

**Effets des programmes de prévention à focus
neuromusculaire chez l'athlète adolescente. Revue de la
littérature et méta-analyse**

MARJORIE MICHEL

Etudiante HES – Filière Physiothérapie

ALINE DESSIMOZ

Etudiante HES – Filière Physiothérapie

Directeur de travail : NICOLAS MATHIEU

**TRAVAIL DE BACHELOR POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME
BACHELOR OF SCIENCE HES-SO IN PHYSIOTHERAPIE
JUN 2014**

Abstract

Introduction :

Dans la pratique du sport, les athlètes adolescentes sont particulièrement à risque de blessures en raison du niveau élevé d'exposition à un stade de grands changements physiologiques. La pratique des échauffements à focus neuromusculaire lors des entraînements ainsi qu'en compétition semble représenter une approche optimale afin de diminuer le taux de blessures. L'objectif de notre revue est d'évaluer l'effet des programmes de prévention à focus neuromusculaire sur le risque de blessures du membre inférieur chez l'adolescente sportive.

Méthode :

Revue systématique de la littérature dans les bases de données suivantes: PubMed, Cochrane, ScienceDirect, Cinhal, et PEDro. Six études ont été sélectionnées : quatre études randomisées contrôlées et deux études de cohorte.

Résultats :

L'analyse inférentielle et l'analyse narrative ont démontré les effets positifs des échauffements à focus neuromusculaire sur la prévention des blessures du membre inférieur. De plus cette amélioration clinique est statistiquement significative pour le membre inférieur ($p= 0.005$), le genou ($p= 0.02$), l'entorse ($p= 0.05$), LCA sans-contact ($p= 0.04$), les lésions sévères ($p < 0.0001$). Seul l'*odds ratio* des blessures au niveau de la cheville est statistiquement non-significatif (0.86 [95% CI (0.67 - 1.11)]).

Conclusion :

Effectuer un échauffement à focus neuromusculaire lors des séances d'entraînement et des compétitions réduit significativement le risque de blessures lors de la pratique sportive chez les athlètes adolescentes.

Mots-clés :

Échauffements neuromusculaires, adolescentes, athlète, prévention, blessures membre inférieur

Abstract

Einleitung:

Während des Sporttreibens sind jugendliche Athleten aufgrund der grossen physiognomischen Veränderungen, denen sie ausgesetzt sind, besonders verletzungsgefährdet. Ein Aufwärmen mit Fokus auf die Neuromuskulär während des Trainings sowie des Wettkampfes scheint daher ein optimaler Ansatz zu sein um die Anzahl Verletzungen zu verringern. Ziel dieser Arbeit ist es, den Effekt von präventiven Programmen mit Fokus auf die Neuromuskulär auf das Risiko von Verletzungen der Unteren Extremität der Jugendlichen zu evaluieren.

Methode :

Systematische Analyse der Literatur in den folgenden Datenbanken: PubMed, Cochrane, ScienceDirect, Cinhal und PEDro. Sechs Studien wurden ausgewählt, davon vier randomisierte kontrollierte Studien sowie zwei Kohortenstudien.

Resultate :

Die Meta-Analyse sowie die narrative Analyse zeigten die positiven Effekte, die das Aufwärmen mit Fokus auf die Neuromuskulär auf die Prävention der Verletzungen der Unteren Extremität hat. Ausserdem ist diese klinische Verbesserung statistisch relevant für die Untere Extremität ($p= 0.005$), das Knie ($p= 0.02$), die Verstauchung ($p= 0.05$), VKB ohne Kontakt ($p= 0.04$) sowie die schweren Verletzungen ($p < 0.0001$). Nur der *odds ratio* der Verletzungen des Knöchels ist statistisch irrelevant ($0.86 [95\% \text{ CI } (0.67 - 1.11)]$).

Schlussfolgerung :

Ein Aufwärmen mit Fokus auf die Neuromuskulär während des Trainings sowie des Wettkampfes verringert das Risiko von Verletzungen während des Sporttreibens bei jugendlichen Athleten signifikant.

Schlüsselwörter :

Neuromuskuläres Aufwärmen, Jugendliche, Athlet, Prävention, Verletzungen der Unteren Extremität

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions vivement notre directeur de travail de Bachelor, M. Nicolas Mathieu, pour son soutien ainsi que ces conseils et remarques pertinentes tout au long de la réalisation de notre revue systématique.

Nous souhaitons remercier toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la bonne mise en œuvre de notre travail.

« **Avertissement** »

Les prises de position, la rédaction et les conclusions de ce travail n'engagent que la responsabilité de ses auteurs et en aucun cas celle de la Haute École de Santé Valais, du Jury ou du Directeur du Travail de Bachelor.

Nous attestons avoir réalisé seules le présent travail, sans avoir utilisé d'autres sources que celles indiquées dans la liste de références bibliographiques.

Date et nom des auteurs :

Loèche-les-Bains, le 6 juin 2014

Michel Marjorie

Dessimoz Aline

Table des matières

1.	Introduction.....	1
1.1.	Contexte socio-sanitaire	1
1.2.	Contexte personnel.....	2
1.3.	Contexte physiothérapeutique.....	2
1.4.	Conceptualisation de la problématique	3
1.4.1.	POPULATION : L'athlète adolescente	3
	LA FEMME, LE SPORT ET LES BLESSURES	3
	L'ADOLESCENTE, LE SPORT ET LES BLESSURES.....	4
1.4.2.	INTERVENTION : Programme de prévention des blessures à focus neuromusculaire	5
	PRÉVENTION DE LA SANTÉ	5
	LE CONTRÔLE SENSORI-MOTEUR	7
	L'apprentissage moteur	7
	Rôle du contrôle neuromusculaire.....	8
	Effet préventif du contrôle neuromusculaire	9
	L'ÉCHAUFFEMENT NEUROMUSCULAIRE	10
	Fifa 11 et Fifa 11+	12
	HarmoKnee.....	13
	Prevent injury and Enhance Performance (PEP).....	13
	Knee Injury Prevention Program (KIPP)	13
	The Waldén's Program.....	14
1.4.3.	OUTCOME : Blessures au niveau du membre inférieur	14
1.4.	Résumé de la problématique	15
1.5.	Objectif de la revue	15
1.6.	Question de recherche et hypothèses	15
2.	Méthode	16
2.1.	Design et type de l'étude.....	16
2.2.	Critères d'inclusion	16
2.3.	Critères d'exclusion	16
2.4.	Stratégie de recherche – recherche électronique.....	16
2.5.	Sélection des articles	17
2.5.1.	PREMIER TRI	17
2.5.2.	DEUXIÈME TRI.....	17
2.5.3.	TROISIÈME TRI : Évaluation de la qualité.....	17

2.6.	Extraction des données.....	19
2.7.	Gestion des données.....	19
2.8.	Paramètres analysés.....	19
2.8.1.	ODDS RATIO OU RAPPORT DE COTE/CHANCE.....	19
2.8.2.	HÉTÉROGÉNÉITÉ.....	20
2.8.3.	P VALUE.....	20
2.8.4.	INCIDENCE.....	21
3.	Résultats.....	22
3.1.	Études incluses.....	23
3.2.	Qualité des études incluses.....	24
3.2.1.	ÉTUDE RANDOMISÉES CONTRÔLÉES.....	24
3.2.2.	ÉTUDE DE COHORTES.....	25
3.3.	Analyse descriptive.....	26
3.4.	Analyse inférentielle.....	27
3.4.1.	PRÉVENTION DES BLESSURES SURVENANT AU NIVEAU DU MEMBRE INFÉRIEUR.....	27
3.4.2.	PRÉVENTION DES BLESSURES TYPE ENTORSE AU NIVEAU DU MEMBRE INFÉRIEUR.....	28
3.4.3.	PRÉVENTION DES BLESSURES SURVENANT À L'ARTICULATION DE LA CHEVILLE.....	28
3.4.4.	PRÉVENTION DES BLESSURES SURVENANT À L'ARTICULATION DU GENOU.....	29
3.4.5.	..PRÉVENTION DES BLESSURES SANS-CONTACT DU LIGAMENT CROISÉ ANTÉRIEUR (LCA).....	29
3.4.6.	PRÉVENTION DES BLESSURES SÉVÈRES.....	30
3.5.	Analyse de l'incidence.....	31
3.6.	Analyse narrative.....	34
3.6.1.	ETUDE DE KIANI ET AL.....	34
3.6.2.	ETUDE DE MANDELBAUM ET AL.....	36
4.	Discussion.....	38
4.1.	Discussion des résultats principaux.....	38
4.1.1.	BLESSURES DU MEMBRE INFÉRIEUR.....	38
4.1.2.	BLESSURES DE TYPE ENTORSE.....	39
4.1.3.	BLESSURES AU NIVEAU DE LA CHEVILLE.....	39
4.1.4.	BLESSURES AU NIVEAU DU GENOU.....	40
4.1.5.	BLESSURES SANS-CONTACT DU LCA.....	41
4.1.6.	BLESSURES SÉVÈRES.....	42
4.1.7.	INCIDENCE DES BLESSURES.....	42
4.2.	Confrontation avec la littérature.....	43

4.2.1.	REVUE SYSTÉMATIQUE	44
4.2.2.	AUTRES THÉMATIQUES ÉTUDIÉES DANS LA LITTÉRATURE	45
4.2.3.	RECHERCHES FUTURES	46
4.3.	Points faibles de notre revue systématique	47
4.4.	Points forts de notre revue systématique.....	47
5.	Conclusion	49
5.1.	Implication pour la pratique	49
5.2.	Apports personnels.....	49
6.	Références bibliographiques.....	I
7.	Liste des tableaux.....	IX
8.	Annexes	X
8.1.	L'échelle PEDro.....	X
8.2.	La grille de LAW modifiée	XII
8.3.	Programme FIFA 11+	XV
8.4.	Programme FIFA 11	XVI
8.5.	Programme HarmoKnee.....	XVII
8.6.	Programme KIPP	XVIII
8.7.	Programme PEP	XIX
8.8.	Programme de Waldén.....	XXIII
8.9.	Grille de lecture de Kiani et al. 2010	XXIV
8.10.	Grille de lecture de LaBella et al. 2011	XXV
8.11.	Grille de lecture de Mandelbaum et al. 2005	XXVI
8.12.	Grille de lecture de Soligard et al. 2008	XXVII
8.13.	Grille de lecture de Steffen et al. 2007	XXVIII
8.14.	Grille de lecture de Waldén et al. 2012	XXIX
8.15.	Tableau d'extraction des données	XXX
8.16.	Autres forest plots analysés	XXXIV
8.16.1.	PRÉVENTION DES BLESSURES SANS-CONTACT DU GENOU	XXXIV
8.16.2.	PRÉVENTION DES DÉCHIRURES MUSCULAIRES	XXXIV
8.16.3.	PRÉVENTION DES BLESSURES AU NIVEAU DE LA CUISSE.....	XXXV
8.16.4.	PRÉVENTION DES BLESSURES DU LCA	XXXV

1. Introduction

1.1. Contexte socio-sanitaire

En 2012, les statistiques suisses déplorent environ 300'000 accidents par année dus à la pratique sportive. Plus spécifiquement, les sports de balle possèdent la plus haute incidence avec 94'560 cas par année. Les situations de jeu à risque sont : les changements de direction, l'accélération suivie d'une décélération marquée, l'atterrissage d'un saut, et les mouvements de pivot (Alentorn-Geli et al., 2009). La grande majorité des blessures concernent les membres inférieurs et plus spécifiquement les articulations de la cheville et du genou ("Bureau de prévention des accidents," 2012). Selon Hootman et al, le contexte dans lequel se produisent le plus fréquemment les blessures sportives chez les adolescents se déroule durant la pratique des compétitions, en comparaison avec les séances d'entraînements. De plus, il cite une augmentation de l'incidence lors des échauffements présaisons en comparaison avec les échauffements post-saisons. (Hootman, Dick, & Agel, 2007).

De nos jours, le monde médical déplore une forte augmentation du taux de blessures chez l'athlète femme (Huston & Wojtys, 1996). Contrairement au passé où il était compliqué d'étudier l'incidence des blessures chez les femmes, difficulté due au nombre relativement faible de sportives, nous possédons actuellement plus d'informations. Ces 30 dernières années, leur évolution dans le sport s'est modifiée de manière spectaculaire. Les possibilités de pratiquer une activité sportive ont considérablement augmentées. Il y a 20 ans, les femmes concourraient dans des disciplines athlétiques «distinguées» ou «raffinées» telles que le tennis, le plongeon, le patinage artistique et la gymnastique. Aujourd'hui, elles s'engagent dans des sports très variés, considérés dans le passé comme l'apanage des garçons et des hommes (Sangenis et al., 2002). Certains auteurs précisent qu'elles seraient plus sujettes aux blessures que leurs homologues masculins (Schneider et al., 2013) ; (Wong & Hong, 2005). Ce fait a incité certains scientifiques à explorer plus en détail cette population et à mettre en œuvre des programmes de prévention. Les programmes à visée neuromusculaire sont actuellement mis en place. Une étude randomisée contrôlée menée par Soligard et al. (2008), avec la mise en pratique du FIFA 11+, échauffement neuromusculaire élaboré par le F-MARC (FIFA-Medical assessments and research Center), démontre une réduction d'un tiers du nombre total de blessures et presque de moitié celui des blessures graves en faveur des équipes réalisant le programme de prévention (Soligard et al., 2008).

1.2. Contexte personnel

Etant deux sportives depuis notre très jeune âge, nous connaissons les bienfaits qu'apporte la pratique d'une activité physique dans notre vie de tous les jours. Malheureusement, nous avons aussi pu expérimenter le revers de la médaille ; les blessures. En effectuant notre formation, les termes d'entorse de cheville, de déchirure du ligament croisé antérieur ou de déchirure musculaire ne résonnent plus de la même manière. Pour nous, footballeuse et volleyeuse, se blesser signifie : douleur, pause plus ou moins longue de l'activité sportive, opérations, rééducation, réentraînement afin de revenir à un niveau compétitif, répercussion sur notre moral, sur notre humeur, sur notre corps, repousser nos objectifs de la saison voire y mettre une croix, retentissements sur le dynamisme de l'équipe.

Se blesser et surtout retrouver une forme optimale n'est pas un processus facile. Agir en amont devient primordial. La prévention primaire fait partie de nos objectifs professionnels. Pour nous, cet objectif est pertinent, car cela nous touche quotidiennement dans notre pratique sportive. De plus, nous trouvons intéressant de nous imprégner de ce sujet afin de retirer un grand nombre d'informations qui pourrait nous être utiles dans notre activité, ainsi que dans notre future profession.

1.3. Contexte physiothérapeutique

Dans la grande majorité des cas, un sportif qui se blesse, fréquentera la physiothérapie. Il sera pris en charge par un physiothérapeute du sport, afin d'être amené vers une forme physique optimale qui lui permettra, dans le meilleur des cas, de retrouver son niveau pré-lésion.

Le thérapeute du sport intervient dans quatre domaines précis : la prophylaxie des blessures, la prise en charge aiguë des blessés, la réhabilitation et le maintien ou l'amélioration des performances ("SportsPhysiotherapyForAll," 2005). Toutes ces compétences se réfèrent à une pratique basée sur des connaissances constamment remises à jour : la recherche, l'analyse critique, la synthèse d'informations. Elles améliorent la réflexion relative à l'application optimale et adéquate de ces connaissances.

Si l'on considère le premier domaine : les physiothérapeutes du sport évaluent le risque de blessures qui est étroitement lié à la collaboration avec l'athlète dans un contexte spécifique de l'activité physique ou sportive pratiquée. Ils informent, conseillent voire entraînent des athlètes de tout niveau de manière à réduire la survenue et/ou surtout la

récidive de blessure. Des activités de prévention peuvent être menées aussi bien lors de la pratique clinique que dans un contexte d'entraînement ou de compétition.

1.4. Conceptualisation de la problématique

1.4.1. POPULATION : L'athlète adolescente

LA FEMME, LE SPORT ET LES BLESSURES

Depuis ces 25 dernières années, les femmes ont fortement augmenté leur taux de participation dans le sport (Sangenis et al., 2002). Elles ne participent plus uniquement aux sports qui leurs étaient privilégiés voire destinés, mais actuellement, elles s'engagent dans des sports typiquement masculins (hockey sur glace, rugby, football, haltérophilie). Cependant, leur nombre de blessures ne cesse de croître, contrairement à celui des hommes, qui est en constant recul ("Développement du football/Football féminin," 2011). Chez la sportive, l'articulation du genou est la partie du corps la plus touchée, avec une incidence six fois supérieure à celle des hommes (Giza et al., 2005); (Lindenfeld et al., 1994).

Différents facteurs de risques intrinsèques peuvent expliquer l'incidence élevée de blessures chez l'athlète femme :

- **Facteurs anatomiques** : les femmes présentent une laxité articulaire plus élevée en comparaison avec les hommes, notamment au niveau de l'articulation du genou (Huston & Wojtys, 1996). De plus, certaines études mentionnent le valgus physiologique et l'étroitesse de l'échancrure intercondylienne chez la femme comme étant source de blessure du genou (Alentorn-Geli et al., 2009).
- **Facteurs hormonaux** : plus récemment, la littérature a démontré une relation entre le cycle menstruel et les ruptures du ligament croisé antérieur (Park et al., 2009). Ceci s'expliquerait par la sécrétion d'une hormone, l'œstradiol, dérivé naturel du métabolisme du cholestérol, nécessaire au maintien de la fertilité et des caractères sexuels secondaires chez la femme. Cette substance, sécrétée en plus grande quantité durant le cycle menstruel, diminuerait de façon significative la résistance ligamentaire (Hewett et al., 2007). 74% des femmes subissent une lésion du LCA durant la phase pré-ovulatoire contre 26% dans la phase post-ovulatoire (Beynon et al., 2006).
- **Facteurs neuromusculaires** : Huston et al. précisent que les femmes sont « quadriceps dominant ». C'est à dire que lors de la stabilisation de l'articulation du

genou, elles recrutent d'abord le quadriceps puis les ischio-jambiers. A l'inverse, les hommes le font de manière simultanée. Cette différence de recrutement et de coordination intermusculaire induit une translation antérieure du tibia par rapport au fémur : ce mécanisme est souvent source de rupture du LCA (Huston & Wojtys, 1996).

- Autres facteurs : des différences inter-sexes sont visibles au niveau de la force musculaire et de l'endurance. La femme développe un pourcentage de masse grasse plus important que l'homme. Celui-ci possèdera une masse musculaire plus grande qui lui procurera des capacités physiques supérieures (Poortmans & Boisseau, 2003).

L'identification de ces différences physiologiques vise à élaborer des mesures préventives adaptées aux athlètes femmes. Ces différents moyens de prévention devraient être initiés avant l'adolescence et maintenus jusqu'à l'âge adulte afin de maximiser le potentiel de performance motrice à une période où la capacité d'apprentissage moteur est à son apogée (Myer et al., 2011). Cette prévention primaire permettrait d'améliorer la qualité de l'activité physique des jeunes adultes en diminuant l'incidence des blessures dans le sport (Sangenis et al., 2002).

L'ADOLESCENTE, LE SPORT ET LES BLESSURES

L'adolescence a été définie par l'organisation mondiale de la santé comme étant la période entre 10 et 19 ans (MacDonald, 2003). À cet âge, l'enfant connaîtra différents stades de développement pubertaire. La classification de Tanner les a répertoriés en 5 stades ; stade 1 = stade pré-pubère / stade 5 = stade adulte (Tran-Thong, 1967). Durant cette phase de croissance, des modifications corporelles rapides, asynchrones et asymétriques apparaissent : variation de la masse corporelle, de la longueur des différents segments du corps, du centre de gravité, de la force musculaire. Ceci se traduit par une maladresse irrémédiable : trouble de l'équilibre et de la coordination, mauvaise différenciation musculaire, etc. Cette évolution fébrile implique une constante adaptation des adolescent(e)s lors d'activités.

Lors de cette transformation pubertaire, les garçons et les filles divergent au niveau du développement physique. Premièrement, les filles débutent leur croissance au environ de 12 ans, alors que chez les garçons, les premiers changements surviennent à 14 ans. Deuxièmement, les adolescents possèdent une augmentation linéaire de la puissance, de la force et de la coordination tout au long de leur croissance jusqu'à maturation. Ce

développement se définit comme étant la poussée neuromusculaire. Les adolescentes, quant à elles, ne développent que de moindres changements physiques. Elles ne réalisent aucune « poussée neuromusculaire ».

Pour Myer, une croissance de l'appareil locomoteur en l'absence d'adaptations neuromusculaires suffisantes, facilite l'apparition de mécanismes lésionnels lors de certaines activités. S'ils ne sont pas compensés à l'adolescence, ces facteurs de risques intrinsèques peuvent persister à l'âge adulte et ainsi prédisposer l'athlète femme à la blessure (Myer et al., 2011). Selon lui, il existe une différence inter-sexe au niveau de l'incidence des blessures et des différences biomécaniques altérées uniquement chez les athlètes post-pubères en comparaison avec les pré-pubères (Myer et al., 2013).

Une poussée neuromusculaire induite « artificiellement » à travers des entraînements permettrait d'amoinrir les effets néfastes de la croissance en améliorant les performances motrices chez l'adolescente sportive (Myer et al., 2011). Pour Myer et al., ce fait est d'autant plus pertinent et important. Dans leur étude, ils ont démontré une plus grande efficacité prophylactique des programmes de prévention neuromusculaire chez les athlètes pré- ou au début de l'adolescence en comparaison avec une population adulte (Myer et al., 2013).

L'objectif des entraînements à focus neuromusculaire réalisé durant l'enfance/adolescence est d'améliorer la biomécanique du mouvement, de minimiser les risques de blessures et de promouvoir une meilleure santé à l'âge adulte (Myer et al., 2011).

1.4.2. INTERVENTION : Programme de prévention des blessures à focus neuromusculaire

PRÉVENTION DE LA SANTÉ

Dans le manuel « Médecine sociale et préventive - Santé publique » publié en 2009, F. Gutzwiller et F. Paccaud décrivent la prévention de la santé comme étant toutes les interventions favorisant la santé d'une population. Il existe trois types de prévention qui diffèrent selon son moment d'intervention ; la prévention primaire, secondaire et tertiaire. Au travers de ce travail de Bachelor, nous allons aborder la prévention primaire des blessures sportives au niveau des membres inférieurs.

La prévention primaire intervient avant la survenue d'une pathologie. Elle cherche à éviter cette dernière d'apparaître. La prévention secondaire identifie les risques d'apparition d'une pathologie, puis la prend en charge en conséquence grâce à un

diagnostic et un traitement précoce. La prévention tertiaire vise à minimaliser les séquelles et à diminuer les risques de rechutes ou récidives.

Les principaux acteurs de la prévention de la santé sont les médecins, ainsi que l'ensemble des praticiens de la santé. Il existe aussi des institutions, comme la fondation « Promotion de la Santé Suisse », et d'autres structures administratives qui assurent la promotion de la santé.

En Suisse, les pathologies de l'appareil locomoteur représentent le problème de santé le plus fréquent. Elles ne menacent que très rarement la vie, mais sont souvent responsables d'une baisse de la qualité de vie, d'une limitation de productivité et de pertes socio-économiques conséquentes (Gutzwiller & Paccaud, 2009). Par conséquent, de nombreux moyens de prévention sont actuellement mis en place afin de réduire les coûts de la santé, mais aussi dans l'optique de promouvoir le sport en toute sécurité. Notons qu'une bonne santé est une ressource majeure pour le progrès social, économique et individuel, tout en constituant un aspect important de la qualité de la vie. (Van Beijsterveldt et al., 2013). Depuis environ vingt ans, les connaissances des prises en charge des blessures et de la prévention ont augmenté de manière significative. Selon la FIFA (« Développement du football/La santé des joueurs », 1994), la grande majorité des blessures pourrait être évitées.

Différents moyens de prévention, basés sur des preuves scientifiques, ont été répertoriés par le F-MARC. Premièrement, il mentionne l'importance d'être complètement rétabli à la suite d'une blessure. En effet, un corps qui n'a pas terminé son processus de guérison n'est pas prêt à supporter une charge de travail maximale. Ainsi, il serait plus sujet à une rechute ou récidive. Deuxièmement, le sportif doit s'acquitter d'un équipement adéquat à son activité pratiquée et à sa physiologie, ainsi que d'un comportement respectueux des règles de sécurité et du jeu. Troisièmement, d'autres facteurs, tels que l'intérêt d'apprendre les bons gestes techniques, de s'entraîner de manière régulière, d'adapter son alimentation à l'effort (pré-, per- et post-effort), et de récupérer de manière consciencieuse après une compétition ou un entraînement représentent des thèmes importants à aborder avec l'athlète pour allier sport, performance et prévention des blessures. Finalement, un échauffement réalisé de manière adaptée et appropriée à l'activité permet de préparer l'appareil locomoteur à l'effort (système respiratoire, système cardio-vasculaire, système nerveux, système musculaire, etc.) et indirectement de diminuer les risques de blessures. Des programmes de prévention stimulant le contrôle sensori-moteur, tels que le « FIFA 11+ » (Soligard et al., 2008), le « PEP »

(Silvers et al., 2013) et le « HarmoKnee » (Kiani et al., 2010), sont actuellement étudié et mis en place dans différentes structures sportives.

