchaient de la littérature grise ou non publiée.

Commentaire :

5. Une liste des études (incluses et exclues) est-elle fournie?

Une liste des études incluses et exclues doit être fournie.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Il est acceptable de s'en tenir aux études exclues. S'il y a un hyperlien menant à la liste, mais que celui-ci est mort, cocher « non ».

Commentaire :

Annexe 5 (partie 1). Grille AMSTAR d'évaluation de la qualité méthodologique des revues de littérature. D'après l'INESSS.

6. Les caractéristiques des études incluses sont-elles indiquées?

Les données portant sur les sujets qui ont participé aux études originales, les interventions qu'ils ont reçues et les résultats doivent être regroupées, sous forme de tableau, par exemple. L'étendue des données sur les caractéristiques des sujets de toutes les études analysées (âge, race, sexe, données socio-économiques pertinentes, nature, durée et gravité de la maladie, autres maladies, par exemple) doit y figurer.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Ces données ne doivent pas nécessairement être présentées sous forme de tableau, pour autant qu'elles soient conformes aux exigences ci-dessus.

Commentaire :

7. La qualité scientifique des études incluses a-t-elle été évaluée et consignée?

Les méthodes d'évaluation déterminées a priori doivent être indiquées (par exemple, pour les études sur l'efficacité pratique, le choix de n'inclure que les essais cliniques randomisés à double insu avec placebo ou de n'inclure que les études où l'affectation des sujets aux groupes d'étude était dissimulée); pour d'autres types d'études, d'autres critères d'évaluation seront à prendre en considération.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Ici, les auteurs peuvent avoir utilisé un outil ou une grille quelconque pour évaluer la qualité (score de Jadad, évaluation du risque de biais, analyse de sensibilité, etc.) ou peuvent exposer les critères de qualité en indiquant le résultat obtenu pour CHAQUE étude (un simple « faible » ou « élevé » suffit, dans la mesure où l'on sait exactement à quelle étude l'évaluation s'applique; un score général n'est pas acceptable, pas plus qu'une plage de scores pour l'ensemble des études).

Commentaire :

8. La qualité scientifique des études incluses dans la revue a-t-elle été utilisée adéquatement dans la formulation des conclusions?

Les résultats de l'évaluation de la rigueur méthodologique et de la qualité scientifique des études incluses doivent être pris en considération dans l'analyse et les conclusions de la revue, et formulés explicitement dans les recommandations.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Voici une formulation possible : « La faible qualité des études incluses impose la prudence dans l'interprétation des résultats ». On ne peut cocher « oui » à cette question si on a coché « non » à la question 7.

Commentaire :

9. Les méthodes utilisées pour combiner les résultats des études sont-elles appropriées?

Si l'on veut regrouper les résultats des études, il faut effectuer un test d'homogénéité afin de s'assurer qu'elles sont combinables (chi carré ou I^2 , par exemple). S'il y a hétérogénéité, il faut utiliser un modèle d'effets aléatoires et (ou) vérifier si la nature des données cliniques justifie la combinaison (la combinaison est-elle raisonnable?).

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Cocher « oui » si on souligne ou explique la nature hétérogène des données, par exemple si les auteurs expliquent que le regroupement est impossible en raison de l'hétérogénéité ou de la variabilité des interventions.

Commentaire :

10. La probabilité d'un biais de publication a-t-elle été évaluée?

Une évaluation du biais de publication doit comprendre une association d'outils graphiques (diagramme de dispersion des études ou autre test) et (ou) des tests statistiques (test de régression d'egger, méthode de Hedges et Olkin, par exemple).

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Si les auteurs ne fournissent aucun résultat de test ni diagramme de dispersion des études, cocher « non ». Cocher « oui » s'ils expliquent qu'ils n'ont pas pu évaluer le biais de publication, parce qu'ils ont inclus moins de 10 études.

Commentaire :

11. Les conflits d'intérêts ont-ils été déclarés?

Les sources possibles de soutien doivent être déclarées, tant pour la revue systématique que pour les études qui y sont incluses.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

On ne peut cocher « oui » que si la source de financement ou de soutien de la revue systématique ET de chaque étude incluse est indiquée.

