

Mémoire d'initiation à la recherche et d'ingénierie en Masso-Kinésithérapie (Unité d'Enseignement 28)



2^{ème} Cycle 2019-2021

La prévention des blessures basée sur l'amélioration du contrôle neuromusculaire chez les jeunes joueurs de badminton : un essai contrôlé randomisé

TRAN Anne

Mémoire dirigé par PHOMSOUPHA Michael

Résumé :

Introduction : Le badminton est un sport en plein essor en France et à l'international. Cependant, aujourd'hui, aucune étude n'a mis en place un programme de prévention des blessures chez les joueurs de badminton. L'objectif de notre étude était de savoir si un programme de prévention neuromusculaire chez les jeunes joueurs de badminton loisirs et compétiteurs permettait de réduire les blessures globales et celles du membre inférieur.

Méthode : 273 jeunes joueurs de badminton français ont participé à cette étude. Ils ont été randomisés par groupe d'entraînement dans un groupe intervention et un groupe contrôle. Les joueurs du groupe intervention pratiquaient lors de chaque entraînement un échauffement préventif neuromusculaire tandis que les joueurs du groupe contrôle continuaient à s'échauffer comme ils avaient l'habitude de le faire.

Résultats : Une diminution significative de 70% des blessures globales et 72% des blessures du membre inférieur du groupe intervention par rapport au groupe contrôle a été constatée à la fin des 8 semaines d'étude.

Discussion : L'efficacité de notre programme préventif peut être liée à de nombreux facteurs dont le contexte de reprise sportive des joueurs.

Conclusion : Un programme de prévention neuromusculaire permettrait de prévenir les blessures chez les jeunes joueurs de badminton loisirs et compétiteurs. La facilité et le moindre coût de sa mise en oeuvre peut être un atout non négligeable à prendre en compte par les professionnels travaillant autour du sportif.



REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

J'aimerais remercier en premier lieu, M. Michael Phomsoupha, enseignant-chercheur et docteur en sciences du sport et du mouvement humain. En tant que directeur de mémoire, il a su m'accompagner et m'encourager dans la réalisation de ce travail.

Je voudrais par la suite remercier les entraîneurs et les joueurs qui ont participé à cette étude. Ils ont accueilli mon étude avec intérêt et curiosité et c'est grâce à eux que ce mémoire a pris forme.

J'aimerais également remercier le Dr. Henri Guermont, médecin fédéral et l'équipe des masseur-kinésithérapeutes de la Fédération Française de Badminton pour les échanges et les précieux conseils apportés tout au long de ce mémoire.

Un grand merci à la Fédération Française de Badminton qui m'a fourni des données pour la construction de ce mémoire et qui m'aide quotidiennement dans mon double projet en tant que sportive de haut-niveau.

Et enfin, je souhaite remercier tous mes proches, famille et amis, qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours sportif et professionnel.

Avertissement

Ce document est le fruit d'un long travail de formation et d'initiation à la recherche en vue de l'obtention de l'UE 28, Unité d'enseignement intégré à la formation initiale de masseur kinésithérapeute.

L'École Nationale de Kinésithérapie et Rééducation, en tant qu'IFMK, n'est pas garant du contenu de ce mémoire mais le met à la disposition de la communauté scientifique élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale. Contact : secretariat@enkre.fr et enkre@ght94n.fr

Liens utiles

Code de la propriété intellectuelle. Article L 122.4.

Code de la propriété intellectuelle. Article L 335.2 – L 335.10. http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php <https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F23431>

École Nationale de Kinésithérapie et Rééducation

12-14 rue du Val d'Osne 94410 Saint Maurice tel : 01 43 96 64 64

secretariat@enkre.fr et enkre@ght94n.fr <http://www.hopitaux-saint-maurice.fr/Presentation/2/142>

UE 28 - MEMOIRE

DECLARATION SUR L'HONNEUR CONTRE LE PLAGIAT

Je soussigné(e), TRAN Anne

Certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément l'origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Conformément à la loi, le non-respect de ces dispositions me rend passible de poursuite devant le conseil de discipline de l'ENKRE et les tribunaux de la République Française.

Dans la mesure où je souhaiterais publier, ou inscrire pour un concours, le présent travail, je m'engage à en demander l'autorisation à l'ENKRE qui en est le partenaire.

Fait au Perreux-sur-Marne, le 25/03/2021

Signature

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the left.

Table des matières

1. Introduction	1
2. Cadre théorique	2
2.1 Le badminton	2
2.2 Les blessures au badminton	2
2.2.1 <i>L'état des lieux</i>	2
2.2.2 <i>Les conséquences et ses évolutions</i>	3
2.2.3 <i>Les blessures du membre inférieur</i>	4
2.2.4 <i>Les blessures de l'épaule</i>	7
2.2.5 <i>Les blessures du tronc</i>	8
2.3 La prévention des blessures	9
2.3.1 <i>Définitions et lien avec la kinésithérapie</i>	9
2.3.2 <i>Les différentes stratégies</i>	9
2.3.3 <i>Le protocole d'échauffement préventif neuromusculaire adapté au badminton</i>	10
2.4 La mise en place de l'essai clinique randomisé contrôlé	12
3. Problématique	14
3.1 Question de recherche	15
3.2 Hypothèses	15
4. Matériels et Méthode	16
4.1 Participations	16
4.2 Protocole expérimental	16
4.2.1 <i>Recrutement des clubs à l'étude</i>	16
4.2.2 <i>Méthode</i>	17
4.2.3 <i>Temps d'arrêt du sport</i>	17
4.2.4 <i>Intervention</i>	17
4.3 Classification des blessures	20
4.3.1 <i>Enregistrement des expositions</i>	21
4.4. Analyse statistique	21
4.4.1 <i>Mesures des résultats</i>	21
4.4.2 <i>Méthode statistique</i>	22
5. Réflexion éthique	23
6. Résultat	24
6.1 Flux de participants	24
6.2 Caractéristiques des joueurs	25
6.3 Temps d'exposition et incidence des blessures	26

6.4 Les blessures	27
6.5 Compliance avec le programme d'intervention	29
7. Discussion	30
7.1 L'effet du programme de prévention neuromusculaire	30
7.1.1 <i>Les blessures du membre inférieur</i>	31
7.1.2 <i>Les blessures du membre supérieur</i>	32
7.1.3 <i>Les blessures du tronc</i>	33
7.1.4 <i>La gravité</i>	34
7.1.5 <i>Les types de blessures</i>	35
7.2 La compliance au programme	36
7.3 Limites et forces	37
7.3.1 <i>La méthode</i>	37
7.3.2 <i>La conformité</i>	38
7.3.3 <i>Les caractéristiques des joueurs, la taille de l'échantillon et la durée</i>	38
7.4 Proposition pour l'évaluation des pratiques en kinésithérapie et perspective	39
8. Conclusion	41
Bibliographie	42
Liste des tableaux et des figures	47

1. Introduction

La prévention des blessures chez les joueurs de badminton représente un véritable challenge en amont pour les entraîneurs et les professionnels de santé qui accompagnent les athlètes. Avec des effets concluants, elle permettrait de diminuer le temps d'arrêt, l'usure à long terme des structures corporelles et le coût financier pour les sportifs. Le sport avec tous ses bénéfices pour la santé ne présenterait alors que peu de contre indication.

Au cours de cette étude, nous avons cherché à savoir par un essai contrôlé randomisé si un protocole d'échauffement préventif basé sur le contrôle neuromusculaire réduirait les blessures chez les jeunes joueurs de badminton loisirs et compétiteurs âgés de 9 à 18 ans.

Les études épidémiologiques et physiologiques sur le badminton sont récentes contrairement à d'autres sports et leur nombre ne cesse de croître. Par ailleurs, la prévention des blessures chez les joueurs de badminton n'a fait l'objet d'aucun travail de recherche.

Les protocoles préventifs neuromusculaires ont montré leur efficacité dans de nombreux sports notamment le football, le handball et le basketball et ont été créés dans chacun de ces sports en prenant en compte leurs caractéristiques et leur épidémiologie. En concertation avec des professionnels médicaux et du badminton, un programme de prévention spécifique a été créé pour ce mémoire.

L'objectif principal est de connaître les effets de la mise en place d'un protocole neuromusculaire sur les blessures chez les joueurs de badminton.

Nous commencerons par un état des lieux de la physiologie et de l'épidémiologie des blessures chez les joueurs de badminton puis nous regarderons les différents moyens préventifs, l'efficacité des protocoles neuromusculaires et la création du protocole neuromusculaire spécifique au badminton pour ce mémoire. Nous continuerons par l'explication de la mise en place de l'essai contrôlé randomisé regroupant 273 joueurs de badminton et discuterons des résultats et des perspectives de cette étude.

2. Cadre théorique

2.1 Le badminton

Sportive de haut-niveau en badminton, j'ai choisi de cibler ma problématique sur la prévention des blessures liées à ce sport. Le badminton est un des sports les plus populaires au monde comptabilisant plus de 200 millions de pratiquants (Fahlström et Söderman, 2006). Venant de Chine et officialisé en Angleterre en 1870 (Guillain, 2002), c'est le sport national de plusieurs pays asiatiques : la Chine, l'Indonésie, le Japon etc. Il est un sport olympique depuis 1992 (Phomsoupha et Laffeye, 2005). Actuellement en plein essor en France, le nombre de licenciés ne cesse de croître, passant de 63 465 durant la saison 1998-1999 à 190 994 en 2018-2019, soit une augmentation de +77% en 10 ans. Depuis 2012, il est aussi devenu le 1er sport scolaire avec 161 218 pratiquants et 396 940 participants (données provenant de la Fédération Française de Badminton, FFBaD, consulté le 29/03/2020). Avec des taux élevés de participation, il existe une préoccupation croissante concernant l'importance de la santé publique des blessures liées au badminton.

2.2 Les blessures au badminton

2.2.1 L'état des lieux

Le badminton est un sport intense et intermittent demandant aux joueurs des sauts, des fentes, des changements de direction, des mouvements brusques du membre supérieur à partir d'une large variété de positions posturales (fig. 1) qui peuvent augmenter le risque de blessures (Kroner et al., 1990)

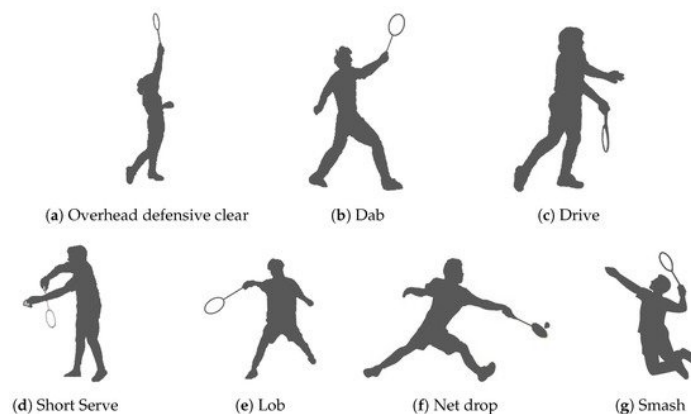


Figure 1. Différentes frappes et positions au badminton (Steels et al. 2020)

Les blessures au badminton représentent de 1 à 5% des blessures sportives. Elles sont classées sixièmes après celles du football, du basketball, du volleyball, de la course de longue distance et du vélo (Phomsoupha et Laffaye, 2020).

Plusieurs études (Jorgensen et Winge (1987), Yung et al. (2007), Miyake et al. (2016) et Guermont (2019)) ont recensé le nombre de blessures et ont été amenés à calculer l'incidence des blessures pour 1000 heures de jeu (HdJ). Chaque définition de la blessure a été décrite par les auteurs. De ce fait, on retrouve une hétérogénéité dans les résultats. Jørgensen en 1987 obtient 2,8 blessures pour 1 000 HdJ pour les joueurs élités danois. En 2007, chez des badistes de haut niveau seniors de Hong Kong, Yung trouve une incidence des blessures plus élevée avec 7,38 blessures pour 1 000 HdJ. En 2016 dans l'étude de Miyake concernant les badistes japonais universitaires compétiteurs, l'incidence des blessures est plus faible avec 2,64 blessures pour 1 000 Hd. Guermont en 2019 obtient une incidence des blessures chez les badistes français élités de l'INSEP avec 3,4 blessures pour 1000 HdJ. Comparé au basketball où Foschia et al. (2019) trouvent 5,7 blessures par 1000 HdJ et au tennis où Kaux et al. (2016) estiment le taux de blessures entre 0,04 et 3 par 1000 HdJ, la moyenne et la médiane de l'incidence des blessures au badminton sont inférieures au basketball et supérieures au tennis.

2.2.2 Les conséquences et ses évolutions

Les blessures ont un coût financier, d'après la FFBad, de 2015 à 2019, l'assurance fédérale a déboursé plus de 250 000€ pour ses licenciés et en tenant compte uniquement des blessures déclarées. L'impact financier des blessures dans le badminton est ainsi sûrement bien plus important que ce chiffre.