LE CONTRÔLE SENSORI-MOTEUR

Le contrôle sensori-moteur représente l'ensemble des opérations effectuées par les structures nerveuses impliquées dans la préparation et l'exécution de mouvements. La réalisation d'un mouvement dépend du système nerveux central. Celui-ci planifie chaque geste en tenant compte de l'environnement, de l'anticipation de la tâche à accomplir et de ses conséquences (adaptation aux différentes conditions, réponse adaptée et efficiente, stabilité, contrôle) (Kerlirzin et al., 2009).

Chaque activité, qu'elle soit professionnelle ou sportive, demande des exigences gestuelles spécifiques. Le contrôle moteur joue un rôle important dans la vie de tous les jours, car il permet à l'homme d'adapter en permanence son positionnement afin de maintenir son centre de gravité à l'intérieur de sa base de sustentation et ainsi d'exécuter des mouvements coordonnés, adaptés et efficaces (Shumway-Cook, 2001). Ce contrôle du corps humain se construit et se perfectionne grâce à l'apprentissage moteur.

L'apprentissage moteur

Chevalier en 2001, le définit comme étant: « *un processus d'adaptation cognitivo-moteur, relié à la pratique et à l'expérience, favorisé par des conditions d'apprentissage qui mènent à des changements permanents de la performance et de l'habileté motrice* ». En réponse à une commande interne et à des stimuli périphériques (récepteurs acoustiques, visuels, labyrinthiques, mécanorécepteurs articulaires, myo-tendineux et cutanés), l'être humain va créer une base de données gestuelles au niveau central. Au cours de cet apprentissage, le mouvement deviendra un automatisme résultant de nombreux réflexes sensitivomoteurs. Cette base de données, enregistrées lors de l'apprentissage moteur, est constituée de modèles de mouvements, permettant aux muscles effecteurs de protéger les articulations, stabiliser le corps humain et de réaliser des mouvements de grande complexité avec habileté et précision (Toschi et al., 2005).

Pour qu'un apprentissage moteur se fasse, il faut que le corps humain perçoive les informations reçues au travers de récepteurs sensoriels, qu'il les traite et les interprète grâce au système nerveux. Ils existent des systèmes sensoriels extéroceptifs (cutanés, visuels, oculaires et accoustiques) et intéroceptifs (vestibulaires, articulaires, myotendineux, lombaires, nuquaux et manducateurs).

- Les récepteurs musculaires ajustent la longueur et la tension des muscles striés. Ils sont appelés fibres intrafusales ou fibres musculaires sensibles. Elles sont entourées de fibres nerveuses et ensemble, elles forment les fuseaux neuromusculaires. Ces dernières vont détecter l'étirement du muscle et rapidement transmettre cette information au système nerveux central. Un réflexe s'opposant à cet étirement va pouvoir être déclenché.
- Les récepteurs tendineux informent le système nerveux central sur les variations de force. Plus couramment appelés les organes de Golgi, ces récepteurs sont situés dans les tendons, au niveau des jonctions myo-tendineuses, ainsi que dans les insertions des tendons au niveau des fascias et des aponévroses. Lorsque ces fibres sont étirées au cours d'une contraction musculaire, les fibres nerveuses vont être excitées par compression et ainsi, induire un relâchement musculaire par inhibition.
- Les récepteurs articulaires comprennent les corpuscules de Pacini, les corpuscules de Ruffini et les terminaisons nerveuses libres qui se situent dans les ligaments et les capsules articulaires. Ceux-ci informent le cerveau du mouvement et de la position des articulations. Ce sont des propriocepteurs qui détectent l'étirement des capsules articulaires entourant les articulations (Marieb & Katja Hoehn, 2010).

Ces récepteurs informent les centres nerveux supérieurs ainsi que l'intégrateur médullaire sur la posture ou le déroulement d'un mouvement (*feedbacks*). Ils interviennent dans l'apprentissage moteur de l'individu, mais aussi dans la régulation neuromusculaire qui permet d'anticiper les situations à risques en mettant les muscles en pré-tension engendrée par des patterns moteurs préprogrammés (*feedforwards*) (Shumway-Cook, 2001). Cette régulation neuromusculaire s'organise à travers deux stratégies : le phénomène de rétroaction ou *feedback* et le phénomène d'anticipation ou *feedforward*, réalisé grâce aux informations imprimées dans le cortex lors de l'apprentissage moteur (Toschi et al., 2005).

Rôle du contrôle neuromusculaire

Le contrôle neuromusculaire joue un rôle important dans la stabilisation d'une articulation. Celle-ci dépend principalement de la tension qui est développée par les muscles péri-articulaires. Ce phénomène, appelé raideur active¹, améliore la coaptation des surfaces articulaires et s'oppose ainsi aux éventuels mécanismes de lésions intra ou juxta-articulaires (Toschi et al., 2005).

¹ Définition: tension développée au sein des muscles péri-articulaires

Du point de vue biomécanique, la raideur active est sous la dépendance des fractions actives² et passives³ de la composante élastique série, et de la composante contractile⁴. Cette dernière est en lien directe avec la typologie musculaire (fibres de type I et II / lentes et rapide), adaptable en fonction du type d'entraînement (soit les propriétés musculaires évoluent vers une plus grande compliance, soit vers une plus grande raideur) (Theler, 2007).

Du point de vue neurophysiologique, la raideur active dépend des récepteurs qui informent les centres nerveux supérieurs et l'intégrateur médullaire. La régulation de la raideur active se fait au travers de boucle rétroactive (*feedback*) et de boucle en pro-activité ou anticipation (*feedforward*). Celles-ci permettent de comparer les afférences rétro-actives reçues avec celles que le cerveau s'attend à recevoir. S'il y a compatibilité entre l'information reçue et l'information préprogrammée, alors l'action n'aura pas besoin d'être corrigée. Au contraire, si aucune correspondance n'existe, une correction des ordres moteurs va être envoyée aux différents muscles effecteurs (Toschi et al., 2005).

Effet préventif du contrôle neuromusculaire

Le contrôle neuromusculaire possède différentes composantes telles que la force musculaire, la vitesse de réaction, la proprioception et le contrôle postural. Ces dernières ont un rôle important à jouer dans le maintien de la stabilité articulaire et indirectement dans la prévention des blessures articulaires (Richie, 2001). Lors d'un traumatisme, si le ou les muscles ne possèdent pas une raideur active optimale et adaptée, l'athlète n'aura pas le temps de développer une réponse musculaire protectrice. Ainsi, des mécanismes susceptibles de léser l'articulation pourront apparaître. En effet, la science démontre qu'une rupture ligamentaire survient en moins de 30 millisecondes, alors qu'une contraction musculaire intervient à 140 millisecondes. Le temps de réaction étant trop court afin de contrecarrer un éventuel mécanisme lésionnel, il serait judicieux de réaliser des entraînements réflexes (réduire le temps de réaction : *feedback*) corrélés à des exercices agissant sur le tonus musculaire (réponse anticipée/ phénomène d'anticipation par *feedforward*) (Thonnard et al., 1986).

² Définition : résultante des raideurs élémentaires qui existent au niveau des ponts d'unions actine-myosine

³ Définition: propriétés élastiques des structures tendineuses, au niveau de la zone H du sarcomère, du tendon et du tissu conjonctif

⁴ Définition: production de force générée par les cycles attachement-détachement entre l'actine et la myosine / endroit où va se faire la conversion de l'énergie chimique en énergie mécanique

L'ÉCHAUFFEMENT NEUROMUSCULAIRE

Actuellement, différents travaux scientifiques décrivent l'importance d'un échauffement structuré dont le but ultime est de réaliser un réveil proprioceptif et de préparer l'organisme (psychologique, physique et motrice) à faire face aux différentes contraintes liées à l'activité physique.

L'échauffement est une transition entre l'état de repos et l'exercice physique. Weineck le décrit comme étant « *toutes les mesures permettant d'obtenir un état optimal de préparation psychologique et motrice avant un entraînement ou une compétition, et qui jouent en même temps un rôle important dans la prévention des blessures* » (Weineck, 1996).

Au niveau physiologique, l'échauffement permet à l'organisme humain d'augmenter graduellement le débit ventilatoire. La fréquence respiratoire de l'athlète va s'intensifier au fur et à mesure des exercices et les échanges gazeux vont se perfectionner. Ce phénomène permet l'élimination du gaz carbonique produit durant l'effort. En contrepartie, les différents organes (cœur, poumon, muscles,...) pourront absorber l'oxygène essentiel à la création d'énergie. Un deuxième phénomène, nécessaire à toute activité sportive, est l'élévation du débit cardiaque. Celle-ci va induire un accroissement de la fréquence cardiaque, du volume d'éjection systolique et de la perfusion des différents organes ; en découle une augmentation de la température interne des muscles, facteur important de la préparation sportive. Plusieurs rapports scientifiques démontrent que cette augmentation accroît l'extensibilité musculaire, l'excitabilité musculaire (+2°C = 20%), la vitesse de réaction du métabolisme énergétique (+1°C = +13%) ainsi que la production de force (1°C = 2%). Sur le plan neuromusculaire, de nombreuses études démontrent une importance majeure de l'échauffement dans la préparation motrice d'un athlète. Comme expliqué plus-haut, la vitesse de conduction est améliorée durant l'échauffement. Cette réactivité des fuseaux neuromusculaires accroît la vitesse des réflexes, favorise l'exécution adéquate et précise des mouvements sportifs et améliore la capacité de coordination musculaire.

Habituellement, l'échauffement se compose de deux phases. L'athlète commencera par un échauffement de type général (solicitation globale de l'organisme) et s'en suivra une phase de répétition d'habiletés motrices propre à l'activité physique (Pasquet & Hascoat, 2004). Reprenant cette même structure, les échauffements de type neuromusculaire combinent des exercices de course avec des exercices plus spécifiques à l'activité sportive. Cependant, la grande différence entre un échauffement habituel et un

échauffement neuromusculaire naît de la partie sensorimotrice : équilibre, sauts, agilité et renforcement musculaire. Ces exercices visent à augmenter le tonus musculaire afin de permettre aux muscles de réagir rapidement aux commandes volontaires et réflexes. Le meilleur moyen de l'obtenir est de réaliser des contractions musculaires de type pliométrique. Ce travail se compose d'une phase de contraction concentrique (les insertions musculaires se rapprochent) suivie d'une phase de contraction excentrique (les insertions musculaires s'éloignent). La réalisation de sauts est une manière courante de le réaliser. De plus, ils permettent d'affiner la coordination intra- et intermusculaire. La coordination intramusculaire améliore l'action synchrone des fibres musculaires lentes et rapides. Le but étant que ces fibres puissent être innervées simultanément afin d'atteindre au même moment une force maximale. La coordination intermusculaire, quant à elle, est la synchronisation entre les muscles agonistes et antagonistes participant à une même action. L'effet recherché est une alternance de contraction et de relâchement entre ces différents muscles permettant d'élaborer des mouvements structurés, fins et performants (Soligard et al., 2008) ; (Labella et al., 2011) ; (Mandelbaum et al., 2005) ; (Steffen et al., 2007) ; (Waldén et al., 2012) ; (Kiani et al., 2010).

L'échauffement neuromusculaire joue un rôle fondamental dans la prévention des blessures en améliorant les composantes du contrôle neuromusculaire citées précédemment. Viel, en 1985, décrit la notion de vigilance musculaire, notion indispensable afin de comprendre le lien entre l'effet d'un échauffement neuromusculaire et la prévention des blessures dans le cas d'une activité sportive. Selon lui, si le genou est soumis à une contrainte subite, en dépit de la rapidité avec laquelle les récepteurs peuvent signaler le danger, les muscles se contractent trop tard pour la protéger ; les muscles doivent être en raideur active avant l'application de la contrainte. Il précise que point ne sert d'avoir un quadriceps puissant, encore faut-il avoir recouvré la rapidité et la coordination qui permettent de le mettre en état de vigilance avant que le danger ne se présente (Viel, 1985).

Pour Risberg et al., l'objectif d'un entraînement neuromusculaire est d'améliorer la capacité de générer un recrutement musculaire rapide et optimal, d'augmenter la stabilité dynamique et de réapprendre le modèle et les compétences exactes d'un mouvement ou d'une activité sportive » (Risberg et al., 2001).

Il existe différents type de programme d'échauffement à focus neuromusculaire tels que : le « FIFA 11/11+ », l'« HarmoKnee », le « PEP », le « KIPP » et le « Waldén's Program ».

Fifa 11 et Fifa 11+

En 2003, la FIFA et son centre d'évaluation et de recherche médicale (F-MARC), sous l'impulsion du Dr. M. Bizzini, physiothérapeute ayant été formé à Loèche-les-Bains, ont mis au point un premier programme de prévention, «Le 11» [annexe 8.4]. Plusieurs études ont prouvé l'efficacité de ce programme de prévention conduisant à une nette diminution du taux de blessures durant l'activité sportive (Junge et al., 2011). En 2006, ce programme, suite à diverses critiques constructives du monde du football, a été revisité par un groupe d'experts. Un programme plus complet, sous le nom de «Le 11+ », a été créé et développé par le F-MARC en collaboration avec le centre de recherche en traumatologie sportive d'Oslo et par la Fondation de Recherche médicale sportive et orthopédique de Santa Monica (USA) où le programme « PEP » a été élaboré.

Le programme « 11+ » devrait être pratiqué au moins deux fois par semaine, au début de chaque séance d'entraînement. Il existe trois niveaux de difficulté à adapter selon les capacités de chacun. Le programme compte 15 exercices d'une durée totale de 20 minutes [annexe 8.3].

Trois grandes catégories sont à distinguer :

- Exercices de course lente combinés à des étirements et à des contacts contrôlés avec un partenaire.
- Six exercices axés sur la puissance du tronc et des membres inférieurs, sur l'équilibre, la pliométrie et l'agilité. Chaque exercice comprend trois niveaux de difficulté.
- Exercices de course plus rythmée, combinée à des démarrages et reprises d'appuis.

Ces différents exercices visent à prévenir les blessures les plus courantes au football (les lésions des muscles ischio-jambiers ou des adducteurs, les entorses de la cheville ou les blessures des ligaments du genou).

Avant les matchs, seuls les exercices de course (première et troisième parties) peuvent être réalisés.

L'exécution adéquate d'un programme est un facteur clé de son efficacité. 10 à 12 semaines d'entraînement sont nécessaires pour créer les adaptations physiologiques

recherchées et d'ainsi obtenir de réels effets préventifs ("FIFA 11+, a complete warm-up programme," 2011).

HarmoKnee

Le programme HarmoKnee a été conçu en 2006 par Kiani et étudié lors d'une étude réalisée sur des jeunes footballeuses (Kiani et al., 2010). Il combine éducation, habilité, force, équilibre. Il vise à améliorer le modèle d'un mouvement et à réduire les blessures au niveau du genou [annexe 8.5].

HarmoKnee est un programme composé de 5 parties distinctes : un échauffement de 10 minutes, 2 minutes d'activation musculaire, 2 minutes d'exercices d'équilibre, 4 minutes de renforcement musculaire et 3 minutes d'entraînement de la stabilité. La durée totale du programme est de 20 à 25 minutes. Semblable au 11 +, l'HarmoKnee se doit d'être effectué 3 fois par semaine (Daneshjoo et al., 2012).

Prevent injury and Enhance Performance (PEP)

The Santa Monica Sports Medicine Research Foundation, sous l'impulsion d'Holly Silvers, a mis au point un programme de prévention des blessures: « Prevent injury and Enhance Performance » (Eviter la blessure et améliorer la performance) [annexe 8.7]. Spécifique au football masculin et féminin dès 12 ans, il a pour objectif de prévenir les blessures au niveau de l'articulation du genou et plus précisément des ligaments croisés. Ce programme se compose d'un échauffement, d'étirements, de renforcements, d'exercices pliométriques et d'exercices d'agilité spécifiques au football.

Ce programme devrait être pratiqué 3 fois par semaine, d'une durée de 15 à 20 minutes par séances. Une pratique régulière du PEP permet une réduction significative du risque de blessures des ligaments croisés (Silvers et al., 2013).

Knee Injury Prevention Program (KIPP)

The Lurie Children's Institute for Sports Medicine de Chicago a créé le KIPP. Ce dernier est un programme de prévention spécifique aux blessures du genou chez les femmes actives entre 12 et 21 ans [annexe 8.6]. KIPP est un programme neuromusculaire conçu par Cynthia LaBella, Rebecca Carl et Brian Tho Hong, spécialistes de la médecine du sport. Ce programme d'exercice de six semaines vise à améliorer la force, l'agilité et l'équilibre dynamique. L'un des principaux objectifs du KIPP est de faire ressentir aux athlètes leur biomécanique, afin de reconnaître la différence entre une position articulaire saine, d'une position pouvant entraîner des

lésions. Le KIPP est pratiqué, pendant 15 minutes, lors des sports suivants : football, basketball, gymnastique, hockey sur gazon, football de salle, volleyball, crosse, *softball* et le *Cheerleading*. Il comprend des exercices de renforcement, de pliométrie, d'équilibre, d'agilité et d'étirements actifs (Labella et al., 2011).

The Waldén's Program

Ce programme a été conçu, en 2005, par des physiothérapeutes, impliqués dans les organisations médicales de l'Association suédoise de football (FA), en collaboration avec la Fédération suédoise de handball, la Fédération suédoise de basket-ball et la Fédération suédoise de *floorball* (Martin Hagglund et al., 2009). Il se présente comme un échauffement neuromusculaire contenant des exercices basés sur le contrôle du genou et la stabilité du tronc. Il possède 6 exercices comprenant 4 étapes de difficulté progressive ainsi que d'un exercice à réaliser à deux, précédés d'une course d'intensité basse de 5 minutes (Waldén et al., 2012) [annexe 8.8].

1.4.3. OUTCOME : Blessures au niveau du membre inférieur

La blessure sportive est « *un état subjectif qui tient l'athlète à l'écart des séances d'entraînement et de compétition pendant au moins un jour après l'incident. De plus, cet état implique une attention médicale autre que la simple application de glace ou le strapping* » (Noyes et al., 1988).

Différentes classifications des blessures sportives existent actuellement ; selon le type de blessure, la survenue du traumatisme, du type de tissu atteint etc. La classification de Thompson décrit trois types de blessures en fonction du temps d'empêchement de la pratique sportive ; entre 1 et 7 jours d'arrêt, la blessure est dite « mineure », un arrêt de 8 à 21 jours est considéré comme « modérée » et une blessure nécessitant une coupure de plus de 21 jours est dite « sévère » (Thompson et al., 1988). Le traumatisme peut aussi se définir en fonction du mécanisme lésionnel ; « avec contact » et « sans contact ». La blessure sans-contact se définit comme étant en dehors de tous mécanismes lésionnels avec un autre joueur, ou avec un quelconque objet (ballon, barrière, goal). D'après la littérature, la blessure sans-contact possède une prévalence supérieure en comparaison avec les traumatismes secondaires à un tackle, ou à une chute au sol, etc. (Hawkins & Fuller, 1999). Plus spécifiquement, chez l'athlète femme, les blessures sans contact au niveau du genou apparaissent dans 78% des cas (Noyes et al., 1983).

1.4. Résumé de la problématique

L'émergence du sport chez les jeunes a considérablement augmenté au cours de la dernière décennie. Malheureusement, de plus en plus de jeunes se blessent régulièrement au cours d'une activité physique. À cet âge, ils sont particulièrement à risque en raison du niveau élevé d'exposition à un stade de grands changements physiologiques. C'est pourquoi, il serait judicieux d'évaluer les effets des programmes de prévention effectués lors des échauffements chez l'athlète adolescente.

1.5. Objectif de la revue

L'objectif de notre revue est d'évaluer l'effet des échauffements à focus neuromusculaire sur la prévention des blessures du membre inférieur chez l'adolescente sportive.

1.6. Question de recherche et hypothèses

Quels sont les effets des programmes de prévention effectués durant l'échauffement sur le risque de blessures chez l'adolescente sportive?

Hypothèse : de manière intuitive et par rapport à nos diverses lectures, nous posons l'hypothèse que les programmes préventifs à focus neuromusculaire amélioreraient les capacités sensorimotrices et ainsi permettraient de diminuer les blessures du membre inférieur chez l'adolescente sportive.

2. Méthode

2.1. Design et type de l'étude

Nous avons réalisé une revue systématique de la littérature de type quantitative incluant des études contrôlées randomisées et des études de cohortes parues de 2005 à 2012.

2.2. Critères d'inclusion

Nous avons inclus uniquement les études comprenant une population d'athlètes adolescentes. Seules les études comprenant des sportives entre 10 et 18 ans ont été sélectionnées. En ce qui concerne l'intervention, les études devaient contenir un échauffement de type neuromusculaire pour le groupe intervention. Le groupe contrôle devait suivre un échauffement habituel. Pour les indicateurs observés, nous avons choisi d'inclure les articles étudiant uniquement les blessures au niveau du membre inférieur. Nous n'avons pas souhaité restreindre notre recherche à un sport, ni à un indicateur spécifique du membre inférieur, ceci afin d'obtenir un maximum d'articles.

2.3. Critères d'exclusion

Nous avons exclu les études réalisant des échauffements à visée neuromusculaire avec adjonction de matériels ; utilisation de *wobble board* par exemple. De plus, les programmes devaient comprendre uniquement des exercices à réaliser durant l'échauffement. Ainsi les articles, incluant des exercices complémentaires à réaliser en dehors de l'entraînement et/ou avant la compétition, ont été écartés. Finalement, nous avons supprimé les articles analysant des programmes non-préétablis.

2.4. Stratégie de recherche – recherche électronique

Pour répondre à notre question de recherche, nous avons exploré diverses bases de données telles que : PubMed, CINAHL, Cochrane, ScienceDirect. De plus, nous avons aussi exploré différents moteurs de recherche tels que Google Scholar et Google Médical, afin d'explorer la littérature grise et éventuellement détecter des articles n'ayant pas été publiés dans les précédents moteur de recherche. Nous avons effectué deux recherches électroniques. La première s'est déroulée durant le courant du mois d'octobre 2013. La deuxième a été réalisée durant le mois de mars 2014 afin d'inclure de nouvelles études parues et/ou de les considérer pour notre discussion.

Dans un premier temps, nous avons exploré la littérature concernant notre domaine, afin de peaufiner au mieux notre équation booléenne finale qui comprenait nos critères d'inclusion:

Population: *adolescent AND youth female OR girl OR girls OR teenage girl OR young female OR female*

Intervention: *neuromuscular training OR neuromuscular program OR neuromuscular programme OR neuromuscular warm-up*

Outcomes: *leg Injuries*

Nous avons dû adapter notre équation booléenne à chaque nouvelle base de données, car chacune possède ses propres particularités.

2.5. Sélection des articles

Durant le mois d'octobre, nous avons finalisé notre exploration d'articles dans les différents moteurs de recherche. Nous avons ensuite débuté le tri de nos articles, qui s'est déroulé en trois étapes. Afin d'optimiser la qualité de notre sélection, nous avons réalisé chaque étape individuellement, puis nous avons confronté nos différents avis.

2.5.1. PREMIER TRI

Tout d'abord, nous avons éliminé les doublons grâce au programme Excel. Ensuite, nous avons sélectionné nos études en fonction de leur titre et de leur abstract (résumé). Les articles évoquant les notions d'échauffement neuromusculaire ou programme neuromusculaire, d'athlètes féminines et de blessures au niveau du membre inférieur ont été retenus (Population, Intervention, *Outcomes*). Les études ne correspondant pas à notre population (femme), à notre intervention (programme neuromusculaire) et à notre *outcome* (blessures au niveau du membre inférieur) ont été exclues.

2.5.2. DEUXIÈME TRI

Afin de réaliser le second tri, nous avons présélectionné les articles grâce à une lecture en texte intégral. Nous avons vérifié que les critères d'inclusion, cité plus haut, étaient bien présents. Les études qui étudiaient un programme neuromusculaire réalisé uniquement en présaison, ainsi que les programmes utilisant du matériel ont été exclues.

2.5.3. TROISIÈME TRI : Évaluation de la qualité

Avant d'évaluer la qualité de nos articles, nous avons discuté ensemble des items présents dans la grille de PEDro et celle de LAW. Nous nous sommes mises d'accord

sur la compréhension de chaque critères et nous avons modifié certains points de la grille de LAW. Ensuite, nous avons évalué la qualité des études séparément, et par la suite, nous avons comparé nos résultats ensemble.