Commentaire :

Annexe 5 (partie 2). Grille AMSTAR d'évaluation de la qualité méthodologique des revues de littérature. D'après l'INESSS.

Annexe 6.

1. Un plan de recherche établi a priori est-il fourni?

La question de recherche et les critères d'inclusion des études doivent être déterminés avant le début de la revue.

Critères

- A. Publication et (ou) inscription du protocole d'étude à l'avance
- B. Description des critères d'inclusion
- C. Question de recherche bien ciblée (critères PICO)

Conditions d'attribution du score

3 critères → 4, 2 → 3, 1 → 2, 0 → 1

Score : + 4
Score total : 4

2. La sélection des études et l'extraction des données ont-ils été confiés à au moins deux personnes?

Au moins deux personnes doivent procéder à l'extraction des données de façon indépendante, et une méthode de consensus doit avoir été mise en place pour le règlement des différends.

Critères

- A. Données extraites par **au moins deux** personnes, de façon indépendante (déclaration explicite ou implicite)
- B. Énoncé sur le **processus de consensus** pour le règlement des différends
- C. Résolution des désaccords entre les personnes ayant extrait les données conformément à la méthode établie (déclaration explicite ou implicite)

Score : + 0
Score total : 4

3. La recherche documentaire était-elle exhaustive?

Au moins deux sources électroniques doivent avoir été utilisées. Le rapport doit comprendre l'horizon temporel de la recherche et les bases de données interrogées (Central, EMBASE et MEDLINE, par exemple). Les mots clés et (ou) les termes MeSH doivent être indiqués et, si possible, la stratégie de recherche complète doit être exposée. Toutes les recherches doivent être complétées par la consultation des tables des matières de revues scientifiques récentes, de revues de la littérature, de manuels, de registres spécialisés ou d'experts dans le domaine étudié et par l'examen des références fournies dans les études répertoriées.

Critères

- A. Au moins deux sources électroniques ont été utilisées.
- B. L'horizon temporel et les bases de données interrogées sont indiqués.
- C. Les mots clés et (ou) les termes MeSH sont indiqués et, si possible, la stratégie de recherche est exposée.
- D. Toutes les recherches sont complétées par la consultation des tables des matières de revues scientifiques récentes, de revues de la littérature, de manuels ainsi que de registres et par l'examen des références fournies dans les études répertoriées.
- E. Une recherche manuelle a été effectuée dans les revues.

Score : + 4
Score total : 8

4. La nature de la publication (littérature grise, par exemple) était-elle un critère d'inclusion?

Les auteurs doivent indiquer s'ils ont recherché tous les rapports, quel que soit le type de publication, ou s'ils ont exclu des rapports (de leur revue systématique) sur la base du type de publication, de la langue, etc.

Critères

- A. Les auteurs indiquent qu'ils ont recherché tous les rapports, quel que soit le type de publication.
- B. Les auteurs indiquent s'ils ont exclu des rapports sur la base du type de publication, de la langue, etc.
- C. « Les articles rédigés dans une langue autre que l'anglais ont été traduits » ou les lecteurs maîtrisaient assez bien la langue du rapport.
- D. Aucune restriction fondée sur la langue ou prise en compte des articles rédigés dans une langue autre que l'anglais

Score : + 4
Score total : 12

5. Une liste des études (incluses et exclues) est-elle fournie?

Une liste des études incluses et exclues doit être fournie.

Critères

- A. Les études **incluses** doivent être réunies dans un tableau, une liste ou une figure; une simple liste de références ne suffit pas.
- B. Les études **exclues** doivent être réunies dans un tableau, une liste ou une figure qui sera intégré à l'article ou à un supplément.
- C. Les raisons de l'exclusion des études sérieusement prises en considération doivent être exposées de manière suffisamment claire.
- D. Le lecteur peut retracer aisément les études incluses et exclues dans la bibliographie, les références ou le supplément de l'article.

Score : + 3
Score total : 15

Annexe 6 (partie 1). Détails de l'évaluation de la qualité méthodologique de la présente revue de littérature, en utilisant la grille R-AMSTAR. D'après l'INESSS.