De ce fait, le masseur-kinésithérapeute (MK) va jouer un rôle dans le traitement des joueurs de badminton face aux différentes pathologies ainsi qu'un rôle important de prévention des blessures. Face à l'augmentation des pratiquants au badminton, les blessures deviennent de plus en plus fréquentes et posent des problèmes de santé et financier aux joueurs, aux clubs et aux assurances diverses. Le développement de stratégies de prévention des blessures pourrait permettre de réduire le pourcentage de blessures liées à ce sport et diminuer les conséquences sur la santé à court et à long terme du joueur.

En complément le badminton est influencé par son évolution : on constate que les schémas des mouvements et les exigences temporelles et physiques (Abian et al. 2014) vont augmenter le nombre de blessures et en générer de nouvelles. Selon Phomsoupha et Laffaye

(2020), les blessures les plus récurrentes au badminton sont les lésions ligamentaires du genou, les entorses de cheville, les lésions musculo-tendineuses (tendon d'Achille et tendon rotulien) et les blessures de surcharges de l'épaule et du membre inférieur. Généralement, les blessures des membres inférieurs représentent entre 58% à 76% des blessures, celles des membres supérieurs entre 19 et 32% et les blessures du dos entre 11 et 16%.

La réduction des blessures dans le badminton est primordiale et a des implications sur le développement futur de l'arthrose, la morbidité et la participation à l'activité physique. Des études ont prouvé que les blessures articulaires au membre inférieur augmente le risque d'arthrose précoce au genou et à la hanche (Sadoghi, von Keudell et Vavken (2012), Hewett, Ford et Myer (2006) et Richmond et al. (2013)).

2.2.3 Les blessures du membre inférieur

D'après la revue de littérature de Pardiwala et al. (2020), le membre inférieur est la région la plus touchée des blessures représentant 58 à 92,3 % des blessures au total. Plus spécifiquement, chez les joueurs de badminton élite et amateur, le genou est la partie la plus touchée (Senadheera, 2019 et Marchena et al. 2020)

Les déplacements au badminton consistent à aller aux quatre coins du terrain vers l'arrière, vers l'avant et d'un côté à l'autre en revenant au centre à chaque fois pour préparer les coups suivants. L'exécution fréquente du mouvement de fente au badminton est considérée comme un facteur de risque majeur de blessure des membres inférieurs (Lam et al, 2020). Le mouvement de fente permet au joueur d'atteindre rapidement le volant, de le jouer à partir d'une position stable et de revenir au centre du terrain pour se préparer au coup suivant. Le mouvement consiste essentiellement en une phase d'accélération et de freinage (Lam et al. 2018). La phase de freinage intensive (fig. 2) sur la jambe dominante pendant un coup au filet peut augmenter la pression sur le tendon d'Achille de 6 à 12 fois le poids corporel du joueur et de 5 fois sur le tendon rotulien du genou (Boesen et al., 2011). Selon Kaalund et al. (2002), la fatigue et la répétition peuvent amener à une mauvaise coordination des muscles et augmenter la tension du tendon d'Achille lors des accélérations et des décélérations.

Le deuxième mouvement à risque est le smash sauté ou le saut d'interception. Rambely et al. (2005) ont noté, lors de l'analyse du smash sauté, que la majorité des sauts étaient effectués avec un seul pied. Il a été constaté que la majorité des joueurs ont effectué le saut avec leur pied côté raquette et la réception avec leur pied controlatéral. Ils ont conclu que

la technique de saut à jambe unique pouvait contribuer à l'apparition de blessures à la cheville et au genou.

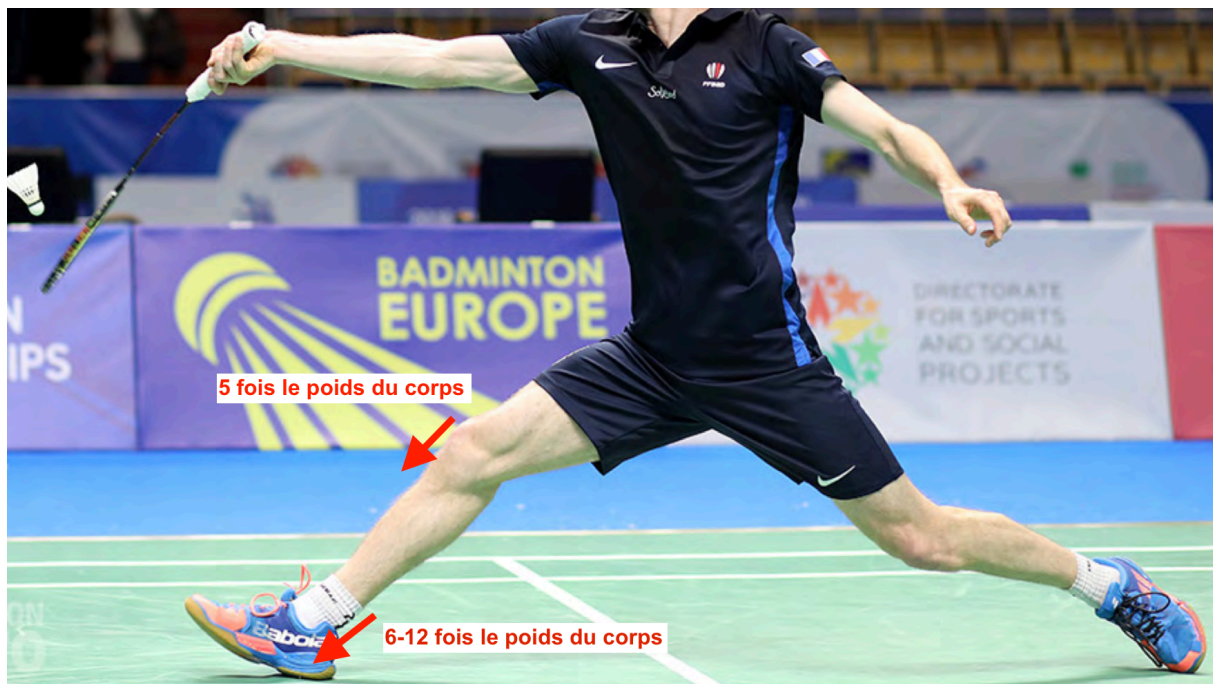


Figure 2. Phase de freinage lors de la fente avant au badminton

Les forces horizontales et verticales produites lors de l'atterrissage des fentes et des sauts produisent un couple articulaire élevé sur les structures des membres inférieurs. L'analyse des résultats a montré que les athlètes amateurs présentaient des pics de forces de réaction horizontale au sol et des pics de moments de flexion du genou plus importants. Les moments de flexion/extension du genou élevés ont été associés à des forces plus importantes au niveau du quadriceps et des forces de cisaillement tibiales, ce qui implique que les athlètes amateurs peuvent être exposés à un risque plus élevé de blessures dues à la surutilisation (Lam et al. 2018).

Les contraintes liées au badminton sur les membres inférieurs pourraient être l'une des raisons pour lesquelles les blessures de surcharge sont environ trois fois plus fréquentes que les blessures traumatiques. Les fentes sont fréquentes au badminton et sont liées à un risque élevé de blessures de surmenage comme les tendinopathies rotuliennes et d'Achille qui sont les plus fréquentes (Couppé et al. 2013). Les chercheurs ont affirmé que le tendon d'Achille, le ligament talo-fibulaire antérieur, le fascia plantaire et les structures ligamentaires étaient susceptibles de présenter des risques de blessures plus importants au badminton que dans

d'autres sports en raison du caractère unique et répétitif des mouvements, en particulier les manoeuvres « stop-and-go » à hautes fréquences. (Hong et al., 2014).

D'après Kimura et al. (2012), les ruptures des ligaments croisés antérieurs (LCA) au badminton surviennent selon deux mécanismes : pendant une frappe du fond de court du côté revers après une mauvaise réception sur une jambe, le genou opposé à la main raquette a des risques de partir en valgus, en flexion, en rotation externe (48%, fig. 3) et pendant un mouvement de fond de court côté coup droit ou lors des déplacements d'un côté à l'autre, le genou côté raquette a des risques de faire le même mouvement forcé (38%).

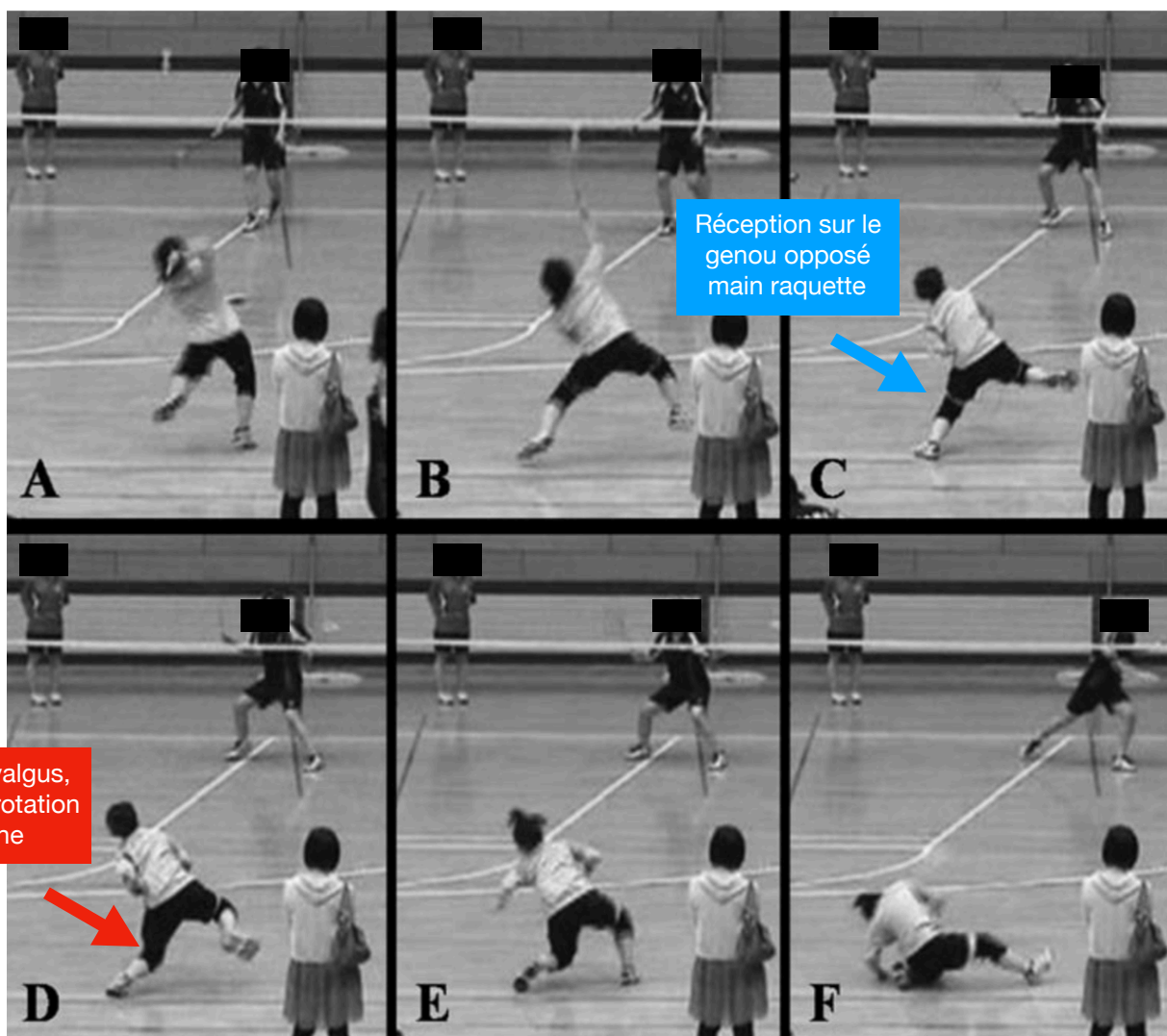


Figure 3. Séquence d'images capturées d'une vidéo lors d'une blessure au LCA lors d'une frappe fond de court au badminton (Kimura et al. 2010)

2.2.4 Les blessures de l'épaule

Le badminton est un sport très rapide et est considéré comme le plus rapide des sports de raquette (Singh, 2020). La vitesse de volant dépasse celle de tout autre projectile de sports de raquette avec une vitesse maximale de 493 km/H rapportée lors d'un smash par Tan Boon Heong en 2013 (Miller et al., 2020). Lors des mouvements du membre supérieur au dessus de la tête notamment le smash, l'épaule est placée en abduction et en rotation externe qu'on appelle le mouvement de armer/frapper. Il est démontré que la pronation radio-ulnaire et la rotation de l'épaule contribuent à 53% de la vitesse de la frappe lors d'un smash au badminton (fig. 4). La majorité des résultats indiquent que la rotation interne de l'épaule est le facteur le plus important (jusqu'à 66%) de la vitesse de la tête de raquette lors d'un smash au badminton (Sakurai, Ikegami et Yabe, 1989).