Afin d'évaluer la qualité de nos études randomisées contrôlées, l'échelle *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro) a été utilisée [annexe 8.1]. Cette dernière a été validée par Maher et al. en 2003. L'échelle PEDro aide les utilisateurs à rapidement identifier si les essais cliniques, réellement ou potentiellement randomisés, ont une bonne validité interne et s'ils ont suffisamment d'informations statistiques rendant leurs résultats interprétables. Cette échelle évalue la validité externe, *item* renseignant sur l'applicabilité dans la pratique quotidienne (Maher et al., 2003). Avant de procéder à l'évaluation, nous avons discuté des *items* présents dans cette échelle. Les items 5 et 6, concernant l'aveuglement des sujets et des thérapeutes ayant organisé les échauffements neuromusculaires, n'ont pas pu être remplis. En effet dans la recherche en physiothérapie, ni les patients, ni les thérapeutes ne peuvent être « aveugles » face à une intervention quelconque. Ainsi, nous avons interprété nos études grâce à huit items au lieu de onze.

Afin d'évaluer la qualité des études de cohortes, nous avons eu recours à la grille *Critical Review Form – Quantitative Studies* de Law (Law et al., 1998) et l'avons modifiée [annexe 8.2]. Afin que cette grille corresponde à nos besoins, il était nécessaire de lui apporter certaines modifications. Nous avons tout d'abord rajouté l'item concernant l'aveuglement des examinateurs : le *blinding assessor*. Celui-ci est particulièrement important, car contrairement aux items ; patient en aveugle et thérapeute en aveugle, un examinateur peut être en aveugle face à une intervention. Ensuite, nous avons décidé de réaliser une pondération chiffrée des différents points de l'échelle, afin que la qualité de nos études puisse être quantifiable. Nous avons chiffré notre grille sur 22 points à interpréter comme suit :

- Très mauvaise qualité : 0-4 points
- Mauvaise qualité : 5-9 points
- Qualité moyenne : 10-14 points
- Bonne qualité : 15-18 points
- Très bonne qualité : 19-22 points

2.6. Extraction des données

Afin de ressortir les éléments importants de chaque étude sélectionnée, nous avons réalisé une grille de lecture grâce au programme Excel [annexe 8.9 – 8.14].

2.7. Gestion des données

Afin de préciser au mieux les données de chaque étude dont nous avons besoin et de les sélectionner uniquement en fonction de nos indicateurs, nous avons réalisé un tableau d'extraction des données sur Excel [annexe 8.15]. Cette étape, nous a été nécessaire afin de réaliser les « *forest plots* » ainsi que notre tableau concernant l'incidence des blessures.

Remarque : nous avons pris le parti d'effectuer une analyse inférentielle lorsque les données des RCT nous le permettaient. Néanmoins, nous trouvions intéressant d'inclure aussi les études de cohorte, car elles possèdent une très bonne qualité interne et leurs analyses des blessures nous permettent d'obtenir une plus grande lisibilité des résultats.

2.8. Paramètres analysés

2.8.1. ODDS RATIO OU RAPPORT DE COTE/CHANCE

Nos différents indicateurs observés sont reportés grâce à des données dichotomiques. Ainsi, pour chaque participant, il existe uniquement deux issues possibles. Soit l'athlète subit une blessure au cours de l'étude, soit il ressort indemne (présence ou absence de blessure). Il existe différentes mesures d'effet pour les données dichotomiques : l'*odds ratio* (OR), le *risk ratio* (RR), le « *number needed to treat* » (NNT) et la différence de risque (RD). Certaines mesures comme le RD et le NNT représentent l'effet absolu, alors que d'autres mesures analysent un effet relatif (RR et OR).

Pour la présente étude, nous avons pris le parti d'évaluer notre indicateur (risque de blessure) en utilisant le rapport de cote (OR). Pour calculer un OR ; les chances qu'un évènement se produise dans le groupe intervention sont divisées par les chances que ce même évènement arrive dans le groupe contrôle. Dans notre revue, la cote est le rapport, au sein d'un même groupe, entre le nombre d'athlètes adolescentes blessées et le nombre d'athlètes n'ayant subi aucunes blessures.

Modalité du calcul :

$$\text{Odds ratio} = \frac{\text{Odds du GI}}{\text{Odds du GC}} = \frac{\frac{\text{Nombre de blessures dans GI}}{\text{Nombre de non-blessures dans GI}}}{\frac{\text{Nombre de blessures dans GC}}{\text{Nombre de non-blessures dans le GC}}}$$

Abréviation: GI = groupe intervention / GC = groupe contrôle

L'*odds ratio* est calculée automatiquement par le logiciel RevMan 5 et grâce au Cochrane Handbook, nous pouvons rapidement interpréter les résultats :

- Si l'intervention a le même effet que celle du groupe contrôle, l'*odds ratio* sera égal à 1. L'intervention n'a aucun effet sur les chances d'obtenir l'évènement.
 - Si l'intervention diminue le risque d'avoir un événement, l'*odds ratio* sera inférieur à 1. Le groupe intervention est moins susceptible de recevoir l'évènement.
 - Si l'intervention augmente le risque d'avoir un événement, l'*odds ratio* sera supérieur à 1. Le groupe intervention est plus susceptible de recevoir l'évènement.
- (*The Cochrane Collaboration*, 2011)

2.8.2. HÉTÉROGÉNÉITÉ

L'hétérogénéité entre les études est un élément important à analyser. Trois types d'hétérogénéité sont à considérer : clinique, méthodologique et statistique. Le premier correspond aux disparités cliniques, c'est-à-dire aux variabilités des participants, des interventions et des indicateurs observés. Le deuxième représente les variabilités du *design* et de la qualité des études. Finalement, l'hétérogénéité statistique (I^2) correspond aux différences d'effets observés entre les études.

Nous l'avons calculée grâce au logiciel RevMan 5 et elle s'évalue de la manière suivante (*The Cochrane Collaboration*, 2011) :

- 0-40% : pas de différence importante
- 30-60% : hétérogénéité modérée
- 50-90% : hétérogénéité substantielle
- 75-100% : hétérogénéité considérable

2.8.3. P VALUE

La valeur « p » est la probabilité d'obtenir l'effet désiré par rapport à une hypothèse nulle. Soit celle-ci représente une intervention sans effet clinique ; c'est-à-dire qu'il n'y a pas de véritable différence entre les résultats obtenus dans les différents groupes. Soit l'hypothèse n'obtient aucune différence dans les effets des interventions entre les études

(pas d'hétérogénéité). L'importance statistique nous indique dans quelle mesure nous pouvons avoir la certitude que l'effet d'une intervention est véritable ou réelle.

Une valeur p inférieure à 0.05 indique un effet statistiquement significatif et est considéré comme ayant qu'une très faible chance d'être due au hasard. Dans ce cas, l'hypothèse nulle est donc rejetée. Cependant, une valeur p supérieur à 0.05 ne signifie pas que l'intervention n'a aucun effet. Elle indique uniquement qu'il n'y a pas assez d'évidence pour prouver la réelle efficacité de l'intervention. Afin d'analyser précisément les résultats, la valeur p, pour notre étude, a été évaluée avec un intervalle de confiance à 95%.

L'intervalle de confiance est une marge d'erreur qui contient des valeurs parmi lesquelles on peut être pratiquement sûr que l'effet exact se trouve. Plus l'intervalle de confiance est petit plus on sera sûr de l'effet réel de l'intervention. Un intervalle de confiance trop large indique que les effets de l'intervention sont peu connus (*The Cochrane Collaboration*, 2011).

2.8.4. INCIDENCE

L'incidence des blessures a été déterminée par le nombre de blessures survenant pendant une période de temps où le risque existe. En conséquence, l'incidence est calculée sur la base d'heures jouées pendant les compétitions et les entraînements. Elle est exprimée en nombre de blessures par 1000 heures d'exposition. Tout d'abord, nous avons choisi de chiffrer l'incidence pour chaque type de blessure ainsi que pour chaque groupe (*Intervention* et *Contrôle*). Ensuite, grâce aux données obtenues, nous avons calculé une différence d'incidence, en soustrayant l'incidence du groupe *contrôle* par l'incidence du groupe *intervention*. Si cette différence d'incidence est supérieure à 0, cela démontre l'efficacité du programme de prévention sur le risque de subir une blessure. Finalement, nous avons choisi de calculer le pourcentage de diminution des traumatismes du groupe intervention par rapport au groupe contrôle. L'incidence des blessures a été calculée en divisant le nombre de blessures par le nombre total d'heures d'entraînements et de compétitions. Ce calcul pondère ainsi le nombre de blessures par rapport à l'exposition au risque (Caine et al., 2006).

Modalité des calculs :

$$\text{Incidence} = \frac{\text{Nombre de blessures}}{1'000 \text{ heures d'exposition}}$$

$$\% \text{ de diminution de l'incidence} = 100 - \left[\left(\frac{\text{Incidence du groupe intervention}}{\text{Incidence du groupe contrôle}} \right) \times 100 \right]$$

3. Résultats

Nous avons inclus 6 études (deux études de cohorte et quatre études randomisées contrôlées) dans notre revue systématique.

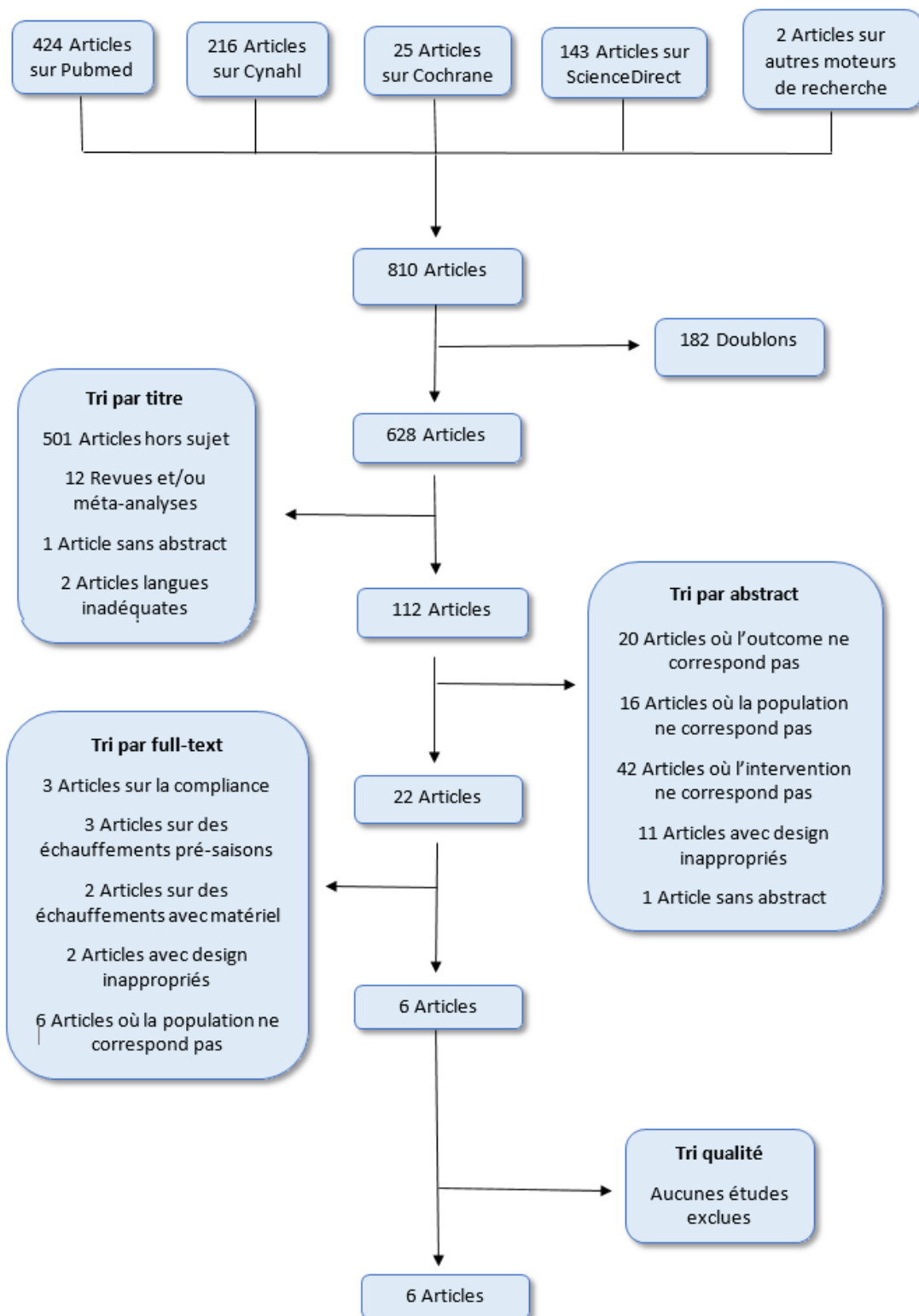


Tableau 1: Fluxogramme de notre sélection des articles

3.1. Études incluses

Étude de cohorte :

- Kiani, A., Hellquist, E., Ahlqvist, K., Gedeberg, R., Michaëlsson, K., & Byberg, L. (2010). Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Archives of Internal Medicine*, *170*(1), 43–49. doi:10.1001/archinternmed.2009.289
- Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., Garrett, W., Jr. (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*, *33*(7), 1003–1010. Doi : 10.1177/0363546504272261

Études randomisées contrôlées:

- LaBella, C., Huxford, M., Grissom, J., Kim, K., Peng, J., & Christoffel, K. (2011). Effect of Neuromuscular Warm-up on Injuries in Female Soccer and Basketball Athletes in Urban Public High Schools: Cluster Randomized Controlled Trial. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, *165*(11), 1033–1040.
- Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., Andersen, T. E. (2008). Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, *337*, 24–69.
- Steffen, K., Myklebust, G., Olsen, O. E., Holme, I., & Bahr, R. (2007). Preventing injuries in female youth football--a cluster-randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *18*(5), 605–614. doi:10.1111/j.1600-0838.2007.00703.x
- Waldén, M., Atroshi, I., Magnusson, H., Wagner, P., & Hägglund, M. (2012). Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, *344*, e3042.

3.2. Qualité des études incluses

3.2.1. ÉTUDE RANDOMISÉES CONTRÔLÉES

Nous avons résumé dans le tableau ci-dessous les résultats de ces études pour les différents items :

	Critères d'éligibilité précisés	Sujets répartis aléatoirement dans les groupes	Assignment secrète	Groupes similaires	Examineurs en aveugle	Mesures obtenues pour plus de 85% des sujets	Reçu le bon traitement	Résultats des comparaisons statistiques intergroupers	Estimation des effets et de leur variabilité
LaBella 2011	+	+	-	+	-	+	-	+	+
Soligard 2008	+	+	-	-	+	-	+	+	+
Steffen 2007	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Waldén 2012	+	+	+	+	+	-	+	+	+

Tableau 2 : Évaluation de la qualité des études incluses à l'aide de l'échelle PEDro
Item présent : vert Item absent : rouge

L'étude de LaBella et al. (2011) a obtenu un score de 5/8 sur l'échelle de PEDro. Trois *items* n'ont pas été remplis. En effet, les auteurs ne spécifient ni si la répartition des différents groupes s'est déroulée lors d'une assignation secrète, ni si les examinateurs étaient en aveugle face à l'intervention. De plus, aucune information ne nous certifie la participation de tous les sujets du groupe contrôle à l'échauffement attribué.

L'étude de Soligard et al. (2008) a obtenu un score de 5/8. Tout comme l'étude de LaBella, les auteurs n'ont pas précisé si la répartition des groupes s'est faite de manière secrète ou non. De plus, les groupes n'étant pas similaires en regard des indicateurs pronostiques, l'étude perd encore un point. Finalement, l'*item* 8 n'a pas retenu notre attention, car les mesures n'étaient pas obtenues pour plus de 85% des sujets.

L'étude de Steffen et al. (2007) a obtenu un score de 7/8. Seul l'item 4, concernant la similarité des groupes, n'a pas été clairement explicité. C'est pourquoi nous lui avons retiré un point.

L'étude de Waldén et al. (2012) a obtenu un score de 7/8. La qualité de cet article perd uniquement un point. Seules l'item 8 n'a pas été rempli.

3.2.2. ÉTUDE DE COHORTES

Nous avons résumé dans le tableau ci-dessous les résultats des deux études de cohorte pour les différents items :

	Objectifs clairs	Pertinence de la littérature	Design de l'étude	Description de l'échantillon	Taille de l'échantillon	Fiabilité des outils de mesure	Validité des outils de mesure	Examineurs en aveugle	Description de l'intervention	Absence de contamination	Absence de co-intervention	Résultats significatifs	Modalités d'analyse	Importance pour la clinique	Abandons	Conclusion
Kiani 2010	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+
Mandelbaum 2005	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+

Tableau 3: Évaluation de la qualité des études incluses à l'aide de la grille de LAW modifiée
Item present: vert Item absent: rouge

L'étude de Mandelbaum et al (2005) a obtenu un score de 16/22 sur l'échelle de Law modifiée. Grâce à notre pondération chiffrée des différents points de l'échelle, nous estimons que cette étude possède une bonne qualité. Les items mentionnant la similitude des groupes ainsi que le nombre d'abandon n'ont pas été remplis. De plus, les auteurs ne présentent pas de validité des outils de mesures et la contamination du groupe contrôle.

L'étude de Kiani et al. (2010) a obtenu un score de 18/22 sur l'échelle de LAW modifiée. Etant une cohorte, l'item 4 obtient six points sur sept. Les auteurs n'ont pas précisé les éventuels abandons durant l'intervention. Les items relatifs à la similitude des groupes ainsi qu'à l'aveuglement des examinateurs n'ont pas été remplis. Nous estimons la qualité de cette étude comme étant bonne.

3.3. Analyse descriptive

Étude	Design	Durée de suivi (mois)	Âge (GC/GI)	Taille de l'échantillon (GC/GI)	Population	Sport pratiqué	Échauffement NM	Contenu du NM	Durée du NM (min)	Exposition des athlètes (GC/GI)	Blessures analysées
Kiani et al, 2010	Cohorte	9	13-19 (15/14.7)	729/777	Adolescente	Football	HarmoKnee	Exercices de course (~10min), activation musculaire (~2 min), équilibre (~2 min), force (4 min) et <i>core stability</i> (3 min)	20-25	133'486 heures (66'505/66'981)	Genou avec et sans-contact, LCA
LaBella et al, 2011	RCT	3.5	16 (16.22/ 16.19)	737/755	Adolescente	Football, Basketball	KIPP	Force, pliométrie, équilibre, agilité et étirements actifs	20	50'948 heures (22'925/28'023)	MI, LCA sans-contact,
Mandelbaum et al, 2005	Cohorte	24	14-18	3818/1885	Adolescente	Football	PEP	Exercices de course, force, pliométrie, agilité et étirements	20	205'308 heures (137'448/67'860)	LCA sans-contact
Soligard et al, 2008	RCT	9	13-17 (15.4)	837/1055	Adolescente	Football	FIFA 11+	Exercices de courses (8 min), force, pliométrie, équilibre (10 min) et exercices de courses (2 min)	20	95'327 heures (45'428/49'899)	Entorses, cheville, genou, traumatismes sévères, déchirures musculaires
Steffen et al, 2007	RCT	8	13-17 (15.4)	947/1073	Adolescente	Football	FIFA 11	<i>Core Stability</i> , équilibre, pliométrie et force	20	132'148 heures (65'725/66'423)	MI, entorses, cheville, genou, traumatismes sévères, déchirures musculaires
Waldèn et al, 2012	RCT	7	12-17 (14.1/14)	2479/2085	Adolescente	Football	Waldèn's program	Exercices de course, force, équilibre, pliométrie et <i>core stability</i>	20	278'298 heures (129'084/149'214)	Genou, LCA avec et sans-contact
Notre revue systématique	Cohorte RCT	10.08 mois	15.4	17177 (9'171/8'006)	Adolescente	Sports de pivots	Échauffement NM		20.16 min	(467'115/28'400)	

Tableau 4: récapitulatif des caractéristiques des études incluses

L'échantillon total des études comprenant uniquement des femmes, est de 17'177 participantes, dont 8'006 athlètes ayant pratiqué les échauffements de type neuromusculaire (*Intervention*). Dans les groupes *Contrôle*, 9'171 sportives ont réalisé un échauffement habituel. La moyenne d'âge pondérée est de 15.4 ans (15.37 *GI* -15.42 *GC*), ce qui correspond à une population d'adolescente en milieu de croissance.

Le type d'activité varie, cependant toutes les études analysent des sports de pivots. La pratique de l'activité sportive se monte à 428'400 heures pour les groupes *intervention*, contre 467'115 heures pour les *contrôles*. L'intervention varie pour chaque étude. Cependant les types d'exercices et la durée du programme sont comparables d'un échauffement à l'autre. Chaque étude traite de la prévention des blessures au niveau des membres inférieurs.

3.4. Analyse inférentielle

3.4.1. PRÉVENTION DES BLESSURES SURVENANT AU NIVEAU DU MEMBRE INFÉRIEUR

Afin d'évaluer l'effet d'un échauffement à focus neuromusculaire sur les **blessures au niveau du membre inférieur**, nous avons colligé et comparé les données des études de LaBella et al. (2011) et de Steffen et al. (2007).

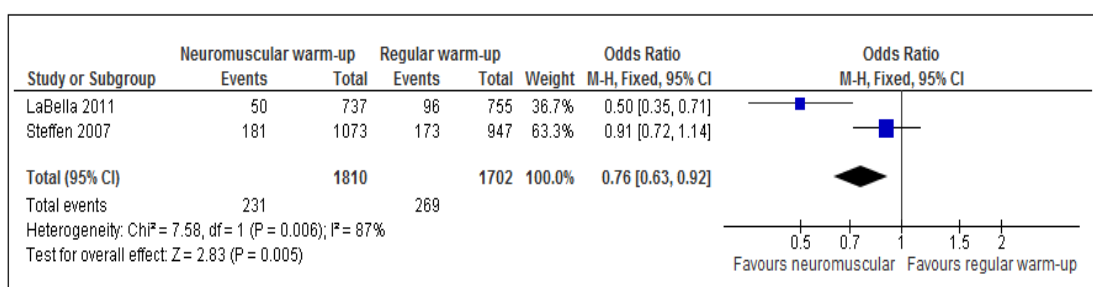


Tableau 5 : Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures au niveau des membres inférieurs

Abréviation: I² = hétérogénéité; P = p-value

Deux études comprenant 1810 athlètes adolescentes dans le groupe « *intervention* » et 1702 dans le groupe « *contrôle* » ont été analysées. Le premier groupe a subi 231 blessures au niveau des membres inférieurs, contre 269 pour le groupe *contrôle*. Le rapport de cote, statistiquement significatif (P=0.005), est de 0.76 en faveur du GI [95% CI (0.63 - 0.92)]. L'hétérogénéité (I²) est de 87 % (considérable).

3.4.2. PRÉVENTION DES BLESSURES TYPE ENTORSE AU NIVEAU DU MEMBRE INFÉRIEUR

Pour évaluer l'effet d'un échauffement à focus neuromusculaire sur **les entorses**, nous avons colligé et comparé les données des études de Soligard et al. (2008) et de Steffen et al. (2007).

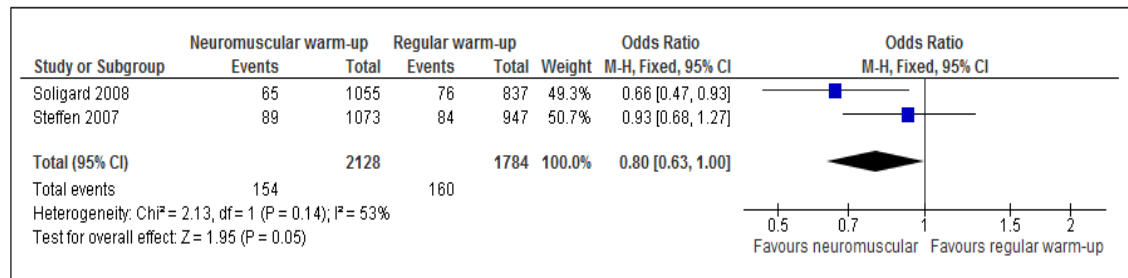


Tableau 6: Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures type entorse au niveau du membre inférieur

Abréviation: I² = hétérogénéité; P = p-value

Deux études comprenant 2128 athlètes adolescentes dans le groupe « *intervention* » et 1784 dans le groupe « *contrôle* » ont été analysées. Le premier groupe a subi 154 entorses, contre 160 pour le groupe *contrôle*. Le rapport de cote, statistiquement significatif (p = 0.05), est de 0.8 en faveur du GI [95% CI (0.63 - 1.00)]. L'hétérogénéité (I²) est de 53% (modérée).

3.4.3. PRÉVENTION DES BLESSURES SURVENANT À L'ARTICULATION DE LA CHEVILLE

Afin d'évaluer l'effet d'un échauffement à visée neuromusculaire sur **les blessures de cheville**, nous avons colligé et comparé les données des études de Soligard et al. (2008) et de Steffen et al. (2007).