6. Les caractéristiques des études incluses sont-elles indiquées?

Les données portant sur les sujets qui ont participé aux études originales, les interventions qu'ils ont reçues et les résultats doivent être regroupées, sous forme de tableau, par exemple. L'étendue des données sur les caractéristiques des sujets de toutes les études analysées (âge, race, sexe, données socio-économiques pertinentes, nature, durée et gravité de la maladie, autres maladies, par exemple) doit y figurer.

Critères

- A. Les données portant sur les sujets qui ont participé aux études originales, les interventions qu'ils ont reçues et les résultats sont regroupées, sous forme de tableau, par exemple.
- B. Les auteurs précisent l'étendue des données sur les caractéristiques **pertinentes** des sujets des études analysées.
- C. L'information fournie semble complète et exacte.

Score : + 3
Score total : 18

7. La qualité scientifique des études incluses a-t-elle été évaluée et consignée?

Les méthodes d'évaluation déterminées a priori doivent être indiquées (par exemple, pour les études sur l'efficacité pratique, le choix de n'inclure que les essais cliniques randomisés à double insu avec placebo ou de n'inclure que les études où l'affectation des sujets aux groupes d'étude était dissimulée); pour d'autres types d'études, d'autres critères d'évaluation seront à prendre en considération.

Critères

- A. Les méthodes a priori sont indiquées.
- B. La qualité scientifique des études incluses **semble valable**.
- C. Le niveau de preuve est exposé, dûment reconnu ou pris en considération.
- D. La qualité des preuves est évaluée ou classée en fonction d'outils d'évaluation de la preuve.

Score : + 4
Score total : 22

8. La qualité scientifique des études incluses dans la revue a-t-elle été utilisée adéquatement dans la formulation des conclusions?

Les résultats de l'évaluation de la rigueur méthodologique et de la qualité scientifique des études incluses doivent être pris en considération dans l'analyse et les conclusions de la revue, et formulés explicitement dans les recommandations.

Critères

- A. Les auteurs ont tenu compte de la qualité scientifique dans l'analyse et les conclusions de la revue.
- B. La qualité scientifique est formulée **explicitement** dans les recommandations.
- C. Les conclusions sont orientées vers la production de guides de pratique.
- D. L'énoncé de consensus clinique laisse entrevoir la révision ou la confirmation des recommandations de pratique.

Score : + 4
Score total : 26

9. Les méthodes utilisées pour combiner les résultats des études sont-elles appropriées?

Si l'on veut regrouper les résultats des études, il faut effectuer un test d'homogénéité afin de s'assurer qu'elles sont combinables (chi carré ou I^2 , par exemple). S'il y a hétérogénéité, il faut utiliser un modèle d'effets aléatoires et (ou) vérifier si la nature des données cliniques justifie la combinaison (la combinaison est-elle raisonnable?).

Critères

- A. Les auteurs exposent les critères à partir desquels ils ont déterminé que les études analysées étaient assez semblables pour être combinées.
- B. Dans le cas des résultats regroupés, les auteurs ont fait un test d'homogénéité pour s'assurer que les études étaient combinables.
- C. Les auteurs ont pris acte du caractère hétérogène (ou non) des études.
- D. S'il y a hétérogénéité, les auteurs ont utilisé un modèle d'effets aléatoires et (ou) vérifié si la nature des données justifiait la combinaison.
- E. S'il y a homogénéité, les auteurs exposent la justification ou le test statistique.

Score : + 0
Score total : 26

10. La probabilité d'un biais de publication a-t-elle été évaluée?

Une évaluation du biais de publication doit comprendre une association d'outils graphiques (diagramme de dispersion des études ou autre test) et (ou) des tests statistiques (test de régression d'egger, par exemple).

Critères

- A. Prise en compte du biais de publication ou de l'effet tiroir
- B. Outils graphiques (diagramme de dispersion des études, par exemple)
- C. Tests statistiques (test de régression d'egger, par exemple)

Conditions d'attribution du score
3 critères → 4, 2 → 3, 1 → 2, 0 → 1

Score : + 2
Score total : 28

11. Les conflits d'intérêts ont-ils été déclarés?

Les sources possibles de soutien doivent être déclarées, tant pour la revue systématique que pour les études qui y sont incluses.