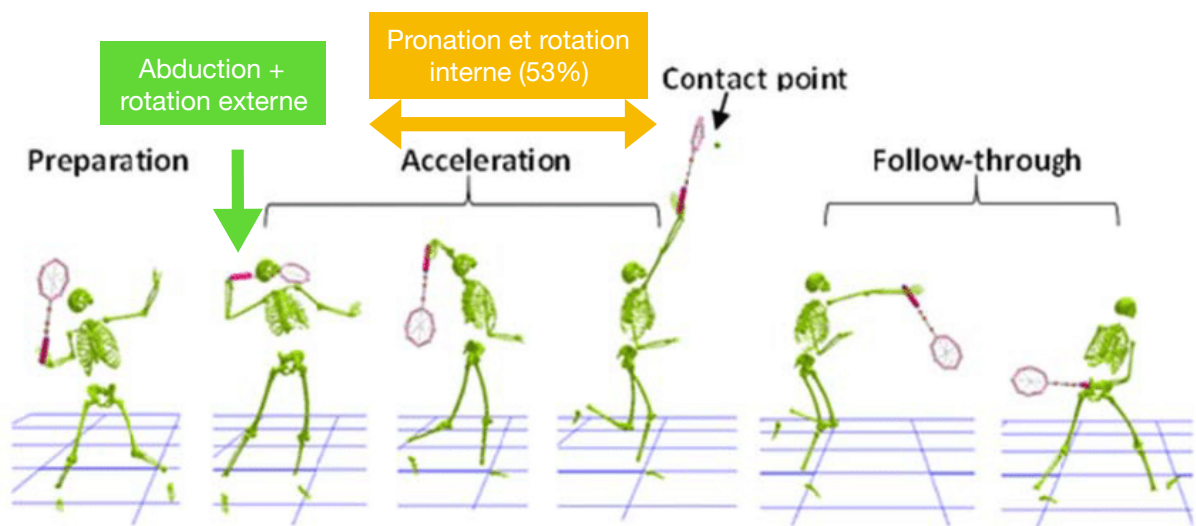


Figure 4. Les différentes phases du smash pour un joueur droitier au badminton
(Zhang et al. 2016)

Arora et al. (2015) ont estimé que le nombre de coups joués au dessus de la tête était de 30% par les joueurs de badminton. Lors de ces mouvements, le complexe de l'épaule fonctionne comme un régulateur des forces générées par les jambes et le tronc ce qui exercent des forces importantes sur l'articulation gléno-humérale et lui exige en plus une grande mobilité. Ces forces ainsi que la répétition de la frappe au-dessus de la tête produisent des contraintes sévères sur les muscles, les os et les articulations du membre supérieur (Coupe et al., 2014).

Guermont (2019) remarque une augmentation des blessures de l'épaule atteignant 37% des blessures globales chez les joueurs élités français par rapport aux précédentes études. Fahlström et al. (2006) ont reporté lors des Championnats du Monde par équipe mixte en 2003 que 52% des joueurs élités internationaux ont déjà souffert d'une douleur antérieure à l'épaule et 20% d'une douleur continue. Falström et Söderman (2007) ont porté leur étude sur des joueurs amateurs et ont révélé que 52% avaient des douleurs d'épaules antérieures ou actuelles dont 16% ayant des douleurs continues. Ainsi, plus de la moitié des joueurs de badminton, tant amateurs qu'élites, ont une épaule douloureuse antérieure ou actuelle, mais beaucoup continuent à jouer malgré cela. Chez plus d'un tiers des joueurs, cela a créé des adaptations de leur pratique en entraînement et en compétition. Dans l'évaluation épidémiologique menée par Jorgensen et al. (1987), ils ont montré que la majorité des blessures des membres supérieurs étaient liées à des blessures de type surmenage. Burkhart et al. (2003) ont trouvé que l'instabilité antérieure de l'épaule, qui est fréquente chez les athlètes pratiquants des sports de lancer, peut être la cause de douleur et de conflit de la coiffe des rotateurs. Plus de 50% des joueurs de badminton amateurs et compétiteurs signalent une douleur à l'épaule probablement due à un conflit sous-acromial avec ou sans atteinte du supra-épineux, à une instabilité antérieure ou à une dyskinésie scapulo-thoracique.

2.2.5 Les blessures du tronc

L'extension répétitive de la colonne lombaire lors d'une frappe au dessus de la tête ou d'un saut serait associé à un taux d'incidence élevé de problème au niveau des processus articulaires des vertèbres. Dans une étude portant sur 44 joueurs de badminton élite à Hong Kong, l'incidence des blessures à la colonne vertébrale était de 14% et l'incidence des problèmes au niveau des processus articulaires était classée deuxième parmi tous les types de blessure de l'étude (Yung et al., 2007).

Sekiguchi et al. (2017) ont rapporté que le dysfonctionnement du tronc ou des membres inférieurs est associé de manière significative aux blessures au coude et à l'épaule chez les athlètes adultes qui utilisent les mouvements au dessus de la tête. Les associations entre les douleurs du dos et de la hanche et celles du coude et de l'épaule ont une connexion beaucoup plus forte que celles du genou et du pied. On suppose que le tronc joue un rôle important dans la production d'énergie lors de mouvements aériens et dans l'inclinaison de la colonne vertébrale. Certaines études ont démontré qu'une mauvaise stabilité du tronc doit être considérée comme un facteur de risque potentiel de blessures au coude et à l'épaule (Garrison et al. 2013; Chaudhari et al. 2014; Radwan et al. 2014).

2.3 La prévention des blessures

2.3.1 Définitions et lien avec la kinésithérapie

Selon l'OMS (1948), la prévention est « l'ensemble des mesures visant à éviter ou réduire le nombre et la gravité des maladies, des accidents et des handicaps ». Concernant cette étude, nous souhaitons réduire le nombre de blessure des jeunes joueurs de badminton. Nous effectuons de la prévention primaire. Dans le décret de compétences des MK, la kinésithérapie préventive en fait partie intégrante qui a « pour but de prévenir l'altération des capacités fonctionnelles, de concourir à leur maintien et, lorsqu'elles sont altérées, de les rétablir ou d'y suppléer ». Le MK peut faire de la prévention sans prescription que ça soit dans son cabinet, auprès d'équipes sportives ou dans un établissement public. La prévention dans le sport, notamment dans le badminton, est un domaine peu développée et méconnue des acteurs qu'ils soient entraîneurs, sportifs ou médicaux. Le MK, travaillant de plus en plus sur le terrain avec les sportifs et les entraîneurs, a aussi un rôle important de conseil. Alors que la kinésithérapie du sport est axée principalement sur l'après-blessure, un approfondissement de la prévention pourrait permettre une meilleure prise en charge des sportifs en général.

2.3.2 Les différentes stratégies

Le rôle du MK dans la prévention des blessures au badminton va être de mettre en place des exercices adaptés et d'éduquer l'athlète sur les conduites à tenir pour réduire le risque de blessures.

Différents moyens préventifs sont actuellement mis en oeuvre pour réduire le nombre de blessures dans le sport. Les stratégies axées sur les règlementations, les équipements sportifs, les équipements de protection individuelle, l'amélioration des compétences psychologiques, l'amélioration des performances physiques (Vriend et al. 2017) sortent du domaine de la kinésithérapie. Différents programmes préventifs d'échauffement sont mis en place comme les étirements passifs et actifs (Braxter et al., 2017 ; Zakaria, Kiningham et Sen, 2015). Cependant, les études actuelles ne prouvent pas leur efficacité pour réduire les blessures (Zakaria, Kiningham et Sen, 2015 ; Behm et al., 2016).

De nombreuses études ont démontré l'efficacité d'un programme préventif basé sur le contrôle neuromusculaire réduisant les blessures. D'après Impellizzeri et al. (2013), le contrôle neuromusculaire fait référence à l'activation de contraintes dynamiques se produisant en préparation pour et en réponse aux mouvements et aux charges que subissent les articulations dans le but de maintenir et de restaurer la stabilité fonctionnelle des articulations. Owoeye et al. (2018) ont prouvé l'efficacité des programmes d'échauffement neuromusculaire sur les entorses de cheville, les diminuant de 32%. Sadoghi, Von Keudell et Vavken (2012) ont trouvé une réduction de 62% du risque de rupture du ligament croisé antérieur (LCA) du genou des groupes effectuant un programme de prévention neuromusculaire. Emery et Meeuwisse (2010) ont prouvé qu'un programme d'entraînement neuromusculaire réduisait les blessures globales de 62%. De ce fait, nous nous intéresserons davantage à une stratégie d'échauffement préventive basée sur l'amélioration du contrôle neuromusculaire.

2.3.3 Le protocole d'échauffement préventif neuromusculaire adapté au badminton

À notre connaissance, aucune stratégie de prévention des blessures n'a été conçue spécifiquement pour le badminton. Cependant, un programme précis a été conçu pour le football par le centre médical et de recherche de la Fédération International de Football (F-MARC), appelé le FIFA 11+ qui s'appuie sur un contrôle neuromusculaire approprié comme élément clé pour réduire le risque de blessures (d'après le FIFA Medical Network). Ce programme neuromusculaire a prouvé son efficacité chez les joueurs de football et de basket. Dans leurs essais cliniques randomisés contrôlés, Soligaard et al. (2008) ont réduit de 30% des blessures globales et 50% des blessures graves chez les jeunes footballeuses et Longo et al. (2012) de 68% des blessures globales chez les basketteurs.

Le football et le badminton peuvent sembler très éloignés, cependant des caractéristiques physiques sont similaires tels que : les changements de directions rapides, les sautset l'agilité (Bloomfield, Polman et O'Donoghue, 2007). D'après le F-MARC, les blessures les plus courantes au football sont les lésions ligamentaires du genou, les entorses de cheville, les lésions musculo-tendineuses des ischio-jambiers et des adducteurs et les blessures de surcharges. Suite à ces comparaisons et aux échanges avec des spécialistes du badminton (médecin du sport, kinésithérapeute, préparateur physique, chercheur), j'ai adapté le programme du FIFA 11+ au badminton en enlevant les exercices avec contact et de sprint et

en ajoutant des exercices de renforcement et de stabilisation de l'épaule, de pas croisés et de changements de direction sur le terrain de badminton. Par ce protocole d'échauffement, la bonne éducation des postures et des techniques va être primordiale pour améliorer le contrôle neuromusculaire.

À partir d'une méta-analyse, Petushek et al. (2019) ont mis en place une check-list contrôlant l'efficacité des programmes de prévention des blessures du LCA. Ils ont remarqué que les programmes comprenant des exercices de stabilisation à l'atterrissage et du renforcement des membres inférieurs ont été les plus efficaces. Le programme créé pour cette étude a obtenu un score de 8 sur 11 ce qui correspond à un bénéfice intermédiaire (fig. 5) pour réduire les blessures du LCA.

Does your program/training include?

	No	Yes
Lunges	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Hamstring Exercises (e.g., Nordic Hamstring)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Heel/Calf Raises	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Total number of **landing stabilization** exercises **per session**
(e.g., drop landings, jump/hop and holds)

Number of exercises

What is the age of athletes you work with?

Middle/High School College/Professional

How often do you perform the program?

Pre-Season Only In-Season or Both Pre/In-Season

Has the person implementing the program (e.g., Coach) been trained or educated on ACL injury prevention programming (e.g., workshop, video/brochure)?

No Yes

Total Score: ___/11

Checklist Score	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Interpretation	No Benefit		Small Benefit			Intermediate Benefit			Large Benefit			

Figure 5. Check-list des programmes préventifs du LCA (Petushek et al. 2019)

2.4 La mise en place de l'essai clinique randomisé contrôlé

Pour évaluer l'efficacité du protocole, nous allons faire un essai clinique randomisé contrôlé (ECR). Un groupe « intervention » effectuera à chaque entraînement le protocole préventif basé sur l'amélioration du contrôle neuromusculaire et un groupe « contrôle » s'échauffera de la même façon que d'habitude. La mise en place d'un questionnaire de blessures (annexe I) permettra de comparer les blessures entre les deux groupes et celle d'un questionnaire d'exposition (annexe II) permettra de calculer le nombre exact d'expositions en match et en entraînement de chaque joueur de l'étude (Longo et al., 2012)

Les personnes contactées au vu de l'étude seront les entraîneurs de club. Il leur sera proposé de participer à l'ECR avec un de leur groupe d'entraînement au choix.

Les critères d'inclusion sont les suivants :

- Entraîneur(e) de badminton diplômé(e) à minima du Diplôme d'État Jeunesse, Éducation Populaire et Sport (DEJEPS)
- Entraînant à minima 1 fois par semaine dans un club avec le même groupe et les mêmes joueurs
- Le groupe de joueurs doit avoir entre 9 et 18 ans
- Le groupe de joueurs peut être de tous niveaux de badminton (de loisir à compétition)
- Le groupe de joueurs doit être consentant à la participation à l'étude avec l'accord du responsable légal

Les critères de non inclusion sont :

- Groupe de joueurs en situation de handicap physique ou mental

Peu de critères d'inclusion ont été mis sur les joueurs pour pouvoir évaluer sur le plus grand panel de personnes l'efficacité du protocole. Les jeunes joueurs de badminton ont été cependant ciblé puisque les programmes de prévention neuromusculaire semblent plus efficaces sur les jeunes athlètes (Petushek et al. 2019).