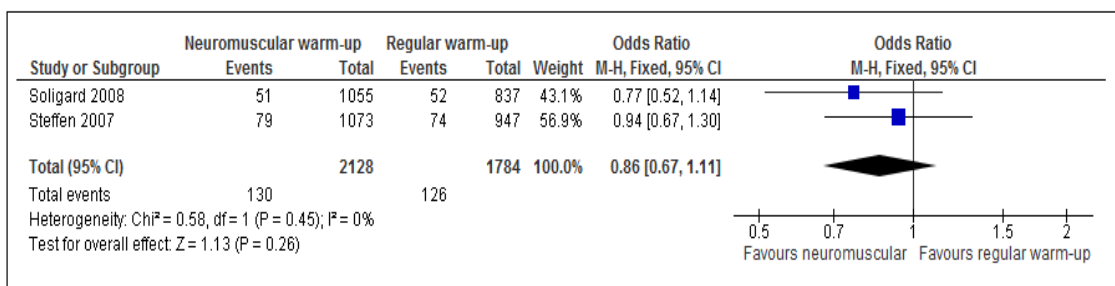


Tableau 7: Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures survenant au niveau de l'articulation de la cheville

Abréviation: I² = hétérogénéité; P = p-value

Deux études comprenant 2128 athlètes adolescentes dans le groupe « *intervention* » et 1784 dans le groupe « *contrôle* » ont été analysées. Le premier groupe a subi 130 blessures au niveau de l'articulation de la cheville, contre 126 pour le groupe *contrôle*.

Le rapport de cote, statistiquement non-significatif ($p = 0.26$), est de 0.86 en faveur du GI [95% CI (0.67 - 1.11)]. L'hétérogénéité (I^2) est de 0% (nulle).

3.4.4. PRÉVENTION DES BLESSURES SURVENANT À L'ARTICULATION DU GENOU

Afin d'évaluer l'effet d'un échauffement à focus neuromusculaire sur **les blessures survenant au genou**, nous avons colligé et comparé les données des études de Soligard et al. (2008), de Steffen et al. (2007), de Waldén et al. (2012) et de Kiani et al. (2010).

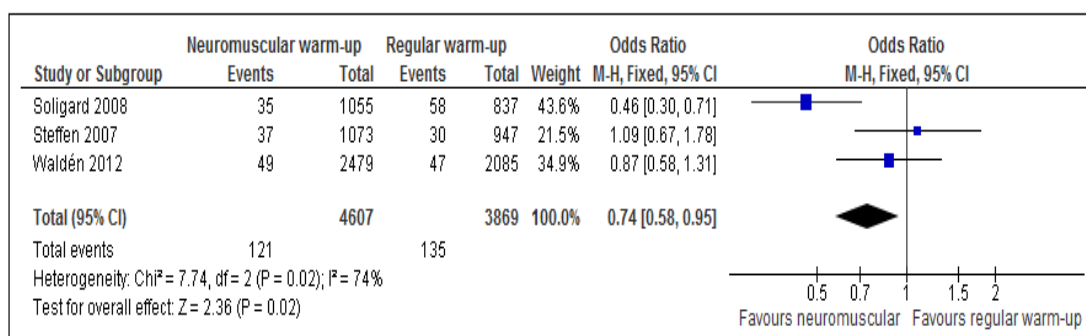


Tableau 8: Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures survenant au niveau de l'articulation du genou
Abréviations: I^2 = hétérogénéité; P = p-value

Quatre études comprenant 4607 (5384) athlètes adolescentes dans le groupe « *intervention* » et 3869 (4598) dans le groupe « *contrôle* » ont été analysées. Le premier groupe a subi 121 blessures au niveau de l'articulation du genou, contre 135 pour le groupe *contrôle*. Le rapport de cote, statistiquement significatif ($p = 0.02$), est de 0.74 en faveur du GI [95% CI (0.58 - 0.95)]. L'hétérogénéité est substantielle avec un I^2 avoisinant les 74%.

3.4.5. PRÉVENTION DES BLESSURES SANS-CONTACT DU LIGAMENT CROISÉ ANTÉRIEUR (LCA)

Afin d'évaluer l'effet d'un échauffement à focus neuromusculaire sur **les blessures sans-contact du LCA**, nous avons colligé et comparé les données des études de LaBella et al. (2011) et de Waldén et al. (2012).

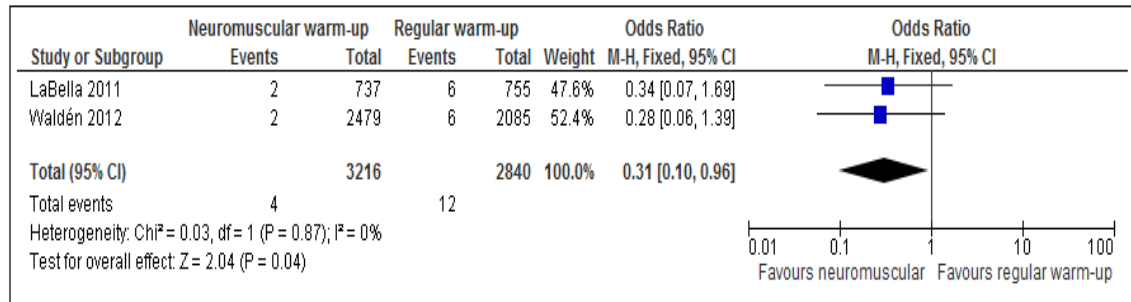


Tableau 9: Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures sans-contact du ligament croisé antérieur

Abréviation: I² = hétérogénéité; P = p-value

Deux études comprenant 3216 (5101) athlètes adolescentes dans le groupe « *intervention* » et 2840 (6658) dans le groupe « *contrôle* » ont été analysées. Le premier groupe a subi 4 blessures sans-contact du LCA, contre 12 pour le groupe *contrôle*. Le rapport de cote, statistiquement significatif (p = 0.04), est de 0.31 en faveur du GI [95% CI (0.10 - 0.96)]. L'hétérogénéité est nulle avec un I² égal à 0%.

3.4.6. PRÉVENTION DES BLESSURES SÉVÈRES

Afin d'évaluer l'effet d'un échauffement à focus neuromusculaire sur **les blessures sévères**, nous avons colligé et comparé les données des études de Soligard et al. (2008) et de Steffen et al. (2007).

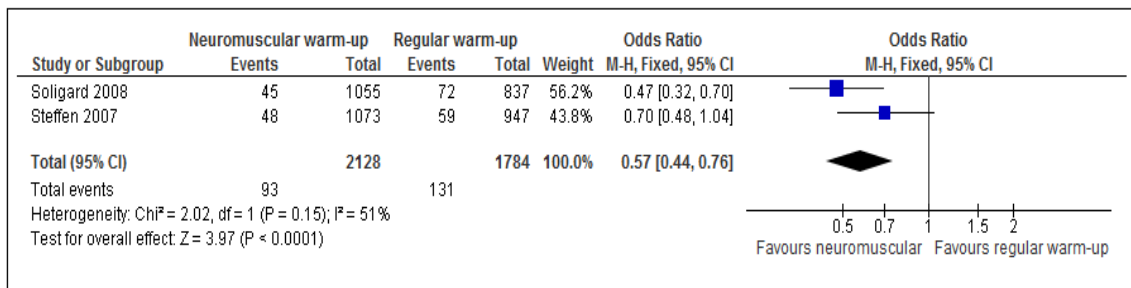


Tableau 10: Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures sévères

Abréviation: I² = hétérogénéité; P = p-value

Deux études comprenant 2128 athlètes adolescentes dans le groupe « *intervention* » et 1784 dans le groupe « *contrôle* » ont été analysées. Le premier groupe a subi 93 blessures sévères, contre 131 pour le groupe *contrôle*. Le rapport de cote, statistiquement significatif (p < 0.00001), est de 0.57 en faveur du GI [95% CI (0.44 - 0.76)]. L'hétérogénéité (I²) est de 51% (modérée).

3.5. Analyse de l'incidence

Dans les tableaux suivants, nous vous présentons l'incidence globale des blessures en fonction de chaque groupe, la différence d'incidence entre le groupe intervention et le groupe contrôle, ainsi que son pourcentage de diminution.

Le premier tableau compare les traumatismes en fonction de leur topographie [Tableau 11], le second concerne les mécanismes de survenue de la lésion [Tableau 12] et le dernier décrit l'incidence en fonction du type de blessure [Tableau 13].

Incidence des blessures en fonction de leur topographie :

Topographie des blessures	Étude	Programme	Groupe intervention				Groupe contrôle				Différence d'incidence (GC-GI)	% diminution des blessures
			Nombre de joueuses	Nombre de blessures	Volume d'exposition (h)	Incidence blessures/1'000h	Nombre de joueuses	Nombre de blessures	Volume d'exposition (h)	Incidence blessures/1'000h		
Membre inférieur	Steffen et al, 2007	Fifa 11	1073	181	66'423		947	173	65'725			
	LaBella et al, 2011	KIPP	737	50	28'023	2.25	755	96	22'925	3.41	1.16	25
Cuisse	Soligard et al, 2008	Fifa 11+	1055	14	49'899		837	17	45'428			
	Steffen et al, 2007	Fifa 11	1073	35	66'423	0.4	947	28	65'725	0.4	0	8
Cheville	Soligard et al, 2008	Fifa 11+	1055	51	49'899		837	52	45'428			
	Steffen et al, 2007	Fifa 11	1073	79	66'423	1.11	947	74	65'725	1.14	0.03	14
Genou	Soligard et al, 2008	Fifa 11+	1055	35	49'899		837	58	45'428			
	Steffen et al, 2007	Fifa 11	1073	37	66'423		947	30	65'725			
	Waldén et al, 2012	Waldén's programme	2479	49	149'214	0.41	2085	47	129'084	0.57	0.16	37
	Kiani et al, 2010	HarmoKnee	777	3	66'981		729	13	66'505			
Ligament croisé antérieur	Kiani et al, 2010	HarmoKnee	777	0	66'981		729	5	66'505			
	Waldén et al, 2012	Waldén's programme	2479	7	149'214	0.02	2085	14	129'084	0.09	0.07	79

Tableau 11: Incidence des blessures en fonction de leur topographie / Abréviations: GC = groupe contrôle; GI = groupe intervention

Incidence des blessures en fonction du mécanisme de la lésion :

Mécanisme de la lésion	Étude	Groupe intervention				Groupe contrôle			Incidence blessures/ 1'000h	Différence d'incidence (GC-GI)	% diminution des blessures	
		Programme	Nombre de joueuses	Nombre de blessures	Volume d'exposition (h)	Incidence blessures/ 1'000h	Nombre de joueuses	Nombre de blessures				Volume d'exposition (h)
Genou sans-contact	LaBella et al, 2011	KIPP	737	6	28'023	0.11	755	11	22'925	0.32	0.21	67
	Kiani et al, 2010	HarmoKnee	777	1	66'981		729	10	66'505			
Ligament croisé antérieur sans-contact	LaBella et al, 2011	KIPP	737	2	28'023	0.07	755	6	22'925	0.32	0.25	78
	Waldén et al, 2012	Waldén's programme	2479	2	149'214		2085	6	129'084			
	Mandelbaum et al, 2005	PEP	1885	6	67'860		3818	67	137'448			

Tableau 12: Incidence des blessures en fonction du mécanisme lésionel / Abréviation: GC = groupe contrôle; GI = groupe intervention

Incidence des blessures en fonction du type de lésions :

Type de blessures	Étude	Groupe intervention				Groupe contrôle			Incidence blessures/ 1'000h	Différence d'incidence (GC-GI)	% diminution des blessures	
		Programme	Nombre de joueuses	Nombre de blessures	Volume d'exposition (h)	Incidence blessures/ 1'000h	Nombre de joueuses	Nombre de blessures				Volume d'exposition (h)
Entorses	Soligard et al, 2008	Fifa 11+	1055	65	49'899	1.32	837	76	45'428	1.48	0.16	21
	Steffen et al, 2007	Fifa 11	1073	89	66'423		947	84	65'725			
Blessures sévères	Soligard et al, 2008	Fifa 11+	1055	45	49'899	0.81	837	72	45'428	1.24	0.43	43
	Steffen et al, 2007	Fifa 11	1073	48	66'423		947	59	65'725			
Déchirures musculaires	Soligard et al, 2008	Fifa 11+	1055	25	49'899	0.59	837	28	45'428	0.63	0.04	16
	Steffen et al, 2007	Fifa 11	1073	45	66'423		947	42	65'725			

Tableau 13: Incidence des blessures en fonction du type de traumatisme / Abréviation: GC = groupe contrôle; GI = groupe intervention

3.6. Analyse narrative

3.6.1. ETUDE DE KIANI ET AL.

L'étude de cohorte de Kiani et al. (2010) a étudié les effets d'un échauffement neuromusculaire, l'HarmoKnee, sur la prévention des blessures au niveau de l'articulation du genou chez les joueuses de football. L'étude se déroule comme suit. Elle débuta le 1^{er} février 2007, début de la préparation hivernale, et dura jusqu'à fin octobre 2007, fin de la compétition de football. Tout d'abord, une phase de recrutement s'est déroulée en Suède au travers d'e-mails envoyés par les auteurs aux différents clubs. Afin de pouvoir participer à l'étude, deux conditions devaient être respectées : les sportives devaient être âgées de 13 à 19 et pratiquer le football au minimum deux fois par semaine. Passées les sélections, les adolescentes ont été séparées en deux groupes homogènes. Le groupe *intervention*, qui comptait 777 filles, réalisaient l'échauffement à focus neuromusculaire, l'HarmoKnee. Tandis que le deuxième groupe (N=729) avait l'obligation d'exercer leurs échauffements habituels. Chaque club, équipe, coach, joueuse du groupe *intervention* a reçu une formation complète et détaillée sur l'HarmoKnee. Dans un deuxième temps, les coachs de chaque équipe ont été briefés quant aux différentes informations à transmettre aux auteurs (compliance au programme, nombre de blessures, type de blessure, etc.). Ces indicateurs ont été communiqués aux auteurs.

Les données concernant les blessures au niveau de l'articulation du genou montrent une différence statistiquement significative ($p = 0.02$) entre le groupe *intervention* et le groupe *contrôle*. Le premier groupe a subi 3 blessures au niveau de l'articulation du genou, contre 13 pour le second. Le rapport de cote, calculée par nos soins grâce au programme RevMan, est de 0.21 en faveur du groupe réalisant les échauffements à focus neuromusculaire [95% CI 0.06, 0.75]. Environ 77% des blessures au niveau de l'articulation du genou ont été réduites.

Les données concernant les blessures sans-contact au niveau de l'articulation du genou montrent une différence statistiquement significative ($p = 0.02$) entre le groupe *intervention* et le groupe *contrôle*. Le premier groupe a subi 1 blessure sans-contact au niveau de l'articulation du genou, contre 10 pour le second. Le rapport de cote est de 0.09 en faveur du groupe réalisant les échauffements à focus neuromusculaire [95% CI 0.01, 0.73]. L'incidence des blessures sans-contact au genou a été réduite de 90%.

Finalement, l'analyse concernant les déchirures du ligament croisé antérieur ne reflète aucune différence significative ($p = 0.09$). Le groupe *intervention* n'a subi aucune déchirure du LCA, contre 5 pour le groupe n'ayant réalisé aucun échauffement neuromusculaire.

Pour la lisibilité et le calcul des *odds ratio*, nous avons formalisé les résultats grâce au programme RevMan. Ci-dessous figure les *forest plots*, concernant les traumatismes du LCA et les blessures avec/sans-contact du genou :

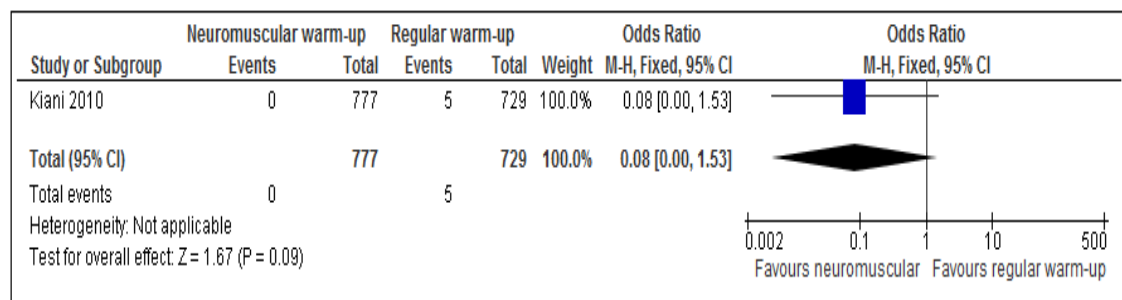


Tableau 14: Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures du ligament croisé antérieur

Abréviation: I^2 = hétérogénéité; P = p-value

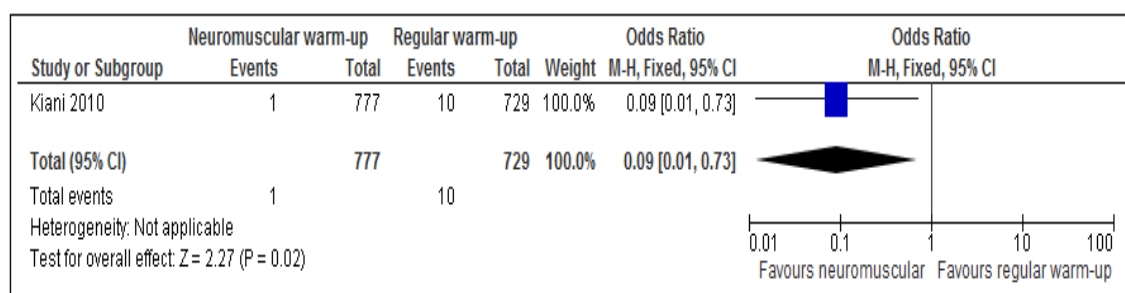


Tableau 15: Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures sans-contact au niveau de l'articulation du genou

Abréviation: I^2 = hétérogénéité; P = p-value

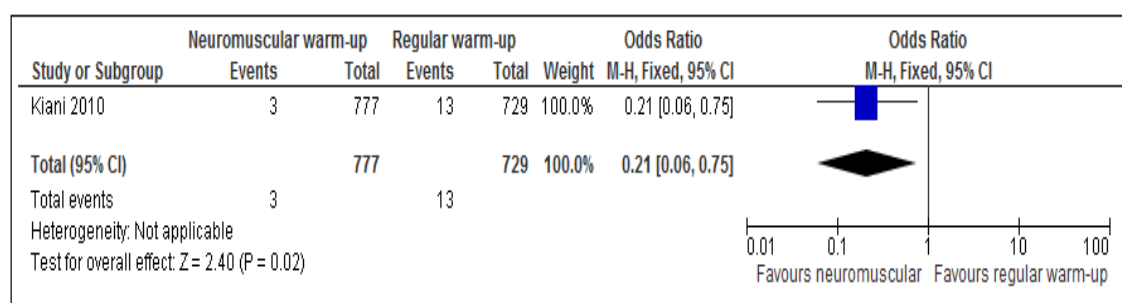


Tableau 16: Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures au niveau de l'articulation du genou

Abréviation: I^2 = hétérogénéité; P = p-value

3.6.2. ETUDE DE MANDELBAUM ET AL.

L'étude de cohorte de Mandelbaum et al. (2005) est axée sur la prévention des blessures sans-contact au niveau de l'articulation du genou et plus spécifiquement sur les traumatismes sans-contact du ligament croisé antérieur. Leurs populations cibles sont les athlètes adolescentes âgées de 14 à 18 ans pratiquant le football en Californie. L'étude s'est déroulée sur une période de deux ans (2000-2001).

La première année, le groupe *intervention* comptait 1041 filles contre 1905 pour le groupe *contrôle* répartie dans 52 équipes de football. La deuxième année, 2757 adolescentes ont pris part à l'étude jouant dans 45 équipes différentes (N = 844 groupe *intervention* / N = 1913 groupe *contrôle*). Le groupe *intervention* pratiquait le PEP programme. Les groupes *contrôles* réalisaient leurs échauffements habituels. Chaque équipe du groupe *intervention* ont reçu par e-mail un support vidéo et un complément écrit décrivant l'échauffement de 20 minutes. De plus chaque coach devaient assister à une réunion, durant laquelle le PEP programme a été introduit.

Hebdomadairement, les coaches devaient rapporter le nombre de blessures apparues dans leur propre équipe. La location de la blessure, la cause, le type, la sévérité et le suivi médical adopté devaient être désignée. De plus, un questionnaire concernant l'historique du traumatisme devait être rempli par la blessée.

Lors de la première saison, l'exposition des athlètes du groupe *intervention* se monte à 37'476 heures et 68'580 heures pour les groupes *contrôles*. Il existe une réduction de 88 % du risque de blessure sans-contact du LCA en faveur du groupe réalisant le PEP programme (taux d'incidence GI/GC = 0.05/0.47 pour 1'000 heures d'exposition). L'incidence des blessures pour le groupe *intervention* est de 1.9/1'000 joueuses contre 16.8/1'000 joueuses dans le groupe *contrôle*. Ce résultat est statistiquement significatif avec un $p = 0.0001$.

Lors de la deuxième saison, l'exposition des athlètes du groupe *intervention* se monte à 30'384 heures et 68'868 heures pour les groupes *contrôles*. Il existe une réduction de 74 % du risque de blessure sans-contact du LCA en faveur du groupe réalisant le PEP programme (taux d'incidence GI/GC = 0.13/0.51 pour 1'000 heures d'exposition). L'incidence des blessures pour le groupe *intervention* est de 4.74/1'000 joueuses contre 18.3/1'000 joueuses dans le groupe *contrôle*. Ce résultat est statistiquement significatif avec un $p = 0.02$.

Pour la visibilité et le calcul des *odds ratio*, nous avons formalisé les résultats grâce au programme RevMan. Ci-dessous figure le *forest-plot* concernant les blessures sans-contact du LCA de la première saison pondéré à celles de la deuxième saison :

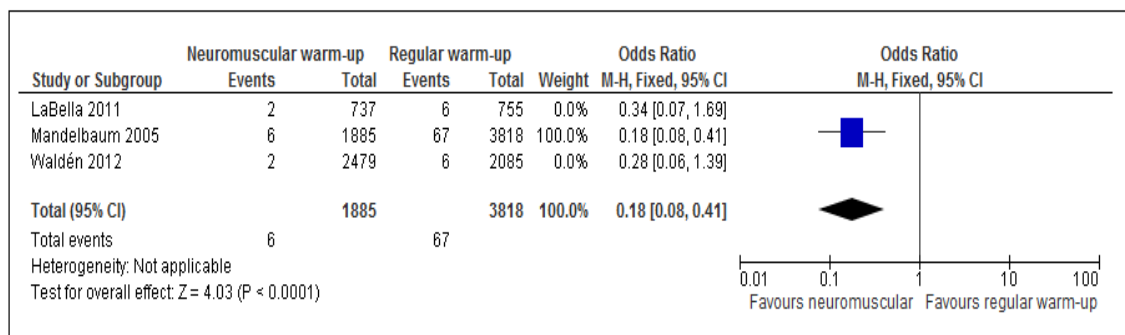


Tableau 17: Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures sans-contact du ligament croisé antérieur

Abréviation: I^2 = hétérogénéité; P = p-value

4. Discussion

L'objectif de notre revue était d'évaluer l'efficacité des échauffements à focus neuromusculaire sur le risque de blessures du membre inférieur chez l'athlète adolescente. Pour cela, nous avons réalisé une analyse de l'incidence des blessures et une analyse inférentielle calculant un rapport de chance en fonction des articulations les plus pertinentes (cheville, genou, LCA) et du type de blessure (entorse, avec/sans contact, traumatismes sévères).

Les résultats de nos analyses nous permettent d'affirmer que, dans la majorité des études, les données sont statistiquement significatives. Seul l'odds ratio de la blessure de cheville est statistiquement non-significatif. De plus, pour la plupart des études, on note des résultats cliniquement significatifs en faveur des programmes de prévention chez l'adolescente sportive.

Les échauffements neuromusculaires apparaissent comme étant efficaces dans la prévention des lésions au niveau du membre inférieur.

4.1. Discussion des résultats principaux

4.1.1. BLESSURES DU MEMBRE INFÉRIEUR

Deux études ont analysé les effets des échauffements neuromusculaires sur la prévention des blessures au niveau du membre inférieur. La première (LaBella et al. 2011) montre un OR inférieur à 1, ce qui signifie que les adolescentes du groupe *intervention* sont moins susceptibles de se blesser en comparaison avec les athlètes du groupe *contrôle*. Ce résultat, statistiquement significatif, signifie que l'intervention a un réel effet. Steffen et al. obtiennent un résultat identique, cependant il n'est pas suffisamment important afin de pouvoir raisonnablement exclure qu'il soit dû au hasard : il est statistiquement non-significatif. De plus, d'après ces deux études, le KIPP et le FIFA 11 semble diminuer l'incidence des lésions au niveau des membres inférieurs (50% et 9%).