Critères

- A. Présentation des sources de soutien
- B. Absence de conflit d'intérêts – On est ici dans la subjectivité; peut-être faudra-t-il y aller par déduction ou fouiller quelque peu.
- C. Prise en compte ou énoncé des sources de soutien ou des conflits d'intérêts dans les **principales études incluses**

Conditions d'attribution du score
3 critères → 4, 2 → 3, 1 → 2, 0 → 1

Score : + 3
Score total : 31

Score de qualité maximal : 44

Score de qualité : **31/44**

Annexe 6 (partie 2). Détails de l'évaluation de la qualité méthodologique de la présente revue de littérature, en utilisant la grille R-AMSTAR. D'après l'INESSS.

R É S U M É

Contexte et Objectifs – Les semelles proprioceptives représentent un dispositif visant à stimuler les afférences cutanées plantaires en vue d’agir sur l’équilibre de la personne qui les porte. Leurs effets sont non seulement étudiés en vue de pallier les déficits des sujets pathologiques, mais aussi dans l’optique d’un gain de performance chez les sportifs. Ainsi, le but de la revue est de déterminer si le port des semelles proprioceptives augmente le contrôle postural et la proprioception de cheville chez le danseur classique.

Méthode – La recherche a été menée via PubMed, ScienceDirect, Cochrane Library, PEDro et Europe PMC, en utilisant des mots clés en lien avec la danse classique, le contrôle postural et la proprioception de cheville. Les études sélectionnées devaient être pertinentes par rapport à la question de recherche et respecter les critères d’inclusion déterminés au préalable. La qualité méthodologique a été évaluée par l’échelle de *Downs et Black*. Les résultats des différentes études ont été collectés puis analysés.

Résultats – 243 articles ont été identifiés. Suite au processus de criblage, 6 articles ont été inclus dont 2 sur l’équilibre postural et 4 sur la proprioception de cheville. Concernant l’effet des semelles proprioceptives sur le contrôle postural, une diminution des déséquilibres du danseur était observée. En revanche, leur effet sur la proprioception de cheville était variable ; il semblait désavantageux à court terme, mais apparaissait comme bénéfique à moyen terme chez les danseurs.

Discussion et Conclusion – Les études incluses avaient globalement de bons niveaux de validité, mais la présence de certains biais et le manque d’hétérogénéité des études impliquent une précaution dans la lecture des conclusions. Ainsi, le port des semelles proprioceptives à moyen terme et sur les périodes de repos des danseurs, s’avère obtenir les résultats les plus intéressants. Des études supplémentaires sur le sujet s’avèrent par ailleurs nécessaires en vue de compléter ces recommandations.

Niveau de preuve – Grade B.

MOTS CLÉS : *Danseurs de ballet – Danseurs professionnels – Danseurs classiques – Semelles proprioceptives – Orthèses plantaires – Équilibre postural – Proprioception.*

A B S T R A C T

Background and Aims – Wearing textured insoles is aimed to improve people balance, by increasing the stimulation of plantar cutaneous receptors. Their effect is studied to see how it can reduce patients’ impairments, but also to determine if it can improve athletes’ performance. The purpose of this review is to identify if wearing textured insoles can improve postural balance and ankle proprioception in ballet dancers.

Method – Databases like PubMed, ScienceDirect, Cochrane Library, PEDro and Europe PMC were searched, with key words connected with ballet, postural balance and ankle proprioception. To be selected, studies must be related to the research question, and they had to meet the inclusion criteria. Internal validity was assessed using the *Downs and Black* scale. Results were collected and analyzed.

Results – 243 articles were identified. Following the screening process, 6 articles were included ; 2 of them dealing with postural balance and the other four were about ankle proprioception. Concerning postural balance, it shows a decrease of balance disorders. But it shows variable effects on ankle proprioception ; textured insoles seemed to have an adverse effect if they’re worn in the short-term, but they appeared to be helpful in the medium-term for ballet dancers.

Discussion and Conclusion – Even if included studies had a quite high degree of internal validity, there also were some bias and a lack of heterogeneity in studies, and that’s why conclusions had to be considered carefully. Then, wearing textured insoles in the medium-term and during rest time, seems to be the best option. Further studies are required to complete these recommendations.

Level of evidence – Grade B.

KEYWORDS : *Ballet dancers – Professional dancers – Elite dancers – Textured insoles – Foot orthoses – Postural balance – Proprioception.*