L'ECR se déroulera pendant 8 semaines, du 7 septembre au 31 octobre 2020. L'idéal aurait été de faire l'étude sur une saison complète de Septembre à Juin cependant par contrainte sanitaire due à la COVID-19 et de temps lié au rendu de mon mémoire ; la décision a été de faire cette étude pendant la pré-saison. Selon le F-MARC, le protocole commence à faire effet au bout de dix à douze semaines selon la fréquence à laquelle les joueurs s'entraînent.

Le critère de jugement principal est le nombre de blessures totales pour 1000 HdJ. Le protocole préventif ciblant différentes articulations et la prévention de différentes pathologies, le nombre de blessures totales pour 1000 HdJ est l'élément qui va permettre la mise en évidence de l'efficacité du protocole préventif.

Les critères de jugement secondaires sont les blessures du membre inférieur, du membre supérieur, du tronc, et des blessures de surcharge, graves et aiguës qui permettront d'observer l'efficacité du protocole préventif.

3. Problématique

Aujourd'hui, le badminton est un sport en constante évolution de par l'augmentation des joueurs et de ses exigences physiques et temporelles grandissantes. La répétition des mouvements spécifiques vont créer des contraintes sur les articulations, les muscles, les ligaments et les tendons. Les blessures deviennent à ce jour un enjeu de santé et financier plus qu'important aux yeux des instances sportives et des joueurs mais aussi pour les professionnels de la santé, responsables dans le traitement mais également dans la prévention de celles-ci. Le MK joue un rôle direct avec l'athlète, dans les traitements et la prévention des blessures. Il sera en quête de la stratégie préventive efficace mais à l'instar de ne traiter que la pathologie ou le trouble actuel du badiste, la prise en charge globale du patient sur l'ensemble des structures qui interagissent entre elles, pourrait être une stratégie efficace pour réduire l'ensemble des blessures retrouvées chez le joueur de badminton. De nombreuses études au badminton portent sur l'épidémiologie et l'incidence de la biomécanique des mouvements sur le corps et l'organisme du badiste. Cela montre une nécessité de développer des stratégies de prévention des blessures dans cette discipline. Différentes stratégies de prévention ont été mises en place dans différents sports cependant aucune n'a été étudiée dans le badminton. Des programmes de prévention basés sur les étirements ont été étudiés de nombreuses fois et ont montré des résultats hétérogènes. Un autre type de programme de prévention basé sur l'amélioration du contrôle neuromusculaire a été étudié et a démontré des résultats significatifs sur la réduction des blessures dans le football, le basketball et le handball. Le F-MARC a conçu ce type de programme appelé le FIFA 11+. Le badminton ne ressemble pas au football mais nous pouvons retrouver certaines des caractéristiques et blessures fréquentes dans ces deux sports. En étudiant la biomécanique des mouvements et en se basant sur les données épidémiologiques des études récentes sur le badminton, le FIFA 11+ a été adapté au badminton en modifiant et en ajoutant des exercices incluant notamment le membre supérieur et des déplacements spécifiques au badminton. Pour montrer l'efficacité de ce programme préventif sur les réductions des blessures au badminton, un essai contrôlé randomisé a été conduit sur 8 semaines auprès de 23 clubs et 2 Pôles France. Le groupe intervention, composé de 10 clubs et d'un Pôle France, a effectué le programme de prévention basé sur l'amélioration du contrôle neuromusculaire adapté au badminton et le groupe contrôle, composé de 13 clubs et d'un Pôle France, a effectué l'échauffement qu'ils faisaient d'habitude.

3.1 Question de recherche

L'amélioration du contrôle neuromusculaire par l'intégration d'un protocole d'échauffement préventif chez les jeunes joueurs de badminton loisirs et compétiteurs permettrait-elle de diminuer les risques de blessure ?

3.2 Hypothèses

L'hypothèse nulle est la suivante : l'incidence des blessures pour 1000 Heures de jeu (HdJ) sera supérieure pour les joueurs du groupe intervention à celle des joueurs du groupe contrôle. L'hypothèse alternative bilatérale affirme que l'incidence des blessures pour 1000 Heures de jeu (Hdj) sera inférieure pour les joueurs du groupe intervention à celle des joueurs du groupe contrôle. Le seuil de signification est de 0,05 et il s'agit du plus couramment utilisé.

4. Matériels et Méthode

4.1 Participations

Tous les participants sont des joueurs de badminton qui s'entraînent à minima 1 fois par semaine avec le même entraîneur. Les joueurs doivent avoir entre 9 et 18 ans et de niveau loisir ou compétiteur pour être éligible. Une notice d'information (annexe III) et un formulaire de consentement (annexe IV) ont été envoyés à tous les joueurs via leurs entraîneurs. Tous les volontaires de l'étude ont signé le formulaire de consentement. Après consentement, une lettre contenant une description plus détaillée de l'étude a été envoyée aux entraîneurs qui ont également informé les joueurs.

4.2 Protocole expérimental

4.2.1 Recrutement des clubs à l'étude

Cinquante-neuf entraîneurs de badminton en France ont été invités à participer à l'étude pendant 8 semaines. Ils sont en possession d'un DEJEPS. Certains sont des entraîneurs des Pôles Frances. Un des critères d'inclusion est le fait que l'entraîneur doit entraîner le même groupe au moins une fois par semaine pendant toute la durée de l'étude.

La Fédération Française de Badminton nous a fourni les coordonnées d'entraîneurs qui ont été diplômés du DEJEPS (n = 45) ainsi que ceux des entraîneurs des différents Pôles Espoirs (n = 9) et Pôles France (n = 2) existants.

Ils ont été contactés par un email entre Janvier et Février 2020 contenant les informations sur les objectifs, les conditions d'inclusion et la conception de l'étude. Nous avons reçu un total de 28 réponses positives dont 2 des Pôles Frances Jeunes. Les entraîneurs qui ont accepté nous ont envoyé une liste de joueurs qui participeront à l'étude ainsi que leur nombre d'heures d'entraînement par semaine.

Entre Février 2020 et Septembre 2020, une vidéo d'instruction du programme et un diaporama explicatif ont été transmis aux différents entraîneurs du groupe intervention (https://youtu.be/gzL_wNTUKus).

Les entraîneurs du groupe intervention ont été contactés un à un par téléphone. Il leur a été expliqué les points clés du programme et la manière dont le protocole devrait être enseigné aux joueurs d'après nos recherches et les retours des mises en situations effectuées

au préalable. Les interrogations des entraîneurs ont été répondues par téléphone ou email : elles portaient généralement sur les exercices, sur les procédures de remplissage des Google Forms et du groupe de joueurs à choisir.

4.2.2 Méthode

La randomisation a été effectuée en Mars 2020, séparant de façon aléatoire les 28 entraîneurs en 2 groupes de 14. Un groupe appelé « intervention » pratique le protocole d'échauffement préventif et l'autre groupe appelé « contrôle » continue à s'échauffer comme d'habitude pendant 20 min. Les deux Pôles Frances ont été mis dans deux groupes différents puisqu'ils ont des expositions (nombre d'heures d'entraînement hebdomadaire) similaires et supérieures à celles des clubs. Tous les groupes du même entraîneur ont été randomisés dans le même groupe traitement : 2 entraîneurs comprennent 2 groupes chacun. J'ai procédé moi-même à la randomisation.

Les clubs du groupe intervention ont été informé qu'ils recevraient un programme d'exercices d'échauffements utilisés pour prévenir les blessures. Il a été demandé au groupe contrôle de s'échauffer comme d'habitude pendant les 8 semaines.

4.2.3 Temps d'arrêt du sport

Une des particularités de cette étude est qu'elle a été menée suite un arrêt de plus de 6 mois du badminton. En effet, le confinement national entre Mars et Mai 2020 suivi des vacances d'été de Juin à Août 2020 n'ont pas permis aux joueurs de s'entraîner et de faire des compétitions pendant cette période. Les joueurs étaient en reprise sportive lors de cette étude.

4.2.4 Intervention

Le programme d'échauffement a été conçu à partir du FIFA 11+ qui a été élaboré par un groupe d'experts réunis par la Fédération Internationale de Football dont des représentants du Centre de recherche sur les traumatismes sportifs d'Oslo, de la Fondation de recherche en orthopédie et médecine du sport de Santa Monica et du F-MARC. En prenant en compte les principes du contrôle neuromusculaire, les différences de caractéristiques et de blessures entre le football et le badminton (tab. I), le protocole d'échauffement a été modifié à l'aide d'un

médecin du sport, de kinésithérapeutes et d'un chercheur en biomécanique, tous expert dans le badminton (annexe V). Une série de pré-test a permis en amont de l'étude de le réaliser sur des joueurs de Pôle Espoir et dans un club. Il était composé de trois parties distinctes.

	FOOTBALL	BADMINTON
Caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> • Changement de direction rapide • Sprints • Sauts • Contact • Agilité 	<ul style="list-style-type: none"> • Changement de direction rapide • Sauts • Fentes • Frappes main haute • Agilité
Blessures les plus fréquentes	<ul style="list-style-type: none"> • Lésions ligamentaires du genou • Entorses de la cheville • Lésions des ischio-jambiers et adducteurs • Blessures de surcharges 	<ul style="list-style-type: none"> • Lésions ligamentaires du genou • Entorses de cheville • Lésions musculaires et tendineuses (tendon d'Achille, tendon rotulien) • Blessures de surcharges de l'épaule et des membres inférieurs
Exercices modifiés	Suppression de l'exercice avec contact et de sprint sur 40 mètres	Ajout d'exercices : <ul style="list-style-type: none"> • De renforcement et de stabilisation d'épaule • De pas croisés • De changement de direction sur le terrain de badminton Réduction de la longueur de courses de 20 mètres

Tableau I. Comparatif des caractéristiques et des blessures entre le football et badminton, modification du protocole de base du FIFA 11+

La première partie se composait d'exercices de course à vitesse lente combinés à des étirements actifs (fig. 6). Le parcours de course comprenait deux lignes de 6 cônes espacés de quatre mètres chacun (en longueur) et de sept mètres (en largeur). La deuxième partie était composée de six séries d'exercices différents, comprenant des exercices de force (fig. 7), d'équilibre et de saut, chacun avec trois niveaux de difficulté croissante. La dernière partie était une course de vitesse combinée à des mouvements spécifiques au badminton avec des changements de direction.



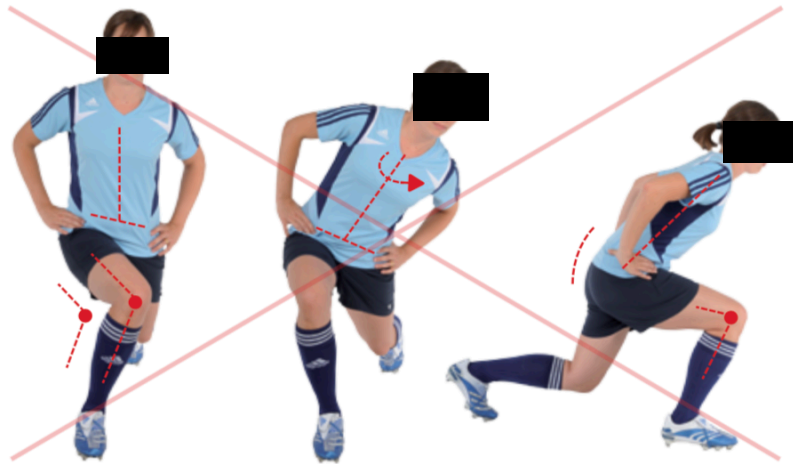
*Figure 6. Course hanche vers l'extérieur
F-MARC « 11+ Manuel » (2007)*



*Figure 7. Fentes dynamiques
Photo prise dans le cadre de ce mémoire*

La vidéo d'instruction et le diaporama détaillent chaque exercice et expliquent la réalisation correcte en évitant les erreurs posturales et biomécaniques courantes (fig. 8). Ils décrivaient également les différents niveaux de progressions. Nous avons incité les entraîneurs à montrer la vidéo d'instruction à leurs joueurs avant la première séance. De plus, il a été demandé d'utiliser le programme d'exercices complet comme échauffement pour chaque séance d'entraînement tout au long des 8 semaines d'étude et il était possible d'utiliser les exercices de course du programme comme partie de leur échauffement pour chaque match.

Lorsque nous avons présenté le programme aux entraîneurs, notre objectif principal était d'améliorer la prise de conscience corporelle et le contrôle neuromusculaire pendant la station debout, la course, les fentes, les déplacements latéraux, le saut et la réception.