Ces résultats sont influencés par divers éléments. L'article de LaBella possède une ampleur de l'effet de l'intervention plus importante que l'étude de Steffen, ainsi qu'un meilleur pourcentage de diminution des blessures (50%). Cette variabilité peut avoir comme cause la compliance du groupe *intervention* envers les échauffements neuromusculaires. L'étude de Steffen indique un taux de compliance insuffisant pour produire les effets nécessaires à la réduction du risque de blessures. Durant la première moitié de saison, incluant la période de préparation et la première moitié du

championnat, ils ont effectué seulement 15 sessions d'échauffements. À l'inverse, les coachs de l'étude de LaBella ont reporté une compliance atteignant les 80%.

4.1.2. BLESSURES DE TYPE ENTORSE

D'après les études de Soligard et de Steffen, l'échauffement à focus neuromusculaire a un effet significatif sur la prévention des entorses en générale. Les groupes *interventions* sont moins susceptibles de subir une blessure. De plus, il semble diminuer l'incidence des lésions de 21%. Cependant, l'ampleur de l'effet n'est pas très importante, car les OR sont proches de 1 (0.66. et 0.93.).

L'étude de Soligard et al. démontre une diminution de l'incidence de 0.4 blessures/1'000 heures d'exposition (GI 1.3 ; GC 1.7), ce qui en résulte une diminution de 32% des lésions. À l'inverse, Steffen et al. n'obtiennent qu'une minime diminution des blessures pour 1'000 heures d'exposition (7%).

La finalité de leurs résultats est certes concluante pour les deux études, néanmoins leur variabilité mérite d'être étudiée et prise en compte. Ces divergences peuvent être expliquées par les variations d'exercices entre le FIFA 11 et le FIFA 11+. En effet, au contraire du FIFA 11, le FIFA 11+ possède des exercices de course spécifiques au football et aux situations à risque de blessures : changement de direction rapide, réception d'un saut, etc. et des exercices à réaliser en binôme (contacts contrôlés). Ainsi, nous pouvons stipuler que ces combinaisons de changements de directions peuvent avoir influencé les résultats de Soligard, car ce sont des *patterns* essentiels à stimuler avant la pratique d'une activité physique, type football, afin de réduire le risque de survenue des lésions.

4.1.3. BLESSURES AU NIVEAU DE LA CHEVILLE

Deux études analysent les effets des programmes de prévention sur les blessures au niveau de l'articulation de la cheville. Les auteurs des deux articles étudient les effets du FIFA 11 (Steffen et al.) et du FIFA 11+ (Soligard et al.) sur une population d'adolescentes pratiquant le football.

D'après ces études, le FIFA 11 et le FIFA 11+ n'ont aucun effet statistiquement significatif. Leurs résultats pondérés ne sont pas suffisamment importants afin de pouvoir raisonnablement exclure qu'ils soient dus au hasard. De plus, l'ampleur de l'effet et la diminution des lésions sont moindres avec un OR proche de 1 (0.86 ; p = 0.26) et une réduction de 14% des traumatismes.

Aucune tendance ne peut être relevée car les résultats divergent : premièrement, l'étude de Soligard obtient un OR inférieur à l'étude de Steffen (*odds ratio* 0.77 contre 0.94). Deuxièmement, la diminution des blessures pour 1'000 heures d'exposition diminue de 16% en faveur du FIFA 11+. Ces différents résultats peuvent être influencés par le critère d'exclusion établi par Steffen et al. Celui-ci consiste à évincer les joueuses ayant subi une ou des blessures avant le début de l'étude. D'une part, nous savons que l'articulation de la cheville a un taux de récurrence non négligeable variant entre 10 et 30% (Toschi et al., 2005). D'autre part, selon Hupperets et al., le risque de blessure double l'année suivant la première blessure chez les sportifs (Hupperets, et al., 2009). Ceci peut expliquer en partie les résultats plus marqués de l'étude réalisant le FIFA 11+.

4.1.4. BLESSURES AU NIVEAU DU GENOU

Nous avons inclus les données de trois études randomisées contrôlées, afin d'évaluer l'effet d'un échauffement à focus neuromusculaire sur les blessures survenant au genou (Soligard et al., Steffen et al., Waldén et al.). Nous avons également pris en compte les résultats de l'étude de cohorte, réalisée par Kiani et al. en 2010 [Tableau 16].

Selon nos résultats, nous pouvons confirmer les effets positifs des échauffements neuromusculaires sur la prévention des blessures au niveau de l'articulation du genou. Premièrement, nous recensons une diminution des lésions pour 1'000 heures d'expositions, variant de 9% (Steffen et al.) à 78% (Kiani et al.) en faveur des groupes d'*intervention*. Ces résultats pondérés nous indiquent une réduction moyennement importante s'élevant à 37%. Deuxièmement, l'incidence est augmentée de 0.16 lésions/1'000h dans le groupe *contrôle* (GI 0.41 ; GC 0.57). Finalement, nous obtenons un OR statistiquement significatif (0.74 – $p = 0.02$) en faveur du groupe *intervention* pour les études randomisées contrôlées.

Le genou est une articulation ayant besoin d'un contrôle moteur irréprochable afin de réduire le risque élevé des lésions. Induire une poussée neuromusculaire « artificiellement » au travers d'échauffement chez des athlètes adolescentes permet à l'appareil locomoteur d'affiner les récepteurs sensori-moteurs et proprioceptifs proches du genou, afin d'obtenir une stabilité efficace à toutes épreuves (déstabilisations internes et externes).

La finalité des résultats est concluante pour les quatre études. Néanmoins, il est important de signifier les divergences d'effets des programmes. Deux études obtiennent des résultats plus marqués tant au niveau de l'incidence qu'au niveau du rapport de chance : Soligard et al et son programme le FIFA 11+ (52% réduction / incidence GI

0.7 ; GC 1.3 / *odds ratio* 0.46 ; $p = 0.0004$) ainsi que Kiani et al et l'HarmoKnee (78% réduction / incidence GI 0.045 ; GC 0.2 / *odds ratio* 0.21 ; $p = 0.02$). Au contraire, les échauffements neuromusculaires de Waldén et de Steffen ne possèdent aucune différence significative. Une explication à ces variations est, tout d'abord, la spécificité du programme HarmoKnee pour l'articulation du genou. Ceci, peut expliquer une réduction plus imposante du risque de lésion au niveau du genou. Ensuite, il y a le fait que le FIFA 11+ est un programme créé grâce à de nombreuses critiques du FIFA 11. En effet, le FIFA 11+ offre plus de possibilités de variations et de progressions que le FIFA 11. Ceci permet de diminuer une certaine monotonie et d'augmenter la motivation des coachs et des joueuses. Par conséquent, l'étude de Soligard obtient de meilleurs résultats grâce au taux élevé de compliance des joueuses au programme de prévention (77%).

4.1.5. BLESSURES SANS-CONTACT DU LCA

La blessure sans-contact possède une prévalence supérieure en comparaison avec les traumatismes secondaires à un tackle ou à une chute au sol (cf. chapitre 1.4.3) (Hawkins & Fuller, 1999). Plus spécifiquement, chez l'athlète femme, les blessures sans contact au niveau du genou apparaissent dans 78% des cas (Noyes et al., 1983). Le mauvais positionnement des membres inférieurs sont fréquemment signalés au moment de la blessure ou juste avant (réduction de l'angle de flexion des genoux, effondrement du valgus, augmentation de la rotation interne de la hanche). L'athlète n'a pas le temps de modifier la position de son corps afin de prévenir la lésion, car selon Koga, le LCA se rompt environ 40 millisecondes après le contact initial avec le sol (Koga et al., 2010). En raison de ce problème et grâce à nos résultats, nous pouvons dire que les programmes neuromusculaires modifient significativement les modes de positionnement du corps et des mouvements afin d'éviter des circonstances censées provoquer la blessure sans-contact du LCA. Cette conclusion est le fruit de l'analyse et de la comparaison de deux études : LaBella et al. (2011) et de Waldén et al. (2012), ainsi que la mise en parallèle de leurs résultats avec une étude de cohorte réalisée par Mandelbaum et al. en 2005 [Tableau 17].

Les programmes neuromusculaires réduisent de 78% le risque de lésion sans-contact au niveau du LCA chez l'athlète adolescente (incidence GI 0.07 ; GC 0.32 / *odds ratio* 0.18 ; $p = 0.04$). Une tendance peut être relevée car les résultats se recoupent entre les deux RCT et l'étude de cohorte avec une hétérogénéité statistique de zéro. Néanmoins, seul le programme PEP de Mandelbaum réduit significativement les lésions sans-

contact du LCA ($p < 0.0001$). Premièrement, les études de LaBella et de Waldén ont été randomisées. Seule la population de Mandelbaum participait à l'intervention de manière volontaire. Cela signifie que les joueuses et les coachs avaient un intérêt de base pour la prévention et qu'ils étaient motivés à réaliser le programme avec discipline et rigueur. Deuxièmement, l'étude de LaBella pourrait avoir sous-estimé le diagnostic des blessures (entorse genou VS déchirure du ligament croisé antérieur). En effet, l'intervention se déroulait à Chicago, dans des écoles publiques à ethnicité mixte possédant de faibles revenus. Les auteurs spécifient que les entraîneurs ne possédaient pas de bonnes qualifications (classification des blessures) et que les athlètes ne pouvaient obtenir des soins médicaux (manque de médecins, pas d'assurance santé, dossiers médicaux inexistant, etc.). Troisièmement, l'intervention de LaBella s'est déroulée seulement sur 13 semaines. Une étude sur deux saisons ou plus aurait peut-être pu obtenir de meilleurs effets des échauffements neuromusculaires.

4.1.6. BLESSURES SÉVÈRES

Nous avons comparé deux études randomisées contrôlées afin d'analyser les effets des programmes de prévention sur les lésions nécessitant plus de 28 jours d'absence des terrains. Les deux programmes qui ont retenu notre attention sont le FIFA 11 (Steffen et al., 2007) et le FIFA 11+ (Soligard et al., 2008).

Le résultat de notre étude est significatif avec une ampleur moyenne de l'effet (*odds ratio* 0.57 ; $p < 0.0001$). Nous pouvons en déduire que les données pondérées de l'étude de Steffen et de l'étude de Soligard diminuent les chances de subir une lésion sévère chez les athlètes adolescentes (incidence : GI 0.81 ; GC 1.24 / pourcentage de réduction 43%).

Il est à noter que le programme FIFA 11+ (*odds ratio* 0.47 ; $p = 0.0001$) obtient, individuellement, des résultats statistiquement significatifs au contraire du FIFA 11 (*odds ratio* 0.7 ; $p = 0.08$).

4.1.7. INCIDENCE DES BLESSURES

L'incidence globale des blessures chez les athlètes adolescentes du groupe *contrôle* est supérieure à celle du groupe réalisant le programme de prévention (0.71/1'000 heures d'exposition contre 0.96/1'000).

Le groupe intervention subit une diminution des blessures du membre inférieur de 1.16 blessures/1'000h, ce qui correspond à environ 25%. Si nous analysons plus en détail cette valeur, nous remarquons qu'elle varie en fonction de la topographie du

traumatisme : différence d'incidence de 0.03 blessures/1'000h pour la cheville, de 0.16 blessures/1'000h pour le genou et de 0.07 blessures/1'000h pour le ligament croisé antérieur. Seuls les traumatismes au niveau de la cuisse n'ont obtenu aucune différence d'incidence [Tableau 11].

De plus, nous notons des valeurs particulièrement élevées entre les blessures survenant lors d'un contact et d'un non-contact : différence d'incidence de 0.05 blessures/1'000h entre les blessures de genou avec et sans-contact (0.16/1'000h contre 0.21/1'000h) et une différence de 0.18 blessures/1'000h entre les déchirures du LCA avec et sans-contact (0.07 contre 0.25) [Tableau 11-12].

Cette tendance se confirme pour les différents types de blessure (entorses, sévères et déchirure musculaire). Nous obtenons une différence de 0.16/1'000h pour les entorses, de 0.43/1'000h pour les blessures sévères et de 0.04/1'000h pour les déchirures musculaires [Tableau 13].

Globalement, les joueuses soumises au programme de prévention ont 25% de chance de moins se blesser au niveau du membre inférieur pour 1'000h de pratique. Le pourcentage de diminution le plus marqué est localisé au niveau de l'articulation du genou: 37% de diminution pour le genou en général et 79% pour les déchirures du LCA. Cette donnée nous interpelle plus particulièrement car son pourcentage est doublé lors d'un traumatisme avec-contact (37% sans-contact et 67% de diminution pour les blessures sans-contact au niveau du genou).

En résumé, les échauffements à focus neuromusculaire diminuent le risque de subir un traumatisme au niveau du membre inférieur. La différence d'incidence entre le groupe *contrôle* et le groupe *intervention* se situe, pour toutes les données, largement au-dessus de zéro. De plus, nous constatons une diminution marquée du risque de blessures au niveau du membre inférieur. Ce résultat souligne l'effet positif des échauffements neuromusculaires. Cependant, la seule analyse qui ne permet pas réellement de démontrer une différence clinique de réduction du risque sont les déchirures musculaires avec une différence de risque de 0 blessure/1'000h d'exposition (déchirure musculaire : 16 % de réduction, dont 8% au niveau de la cuisse).

4.2. Confrontation avec la littérature

Afin d'obtenir une vision critique des divers résultats de notre revue systématique, nous les avons comparés avec la littérature scientifique existante jusqu'à ce jour. Au travers de nos différentes recherches, deux revues systématiques comprenant de fortes ressemblances avec notre travail ont été repérées. Dès lors, nous les avons incluses dans

notre discussion afin d'en rassembler les similitudes et divergences. Finalement, plusieurs articles observant d'autres indicateurs ont été recensés. Ainsi, nous avons passé en revue les effets des programmes neuromusculaires sur la performance, sur le rôle de la compliance et de l'adhérence des athlètes et/ou coachs dans la prévention des blessures.

4.2.1. REVUE SYSTÉMATIQUE

En 2012, Herman et al. ont évalué l'efficacité des échauffements à focus neuromusculaire sur la prévention des blessures du membre inférieur et ont identifié les éléments communs de ces programmes afin d'orienter les recherches futures. Leurs objectifs semblaient similaires aux nôtres. Cependant, lors de notre lecture, nous avons souligné deux différences non-négligeables. Premièrement, les auteurs n'ont pas ciblé une population spécifique. Ils ont mélangé femmes, hommes, ainsi que jeunes et adultes. Deuxièmement, ils ont utilisé comme indicateur statistique le *Risk Ratio*.

Cette revue systématique, comprenant 6 RCT et 3 cohortes, identifie cinq échauffements neuromusculaires pouvant réduire significativement le risque de blessures du membre inférieur. Le FIFA 11+ réduit les blessures au niveau des membres inférieurs ainsi que les lésions de surcharge chez les jeunes joueuses de football amateur. Le *Knee Injury Prevention Programm* (KIPP) diminue le risque de lésions sans-contact au niveau des membres inférieurs, ainsi que les blessures de surcharge chez les jeunes joueuses de football et de basketball amateur. Le *Prevent Injury and Enhance Performance* (PEP) réduit l'incidence des traumatismes du LCA. Le risque des blessures au niveau de l'articulation du genou diminue pour le programme HarmoKnee. Finalement, l'*Anterior Knee Pain Prevention Training Programme* (AKP PTP) réduit l'incidence des douleurs antérieures au niveau des genoux chez les recrues militaires (Herman et al., 2012).

En 2014, Noyes et al. ont réalisé une revue de la littérature ayant pour but d'identifier différents programmes neuromusculaires pouvant réduire significativement l'incidence des blessures sans-contact du ligament croisé antérieur dans une population d'athlètes adolescentes. Contrairement à la revue d'Herman et al., leur population est comparable à la nôtre. Cependant, les auteurs se concentrent uniquement sur les lésions non-contact du LCA. En ce qui concerne l'intervention, les différents programmes se différencient sur plusieurs points. Certains auteurs les utilisaient comme échauffement, d'autres les réalisaient seulement durant la préparation, alors que d'autres nécessitaient un équipement additionnel. En conclusion, cette revue démontre une réduction

statistiquement significative des lésions sans-contact du LCA dans trois des huit articles sélectionnés (Noyes et al., 2014).

4.2.2. AUTRES THÉMATIQUES ÉTUDIÉES DANS LA LITTÉRATURE

COMPLIANCE⁵ ET ADHÉRENCE⁶ :

Plusieurs études analysent les effets de la compliance et/ou adhérence aux programmes de prévention des blessures. En effet, alors que plusieurs obstacles existent à l'adoption et le maintien d'un programme de prévention dans le sport, la motivation autonome⁷ reste un facteur essentiel dans l'efficacité et la réussite d'un programme (Keats et al., 2012).

Sugimoto, en 2012, a étudié la relation entre le taux de compliance des athlètes aux échauffements neuromusculaires et le taux de réduction des blessures. Les équipes réalisant le plus de sessions diminuaient le risque d'apparition d'une lésion. En outre, les participantes possédant un faible taux de compliance avaient environ 5 fois plus de risque de traumatismes que celles obtenant un taux de compliance élevé.

Ces données indiquent qu'il existe une relation non-négligeable entre le respect de la bonne mise en œuvre des échauffements à focus neuromusculaire, la régularité de pratique et l'incidence des blessures, dans le but d'obtenir les effets désirés (Sugimoto et al., 2012).

IMPACT D'UN PROGRAMME À FOCUS NEUROMUSCULAIRE SUR LA PERFORMANCE :

Certaines des études sélectionnées se sont intéressées aux effets des programmes neuromusculaires sur la performance. Actuellement, par manque d'études réalisées, la littérature se contredit.

En 2004, Gruber et al. se sont intéressés aux effets des échauffements à focus neuromusculaires sur la force explosive des muscles extenseurs du genou. Leurs résultats montrent une augmentation statistiquement significative du taux de développement de la force maximale, accompagnée d'une augmentation de l'électromyographie du vaste interne (Gruber et al., 2004).

Lindblom et al., ont publié en 2012 une étude randomisée contrôlée étudiant l'efficacité d'un programme neuromusculaire sur la performance des jeunes joueuses de football. Les mesures de performance incluaient le *star excursion balance test*, le *countermovement jump test*, le *modified Illinois agility test*, un triple saut et un sprint de

⁵ Comportement qui consiste à suivre correctement les instructions d'utilisation des programmes

⁶ Participation active ou activités librement choisies

⁷ Comportement librement choisi pour une satisfaction intrinsèque

10 et de 20 mètres. Les résultats ont démontré des améliorations mineures en faveur du groupe *intervention* lors des tests suivants : le *star excursion balance test* et le *modified Illinois agility test*. Cependant, aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre le groupe *intervention* et le groupe *contrôle*. Certaines limites observées peuvent expliquer ce résultat non-concluant. En effet, l'échantillonnage réduit ainsi que la faible spécificité entre les exercices et les tests de performances à réaliser peuvent contribuer à une absence d'effet (Lindblom et al., 2012).

Nous trouvons cette thématique intéressante, car elle permettrait indirectement d'augmenter l'intérêt et l'adhésion des coachs et des athlètes aux programmes de prévention.

4.2.3. RECHERCHES FUTURES

Suite à la réalisation de notre revue systématique, nous nous sommes rendues compte de l'intérêt actuel que portent la médecine et la recherche pour la prévention des blessures liées au sport. Afin de répondre à ce besoin, la littérature possède plusieurs stratégies, dont les programmes à focus neuromusculaires qui obtiennent des résultats statistiquement et cliniquement significatifs. Néanmoins, nous trouvons qu'il serait intéressant d'analyser d'autres pistes de recherche en lien avec ces programmes de prévention.

Étudier les effets de ces échauffements sur le long terme, dans le but de déterminer s'il existe une augmentation exponentielle des effets d'un échauffement neuromusculaire et/ou s'il existe un pic de réduction des blessures en fonction d'un temps de pratique.

Une deuxième piste de recherche serait les effets des échauffements sur la performance. Cette thématique possède un avenir prometteur. En effet, il a été prouvé que la compliance et l'adhésion à un programme neuromusculaire font parties intégrante de sa réussite. Afin d'augmenter celle-ci, l'argument de l'amélioration des performances en plus de la diminution du risque de blessures serait d'autant plus fort et motivant pour les athlètes et coachs.

Jusqu'à aujourd'hui, les auteurs se mettent d'accord sur le fait que les exercices spécifiques au sport pratiqué, augmente l'efficacité des programmes neuromusculaires. Si le FIFA 11+, l'Harmoknee, etc. sont spécifiques au football, il serait judicieux que soit réalisé d'autres programmes pour des sports présentant une incidence élevée des blessures du membre inférieur et/ou supérieur comme le ski alpin, le volley-ball, le basketball, etc (« Bureau de prévention des accidents », 2012).

Finalement, nous trouvons intéressant de comparer les effets des échauffements neuromusculaires entre une population n'ayant subi aucun traumatisme et une population à potentiel de récurrence.

4.3. Points faibles de notre revue systématique

Nous avons identifié différentes limites pouvant péjorer la qualité de notre revue systématique :

Sélection et tri des articles : il se peut que nous soyons passées à côté d'articles importants lors de l'élaboration de nos stratégies de recherche dans les bases de données ainsi que durant nos diverses étapes de sélections des articles.

Biais de performance :

- **Hétérogénéité d'intervention** : les différents programmes que nous avons sélectionnés sont tous des échauffements à focus neuromusculaire comprenant des exercices d'équilibre, de pliométrie, d'agilité et de force. Il existe de nombreux points communs entre eux : la composante des exercices, la durée (norme : 15-20 minutes/séance) et la pratique régulière (norme : 3x/semaine) de l'échauffement, l'importance d'une exécution adéquate, etc. Cependant, ils ne sont pas identiques au niveau du nombre de répétitions/séries, du type d'exercices, etc. Ceci peut être source de divergences et ainsi compromettre nos résultats.
- **Hétérogénéité des groupes contrôles** : chaque équipe devait réaliser leurs échauffements habituels. Il existe, néanmoins, un biais de performance, car un échauffement habituel peut aussi inclure des exercices de type équilibre, pliométrie, force, etc. Cette composante-ci n'a pas été spécifiée dans nos différentes études sélectionnées, ce qui peut influencer nos résultats finaux.

Biais de suivi :

- **Supervision des échauffements** : chaque équipe a reçu une formation en lien avec le programme de prévention à réaliser. De plus, ils ont, dans la plupart des cas, reçu un DVD ou un feuillet explicatif. Cependant, durant toute la période de l'intervention, seulement 1 à 3 supervisions des échauffements ont été réalisées dans la plupart des études. Cette supervision limitée peut diminuer la qualité des exercices et par ce fait, péjorer les effets des programmes de prévention.

4.4. Points forts de notre revue systématique

Nous avons ressorti divers points forts pouvant apporter une plus-value à la qualité de notre revue systématique :

Design des études : notre revue systématique comprend quatre études randomisées contrôlées ainsi que deux études de cohortes. Ces études se situent au sommet de la pyramide de l'évidence, renforçant la qualité de notre travail.

Méta-analyse : nous avons récolté et analysé de manière inférentielle les données des quatre études randomisées contrôlées, ceci afin de réaliser une méta-analyse. Néanmoins, nous avons pris le parti d'inclure les deux cohortes dans notre revue systématique, afin d'obtenir des comparaisons plus approfondies. Cependant, nous ne les avons pas incluses dans notre analyse inférentielle.

Qualité des études : la majorité des études sélectionnées ont obtenu un score entre 5/8 et 7/8 sur l'échelle de PEDro. Quant à nos deux études de cohortes, leurs scores de LAW s'élève à 16/22 pour Mandelbaum et al. et à 18/22 pour Kiani et al. Ces résultats nous démontrent l'efficacité du déroulement de chaque étude et nous apporte une plus-value à notre revue.

Double analyse : nous avons pris le parti d'analyser, d'une part, le rapport de chance (OR) de subir un traumatisme dans le groupe *intervention* en comparaison avec le groupe *contrôle* sur une période variant entre 4 mois (LaBella et al.) et 2 ans (Mandelbaum et al.). D'autre part, nous avons étudié l'incidence des blessures pour 1'000 heures d'exposition. Ceci nous semblait intéressant et important, afin d'obtenir un résultat en fonction d'un temps limité et ainsi de limiter un biais de performance.

Homogénéité de la population : tous nos groupes contrôles et interventions sont identiques au niveau de leurs caractéristiques physiques (âge, genre).

Échantillon : chaque étude incluse comprend un nombre important d'athlètes adolescentes, ce qui nous permet d'obtenir un échantillon imposant et représentatif de la population (N = 17'177).

5. Conclusion

Suite à notre hypothèse de départ et selon nos différents résultats, nous pouvons confirmer la pertinence de l'ajout d'un échauffement neuromusculaire lors des entraînements et des compétitions, car il réduit significativement le risque de blessures chez les athlètes adolescentes. En effet, ce type de programme stimule d'avantage le contrôle moteur que tout autre type d'échauffement. Il vise à préparer l'appareil locomoteur à l'effort, mais aussi et surtout, à apprêter le système nerveux et le système neuro-musculaire aux différentes contraintes de l'activité physique.