*Figure 8. Erreurs biomécaniques à éviter en fentes dynamiques
F-MARC « 11+ Manuel » (2007)*

Nous avons encouragé les entraîneurs à se concentrer sur la qualité des mouvements du joueurs et à mettre l'accent sur la stabilité du tronc, le contrôle des hanches et l'alignement des genoux pour éviter un valgus excessif pendant les mouvements statiques et dynamiques. Nous leur avons demandé de surveiller de près et de donner leur avis et conseils pendant l'entraînement. Une fois que les joueurs se sont familiarisés avec les exercices, le programme a duré environ 20 minutes.

Tout au long de la saison, nous avons régulièrement contacté les entraîneurs par courrier électronique et par téléphone, ce qui leur a permis de poser des questions et de donner leurs avis sur le programme d'échauffement, sur l'enregistrement des blessures et de l'exposition. Mon statut de sportive de haut-niveau dans le badminton m'a aidé à convaincre et à motiver les entraîneurs à participer rigoureusement à l'étude.

4.3 Classification des blessures

Les entraîneurs étaient chargés de noter les blessures lors d'un entraînement ou d'une compétition de badminton dans les deux groupes d'étude. Ils ont utilisés un formulaire en ligne pour reporter les blessures (annexe I). Le questionnaire à remplir s'inspire de la déclaration de consensus sur les définitions des blessures et les procédures de collecte de données dans le domaine du football, du tennis et du rugby puisqu'aucune n'a été élaboré pour le badminton (Fuller et al., 2006 ; Babette et al., 2009 ; Colin et al., 2007). En effet, plusieurs définitions de la blessure ont été proposées dans différentes études. Nous avons utilisé celle de Fuller et al. (2006) pour la déclaration de consensus pour le football comme

étant : toute plainte physique subie par un joueur à la suite d'un match ou d'un entraînement de badminton, empêchant le joueur de jouer pleinement le match ou la session d'entraînement suivant ou nécessitant des soins médicaux.

On retrouvera dans le formulaire en ligne la partie du corps blessée, les typologies de blessure, un diagnostic précis d'un médecin ou d'un kinésithérapeute, la récurrence, le temps d'arrêt et la survenue de la blessure durant un match ou un entraînement de simple, de double ou de double mixte.

4.3.1 Enregistrement des expositions

Les entraîneurs ont rempli un formulaire en ligne hebdomadaire (annexe II) indiquant les détails de la participation d'un joueur individuel pour chaque séance d'entraînement et match, ce qui nous permettaient d'avoir un suivi exact de l'exposition des participants. Il était aussi demandé le nombre de fois que le programme d'échauffement préventif a été réalisé par les joueurs du groupe intervention chaque semaine tout au long de la période d'étude.

4.4. Analyse statistique

4.4.1 Mesures des résultats

Le principal résultat de l'étude était l'incidence des blessures pour 1000 HdJ. Celle-ci a été calculée selon la formule $I=(n/e)\times 1000$, où « n » est le nombre de blessures et « e » la durée totale d'exposition exprimée en heures totales de pratique du badminton (Miyake et al. 2016).

Les résultats secondaires étudiés sont la gravité des blessures pour 1000 HdJ, les caractéristiques telles que les typologies, la localisation et le degré de blessure (aiguë ou surcharge). Nous avons inclus toutes les blessures signalées après qu'un club intervention ait suivi la première séance de formation à la prévention (correspondant à la même date pour le groupe contrôle) afin de comparer le risque de blessure entre les groupes.

4.4.2 Méthode statistique

Afin de traiter les résultats, les blessures ont été rapportées en nombre et en pourcentage selon l'emplacement, la typologie et « l'intensité ». Nous avons utilisé des statistiques descriptives pour caractériser le profil de blessure. Les résultats seront rédigés sous la forme moyenne \pm écart-type. Les données descriptives et comparatives seront complétées par les moyennes et les écarts-types. L'incidence des blessures a été calculée comme le nombre totale de blessures pour 1000 HdJ. Initialement, l'hypothèse de normalité a été évaluée à l'aide du test de Kolmogorov-Smirnov, qui a révélé que les données n'étaient pas normalement distribuées. Nous avons associé des données afin de les étudier comme (1) la gravité de la blessure et le type de blessure et (2) le type de blessure et le type d'évènement en comparant entre les 2 groupes (contrôle et intervention). Nous avons utilisé le logiciel StatSoft Statistica 10.0 pour les analyses de données avec un niveau de significativité de $p < 0,05$. Des tests de comparaisons multiples post hoc de Bonferroni ont été effectués pour vérifier les différences entre les groupes contrôle et intervention.

5. Réflexion éthique

Analysons la situation d'un point de vue éthique. Les clubs conviés à cette étude ont été contactés grâce au bouche-à-oreille et ils sont au nombre de 59. La Fédération Française de badminton (ffbad.org site consulté le 17/03/2020) recense 1002 clubs labellisé « École Française de Badminton ». Il n'y a pas eu de chance égale pour tous ces clubs de participer à cette étude. Cependant tous les entraîneurs souhaitant participer à l'étude et qui étaient dans les critères d'inclusion ont été acceptés. La randomisation a été faite de manière simple et aléatoire. Chaque entraîneur avait une chance égale d'être dans le groupe contrôle ou dans le groupe intervention.

Le consentement éclairé a été demandé et obtenu à tous les joueurs participants à l'étude (annexe IV). Ils ont été informés des objectifs et des procédures en détail par leur entraîneur et en recevant une notice d'information (annexe III). L'accord parental était requis pour les joueurs mineurs. Les joueurs n'encourent aucun risque pendant cette étude.

L'anonymat a été conservé dans le recueil des données informatiques. Tout au long de l'étude, je suis restée en contact permanent avec les entraîneurs pour leur rappeler de remplir les « Google Form » et pour répondre à toutes questions qu'ils pouvaient se poser. Pour préserver l'égal accès à tous au protocole, les résultats et le programme d'intervention seront divulgués à tous les entraîneurs qui y ont participé ainsi qu'aux joueurs le souhaitant.

6. Résultat

6.1 Flux de participants

Lors de la phase de recrutement, 59 entraîneurs ont été contactés ; 31 entraîneurs ont refusé de participer ou n'ont pas répondu et 28 entraîneurs ont accepté d'intégrer l'étude. Ils ont été randomisés en 2 groupes de 14 entraîneurs chacun. Peu de temps après la randomisation, 3 entraîneurs du groupe intervention ont abandonné l'étude : 2 n'ont plus jamais répondu aux emails et 1 a eu des problèmes professionnels avec son club. Les données de 273 joueurs ont été analysées, 126 dans le groupe intervention et 147 dans le groupe contrôle (fig. 9). Pendant la durée de l'étude, aucun joueur n'a été perdu de vue.

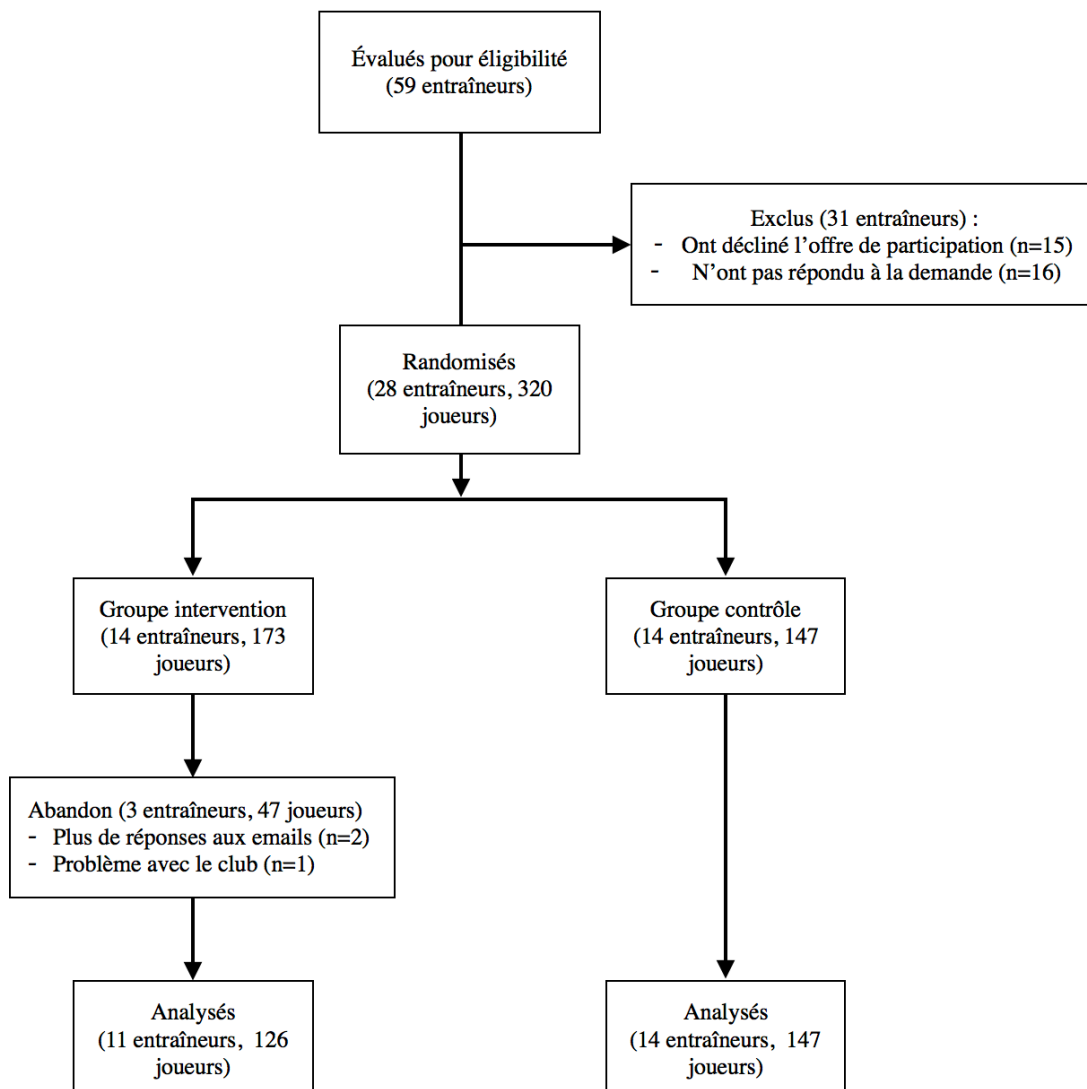


Figure 9. Diagramme du flux de participants

6.2 Caractéristiques des joueurs

Les caractéristiques des participants sont détaillées dans le tableau II. L'échantillon final était composé de 11 entraîneurs et de 126 joueurs dans le groupe intervention et de 14 entraîneurs et de 147 joueurs dans le groupe contrôle. En complément, il y avait 28% de filles (n=35) et 62% de garçons (n=91) dans le groupe intervention et 33% de filles (n=49) et 67% de garçons (n=98) dans le groupe contrôle.

	Variable	Âge	Nombre de séances par semaine	Nombre d'heures d'entraînement par séance	Nombre d'heures d'entraînement par semaine
TOTAL n = 273	Moyenne	13,81	3,01	2,68	5,28
	Ecart type	2,76	2,01	2,00	4,06
Intervention n = 126	Moyenne	13,89	3,45	2,95	6,12
	Ecart type	2,94	1,96	2,12	4,04
Contrôle n = 147	Moyenne	13,52	2,54	2,82	4,61
	Ecart type	3,55	2,18	1,74	4,48

Tableau II : Caractéristiques des groupes (total, intervention & contrôle)

6.3 Temps d'exposition et incidence des blessures

Les résultats de l'exposition et de l'incidence des blessures selon 1000 h de jeu sont indiqués dans le tableau III. L'exposition globale moyenne de la population étudiée était de 8305,50 heures d'exposition (8058 heures d'entraînement et 247,50 heures de match). Le groupe contrôle a réalisé un total de $411,06 \pm 139,59$ h par semaine et le groupe intervention a un total de $596,18 \pm 246,90$ h par semaine (tab. 2).

Pendant les 8 semaines de l'étude, 16 (6%) sur 273 joueurs se sont blessés avec un total de 20 blessures : 14 pour le groupe contrôle et 6 pour le groupe intervention.

	Contrôle	Intervention	p value
Nombre total d'heure de jeu (HdJ)	3440,50	4865,00	
Nombre de blessure	14	6	
Nombre de blessure pour 1000 heures d'entraînement *	4,26	1,26	< 0,001
Nombre de blessure pour 1000 HdJ (heure d'entraînement + heure de match) *	4,07	1,23	< 0,001

Tableau III. Nombre de blessures et taux d'incidence pour 1000 HdJ

** différences significatives prouvées avec $p < 0,05$ soit 95% d'intervalle de confiance*

Le taux d'incidence global des blessures observé dans cette étude était de 4,26 pour 1000 heures d'exposition pour le groupe contrôle, avec une incidence significativement moins importante en ajoutant les matchs (4,07), par rapport au groupe intervention (1,26 et 1,23 respectivement, $p < 0,001$; tableau III). Le taux d'incidence des blessures de tous les joueurs de l'étude était de 2,48 pour 1000 HdJ.

6.4 Les blessures

Sur les 8 semaines, un total de 20 blessures a été enregistré pour 274 joueurs avec une indisponibilité totale de 284 jours (tab. IV).

	CONTROLE		INTERVENTION		P value	TOTAL	
	Incidence pour 1000 HdJ	N	Incidence pour 1000 HdJ	N		Incidence pour 1000 HdJ	N
Nombre de blessures *	4,07	14	1,23	6	< 0,001	2,41	20
À l'entraînement *	3,20	11	0,82	4	< 0,001	1,81	15
En match	0,87	3	0,41	2	NS	0,60	5
En simple *	3,78	13	0,82	4	< 0,001	2,05	17
En double	0,00	0	0,41	2	NS	0,24	2
GRAVITÉ							
Blessures légères (4 à 7 jours)*	1,74	6	0,41	2	< 0,001	0,96	8
Blessures modérées (8-28 jours)*	2,33	8	0,82	4	< 0,001	1,44	12
Temps d'arrêt moyen (jours)	3,49	12	2,88	14	NS	1,57	13
LOCALISATION							
Membre inférieur *	2,91	10	0,82	4	< 0,001	1,69	14
Membre supérieur *	0,87	3	0,00	0	< 0,001	0,36	3
Tronc	0,29	1	0,41	2	NS	0,36	3
Entorse cheville*	1,16	4	0,41	2	< 0,001	0,72	6
TYPE							
Entorse/blessure ligamentaire *	1,45	5	0,41	2	< 0,001	0,84	7
Tendineuse *	1,45	5	0,00	0	< 0,001	0,60	5
Musculaire	0,58	2	0,41	2	NS	0,48	4
Nerveuse	0,29	1	0,00	0	NS	0,12	1
Aiguë (brutal) *	2,03	7	0,62	3	< 0,001	1,20	10
Surcharge / Surutilisation *	2,03	7	0,62	3	< 0,001	1,20	10

Tableau IV. Caractéristiques des blessures

* différences significatives prouvées avec $p < 0,05$ soit 95% d'intervalle de confiance

- NS : non significatif

En ce qui concerne la gravité des blessures, les blessures légères et modérées représentaient la totalité des blessures. Les blessures légères correspondaient à 43% et les blessures modérées à 57% des blessures du groupe contrôle, respectivement 33% et 67% des blessures dans le groupe intervention et 40% et 60% des blessures totales. Il n'y a eu aucune blessure minimale (1-3 jours) ou sévères (>28 jours). Le groupe contrôle s'arrête en moyenne 3,49 jours pour 1000 HdJ qui est supérieur au groupe intervention qui s'arrête en moyenne 2,88 jours pour 1000 HdJ.

Les blessures des membres inférieures représentent 70%, des membres supérieurs 15% et du tronc 15%. Les entorses et les blessures ligamentaires représentent 41%, tendineuse 29%, musculaires 24% et nerveuses 6%. Il n'y avait aucune blessure ostéo-articulaire. Les entorses de cheville (30%, n=6) ont été les blessures les plus fréquentes pendant cette étude (fig. 10). Il y a une égale répartition des blessures totales de surcharge/surutilisation et des blessures aiguës (10 et 10 respectivement).

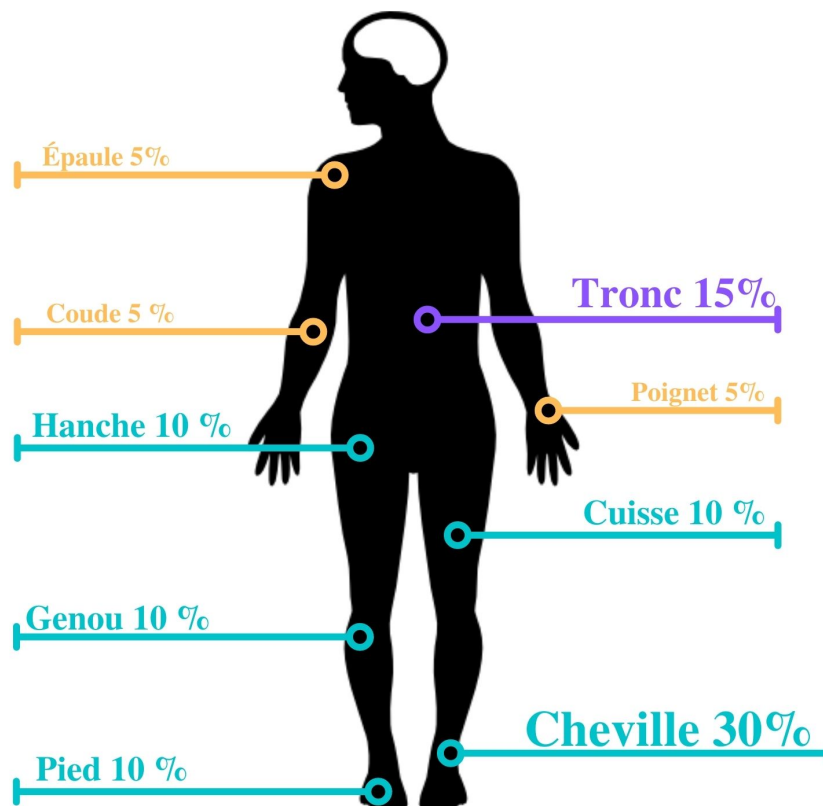


Figure 10. Localisation des blessures

Le taux de blessures a été significativement inférieur pour le groupe intervention ($p < 0,001$) sauf pour le tronc, les blessures en match, en double, les blessures musculaires et le temps d'arrêt moyen.

La répartition du nombre de blessure par semaine est représentée sur la figure 11. Elle est homogène et ne montre pas de tendance particulière. Durant l'étude, il y a eu en moyenne 2,22 blessures par semaine dont 1,75 blessures pour le groupe contrôle et 0,75 blessures pour le groupe intervention.

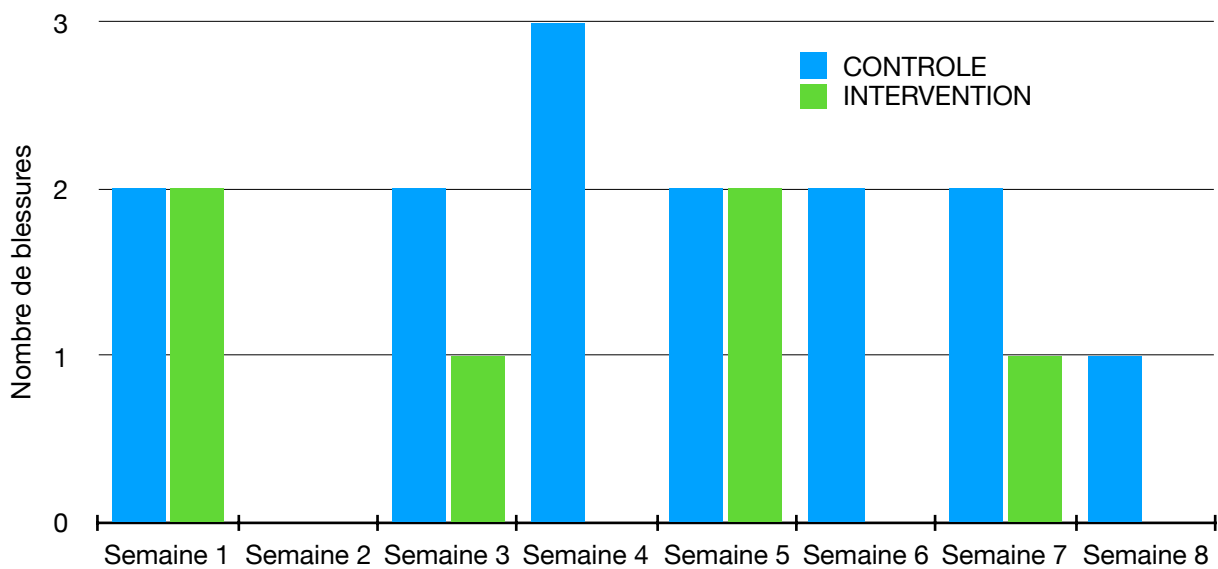


Figure 11 : Répartition du nombre de blessures par semaine selon les deux groupes.

6.5 Compliance avec le programme d'intervention

Dans le groupe intervention, les joueurs ont effectué le programme d'échauffement préventif en moyenne $2,42 \pm 0,59$ fois par semaine correspondant à $15,56 \pm 4,69$ fois par joueur pendant les 8 semaines. Pour rappel, il a été demandé aux entraîneurs d'effectuer le programme au début de chaque entraînement. Il a été respecté en moyenne à $75,88 \pm 28,94$ %. Aucun joueur du groupe contrôle a exécuté un programme d'échauffement préventif comparable.

7. Discussion

7.1 L'effet du programme de prévention neuromusculaire

Les résultats principaux de cette étude contrôlée randomisée sont que le programme d'échauffement préventif basé sur le contrôle neuromusculaire diminue significativement les blessures globales de 70% et les blessures des membres inférieurs de 72% chez les jeunes joueurs de badminton loisirs et compétiteurs. À notre connaissance, aucune étude de ce genre n'a été conduite sur des joueurs de badminton. Le tableau V représente les essais contrôlés randomisés (ECR), mettant en place un programme de prévention neuromusculaire, qui ont été conduits dans d'autres sports comparant les taux des blessures globales et/ou des membres inférieurs entre le groupe intervention et le groupe contrôle.

Articles	Sport	Taux significatif de réduction des blessures *
Olsen et al. (2005)	Handball - Jeunes féminins (F) & masculins (M)	Globales : 47% Membres inférieurs : 47%
Emery CA et al. (2007)	Basketball - Lycéens F & M	Absence de résultat significatif sur les blessures globales et les membres inférieurs Aiguë : 28%
Soligard et al. (2008)	Football - Jeunes F	Globales : 32%
Steffen K et al. (2008)	Football - Jeunes F	Absence de résultat significatif
Emery & Meeuwisse (2010)	Football - Jeunes F & M	Globales : 38% Membres inférieurs : 31%
LaBella et al. (2011)	Basket et Football - F	Membres inférieurs : 58%
Van Beijsterveldt et al. (2012)	Football - Adulte M	Absence de résultat significatif
Longo et al. (2012)	Basketball - Elite M	Globales : 56% Membres inférieurs : 57%
Owoeye et al. (2014)	Football - Jeune M	Globales : 41% Membres inférieurs : 48%
Silvers-Granelli et al. (2015)	Football - M de 18 à 25 ans	Globales : 46,1%
Lopes et al. (2020)	Football en salle - joueurs amateurs F & M	Globales : 44 % Membres inférieurs : 49%

Tableau V. Tableau des ECR mettant en place un programme préventif neuromusculaire pour réduire les blessures globales et/ou des membres inférieurs conduit entre 2005 et 2020

*du groupe intervention par rapport au groupe contrôle

Nous avons comparé les résultats obtenus lors de cette étude et ceux des études précédentes dans le football, le handball et le basketball. Nous avons remarqué que le taux de réduction des blessures de cette étude est supérieur pour les blessures globales (70%) et des membres inférieurs (72%) comparé à toutes les autres.

L'efficacité de ce programme repose sur le contrôle neuromusculaire, de la force du tronc, de l'équilibre, de l'entraînement excentrique des ischio-jambiers, de la pliométrie et de l'agilité (Bizzini et al. 2011). D'autres études font aussi référence à l'amélioration du temps de stabilisation (Impellizzeri et al. 2013) ou du contrôle neuromusculaire du tronc (Whittaker et Emery, 2015) comme facteurs sous-jacents pouvant justifier l'effet protecteur du programme neuromusculaire 11+. Cependant, les mécanismes exacts à l'origine de cet effet protecteur ne sont pas entièrement compris (Whittaker et Emery, 2015).

Sur une durée de 8 semaines que l'on peut considérer comme un entraînement préventif de pré-saison, notre programme a été plus efficace que sur une durée d'une saison pour la plupart des études présentes. Ce qui est contraire à ce que Petushek et al. (2019) ont trouvé dans leur étude qui supposait qu'une exposition continue à un entraînement neuromusculaire tout au long de la saison sportive semble renforcer les effets prophylactiques comparé à un entraînement seulement en pré-saison.

On peut supposer que l'efficacité de cette étude peut-être due non à la durée mais plutôt à la date à laquelle elle se trouvait. En effet, le début de l'étude est survenu juste après le confinement national de Mars à Mai 2020 et après les vacances scolaires de Juin à Août 2020. Les joueurs de l'étude n'ont pas pu s'entraîner pendant plus de 6 mois, ce qui a pu créer un déconditionnement physique et entraîner la forte incidence de blessures du groupe contrôle (4,07 pour 1000 HdJ). En comparatif, l'étude de Miyake et al. (2016), qui recensait les blessures des joueurs compétiteurs et universitaires et qui est celle qui se rapproche le plus en terme de population étudiée, avait trouvé 2,64 blessures pour 1000 HdJ. Le programme de prévention pourrait permettre de prévenir le nombre de blessure après une longue période d'arrêt du badminton.