5.1. Implication pour la pratique

Au travers de notre travail et des différentes recherches actuellement mises en place, nous pensons que le monde de la médecine du sport tient un moyen efficace de prévention des blessures. De plus, ce genre de programme ne demande aucune infrastructure spéciale, aucun matériel complémentaire et aucun coût supplémentaire. Les seuls mots d'ordre permettant d'obtenir les effets attendus sont une réalisation adéquate des exercices et une compliance élevée aux échauffements. Ceci démontre l'importance d'une éventuelle supervision physiothérapeutique, afin de stimuler les coachs et les athlètes à réaliser le programme avec régularité, et afin de superviser et de corriger les différentes positions.

En conclusion, en tant que futures physiothérapeutes, ces différents programmes pourront nous être utiles lors de la prise en charge d'équipes sportives afin de prévenir l'apparition de blessures, mais aussi lors de nos différentes prises en charge post-lésionnelles, afin de réduire le taux de récurrence.

5.2. Apports personnels

Tout d'abord, ce travail de Bachelor, nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les différents types de prévention qui sont actuellement mis en place afin de contrer l'augmentation croissante des blessures dues au sport. Dorénavant, nous sommes conscientes des composantes optimales d'un échauffement afin de stimuler au mieux le système neuromusculaire avant une activité physique. De plus, nous pensons pouvoir transposer ces divers acquis, non pas uniquement dans nos futurs traitements préventifs, mais aussi lors de nos futures rééducations sensorimotrices après un traumatisme.

Grâce à ce travail, nous avons également pu apprendre à utiliser les outils essentiels à la recherche et l'analyse d'articles scientifiques. Nous nous sommes rendues compte de

l'importance de la médecine pratique basée sur l'évidence scientifique afin de réaliser des traitements efficaces.

In fine, ce travail de Bachelor fût une expérience humaine enrichissante, car nous avons partagé un projet commun sur une durée de deux ans. L'écoute de l'autre, la confrontation, la justification de nos choix ainsi que la rigueur de notre planification ont été les points clés de notre travail.

6. Références bibliographiques

- Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 17(7), 705–729. doi:10.1007/s00167-009-0813-1
- Beynon, B. D., Johnson, R. J., Braun, S., Sargent, M., Bernstein, I. M., Skelly, J. M., & Vacek, P. M. (2006). The relationship between menstrual cycle phase and anterior cruciate ligament injury: a case-control study of recreational alpine skiers. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(5), 757–764. doi:10.1177/0363546505282624
- Bureau de prévention des accidents. (2012). Retrieved from <http://www.bfu.ch/French/statistik/Pages/Statistik.aspx>
- Caine, D., Caine, C., & Maffulli, N. (2006). Incidence and distribution of pediatric sport-related injuries. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 16(6), 500–513. doi:10.1097/01.jsm.0000251181.36582.a0
- Chevalier. (2004). Apprentissage moteur et processus d'apprentissage.
- Daneshjoo, A., Mokhtar, A. H., Rahnama, N., & Yusof, A. (2012). The Effects of Comprehensive Warm-Up Programs on Proprioception, Static and Dynamic Balance on Male Soccer Players. *PLoS ONE*, 7(12), e51568. doi:10.1371/journal.pone.0051568
- Développement du football. (1994, to 2013). *FIFA.com*. Retrieved June 28, 2013, from <http://fr.fifa.com/aboutfifa/footballdevelopment/medical/playershealth/injuries/prevention.html>

- Développement du football. (2011, avril). *FIFA.com*. Retrieved July 3, 2013, from <http://fr.fifa.com/aboutfifa/footballdevelopment/women/news/newsid=1417283/index.html>
- FIFA 11+, a complete warm-up programme. (2011). Retrieved June 27, 2013, from <http://f-marc.com/11plus/infos/>
- Giza, E., Mithofer, K., Farrell, L., Zarins, B., Gill, T., & Drawer, S. (2005). Injuries in women's professional soccer. *British Journal of Sports Medicine*, *39*(4), 212–216. doi:10.1136/bjism.2004.011973
- Gruber, M., & Gollhofer, A. (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European Journal of Applied Physiology*, *92*(1-2), 98–105. doi:10.1007/s00421-004-1080-y
- Gutzwiller, F., & Paccaud. (2009). *Médecine sociale et préventive - Santé publique*. Hans Huber Verlag.
- Hawkins, R. D., & Fuller, C. W. (1999). A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *British Journal of Sports Medicine*, *33*(3), 196–203.
- Herman, K., Barton, C., Malliaras, P., & Morrissey, D. (2012). The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: a systematic review. *BMC Medicine*, *10*, 75. doi:10.1186/1741-7015-10-75
- Hewett, T. E., Zazulak, B. T., & Myer, G. D. (2007). Effects of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. *The American Journal of Sports Medicine*, *35*(4), 659–668. doi:10.1177/0363546506295699
- Hootman, J. M., Dick, R., & Agel, J. (2007). Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *Journal of Athletic Training*, *42*(2), 311–319.

- Hupperets, M. D. W., Verhagen, E. A. L. M., & Mechelen, W. v. (2009). Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: randomised controlled trial. *BMJ*, 339(jul09 1), b2684–b2684. doi:10.1136/bmj.b2684
- Huston, L. J., & Wojtys, E. M. (1996). Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(4), 427–436.
- Junge, A., Lamprecht, M., Stamm, H., Hasler, H., Bizzini, M., Tschopp, M., ... Dvorak, J. (2011). Countrywide campaign to prevent soccer injuries in Swiss amateur players. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(1), 57–63. doi:10.1177/0363546510377424
- Keats, M. R., Emery, C. A., & Finch, C. F. (2012). Are we having fun yet? Fostering adherence to injury preventive exercise recommendations in young athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(3), 175–184. doi:10.2165/11597050-000000000-00000
- Kerlirzin, Dietrich, & Vieilledent. (2009). *Le contrôle moteur - organisation et contrôle du mouvement*. PUF.
- Kiani, A., Hellquist, E., Ahlqvist, K., Gedeborg, R., Michaëlsson, K., & Byberg, L. (2010). Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Archives of Internal Medicine*, 170(1), 43–49. doi:10.1001/archinternmed.2009.289
- Koga, H., Nakamae, A., Shima, Y., Iwasa, J., Myklebust, G., Engebretsen, L., ... Krosshaug, T. (2010). Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(11), 2218–2225. doi:10.1177/0363546510373570
- LaBella, C., Huxford, M., Grissom, J., Kim, K., Peng, J., & Christoffel, K. (2011). Effect of Neuromuscular Warm-up on Injuries in Female Soccer and Basketball

- Athletes in Urban Public High Schools: Cluster Randomized Controlled Trial. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 165(11), 1033–1040.
- Law, Stewart, Pollock, Letts, Bosch, & Westmorland. (1998). Critical Review Form - Quantitative Studies.
- Lindblom, H., Waldén, M., & Hägglund, M. (2012). No effect on performance tests from a neuromuscular warm-up programme in youth female football: a randomised controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 20(10), 2116–2123. doi:10.1007/s00167-011-1846-9
- Lindenfeld, T. N., Schmitt, D. J., Hendy, M. P., Mangine, R. E., & Noyes, F. R. (1994). Incidence of injury in indoor soccer. *The American Journal of Sports Medicine*, 22(3), 364–371.
- MacDonald, N. E. (2003). Adolescent access to healthcare. *Paediatrics & Child Health*, 8(9), 551–552.
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical Therapy*, 83(8), 713–721.
- Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., ... Garrett, W., Jr. (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(7), 1003–1010. doi:10.1177/0363546504272261
- Marieb, E. N., & Katja Hoehn. (2010). *Anatomie et physiologie humaine 4ème édition* (4ème édition.). Erpi.

- Martin Hagglund, & al. (2009). Preventing knee injuries in adolescent female football players - design of a cluster randomized controlled trial [NCT00894595]. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *10*, 75. doi:10.1186/1471-2474-10-75
- Myer, G. D., Faigenbaum, A. D., Ford, K. R., Best, T. M., Bergeron, M. F., & Hewett, T. E. (2011). When to initiate integrative neuromuscular training to reduce sports-related injuries and enhance health in youth? *Current Sports Medicine Reports*, *10*(3), 155–166. doi:10.1249/JSR.0b013e31821b1442
- Myer, G. D., Sugimoto, D., Thomas, S., & Hewett, T. E. (2013). The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, *41*(1), 203–215. doi:10.1177/0363546512460637
- Noyes, F. R., & Barber-Westin, S. D. (2014). Neuromuscular retraining intervention programs: do they reduce noncontact anterior cruciate ligament injury rates in adolescent female athletes? *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery: Official Publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, *30*(2), 245–255. doi:10.1016/j.arthro.2013.10.009
- Noyes, F. R., Lindenfeld, T. N., & Marshall, M. T. (1988). What determines an athletic injury (definition)? Who determines an injury (occurrence)? *The American Journal of Sports Medicine*, *16 Suppl 1*, S65–68.
- Noyes, F. R., Mooar, P. A., Matthews, D. S., & Butler, D. L. (1983). The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part I: the long-term functional disability in athletically active individuals. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, *65*(2), 154–162.
- Park, S.-K., Stefanyshyn, D. J., Ramage, B., Hart, D. A., & Ronsky, J. L. (2009). Relationship between knee joint laxity and knee joint mechanics during the

menstrual cycle. *British Journal of Sports Medicine*, 43(3), 174–179.
doi:10.1136/bjism.2008.049270

Pasquet, G., & Hascoat, L. (2004). *Echauffement du sportif*. Editions Amphora.

Poortmans, J. R., & Boisseau, N. (2003). *Biochimie des activités physiques* (2ème édition.). Bruxelles: De Boeck.

Richie, D. H., Jr. (2001). Functional instability of the ankle and the role of neuromuscular control: a comprehensive review. *The Journal of Foot and Ankle Surgery: Official Publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*, 40(4), 240–251.

Risberg, M. A., Mørk, M., Jenssen, H. K., & Holm, I. (2001). Design and implementation of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 31(11), 620–631.

Sangenis, P., Biosca, F., Micheli, L., & Smith, A. (2002, avril). Les jeunes filles et les femmes dans le sport. Retrieved from http://www.olympic.org/Documents/Reports/FR/fr_report_517.pdf

Schneider, A. S., Mayer, H. M., Geißler, U., Rumpf, M. C., & Schneider, C. (2013). [Injuries in male and female adolescent soccer players]. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*, 27(1), 34–38. doi:10.1055/s-0032-1330764

Shumway-Cook. (2001). *Motor Control: Theory and practical applications* (2ème édition.).

Silvers, H., Schlegel, S., & Dao, D. (2013). Santa Monica Sports Medicine Foundation. Retrieved June 11, 2013, from <http://smsmf.org/smsf-programs/pep-program>

Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., ... Andersen, T. E. (2008). Comprehensive warm-up programme to prevent injuries

- in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 337, 24–69.
- SportsPhysiotherapyForAll. (2005). Retrieved July 1, 2013, from <http://www.sportsphysiotherapyforall.org/content/view/352/375/>
- Steffen, K., Myklebust, G., Olsen, O. E., Holme, I., & Bahr, R. (2007). Preventing injuries in female youth football--a cluster-randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(5), 605–614. doi:10.1111/j.1600-0838.2007.00703.x
- Sugimoto, D., Myer, G. D., Bush, H. M., Klugman, M. F., Medina McKeon, J. M., & Hewett, T. E. (2012). Compliance with neuromuscular training and anterior cruciate ligament injury risk reduction in female athletes: a meta-analysis. *Journal of Athletic Training*, 47(6), 714–723. doi:10.4085/1062-6050-47.6.10
- The Cochrane Collaboration*. (2011).
- Theler, S. (2007). Effets préventifs de l’instruction théorique et pratique d’un programme d’entraînement sensori moteur au niveau des blessures musculotendineuses et ligamentaires à l’armée. *Mains libres*, (3), 95–108.
- Thompson, N., Halpern, B., Curl, W. W., Andrews, J. R., Hunter, S. C., & McLeod, W. D. (1988). High school football injuries: evaluation. *The American Journal of Sports Medicine*, 16 Suppl 1, S97–104.
- Thonnard, J. L., Plaghki, L., Willems, P., Benoit, J. C., & De Nyer, J. (1986). Pathogenesis of ankle sprain: testing of a hypothesis. *Acta Belgica. Medica physica: organe officiel de la Société royale belge de médecine physique et de réhabilitation*, 9(2), 141–145.
- Toschi, Chanussot, Forestier, & Billuart. (2005). Nouvelle approche de la rééducation des entorses de cheville.

- Tran-Thong. (1967). *Stades et concept de stade de développement de l'enfant dans la psychologie contemporaine*. Vrin.
- Van Beijsterveldt, A. M. ., Krist, M. R., Backx, F. J. ., & Wit, A. (2013). Preventive exercises reduced injury-related costs among adult male amateur soccer players: a cluster-randomised trial. *Journal of Physiotherapy*, 59(1), 15–23. doi:10.1016/S1836-9553(13)70142-5
- Viel, E. (1985). Reprogrammation neuromotrice basée sur l'excitation des récepteurs de la kinesthésie. *Ann. Kinésithérapie*, (7-8), 371–379.
- Waldén, M., Atroshi, I., Magnusson, H., Wagner, P., & Hägglund, M. (2012). Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 344, e3042.
- Weineck, J. (1996). *MANUEL D'ENTRAÎNEMENT. : Physiologie de la performance sportive et de son développement dans l'entraînement de l'enfant et de l'adolescent, 4ème édition révisée et augmentée* (4ème ed.). Vigot.
- Wong, P., & Hong, Y. (2005). Soccer injury in the lower extremities. *British Journal of Sports Medicine*, 39(8), 473–482. doi:10.1136/bjism.2004.015511

7. Liste des tableaux

Tableau 1:	Fluxogramme de notre sélection des articles	22
Tableau 2 :	Évaluation de la qualité des études incluses à l'aide de l'échelle PEDro	24
Tableau 3:	Évaluation de la qualité des études incluses à l'aide de la grille de LAW modifiée.....	25
Tableau 4:	Récapitulatif des caractéristiques des études incluses	26
Tableau 5 :	Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures au niveau des membres inférieurs.....	27
Tableau 6:	Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures type entorse au niveau du membre inférieur.....	28
Tableau 7:	Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures survenant au niveau de l'articulation de la cheville.....	28
Tableau 8:	Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures survenant au niveau de l'articulation du genou.....	29
Tableau 9:	Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures sans-contact du ligament croisé antérieur	30
Tableau 10:	Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures sévères	30
Tableau 11:	Incidence des blessures en fonction de leur topographie.....	32
Tableau 12:	Incidence des blessures en fonction du mécanisme lésionnel.....	33
Tableau 13:	Incidence des blessures en fonction du type de traumatisme	33
Tableau 14:	Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures du ligament croisé antérieur.....	35
Tableau 15:	Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures sans-contact au niveau de l'articulation du genou.....	35
Tableau 16:	Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures au niveau de l'articulation du genou.....	35
Tableau 17:	Comparaison entre un GI et un GC sur la prévention des blessures sans-contact du ligament croisé antérieur	37

8. Annexes

8.1. L'échelle PEDro

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

L'échelle PEDro est basée sur la liste Delphi développée par Verhagen et ses collègues au département d'épidémiologie de l'Université de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). Cette liste est basée sur un "consensus d'experts" et non, pour la majeure partie, sur des données empiriques. Deux items supplémentaires à la liste Delphi (critères 8 et 10 de l'échelle PEDro) ont été inclus dans l'échelle PEDro. Si plus de données empiriques apparaissent, il deviendra éventuellement possible de pondérer certains critères de manière à ce que le score de PEDro reflète l'importance de chacun des items.

L'objectif de l'échelle PEDro est d'aider l'utilisateur de la base de données PEDro à rapidement identifier quels sont les essais cliniques réellement ou potentiellement randomisés indexés dans PEDro (c'est-à-dire les essais contrôlés randomisés et les essais cliniques contrôlés, sans précision) qui sont susceptibles d'avoir une bonne validité interne (critères 2 à 9), et peuvent avoir suffisamment d'informations statistiques pour rendre leurs résultats interprétables (critères 10 à 11). Un critère supplémentaire (critère 1) qui est relatif à la validité "externe" (c'est "la généralisabilité" de l'essai ou son "applicabilité") a été retenu dans l'échelle PEDro pour prendre en compte toute la liste Delphi, mais ce critère n'est pas comptabilisé pour calculer le score PEDro cité sur le site Internet de PEDro.

L'échelle PEDro ne doit pas être utilisée pour mesurer la "validité" des conclusions d'une étude. En particulier, nous mettons en garde les utilisateurs de l'échelle PEDro sur le fait que les études qui montrent des effets significatifs du traitement et qui ont un score élevé sur l'échelle PEDro, ne signifie pas nécessairement que le traitement est cliniquement utile. Il faut considérer aussi si la taille de l'effet du traitement est suffisamment grande pour que cela vaille la peine cliniquement d'appliquer le traitement. De même, il faut évaluer si le rapport entre les effets positifs du traitement et ses effets négatifs est favorable. Enfin, la dimension coût/efficacité du traitement est à prendre compte pour effectuer un choix. L'échelle ne devrait pas être utilisée pour comparer la "qualité" des essais réalisés dans différents domaines de la physiothérapie, essentiellement parce qu'il n'est pas possible de satisfaire à tous les items de cette échelle dans certains domaines de la pratique kinésithérapique.

Dernière modification le 21 juin 1999. Traduction française le 1 juillet 2010

Précisions pour l'utilisation de l'échelle PEDro:

Tous les critères **Les points sont attribués uniquement si le critère est clairement respecté.** Si, lors de la lecture de l'étude, on ne retrouve pas le critère explicitement rédigé, le point ne doit pas être attribué à ce critère.

- Critère 1 Ce critère est respecté si l'article décrit la source de recrutement des sujets et une liste de critères utilisés pour déterminer qui était éligible pour participer à l'étude.
- Critère 2 Une étude est considérée avoir utilisé une *répartition aléatoire* si l'article mentionne que la répartition entre les groupes a été faite au hasard. La méthode précise de répartition aléatoire n'a pas lieu d'être détaillée. Des procédures comme pile ou face ou le lancé de dés sont considérées comme des méthodes de répartition aléatoire. Les procédures quasi-aléatoires, telles que la répartition selon le numéro de dossier hospitalier ou la date de naissance, ou le fait de répartir alternativement les sujets dans les groupes, ne remplissent pas le critère.
- Critère 3 Une *assignation secrète* signifie que la personne qui a déterminé si un sujet répondait aux critères d'inclusion de l'étude ne devait pas, lorsque cette décision a été prise, savoir dans quel groupe le sujet serait admis. Un point est attribué pour ce critère, même s'il n'est pas précisé que l'assignation est secrète, lorsque l'article mentionne que la répartition a été réalisée par enveloppes opaques cachetées ou que la répartition a été réalisée par table de tirage au sort en contactant une personne à distance.
- Critère 4 Au minimum, lors d'études concernant des interventions thérapeutiques, l'article doit décrire au moins une mesure de la gravité de l'affection traitée et au moins une mesure (différente) sur l'un des critères de jugement essentiels en début d'étude. L'évaluateur de l'article doit s'assurer que les résultats des groupes n'ont pas de raison de différer de manière cliniquement significative du seul fait des différences observées au début de l'étude sur les variables pronostiques. Ce critère est respecté, même si les données au début de l'étude ne sont présentées que pour les sujets qui ont terminé l'étude.
- Critères 4, 7-11 Les *critères de jugement* essentiels sont ceux dont les résultats fournissent la principale mesure de l'efficacité (ou du manque d'efficacité) du traitement. Dans la plupart des études, plus d'une variable est utilisée pour mesurer les résultats.
- Critères 5-7 Être "*en aveugle*" signifie que la personne en question (sujet, thérapeute ou évaluateur) ne savait pas dans quel groupe le sujet avait été réparti. De plus, les sujets et les thérapeutes sont considérés être "en aveugle" uniquement s'il peut être attendu qu'ils ne sont pas à même de faire la distinction entre les traitements appliqués aux différents groupes. Dans les essais dans lesquels les critères de jugement essentiels sont autoévalués par le sujet (ex. échelle visuelle analogique, recueil journalier de la douleur), l'évaluateur est considéré être "en aveugle" si le sujet l'est aussi.
- Critère 8 Ce critère est respecté uniquement si l'article mentionne explicitement *à la fois* le nombre de sujets initialement répartis dans les groupes *et* le nombre de sujets auprès de qui les mesures ont été obtenues pour les critères de jugement essentiels. Pour les essais dans lesquels les résultats sont mesurés à plusieurs reprises dans le temps, un critère de jugement essentiel doit avoir été mesuré pour plus de 85% des sujets à l'une de ces reprises.
- Critère 9 Une *analyse en intention* de traiter signifie que, lorsque les sujets n'ont pas reçu le traitement (ou n'ont pas suivi l'intervention contrôle) qui leur avait été attribué, et lorsque leurs résultats sont disponibles, l'analyse est effectuée comme si les sujets avaient reçu le traitement (ou avaient suivi l'intervention contrôle) comme attribué. Ce critère est respecté, même sans mention d'une analyse en intention de traiter si l'article mentionne explicitement que tous les sujets ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle comme attribué.
- Critère 10 Une comparaison statistique *intergroupe* implique une comparaison statistique d'un groupe par rapport à un autre. Selon le plan expérimental de l'étude, cela peut impliquer la comparaison de deux traitements ou plus, ou la comparaison d'un traitement avec une intervention contrôle. L'analyse peut être une simple comparaison des résultats mesurés après administration des traitements, ou une comparaison du changement dans un groupe au changement dans un autre (quand une analyse factorielle de variance a été utilisée pour analyser les données, ceci est souvent indiqué sous la forme d'une interaction groupe x temps). La comparaison peut prendre la forme d'un test sous hypothèses (qui produit une valeur "p", décrivant la probabilité que les groupes diffèrent uniquement du fait du hasard) ou prendre la forme d'une estimation (par exemple: différence de moyennes ou de médianes, différence entre proportions, nombre nécessaire de sujets à traiter, risque relatif ou rapport de risque instantané dit "hazard ratio") et de son intervalle de confiance.
- Critère 11 Une *estimation de l'effet* est une mesure de la taille de l'effet du traitement. L'effet du traitement peut être décrit soit par une différence entre les groupes, soit par le résultat au sein (de chacun) de tous les groupes. Les *estimations de la variabilité* incluent les écarts-types, les erreurs standards, les intervalles de confiance, les intervalles interquartiles (ou autres quantiles) et les étendues. Les estimations de l'effet et/ou de la variabilité peuvent être fournies sous forme graphique (par exemple, les écarts-types peuvent être représentés sous forme de barres d'erreurs dans une figure) à la condition expresse que le graphique soit clairement légendé (par exemple, qu'il soit explicite que ces barres d'erreurs représentent des écarts-type ou des erreurs-standard). S'il s'agit de résultats classés par catégories, ce critère est considéré respecté si le nombre de sujets de chaque catégorie est précisé pour chacun des groupes.

8.2. La grille de LAW modifiée

Critical Review Form – Quantitative Studies

©Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L. Bosch, J. & Westmorland, M.
McMaster University

Adapted Word Version Used with Permission

The EB Group would like to thank Dr. Craig Scanlan, University of Medicine and Dentistry of NJ,

for providing this Word version of the quantitative review form.

Oui = 1 point

Pas présenté = 0 point

Non = 0 point

Pas nécessaire = 0 point

Item Design : RCT = 7 point / Case study = 1 point

REFERENCE	Présentez la référence complète selon le format APA.
OBJECTIF(S) DE L'ÉTUDE 1pt Les objectifs sont clairement présentés <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	Présentez l'objectif de l'étude. Quel est le lien entre cette étude et votre question clinique ?
LITTÉRATURE 1pt La littérature utilisée est-elle pertinente ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	Décrivez la justification de la pertinence de l'étude.
DESIGN 7pt <input type="checkbox"/> Randomized (RCT) (étude randomisée contrôlée) <input type="checkbox"/> cohort (étude de cohorte) <input type="checkbox"/> single case design (étude expérimentale à cas unique) <input type="checkbox"/> before and after (avant – après) <input type="checkbox"/> case-control (étude de cas-témoin) <input type="checkbox"/> cross-sectional (étude transversale) <input type="checkbox"/> case study (étude de cas)	Décrivez le design de l'étude. Est-ce qu'il est approprié par rapport à la question posée ? (p.ex. connaissances préalables, résultats, aspects éthiques, etc.) Spécifiez les biais potentiels (qui auraient pu opérer) et leurs influences (positives ou négatives) sur les résultats.