7.1.1 Les blessures du membre inférieur

Les blessures des membres inférieurs représentaient 70% des blessures totales de l'étude : 71% des blessures totales du groupe contrôle et 67% des blessures totales du groupe intervention. Ces chiffres concordent avec les études épidémiologiques sur le badminton où le

membre inférieur est la région la plus touchée représentant entre 50 à 70% des blessures totales (Yung et al., 2007 ; Shariff et al., 2009 ; Goh et al., 2013 ; Guermont, 2019).

Comme cité plus haut, le groupe intervention a significativement moins de blessure aux membres inférieurs comparé au groupe contrôle. Le programme neuromusculaire est efficace pour prévenir les blessures du membre inférieur.

Les entorses de cheville étaient la blessure la plus récurrente (n=6) avec une incidence de 0,72 par 1000 HdJ et représentaient 30% des blessures totales de toute l'étude. Ce qui est contraire à ce que Senadheera (2019) et Marchena et al. (2020) avaient trouvé : le genou était, dans leurs études, la région la plus touchée. Cette différence peut être due à la population étudiée de Senadheera (2019) qui concernait des joueurs élités et de Marchena et al. (2020) qui concernait des joueurs séniors avec une moyenne d'âge de 51 ans. De plus Marchena et al. (2020) avaient trouvé que les blessures sévères au genou constitué 50% des blessures totales de genou. La courte durée de notre étude peut avoir un rôle dans le faible taux d'incidence des blessures au genou.

Il y avait une différence significative entre l'incidence des entorses de cheville pour le groupe contrôle (1,16 pour 1000 HdJ, n=4) comparé au groupe intervention (0,41 pour 1000 HdJ, n=2). On peut noter l'effet protecteur du programme de prévention neuromusculaire même si le badminton comporte davantage de changement de direction que le football. Étant donné que les entorses de cheville représentaient 33% des blessures du groupe d'intervention, on pourrait renforcer le protocole en incluant davantage d'exercice d'équilibre et de force sur la cheville.

7.1.2 Les blessures du membre supérieur

Une blessure de l'épaule a été reportée dans le groupe contrôle et aucune dans le groupe intervention. Il n'y a pas de différence significative dans les blessures d'épaule entre les deux groupes; de ce fait on ne peut pas émettre de lien entre les exercices de stabilisation et de renforcement d'épaule qui ont été ajoutés dans le programme préventif et le nombre inférieur de blessure à l'épaule dans le groupe intervention. Cependant, le taux d'incidence des blessures du membre supérieur comprenant l'épaule, le coude, le poignet et la main du groupe contrôle est significativement supérieur au groupe intervention (tab. IV).

Le membre supérieur a été très peu étudié dans les études comprenant des programmes de prévention neuromusculaire globaux puisqu'ils ont été conçus dans un premier temps pour

les sports collectifs dans le but de réduire les blessures des membres inférieurs notamment les lésions du LCA (Hewett et al., 1999 ; Myklebust et al., 2003 ; Manderlbaum et al., 2005 ; Myklebust et al., 2007).

Cependant, comme énoncé plus haut, 37 à 50% des joueurs de badminton amateurs et élites ont des douleurs à l'épaule mais n'arrêtent pas pour autant de jouer (Falström et al., 2006 ; Falström et Soderman, 2007 ; Guermont, 2019). Cette constatation pourrait être un biais dans cette étude qui a trouvé seulement 5% de blessures d'épaule et dont la définition de la blessure est : « toute plainte physique subie par un joueur à la suite d'un match ou d'un entraînement de badminton, empêchant le joueur de jouer pleinement le match ou la session d'entraînement suivant ou nécessitant des soins médicaux ». Ce qui signifie que si une blessure survient à l'épaule et que le joueur continue à jouer malgré la douleur, ce qui est fréquent selon Falström et al. (2006), l'entraîneur ne reportera pas la blessure.

7.1.3 Les blessures du tronc

Les blessures du tronc représentaient 15% des blessures totales (n=3) de l'étude. Elles représentaient la seule blessure avec une incidence plus élevée pour le groupe intervention comparé au groupe contrôle (0,41 > 0,29 respectivement pour 1000 HdJ) sans différence significative.

D'après Kimura et al. (2010), les joueurs de badminton tiennent leur raquette dans leur main dominante, ce qui entraîne une posture asymétrique du tronc en flexion et en inclinaison, en particulier lors des frappes au dessus de la tête. La stabilité du tronc est essentielle pour contrôler les mouvements du tronc et contribue à diminuer les contraintes sur les membres inférieurs (Huang et al. 2014 ; Kimura et al. 2014). Phomsoupha et Laffaye (2020) recommandent un entraînement neuromusculaire pour augmenter le contrôle du tronc et de la hanche afin de prévenir les blessures des membres inférieurs. Ce qui aura aussi un effet prophylactique sur le tronc si le renforcement des membres inférieurs est assuré, puisque l'énergie déployée lors d'un impact au sol sera emmagasiné davantage par les membres inférieurs et moins par le tronc.

La durée de l'étude n'a peut-être pas été assez longue pour diminuer de manière significative l'incidence des blessures du tronc. Dans les ECR portant sur un programme de prévention neuromusculaire, les résultats sont hétérogènes concernant un effet préventif sur le tronc. Soligard et al. (2008) et Longo et al. (2012) ont constaté une réduction significative des

blessures du tronc suite à un programme neuromusculaire tandis que Olsen et al. (2005), Silvers-Granelli et al. (2015) et Lopes et al. (2020) n'ont pas trouvé d'effet significatif.

7.1.4 La gravité

Les joueurs du groupe intervention ont eu significativement moins de blessures légères et modérées que les joueurs du groupe contrôle (fig. 12). Aucune blessure minimale ou sévère n'a été déclarée tandis que Guermont (2019) a reporté un nombre plus élevé de blessures mineures (45,7%) et sévères (17,1%) comparé à nos résultats (0%).

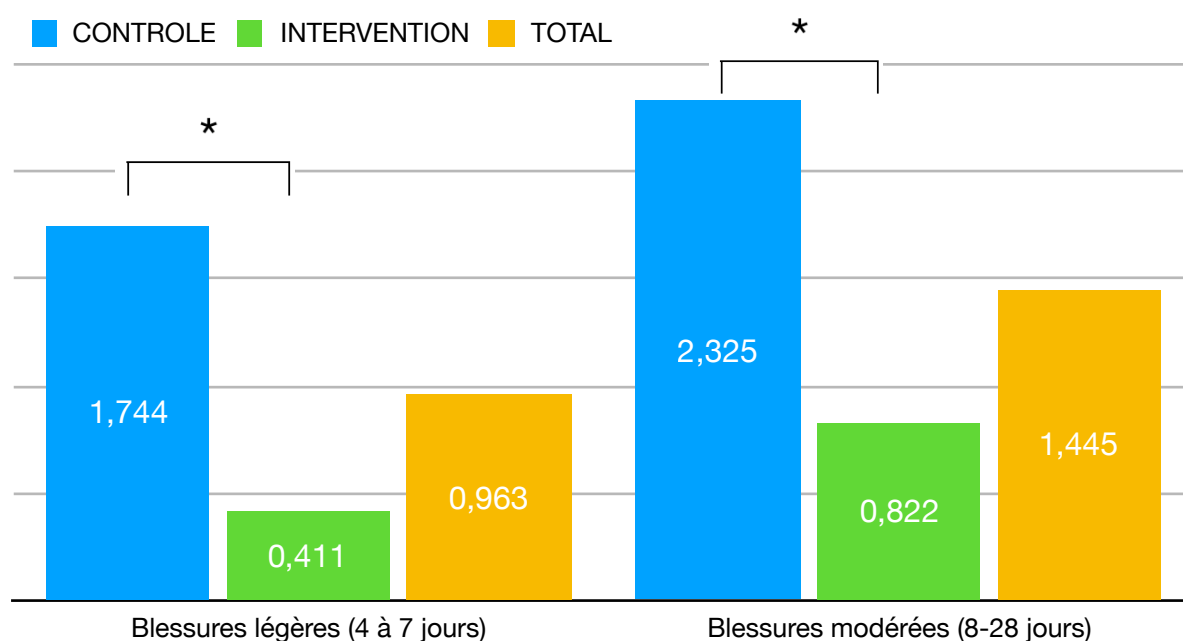


Figure 12. Le taux d'incidence pour 1000 HdJ des blessures légères et modérées du groupe contrôle, intervention et de tous les joueurs.

* différences significatives prouvées avec $p < 0,05$ soit 95% d'intervalle de confiance

Cela peut être dû à la courte durée de l'étude étant donnée la rareté des blessures sévères et peut aussi signifier que l'absence d'une assistance médicale pendant les séances d'entraînement et les matchs dans la majorité des clubs qui a participé à notre étude peut avoir conduit à un taux plus faible d'enregistrement des blessures mineures.

7.1.5 Les types de blessures

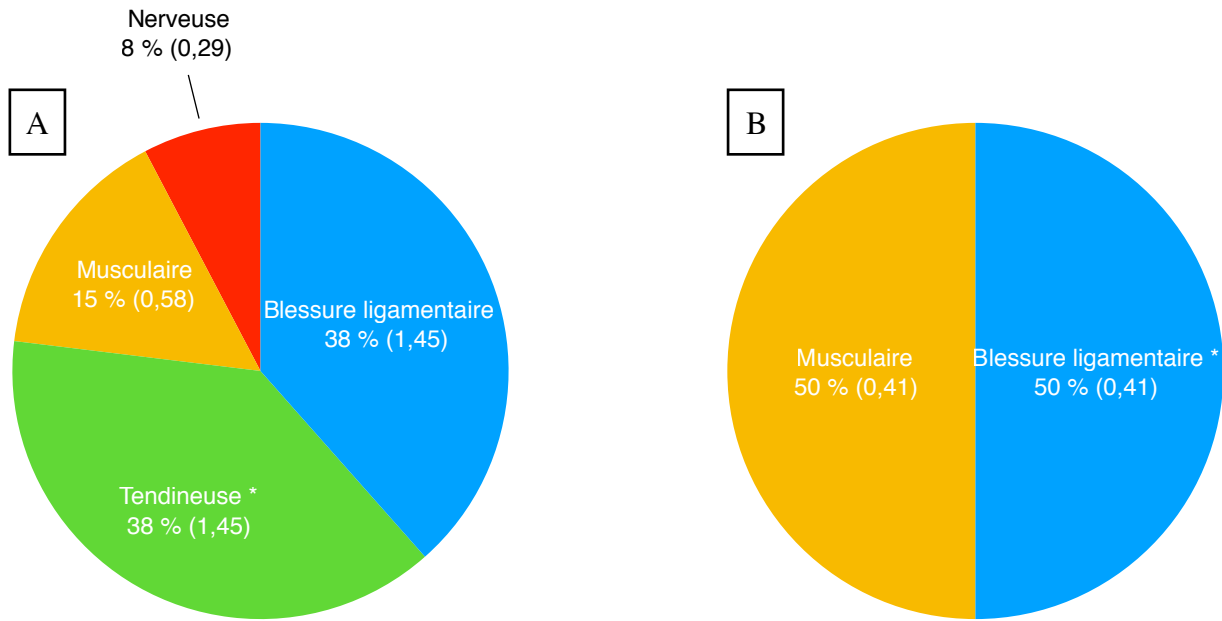


Figure 13. Pourcentage par type de blessure dans le groupe contrôle (A) et dans le groupe contrôle (B) ; entre parenthèse le taux d'incidence pour 1000 HdJ

Les résultats ont montré une réduction significative des blessures de type tendineuse et ligamentaire (fig. 13). Cependant ils n'ont pas montré de réduction significative pour les blessures musculaires et nerveuses même si nous pouvons noter une tendance à la diminution.

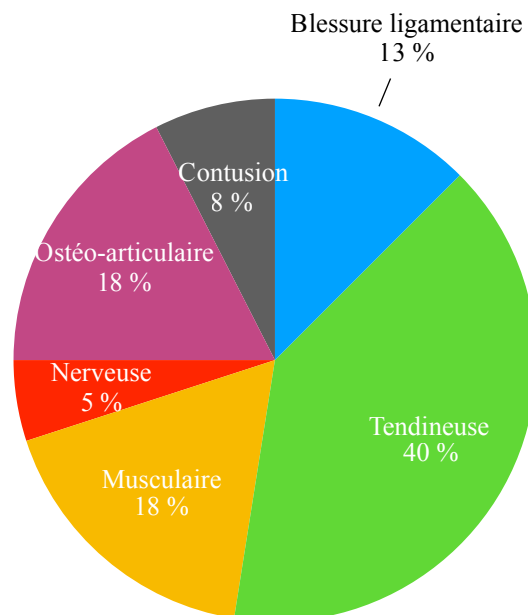


Figure 14. Pourcentage par type de blessure dans l'étude de Guermont (2019) avec son autorisation

Comparé à l'étude épidémiologique sur les joueurs élites français de Guermont (2019) qui comporte un plus grand nombre de type de blessures, les pourcentages de blessures musculaires, nerveuses et tendineuses correspondent à ceux du groupe contrôle (fig. 14).