<p>ECHANTILLONNAGE 2pt</p> <p>L'échantillon est-il décrit de manière détaillée ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>La taille de l'échantillon est-elle justifiée ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Pas nécessaire</p>	<p>Décrivez l'échantillonnage (comment a-t-il été fait : qui ; caractéristiques ; taille). Si davantage qu'un groupe, est-ce que les groupes étaient similaires ?</p> <p>Décrivez les procédures éthiques. Le consentement éclairé a-t-il été obtenu ?</p>	
<p>OUTCOMES 3pt</p> <p>Les outils de mesure sont-ils fiables ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Pas présenté</p> <p>Les outils de mesure sont-ils valides ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Pas présenté</p> <p>Est-ce que l'examineur est en aveugle ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p>	<p>Spécifiez la fréquence / les modalités des mesures (= recueil des données) par ex. avant, après, follow-up).</p> <p>Outcome areas (domaines).</p>	<p>Liste des outils de mesure utilisés (échelles, tests, etc.).</p>
<p>INTERVENTION 3pt</p> <p>L'intervention est-elle décrite en détail ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Pas présenté</p> <p>La contamination est évitée ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Pas présenté <input type="checkbox"/> Pas nécessaire</p> <p>La co-intervention est évitée ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Pas présenté <input type="checkbox"/> Pas nécessaire</p>	<p>Décrivez brièvement l'intervention (quoi, qui l'a faite, durée, contexte). L'intervention pourrait-elle être répliquée/reconduite ?</p>	

<p>RESULTATS 2pt</p> <p>Les résultats sont-ils significatifs ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Pas présenté <input type="checkbox"/> Pas nécessaire</p> <p>Est-ce que les modalités d'analyse sont appropriées ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Pas présenté</p>	<p>Quels sont les résultats ? Est-ce qu'ils sont statistiquement significatifs (p.ex., $p < 0.05$) ? Si non, est-ce que la taille de l'échantillon était suffisamment grande pour démontrer une différence (s'il y en a une) ? Dans le cas de résultats multiples, l'analyse statistique les a-t-elle pris en compte?</p>
<p>Est-ce que l'importance pour la clinique est abordée ? 1pt</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Pas présenté</p>	<p>Quelle est l'importance des résultats pour la clinique ? Est-ce que la différence entre les groupes, le cas échéant, est « cliniquement » importante ?</p>
<p>Les abandons sont-ils mentionnés ? 1pt</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p>	<p>Des participants ont-ils abandonné l'étude ? Pourquoi ? Est-ce qu'on connaît les raisons ?</p>
<p>CONCLUSIONS ET IMPLICATIONS 1pt</p> <p>Les conclusions sont-elles adéquates compte tenu des méthodes et résultats ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p>	<p>Quelles sont les conclusions de l'étude ? Quelles sont les implications des résultats pour la pratique ? Quelles sont les limites et biais de l'étude ?</p>

8.4. Programme FIFA 11

Table 1. Exercises and repetitions of the "11" used as a structured warm-up program (F-MARC, 2005)

Exercises	Description	Repetitions
Core stability		
The bench (1)	Leaning on your elbows in the prone position, lift the upper body, hips and knees so that the body forms a straight line from the shoulder to the heels. Hold this position	15 s × 4 repetitions
Sideways bench (2)	Leaning on one elbow in the side position, lift top leg and hips until the shoulder, hip and top leg are in straight line and parallel to the ground. Hold this position	15 s × 2 repetitions on each side
Balance		
Cross-country skiing (3)	In single-leg stance, continuously bend and extend the knee of the supporting leg and swing the arms in rhythm	15 s × 2 repetitions on each leg
Chest pass in single-leg stance (4)	Partner exercise with both players in single-leg stance. Throw a ball back and forth	15 s × 3 repetitions on each leg
Forward bend in single-leg stance (5)	As (4). Before throwing back, touch the ball to the ground without putting weight on it	15 s × 3 repetitions on each leg
Figure-of-eights in single-leg stance (6)	As (4). Before throwing back, move the ball in a figure-eight through and around both legs	15 s × 3 repetitions on each leg
Plyometrics		
Line jumps (sideways, forwards-backwards) (7)	Two-leg jumps sideways over a line and forward-back as quickly as possible	15 jumps of each type
Zigzag shuffle (forwards and backwards) (8)	Shuffle sideways with a low center of mass to the first cone, turn so that the other shoulder points to the next cone and complete the zigzag course as fast as possible	2 repetitions in each direction (20 m)
Bounding (9)	Spring as high and far as possible off the supporting leg. Bring the knee of the trailing leg up as high as possible and the opposite arm in front of the body. Continuous bounding, switching legs on each take off	10–15 jumps × 3 repetitions (20 m)
Strength		
Nordic hamstrings (10)	Lower legs are held stable by a partner. Slowly lean forward keeping the upper body and hips straight while resisting the forward-falling motion by the hamstring muscles	5 repetitions

8.5. Programme HarmoKnee

Exercise	Duration ^b
Warm-up	≥10 min
During each of the warm-up exercises we encouraged straight alignment hip-knee-foot; low center of gravity; lightly flexed knees; and soft and controlled landing. Optionally, ball and passing drills can be introduced where appropriate.	
Jogging	≥4-6 min
Backward jogging on the toes	Approximately 1 min
High-knee skipping: skip with an exaggerated motion by driving the left knee and the right arm toward the sky. Soft landing on the right foot. The sequence is repeated using the opposite leg and arm. No need to jump high or long.	Approximately 30 s
Defensive pressure technique: sliding slowly, zigzag backward.	Approximately 30 s
One and one: alternating forward zigzag running and pressure technique zigzag backward.	≥2 min
Muscle activation	Approximately 2 min
During each of the muscle activation exercises we encouraged carefully holding and contracting the muscle for approximately 4 s, focusing on "finding" your muscles. We recommend stretching only in cases of limited range of motion; stretching is not recommended for players with joint laxity.	
Activation of calf muscles	4 s for each leg/side
Activation of quadriceps muscles	4 s for each leg/side
Activation of hamstring muscles	4 s for each leg/side
Activation of hip flexor muscles	4 s for each leg/side
Activation of groin muscles	4 s
Activation of hip and lower back muscles	4 s for each leg/side
Balance	Approximately 2 min
Proper landing and take off in a jump is the most important movement in this exercise. We encouraged straight line hip-knee-foot; standing with feet shoulder-width apart; soft and controlled landing with flexed knees; freezing the landing before taking off again; and keeping a low body-center of gravity. Contract and hold stomach and buttocks during the whole exercise. Perform exercises slowly; no need to jump high.	
Forward and backward double leg jumps	Approximately 30 s
Lateral single leg jumps	Approximately 30 s
Forward and backward single leg jumps	Approximately 30 s
Double leg jump with or without ball (optional)	Approximately 30 s
Strength	Approximately 4 min
We encouraged soft and controlled landing; contracting stomach and buttocks; straight line hip-knee-foot.	
Walking lunges in place	Approximately 1 min
Hamstring curl (in pairs)	Approximately 1 min
Single-knee squat with toe raises	Approximately 1 min
Core stability	Approximately 3 min
We encouraged contracting stomach and buttocks; straight line through the body; if there is back pain, stop or modify the exercise (do not hold your breath).	
Sit-ups	Approximately 1 min
Plank on elbows and toes	Approximately 1 min
Bridging	Approximately 1 min

^a All exercises were described in detail. Teams received a manual with written instructions and photographs in addition to practical education on how to correctly perform the exercises. Also see the eAppendix.

^b Total program duration, approximately 20 to 25 minutes.

8.6. Programme KIPP

PRACTICE DAY A		PRACTICE DAY B	
ESSENTIAL EXERCISES	1. Jogging	ESSENTIAL EXERCISES	1. Jogging
	2. Skipping		2. Skipping
	3. Carioca		3. Carioca
	4. Side Shuffle		4. Side Shuffle
	5. Backward Jog		5. Backward Jog
	6. Butt Kickers		6. Butt Kickers
	7. Bear Crawl (or Mountain Climbers for 30 sec)		7. Bear Crawl (or Mountain Climbers for 30 sec)
	8. Walking Lunge - Forward & Sideways		8. Walking Lunge - Forward & Sideways
	9. Arm Swings (10 forward, 10 backward)		9. Arm Swings (10 forward, 10 backward)
	10. Leg Swings (10 side-to-side, 10 front-to-back)		10. Leg Swings (10 side-to-side, 10 front-to-back)
	11. Heel Raises (30 sec)		11. Squats (30 sec)
	12. Line Jumps (side-to-side & front-to-back - 30 sec each)		12. Ankle Bounces (30 sec)
	13. Broad Jumps (5 reps)		13. Side Plank (30 sec/side)
	14. Plank (30 sec)		14. Squat Jumps (30 sec)
	15. Scissors Jumps (30 sec)		15. Ice Skaters (30 sec)
	16. Prone Lift - Traditional (10 reps)		16. Push-Ups (30 sec)
	17. Hop, Hop, Stick (5 jumps/leg)		17. Jump for Distance (5 jumps/leg)
OPTIONAL PRACTICE DAY EXERCISES Pick 1 group per practice day		GROUP 1	
		Prone Lift - Alternating (10 reps) Three-Plane Lunge (5 reps/leg) Tuck Jumps (30 sec) Bounding in Place (30 sec) Shuttle Run (two lines of cones 50 ft. apart in zig-zag pattern)	
		GROUP 2	
		Prone Lift - Knee Flexion (10 reps) Single-Plane Lunge (5 reps/leg) 3 Broad Jumps/Vertical Jump (5 reps) Bounding for Distance (30 sec) Diagonal Run (two lines of cones 50 ft. apart in zig-zag pattern)	
		GROUP 3	
		Russian Hamstring (10 reps) Diagonal Bounding (30 sec) Jump into Bounding (5 reps) Lateral Shuffle (two lines of cones 50 ft. apart in zig-zag pattern)	

GAME DAY	
ESSENTIAL EXERCISES	1. Jogging
	2. Skipping
	3. Carioca
	4. Side Shuffle
	5. Backward Jog
	6. Butt Kickers
	7. Bear Crawl (or Mountain Climbers for 30 sec)
	8. Walking Lunge - Forward & Sideways
	9. Arm Swings (10 forward, 10 backward)
	10. Leg Swings (10 side-to-side, 10 front-to-back)
	11. Line Jumps (side-to-side & front-to-back - 30 sec each)
	12. 180 Degree Jumps (30 sec)

KIPP™ TIPS

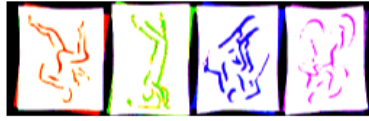
- KIPP is most effective when done in the correct order before each practice and game. Consistency is key!
- KIPP helps improve total body strengthening, coordination and agility so don't skip any of the more strenuous exercises like the bear crawl or plank!
- KIPP includes a number of active stretches which encourage lengthening of the muscles through motion. Static stretching should only be utilized **after** practices and games.

KIPP®

Knee Injury Prevention Program

SPORTS INJURY PREVENTION TIPS
<ul style="list-style-type: none"> • Warm up before every practice, game and workout. • Stay hydrated! Drink before, during and after workouts. Water is good for exercise lasting less than an hour. Use a sports drink for longer workouts. • Respond promptly to signs of injury. Don't play through the pain! If pain persists after 1-2 rest days, consult a physician. • Participate in a variety of sports to help prevent burnout and overuse injuries. Try something new! • When beginning a new sport, do so gradually. Increase distance or duration no more than 10% per week. • Participate in a pre-season conditioning program. • Use recommended protective equipment that fits well and is in good condition. • Get a pre-season sports physical at least once a year.

8.7. Programme PEP



The Santa Monica Sports Medicine Research Foundation *The PEP Program: Prevent injury and Enhance Performance*

This prevention program consists of a warm-up, stretching, strengthening, plyometrics, and sport specific agilities to address potential deficits in the strength and coordination of the stabilizing muscles around the knee joint. It is important to use proper technique during all of the exercises. The coaches and trainers need to emphasize correct posture, straight up and down jumps without excessive side-to-side movement, and reinforce soft landings. This program should be completed 3 times a week. If you are using this program with athletes that are twelve or under, please perform the plyometrics over a visual line on the field or a flat 2" cone and land each jump with two feet. Do not perform single leg plyometrics with young individuals until they demonstrate substantial control. (see addendum) The field should be set up 10 minutes prior to the warm-up. This will allow for a smooth transition between the activities. A sample field set-up has been included in your packet.

This program should take approximately 15 - 20 minutes to complete. However, when you first begin the program, it may take slightly longer due to the fact that you must first become well acquainted with the program and the transitions. Along side each exercise you will notice a box with the approximate amount of time that should be spent on each activity. This will serve as a guideline to you in order to conduct your warm-up in a time efficient manner.

Section I: Warm – up

Warming up and cooling down are a critical part of a training program. The purpose of the warm-up section is to allow the athlete to prepare for activity. By warming up your muscles first, you greatly reduce the risk of injury.

- A. Jog line to line (cone to cone): Elapsed Time: 0 - .5 minute
Purpose: Allows the athletes to slowly prepare themselves for the training session while minimizing the risk for injury. Educate athletes on good running technique; keep the hip/knee/ankle in straight alignment without the knee caving in or the feet whipping out to the side.
Instruction: Complete a slow jog from near to far sideline
- B. Shuttle Run (side to side) Elapsed Time: .5 to 1 minute
Purpose: engage hip muscles (inner and outer thigh). This exercise will promote increased speed. Discourage inward caving of the knee joint.
Instruction: Start in an athletic stance with a slight bend at the knee. Leading with the right foot, sidestep pushing off with the left foot (back leg). When you drive off with the back leg, be sure the hip/knee/ankle are in a straight line. Switch sides at half field.
- C. Backward Running Elapsed Time: 1 – 1.5 minutes
Purpose: continued warm-up; engage hip extensors/hamstrings. Make sure the athlete lands on her toes. Be sure to watch for locking of the knee joint. As the athlete brings her foot back, make sure she maintains a slight bend to the knee.
Instruction: Run backwards from sideline to sideline. Land on your toes without extending the knee. Stay on your toes and keep the knees slightly bent at all times.

Section II: Strengthening

This portion of the program focuses on increasing leg strength. This will lead to increased leg strength and a more stable knee joint. Technique is everything; close attention must be paid to the performance of these exercises in order to avoid injury.

A. Walking Lunges (1 minute)

Elapsed Time: 1.5 – 2.5 min

Purpose: Strengthen the thigh (quadriceps) muscle.

Instruction: Lunge forward leading with your right leg. Push off with your right leg and lunge forward with your left leg. Drop the back knee straight down. Make sure that you keep your front knee over your ankle. Control the motion and try to avoid your front knee from caving inward. If you can't see your toes on your leading leg, you are doing the exercise incorrectly.

B. Russian Hamstring (1 minute)

Elapsed Time: 2.5 – 3.5 min

Purpose: Strengthen hamstrings muscles

Instruction: Kneel on the ground with hands at your side. Have a partner hold firmly at your ankles. With a straight back, lead forward leading with your hips. Your knee, hip and shoulder should be in a straight line as you lean toward the ground. Do not bend at the waist. You should feel the hamstrings in the back of your thigh working. Repeat the exercise for 30 seconds and switch with your partner.

C. Single Toe Raises (1 minute)

Elapsed Time: 3.5 – 4.5 min

Purpose: This exercise strengthens the calf muscle and increases balance.

Instruction: Stand up with your arms at your side. Bend the left knee up and maintain your balance. Slowly rise up on your right toes with good balance. You may hold your arms out ahead of you in order to help. Slowly repeat 30 times and switch to the other side. As you get stronger, you may need to add additional repetitions to this exercise to continue the strengthening effect of the exercise.

Section III: Plyometrics

These exercises are explosive and help to build, power, strength and speed. The most important element when considering performance technique is the landing. It must be soft! When you land from a jump, you want to softly accept your weight on the balls of your feet slowly rolling back to the heel with a bent knee and a bent hip. These exercises are basic, however, it is critical to perform them correctly. Please begin these exercise using a flat cone (2 inches) or with a visual line on the field.

A. Lateral Hops over Cone (30 seconds)

Elapsed Time: 4.5 – 5 min

Purpose: Increase power/strength emphasizing neuromuscular control

Instruction: Stand with a 2" cone to your left. Hop to the left over the cone softly landing on the balls of your feet land bending at the knee. Repeat this exercise hopping to the right. Progress to Single leg hops

B. Forward/Backward Hops over cone (30 sec)

Elapsed Time: 5 – 5.5 min

Purpose: Increase power/strength emphasizing neuromuscular control

Instruction: Hop over the cone softly landing on the balls of your feet and bending at the knee. Now, hop backwards over the ball using the same landing technique. Be careful not to snap your knee back to straighten it. You want to maintain a slight bend to the knee.

C. Single Leg hops over cone (30 seconds)

Elapsed Time: 5.5 – 6 min

Purpose: Increase power/strength emphasizing neuromuscular control.

Instruction: Hop over the cone landing on the ball of your foot bending at the knee. Now, hop backwards over the ball using the same landing technique. Be careful not to snap your knee back to straighten it. You want to maintain a slight bend to the knee. Now, stand on the left leg and repeat the exercise. Increase the number of repetitions as needed.

D. Vertical Jumps with headers (30 seconds)

Elapsed Time: 6 – 6.5 min

Purpose: Increase height of vertical jump.

Instruction: Stand forward with hands at your side. Slightly bend the knees and push off jumping straight up. Remember the proper landing technique; accept the weight on the ball of your foot with a slight bend to the knee.

E. Scissors Jump (30 seconds)

Elapsed Time: 6.5 – 7 min

Purpose: Increase power and strength of vertical jump.

Instruction: Lunge forward leading with your right leg. Keep your knee over your ankle. Now, push off with your right foot and propel your left leg forward into a lunge position. Be sure your knee does not cave in or out. It should be stable and directly over the ankle. Remember the proper landing technique; accept the weight on the ball of your foot with a slight bend to the knee. Repeat 20 times.

Section IV: Agilities

A. Forward run with 3 step deceleration

Elapsed Time: 7 – 8 min

Purpose: Increase dynamic stability of the ankle/knee/hip complex

Instruction: Starting at the first cone, sprint forward to the second cone. As you approach the cone, use a 3 step quick stop to decelerate. Continue on to cone 2 using the same strategy to deceleration. Do not let your knee extend over your toe. Do not let your knee cave inward. This exercise is used to teach the athlete how to properly accelerate and decelerate while moving forward and the hip, buttock and hamstring musculature.

B. Lateral Diagonal runs (3 passes)

Elapsed Time: 8 – 9 min

Purpose: To encourage proper technique/stabilization of the hip and knee. This exercise will also deter a “knock knee” position from occurring – which is a dangerous position for the ACL.

Instruction: Face forward and laterally run to the first cone on the right. Pivot off the right foot and shuttle run to the second cone. Now pivot off the left leg and continue onto the third cone. Make sure that the outside leg does not cave in. Keep a slight bend to the knee and hip and make sure the knee stays over the ankle joint.

C. Bounding run (44 yds)

Elapsed Time: 9 – 10 min

Purpose: To increase hip flexion strength/increase power/speed

Instruction: Starting on the near sideline, run to the far side with knees up toward chest. Bring your knees up high. Land on the ball of your foot with a slight bend at the knee and a straight hip. Increase the distance as this exercise gets easier.

Begin your training session with your coach. After the completion of training, resume the PEP program at section V.

Section V: Stretching

It is important to incorporate a short warm-up prior to stretching. Never stretch a “cold muscle”. By performing these stretches, you can improve and maintain your range of motion, reduce stiffness in your joints, reduce post-exercise soreness, reduce the risk of injury and improve your overall mobility and performance. Note: this portion of the program may be moved to the end of your training session. Do a warm-up such as brisk walking for five to 10 minutes before stretching. Gently stretch to a point of tension and hold. Hold the stretch for 30 seconds. Concentrate on lengthening the muscles you are stretching. Breathe normally.

A. Calf stretch (30 seconds x 2 reps)

Elapsed Time: 10 to 11 minutes

Purpose: stretch the calf muscle of the lower leg

Instruction: Stand leading with your right leg. Bend forward at the waist and place your hands on the ground (V formation). Keep your right knee slightly bent and your left leg straight. Make sure your left foot is flat on the ground. Do not bounce during the stretch. Hold for 30 seconds. Switch sides and repeat.

B. Quadricep stretch (30 seconds x 2 reps)

Elapsed Time: 11 to 12 minutes

Purpose: stretch the quadricep muscle of the front of the thigh

Instruction: Place your left hand on your partner’s left shoulder. Reach back with your right hand and

C. Figure Four Hamstring stretch (30 sec x 2 reps)

Elapsed Time: 12 – 13 min

Purpose: To stretch the hamstring muscles of the back of the thigh.

Instruction: Sit on the ground with your right leg extended out in front of you. Bend your left knee and rest the bottom of your foot on your right inner thigh. With a straight back, try to bring your chest toward your knee. Do not round your back. If you can, reach down toward your toes and pull them up toward your head. Do not bounce. Hold for 30 seconds and repeat with the other leg.

D. Inner Thigh Stretch (20 sec x 3 reps)

Elapsed Time: 13 – 14 min

Purpose: Elongate the muscles of the inner thigh (adductor group)

Instruction: Remain seated on the ground. Spread your legs evenly apart. Slowly lower yourself to the center with a straight back. You want to feel a stretch in the inner thigh. Now reach toward the right with the right arm. Bring your left arm overhead the stretch over to the right. Hold the stretch and repeat on the opposite side.

E. Hip Flexor Stretch – (30 sec x 2 reps)

Elapsed Time: 14 - 15 min

Purpose: Elongate the hip flexors of the front of the thigh.

Instruction: Lunge forward leading with your right leg. Drop your left knee down to the ground. Placing your hands on top of your right thigh, lean forward with your hips. The hips should be square with your shoulders. If possible, maintain your balance and lift back for the left ankle and pull your heel to your buttocks. Hold for 30 seconds and repeat on the other side.

8.8. Programme de Waldén

Table 1| Details of neuromuscular warm-up programme used in intervention group

Exercise	Instructions	Repetitions/duration
One legged knee squat:	Slow movement with smooth turn, horizontal pelvis and non-supporting foot in front of body with slightly flexed hip and knee	
Level A	Hands on hips	3×8-15 reps
Level B	Hold ball over head with straight arms	3×8-15 reps
Level C	Hands on hips; mark with non-supporting foot just above ground at 12-02-04-06 o'clock positions	3×5 reps
Level D	Bend down while holding ball and let ball touch ground outside supporting foot; make diagonal movement upwards and raise ball over head with straight arms on contralateral side	3×8-15 reps
Pair exercise	Teammate stands slightly oblique in front of you and ball is pressed between lateral sides of feet of non-supporting legs	3×5-10 reps
Pelvic lift:	Supine position; lift pelvis from ground while keeping back straight	
Level A	Both feet on ground and hands across chest	3×8-15 reps
Level B	One foot on ground and contralateral leg flexed in hip and knee 90° with both hands on knee	3×8-15 reps
Level C	One foot on football and contralateral leg flexed in hip and knee 90° with arms on ground alongside body	3×8-15 reps
Level D	One foot on ground and other in air; keep upper arms on ground with elbows flexed 90°; push away supporting foot and land on contralateral foot	3×8-15 reps
Pair exercise	Teammate stands with flexed knees and supports heel of one of your feet in her hands; hands across chest and lift pelvis	3×8-15 reps
Two legged knee squat:	Slow movement with smooth turn, back in straight position and feet shoulder-wide apart with soles in contact with ground	
Level A	Hold ball in front of body with straight arms	3×8-15 reps
Level B	Hands on hips	3×8-15 reps
Level C	Hold ball over head with straight arms	3×8-15 reps
Level D	Same as level C but continue movement and rise up on toes after returning to starting position and stay briefly in that position	3×8-15 reps
Pair exercise	Teammate stands next to you approximately 1 m away, facing opposite directions; hold ball between you with one hand and other hand on hip; apply slight pressure on ball while performing knee squat	3×8-15 reps
The bench:	Lift body and keep it in straight line	
Level A	Prone position; support on knees and on lower arms with elbows kept under shoulders	15-30 sec
Level B	Same as level A but with support on tip of feet	15-30 sec
Level C	Same as level B, but move foot to side and back to starting position; alternate sides	15-30 sec
Level D	Lie sideways with support on foot and lower arm with elbow kept under shoulder and other hand on hip; lift hip off ground and stay briefly in that position with good control before slowly returning to starting position	5-10 reps
Pair exercise	Teammate stands behind you and holds your feet or lower legs; lift the body and walk forward by using hands on ground	15-30 sec
The lunge:	Take deep step with marked knee lift and soft landing; rear knee should not touch ground	
Level A	Hands on hips; move forward with each step	3×8-15 reps
Level B	Hold ball in front of body with straight arms; rotate upper body while stepping forward and position ball laterally of front leg; move forward with each step and alternate sides	3×8-15 reps
Level C	Hold ball over head with straight arms; perform forward lunge and push back with front leg and return to starting position	3×8-15 reps
Level D	Hold ball in front of body with straight arms; perform sideways lunge and return to starting position	3×8-15 reps
Pair-exercise	Teammate stands in front of you 5-10 m away; perform forward lunge while making throw-in with ball	3×8-15 reps
Jump/landing:	Make jump with soft landing; stay briefly in landing position	
Level A	Stand on one leg with knee slightly bent and hands on hips; make short forward jump and land on same foot; jump backwards to starting position	3×8-15 reps
Level B	Stand on two legs shoulder-wide apart with hands on back; make sideways jump and land on one foot; alternate sides	3×8-15 reps
Level C	Take a few quick steps on same spot and make short jump straight forward landing on one foot	3×5 reps
Level D	Same as level C, but change direction and jump to one side (90° turn); alternate sides	3×5 reps

8.9. Grille de lecture de Kiani et al. 2010

Titre de l'étude : Prevention of Soccer-Related Knee Injuries in Teenaged Girls	
Auteurs	Kiani, Hellquist, Ahlqvist, Gedeberg, Michaëlsson, Byberg
Année, lieu de l'étude	2010, Suède
Design	Cohorte
Objectif	Déterminer les effets d'un programme à visée neuromusculaire sur l'incidence des blessures au genou chez les joueuses de football âgées de 13-19 ans
Durée du suivi	9 mois
Population	
Baseline	1506 footballeuses de 13-19 ans dans 97 équipes suédoises Critère d'inclusion: faire partie des équipes féminines de Dalarna et Uppland, être âgée entre 13-19 ans et pratiquer au moins 2 entraînements/semaine
Groupes	Groupe contrôle (GC): 49 équipes, 729 adolescentes → échauffement habituel Groupe intervention (GI): 48 équipes, 777 adolescentes → échauffement neuromusculaire (HarmoKnee)
Intervention	
Type d'échauffement neuromusculaire	HarmoKnee
Contenu	Exercices de course (+/-10min), activation musculaire (+/-2 min), équilibre (+/-2 min), force (4 min) et <i>core stability</i> (3 min)
Durée	20-25 minutes
Outcomes	
Outcomes globaux	Blessures au niveau de l'articulation du genou avec et sans-contact
Qualité	
Échelle de qualité	Grille de LAW modifiée : 18/22

8.10. Grille de lecture de LaBella et al. 2011

Titre de l'étude : Effect of Neuromuscular Warm-up on Injuries in Female Soccer and Basketball Athletes in Urban Public High Schools	
Auteurs	Labella, Huxford, Grissom, Kim, Peng, Christoffel
Année, lieu de l'étude	2011, Chicago
Design	RCT
Objectif	Déterminer les effets d'un échauffement à visée neuromusculaire sur la réduction des blessures du membre inférieur chez les athlètes féminines des écoles publiques de Chicago (High School)
Durée du suivi	13 semaines
Population	
Baseline	1492 joueuses de football et de basketball Moyenne d'âge 16.22 ans
Groupes	Groupe contrôle: 755 adolescentes → échauffement habituel Groupe intervention: 737 adolescentes → échauffement neuromusculaire (KIPP)
Intervention	
Type d'échauffement neuromusculaire	Knee Injury Prevention Program
Contenu	Force, pliométrie, équilibre, agilité et étirements actifs
Durée	20 minutes de manière régulière
Outcomes	
Outcomes globaux	Blessures sans-contact de toutes les athlètes: aigues, surcharges, entorses de cheville, entorses de genou, déchirures du LCA, blessures aux membres inférieurs traitées chirurgicalement Blessures sans-contact des 855 athlètes ayant fournis des informations personnelles : aigues, surcharges, entorses de cheville, entorses de genou, déchirures du LCA, blessures aux membres inférieurs traitées chirurgicalement
Qualité	
Échelle de qualité	Échelle PEDro : 5/8

8.11. Grille de lecture de Mandelbaum et al. 2005

Titre de l'étude : Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up	
Auteurs	Mandelbaum, Silvers, Watanabe, Knarr, Thomas, Griffin, Kirkendall, Garrett
Année, lieu de l'étude	2005, Californie
Design	Cohorte
Objectif	Déterminer si un programme de performance neuromusculaire et proprioceptive est efficace afin de réduire l'incidence des blessures du ligament croisé antérieur chez des footballeuses adolescentes
Durée du suivi	24 mois
Population	
Baseline	Equipes féminines de football appartenant à la Coast Soccer League of Southern California âgée de 14 à 18 ans <ul style="list-style-type: none"> • 1^{ère} année : 1041 adolescentes • 2^{ème} année : 844 adolescentes
Groupes	<p>Groupe intervention → échauffement neuromusculaire (PEP)</p> <p>Groupe contrôle → échauffement habituel</p> <p>1^{ère} année:</p> <ul style="list-style-type: none"> • groupe intervention : 1041 joueuses (52 équipes) • groupe contrôle: 1905 joueuses (45 équipes) <p>2^{ème} année:</p> <ul style="list-style-type: none"> • groupe intervention : 844 joueuses (45 équipes) • groupe contrôle: 1913 joueuses (112 équipes)
Intervention	
Type d'échauffement neuromusculaire	Prevention Injury and Enhance Performance
Contenu	Exercices de course, force, pliométrie, agilité et étirements
Durée	20 minutes de manière régulière
Outcomes	
Outcomes globaux	Blessures au niveau du genou (LCA), blessures aux membres inférieurs en général
Qualité	
Échelle de qualité	Grille de LAW modifiée : 16/22

8.12. Grille de lecture de Soligard et al. 2008

Titre de l'étude : Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers	
Auteurs	Soligard, Myklebust, Steffen, Holme, Silvers, Bizzini, Junge, Dvorak, Bahr, Andersen
Année, lieu de l'étude	2008, Norvège, USA, Suisse
Design	RCT
Objectif	Examiner les effets d'un échauffement à visée neuromusculaire (FIFA11+) conçu pour réduire le risque des blessures chez les jeunes footballeuses
Durée du suivi	9 mois
Population	
Baseline	Equipes de football féminin norvégienne M-15 et M-16 (13-17 ans) Critères d'inclusion: équipes pratiquant au moins 2 entraînements/semaine + 1 match
Groupes	Groupe intervention : 1055 joueuses (52 clubs) → échauffement neuromusculaire (FIFA 11+) Groupe contrôle: 837 joueuses (41 clubs) → échauffement habituel
Intervention	
Type d'échauffement neuromusculaire	FIFA 11+ de manière régulière
Contenu	Exercices de courses (8 min), force, pliométrie, équilibre (10 min) et exercices de courses (2 min)
Durée	20 minutes de manière régulière
Outcomes	
Outcomes globaux	Toutes blessures confondues Blessures durant les matchs Blessures durant les entraînements Blessures aux membres inférieurs Blessures aux genoux Blessures aux chevilles Blessures aiguës (entorse, déchirure, contusion, fracture) --> contact/non-contact Blessures de surcharge (tendinopathie du membre inférieur, lombalgies, périostite) Sévérité des blessures (minimal = 1-3 jours d'absence des terrains, moyen= 4-7 jours, modéré= 8-28 jours, sévère >28jours) Localisation des blessures (genou, cheville, cuisse, partie antérieure et postérieure de la cuisse, hanche et aine) Compliance
Qualité	
Échelle de qualité	Échelle PEDro : 5/8

8.13. Grille de lecture de Steffen et al. 2007

Titre de l'étude : Preventing injuries in female youth football	
Auteurs	Steffen, Myklebust, Olsen, Holme, Bahr
Année, lieu de l'étude	2007, Norvège
Design	RCT
Objectif	Investiguer les effets d'un échauffement à visée neuromusculaire sur les risques de blessures chez les jeunes footballeuses
Durée du suivi	8 mois
Population	
Baseline	Equipes de football féminin M-17 (Sud Norvège) 13-17 ans Critères d'inclusion: faire partie de la ligue M-17 (16 ans et moins) Critères d'exclusion: avoir subi une ou des blessures avant le début de l'étude
Groupes	Groupe intervention : 1073 joueuses (58 équipes) → échauffement neuromusculaire (FIFA 11) Groupe contrôle: 947 joueuses (54 équipes) → échauffement habituel
Intervention	
Type d'échauffement neuromusculaire	FIFA 11 de manière régulière
Contenu	<i>Core Stability</i> , équilibre, pliométrie et force
Durée	20 minutes de manière régulière
Outcomes	
Outcomes globaux	Toutes blessures confondues Blessures de surcharge Blessures aiguës (match/ entraînement) Localisation des blessures (Membres supérieurs et inférieurs, genou, cheville, cuisse et aine) Types de blessures (contusions, entorses, déchirures, autres) Récidives de blessures (toutes et entorse de cheville) Blessures avec contact Blessures sans contact Sévérité des blessures (minimale = 1-7 jours d'absence des terrains, moyen = 8-21 jours et sévère > 21 jours) Compliance
Qualité	
Échelle de qualité	Échelle PEDro : 7/8

8.14. Grille de lecture de Waldén et al. 2012

Titre de l'étude : Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players	
Auteurs	Waldén, Atroshi, Magnusson, Wagner, Hägglund
Année, lieu de l'étude	2012, Suède
Design	RCT
Objectif	Évaluer l'efficacité d'un échauffement à visée neuromusculaire sur la réduction du taux de blessures aiguës du genou chez la footballeuse adolescente
Durée du suivi	7 mois
Population	
Baseline	Équipes de football féminin M-14 et M-18 (Suède) 12-17 ans Critères d'inclusion: pratiquant au moins 2 entraînements/semaine Critères d'exclusion: clubs qui suivent déjà un programme de prévention des blessures
Groupes	Groupe intervention : 2479 joueuses (121 équipes) → échauffement neuromusculaire (Waldén's Program) Groupe contrôle: 2085 joueuses (109 équipes) → échauffement habituel
Intervention	
Type d'échauffement neuromusculaire	Waldén's Program
Contenu	Exercices de course, force, équilibre, pliométrie et <i>core stability</i>
Durée	20 minutes de manière régulière
Outcomes	
Outcomes globaux	Blessures du LCA: contact/non-contact Blessures sévères au niveau de l'articulation du genou Blessures aiguës du genou
Qualité	
Échelle de qualité	Échelle PEDro : 7/8

8.15. Tableau d'extraction des données

Auteurs et date	Design	Qualité	Population	Groupes	Nombre de joueuses	Intervention	Exposition pratique (h)	Outcome	Nombre de blessures	Incidence (blessure/10 00h)	Rate ratio	P value
Steffen et al. 2007	RCT	Pedro: 8/11 (-2)	Joueuses de football M-17 (âge 13-17 ans)	Intervention	1073	FIFA 11	66423	Membre inférieur	181	2.7 (2.3-3.1)	1 (0.8-1.3)	
				Contrôle	947	Echauffement habituel	65725		173	2.6 (2.2-3)		
LaBella et al. 2011	RCT	Pedro: 6/11 (-2)	Joueuses de football ou de basketball (moyenne d'âge 16 ans)	Intervention	737	KIPP	28023		50	1.78 (1.29-2.28)	0.43	
				Contrôle	755	Echauffement habituel	22925		96	4.19 (3.35-5.02)		
Soligard et al. 2008	RCT	Pedro: 6/11 (-2)	Joueuses de football (âge 13-17 ans)	Intervention	1055	FIFA 11+	49899	Cheville	51	1 +/-0.1	0.89 (0.61-1.31)	0.562
				Contrôle	837	Echauffement habituel	45428		52	1.1 +/-0.2		
Steffen et al. 2007	RCT	Pedro: 8/11 (-2)	Joueuses de football M-17 (âge 13-17 ans)	Intervention	1073	FIFA 11	66423		79	1.2 +/-0.3	1.1 (0.8-1.5)	
				Contrôle	947	Echauffement habituel	65725		74	1.1 +/-0.25		
Soligard et al. 2008	RCT	Pedro: 6/11 (-2)	Joueuses de football (âge 13-17 ans)	Intervention	1055	FIFA 11+	49899	Genou	35	0.7 +/-0.1	0.55 (0.36-0.84)	0.005
				Contrôle	837	Echauffement habituel	45428		58	1.3 +/- 0.2		
Steffen et al. 2007	RCT	Pedro: 8/11 (-2)	Joueuses de football M-17 (âge 13-17 ans)	Intervention	1073	FIFA 11	66423		37	0.6 +/-0.15	1.2 (0.8-2)	
				Contrôle	947	Echauffement habituel	65725		30	0.5 +/-0.15		

Waldén et al. 2012	RCT	Pedro: 8/11 (-2)	Joueuses de football M-14 et M-18 (âge 12-17 ans)	Intervention	2479	Walden programme	149214		49	0.33	0.92	
				Contrôle	2085	Echauffement habituel	129084		47	0.36		
Kiani et al. 2010	Cohorte	Law: 18/22	Joueuses de football (âge 13-19 ans)	Intervention	777	HarmoKnee	66981		3	0.045	0.23 (0.04-0.83)	
				Contrôle	729	Echauffement habituel	66505		13	0.2		
LaBella et al. 2011	RCT	Pedro: 6/11 (-2)	Joueuses de football ou de basketball (moyenne d'âge 16 ans)	Intervention	737	KIPP	28023	Genou sans-contact	6	0.21	0.45 (0.17-1.21)	0.08
				Contrôle	755	Echauffement habituel	22925		11	0.48		
Kiani et al. 2010	Cohorte	Law: 18/22	Joueuses de football (âge 13-19 ans)	Intervention	777	HarmoKnee	66981		1	0.01	0.06 (0.01-0.46)	
				Contrôle	729	Echauffement habituel	66505		10	0.15		
Kiani et al. 2010	Cohorte	Law: 18/22	Joueuses de football (âge 13-19 ans)	Intervention	777	HarmoKnee	66981	Ligament croisé antérieur	0	0	0	
				Contrôle	729	Echauffement habituel	66505		5	0.08		
Waldén et al. 2012	RCT	Pedro: 8/11 (-2)	Joueuses de football M-14 et M-18 (âge 12-17 ans)	Intervention	2479	Walden programme	149214		7	0.05	0.36 (0.15-0.85)	0.02
				Contrôle	2085	Echauffement habituel	129084		14	0.11		
LaBella et al. 2011	RCT	Pedro: 6/11 (-2)	Joueuses de football ou de basketball (moyenne d'âge 16 ans)	Intervention	737	KIPP	28023	LCA sans-contact	2	0.07	0.27 (0.06-1.35)	0.09
				Contrôle	755	Echauffement habituel	22925		6	0.26		

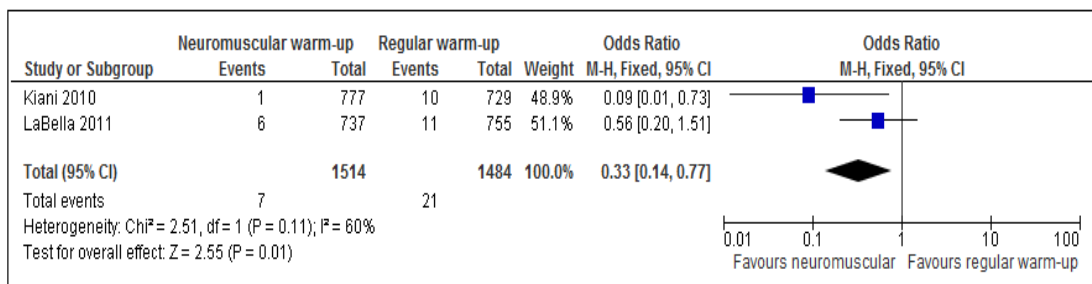
Waldén et al. 2012	RCT	Pedro: 8/11 (-2)	Joueuses de football M-14 et M-18 (âge 12-17 ans)	Intervention		2479	Walden programme	149214		2	0.01	0.2	
				Contrôle		2085	Echauffement habituel	129084		6	0.05		
Mandelbaum et al. 2005	Cohorte	Law: 16/22	Joueuses de football (âge 14-18 ans)	1ère année	Interv	1041	PEP	37476		2	0.05	0.11	0.0001
					Contr	1905	Echauffement habituel	68580		32	0.47		
				2ème année	Interv	844	PEP	30384		4	0.13	0.25	0.0047
					Contr	1913	Echauffement habituel	68868		35	0.51		
LaBella et al. 2011	RCT	Pedro: 6/11 (-2)	Joueuses de football ou de basketball (moyenne d'âge 16 ans)	Intervention		737	KIPP	28023	Cheville sans-contact	7	0.25	0.34 (0.14-0.81)	0.01
				Contrôle		755	Echauffement habituel	22925		17	0.74		
Soligard et al. 2008	RCT	Pedro: 6/11 (-2)	Joueuses de football (âge 13-17 ans)	Intervention		1055	FIFA 11+	49899	Blessures sévères (>28J)	45	0.9	0.57	0.005
				Contrôle		837	Echauffement habituel	45428		72	1.58		
Steffen et al. 2007	RCT	Pedro: 8/11 (-2)	Joueuses de football M-17 (âge 13-17 ans)	Intervention		1073	FIFA 11	66423		48	0.7	0.8 (0.6-1.2)	
				Contrôle		947	Echauffement habituel	65725		59	0.9		
Soligard et al. 2008	RCT	Pedro: 6/11 (-2)	Joueuses de football (âge 13-17 ans)	Intervention		1055	FIFA 11+	49899	Déchirures musculaires	25	0.5 +/- 0.1	0.81 (0.47-1.39)	0.453
				Contrôle		837	Echauffement habituel	45428		28	0.6 +/- 0.1		
Steffen et al. 2007	RCT	Pedro: 8/11 (-2)	Joueuses de football M-17 (âge 13-17 ans)	Intervention		1073	FIFA 11	66423		45	0.7 +/- 0.2	1.1 (0.7-1.6)	
				Contrôle		947	Echauffement habituel	65725		42	0.6 +/- 0.2		

Soligard et al. 2008	RCT	Pedro: 6/11 (-2)	Joueuses de football (âge 13-17 ans)	Intervention	1055	FIFA 11+	49899	Cuisse	14	0.3 +/-0.1	0.75 (0.27-2)	0.582
				Contrôle	837	Echauffement habituel	45428		17	0.4 +/-0.2		
Steffen et al. 2007	RCT	Pedro: 8/11 (-2)	Joueuses de football M-17 (âge 13-17 ans)	Intervention	1073	FIFA 11	66423		35	0.5 +/-0.15	1.2 (0.8-2)	
				Contrôle	947	Echauffement habituel	65725		28	0.4 +/- 0.15		

8.16. Autres forest plots analysés

8.16.1. PRÉVENTION DES BLESSURES SANS-CONTACT DU GENOU

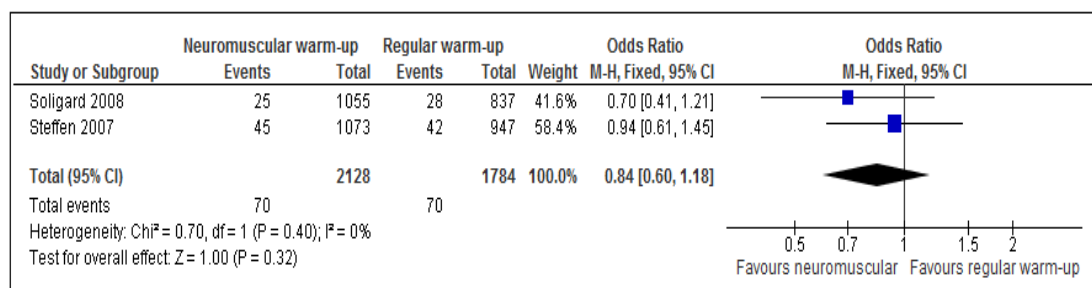
Afin d'évaluer l'effet d'un échauffement à focus neuromusculaire sur les blessures sans-contact du genou, nous avons comparé les données des études de Kiani et al. (2010) et de LaBella et al. (2011).



Deux études comprenant 1514 athlètes adolescentes dans le groupe « intervention » et 1484 dans le groupe « contrôle » ont été analysées. Le premier groupe a subi 7 blessures au niveau de l'articulation du genou, contre 21 pour le groupe contrôle. Le rapport de cote est de 0.33 en faveur du groupe réalisant les échauffements à focus neuromusculaire [95% CI 0.14, 0.77]. Ce rapport démontre une différence significative ($p = 0.01$) entre les deux groupes. L'hétérogénéité est modérée avec un I^2 se situant à 60%.

8.16.2. PRÉVENTION DES DÉCHIRURES MUSCULAIRES

Afin d'évaluer l'effet d'un échauffement à focus neuromusculaire sur les déchirures musculaires au niveau du membre inférieur, nous avons comparé les données des études de Soligard et al. (2008) et de Steffen et al. (2007).

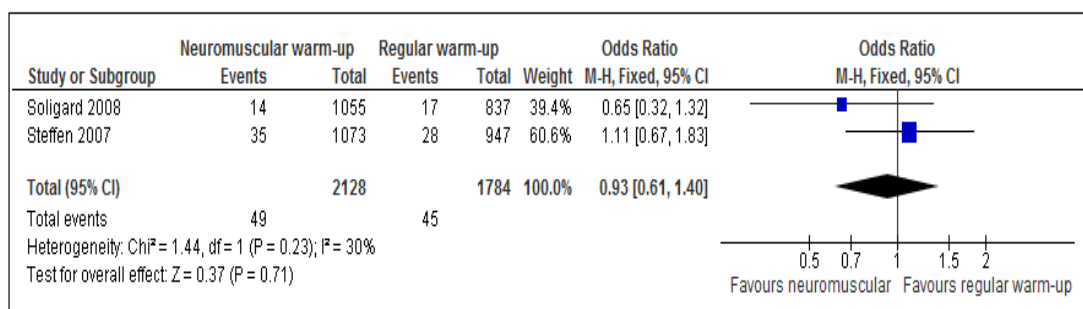


Deux études comprenant 2128 athlètes adolescentes dans le groupe « intervention » et 1784 dans le groupe « contrôle » ont été analysées. Le groupe intervention et le groupe contrôle ont subi le même nombre de blessures de type musculaire (70). Le rapport de cote est de 0.84 en faveur du groupe réalisant les échauffements à focus neuromusculaire [95% CI 0.6, 1.18]. Ce rapport ne démontre aucune différence

significative ($p = 0.32$) entre les deux groupes. L'hétérogénéité est nulle, avec un I^2 se situant à 0%.

8.16.3. PRÉVENTION DES BLESSURES AU NIVEAU DE LA CUISSE

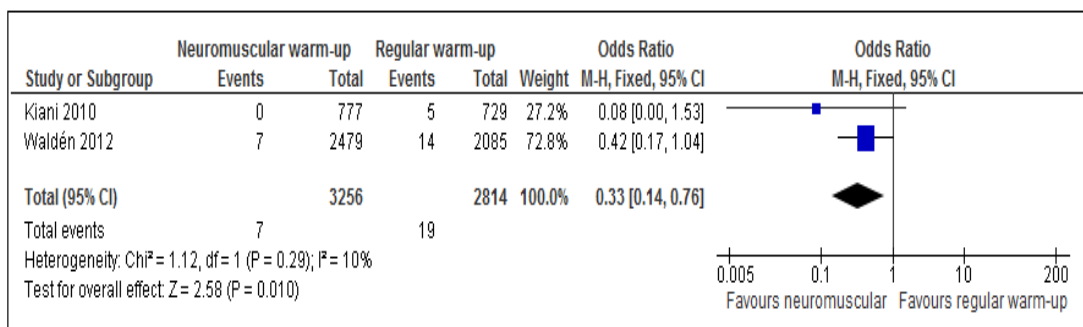
Afin d'évaluer l'effet d'un échauffement à focus neuromusculaire sur les blessures au niveau de la cuisse, nous avons comparé les données des études de Soligard et al. (2008) et de Steffen et al. (2007).



Deux études comprenant 2128 athlètes adolescentes dans le groupe « intervention » et 1784 dans le groupe « contrôle » ont été analysées. Le premier groupe a subi 49 blessures au niveau de la cuisse, contre 45 pour le groupe contrôle. Le rapport de cote est de 0.93 en faveur du groupe réalisant les échauffements à focus neuromusculaire [95% CI 0.61, 1.40]. Ce rapport ne démontre aucune différence significative ($p = 0.71$) entre les deux groupes. Il n'y a aucune différence statistique entre les deux études avec un I^2 se situant à 30%.

8.16.4. PRÉVENTION DES BLESSURES DU LCA

Afin d'évaluer l'effet d'un échauffement à focus neuromusculaire sur les déchirures du ligament croisé antérieur, nous avons comparé les données des études de Kiani et al. (2010) et de Waldén et al. (2012).



Deux études comprenant 3256 athlètes adolescentes dans le groupe « intervention » et 2814 dans le groupe « contrôle » ont été analysées. Le premier groupe a subi 7 déchirures du LCA, contre 19 pour le groupe contrôle. Le rapport de cote est de 0.33 en

faveur du groupe réalisant les échauffements à focus neuromusculaire [95% CI 0.14, 0.76]. Ce rapport démontre une différence significative ($p = 0.01$) entre les deux groupes. Il n'y a aucune différence statistique entre les deux études avec un I^2 se situant à 10%.