Cependant nous retrouvons un plus grand pourcentage de blessure ligamentaire dans le groupe contrôle qui est plus similaire à l'étude de Shariff et al. (2009) qui comprend 30,9% d'entorses. L'étude de Shariff et al. (2009) porte sur des joueurs de badminton élites et amateurs, comme dans notre étude qui ont côtoyé la Clinique de l'Institut National du Sport malaysien. Guermont (2019) suppose que la réception d'une fente est différente selon le niveau de joueur. Le badiste amateur appliquera une forte pression plantaire externe qui serait plus à même à favoriser l'entorse de cheville (Mei et al. 2017). Le programme de prévention neuromusculaire devrait alors être plus efficace chez les joueurs amateurs notamment concernant les blessures ligamentaires.

Les blessures aiguës et de surcharge avaient un taux d'incidence similaire dans cette étude. Ce qui est différent à ce qu'avait trouvé Lam et al. (2018) chez des joueurs de badminton amateurs qui avaient un risque plus élevé de développer des blessures de surcharge. Les joueurs de notre étude étaient en période de reprise du sport, ce qui a pu jouer sur la diminution du nombre de blessures de surcharge et l'apparition accrue de blessures aiguës.

7.2 La compliance au programme

Les joueurs du groupe intervention ont utilisé le programme de prévention à 75,88% de tous les entraînements. La compliance était bonne comme dans l'étude de Soligard (2010) ayant enregistré une compliance de 77% des équipes de football au programme d'intervention. Par son étude, il a constaté que le risque de blessures générales et aiguës était réduit de plus d'un tiers chez les joueurs de football ayant une forte adhésion au programme par rapport aux joueurs ayant une adhésion moyenne. Ainsi, l'effet préventif du 11+ augmentait avec le dosage.

Les recommandations du F-MARC étaient d'effectuer au moins 2 fois par semaine en moyenne le programme préventif. Dans l'étude de Soligard et al. (2010), l'effet préventif du programme a augmenté avec le taux d'utilisation dès qu'il a été effectué plus de 1,5 fois par semaine en moyenne. Les joueurs du groupe intervention ont effectué en moyenne 2,42 fois par semaine, ce qui est supérieur aux recommandations. Ce qui peut expliquer l'effet préventif

accru (diminution de 70% des blessures globales et de 72% des blessures du membre inférieur) comparé aux études dans d'autres sports (tab. 5).

7.3 Limites et forces

7.3.1 La méthode

Concernant l'échantillon, il représente la population des joueurs loisirs et compétiteurs de badminton de 9 à 18 ans en France. Notre échantillon composé de 31% de filles et 69% de garçons est représentatif concernant le genre de la population visée qui se compose de 36% de licenciés féminins et de 64% de licenciés masculins (site de la FFbad consulté le 15/03/2021).

Sur les 59 entraîneurs, 15 entraîneurs ont refusé de participer et 16 n'ont pas répondu à la demande de participation. Il n'a pas non plus été possible de demander à tous les entraîneurs de badminton de France d'y participer. Cependant dans le cadre de recherche future, une étude sur les clubs labellisées « École Française de Badminton » par la Fédération Française de Badminton (n = 1002) montrerait une meilleure représentation de la population des jeunes joueurs de badminton loisirs et compétiteurs.

La randomisation était simple ce qui limite le risque d'anticipation de l'allocation par l'investigateur mais peut créer des déséquilibres entre les 2 groupes (cf partie 2.3). Ainsi la clause d'ignorance est respectée; même s'il n'a pas été possible d'utiliser la méthode du double aveugle (sujet et investigateur), qui aurait été préférable pour limiter les biais de mesure lié à la subjectivité de l'investigateur.

Les joueurs et les entraîneurs du groupe intervention avaient conscience qu'ils faisaient partis du groupe avec le programme préventif ce qui a pu renforcer l'effet placebo. Cependant, dans le contexte de la performance, il est difficile de réaliser une étude sans informer les acteurs.

Les joueurs du groupe contrôle, quant à eux, n'ont pas effectué d'échauffement standardisé. Chaque équipe a effectué son programme d'échauffement habituel de manière non standardisé. Même si cela peut être un biais, cela reflète les habitudes courantes d'échauffements dans les clubs et Pôle France jeune. Je suis consciente qu'un programme d'échauffement plus strict pour le groupe contrôle pourrait renforcer ce travail.

La minimisation du taux de pertes de patients (loss-to-follow-up) est essentielle (Kleist, 2009). Il n'y a pas eu de loss-to-follow-up, les abandons ont eu lieu avant le début de l'étude, ainsi ils ont été exclus de l'analyse. La notion « intention-to-treat » a été conservée ce

qui est la méthode privilégiée d'évaluation des résultats d'essais cliniques; cependant avec l'exclusion des 3 groupes de joueurs après la randomisation, cela pourrait créer un biais par élimination des individus dont le pronostic est le plus mauvais : les entraîneurs les moins assidus.

7.3.2 La conformité

Selon Petushek et al. (2019), l'adhérence au programme est essentielle et ne doit pas être supposée ou ignorée. Il a été démontré que la connaissance et la compréhension du programme de prévention constituent une composante modifiable de sa mise en oeuvre. Une meilleure compréhension des composantes efficaces des programmes neuromusculaires devrait se traduire par une meilleure mise en oeuvre (Donaldson et al. 2018, McKay et al. 2014).

Cependant, il n'y a eu aucune visite de suivie pour vérifier la conformité et la bonne application du programme, ce qui pourrait être mis en place dans des études futures avec des moyens plus importants.

De plus, seuls les entraîneurs ont été formés à distance sur le programme d'échauffement préventif. Afin de renforcer la conformité, j'ai envoyé aux entraîneurs un diaporama, une fiche explicative et une vidéo montrant tous les exercices qu'ils ont ensuite montré à leurs joueurs. Bien que cela puisse introduire un biais, il était impossible d'en faire autrement au vu des ressources disponibles et des restrictions sanitaires. Cependant, cela reflète la réalité du terrain si ce genre de programme préventif voit le jour dans le monde du badminton comme il a été fait au football ou dans le cadre des autres sports.

7.3.3 Les caractéristiques des joueurs, la taille de l'échantillon et la durée

La moyenne d'âge des deux groupes était quasi similaire (groupe intervention : 13,89 \pm 2,94 et groupe contrôle : 13,52 \pm 3,55). Selon Myer et al. (2011), la pré-adolescence serait le moment idéal pour initier un programme de prévention neuromusculaire. Il pourrait donc être plus facile d'enseigner ces schémas aux jeunes joueurs qui n'ont pas encore établi leurs schémas de mouvement de base. Comme cela a été suggéré dans d'autres sports, des programmes visant à améliorer la force, la conscience et le contrôle neuromusculaire des

mouvements statiques et dynamiques devraient être mis en oeuvre dès que les enfants commencent à jouer au badminton.

Le groupe intervention s'entraînait en moyenne 1 fois de plus que le groupe contrôle, ce qui a pu renforcer les effets du programme préventif puisque les joueurs du groupe intervention devaient appliquer l'échauffement à tous les entraînements. La durée des séances était quasi similaire (groupe intervention : $2,95 \pm 2,12$ h et groupe contrôle : $2,82 \pm 1,74$ h). Le nombre d'heures d'entraînement par semaine était plus élevé pour le groupe intervention ($6,12 \pm 4,04$ h) que le groupe contrôle ($4,61 \pm 4,48$ h) avec un nombre total d'HdJ du groupe intervention supérieur au groupe contrôle (4865 pour 3440,5) pendant les 8 semaines d'étude. La tendance en terme d'heure de jeu supposerait un nombre plus élevé de blessure du groupe intervention. Cependant, le nombre de blessure est supérieur pour le groupe contrôle comparé au groupe intervention (16 pour 4) ce qui renforce l'effet protecteur du programme préventif neuromusculaire.

La taille, le poids et le nombre d'année de pratique n'a pas été demandé. Cela aurait été pertinent pour contrôler l'absence des facteurs de confusion potentiels. Cette analyse devra être faite dans les prochaines études.

7.4 Proposition pour l'évaluation des pratiques en kinésithérapie et perspective

Dans son rôle de prévention le MK est confronté à un grand nombre de techniques et de programmes plus au moins prouvées par la littérature. Le contrôle neuromusculaire devient un des moyens préventifs les moins coûteux et les plus facilement mis en place puisqu'il ne nécessite aucun matériel. Nous pouvons suggérer que ce programme peut être mis en oeuvre efficacement sans exiger la présence d'un professionnel de santé agréé. Cela a des implications importantes du point de vue de la santé publique en ce qui concerne la rentabilité et la facilité de mise en oeuvre du programme. Cependant, les explications et la bonne application du programme devraient être faite et vérifiée par un professionnel de santé au moins une fois pour permettre un meilleur effet prophylactique.

Cette étude est le premier essai contrôlé randomisé portant sur un programme de prévention neuromusculaire au badminton. Les résultats de l'étude montrent que le programme d'échauffement préventif basé sur le contrôle neuromusculaire peut diminuer les blessures chez les jeunes joueurs de badminton loisirs et compétiteurs. Ils montrent alors un lien entre la théorie et la pratique du terrain. Cependant, ces résultats ne sont pas

généralisables sur d'autres groupes d'âges, d'autres sports et d'autres niveaux. Des études futures pourraient porter sur différentes populations de joueurs de badminton, sur une durée plus longue ou renforcer celle-ci en ajoutant davantage de suivie des entraîneurs et joueurs.

En perspective, d'autres études pourraient être conduite sur une saison entière pour comparer avec ce que suggèrent Petushek et al (2019) et avec cette étude. Une comparaison avec un programme préventif, incluant davantage d'exercices d'équilibre et de force sur la cheville et des exercices neuromusculaires de l'épaule, seraient pertinente pour observer s'il y a une diminution de l'incidence des blessures globales.

Pour améliorer et compléter, une augmentation de la population ajouterait de la puissance à cette étude. En la communiquant à la Fédération Française de Badminton, cette étude pourra être continuée et complétée par celle-ci.

8. Conclusion

Cette étude a été réalisée dans le but d'évaluer l'efficacité d'un programme de prévention neuromusculaire sur des jeunes joueurs de badminton loisirs et compétiteurs. Il y a eu une diminution significative dans les blessures globales et du membre inférieur du groupe intervention par rapport au groupe contrôle. L'étude s'est déroulée après un arrêt du sport de plus de 6 mois pour les joueurs qui y ont participé, ce qui a pu jouer un rôle sur la forte diminution des blessures du groupe intervention. Certains paramètres sont à prendre en compte pour la bonne mise en place et l'efficacité d'un programme de prévention neuromusculaire; cependant le moindre coût qu'elle engendre est un avantage considérable pour les professionnels de santé et les instances sportives souhaitant le mettre en oeuvre.

Sur le plan personnel, cette étude a été un travail enrichissant de recherche, de management et de coordination avec tous ses acteurs. Elle m'a permis de découvrir un monde jusque là peu développé qui est la prévention des blessures. Les recherches sur ce sujet m'ont permis de m'intéresser de plus près au programme de prévention neuromusculaire qui est une piste prometteuse pour prévenir les blessures chez les sportifs. Les échanges avec les professionnels du badminton et mon intérêt continu pour le badminton m'ont permis d'approfondir mes connaissances sur la biomécanique et l'épidémiologie de ce sport pour ajuster le programme de prévention 11+. Cette étude va assurément développer la pratique de la prévention et du contrôle neuromusculaire dans mon exercice kinésithérapique.

Il me paraît important de continuer et d'approfondir les études sur la prévention des blessures des joueurs de badminton puisqu'à ce jour il n'en existe aucune. Ces études pourraient modifier certains paramètres de cette étude pour comparer les différences qui pourront être notées et pourraient permettre d'améliorer ce travail. D'autres pistes de réflexion pourraient être étudiées dans le badminton pour développer la prévention dans ce sport pour les joueurs élites comme les joueurs amateurs.

Bibliographie

- Abián, P., Castanedo, A., Feng, X. Q., Sampedro, J., & Abian-Vicen, J. (2014). Notational comparison of men's singles badminton matches between Olympic Games in Beijing and London. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(1), 42-53.
- Arora, M., Shetty, S. H., Khedekar, R. G., & Kale, S. (2015). Over half of badminton players suffer from shoulder pain : Is impingement to blame? *Journal of Arthroscopy and Joint Surgery*, 2(1), 33-36. <https://doi.org/10.1016/j.jajs.2014.12.006>
- Behm, D. G., Blazevich, A. J., Kay, A. D., & McHugh, M. (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 41(1), 1-11.
- Bizzini, M., Junge, A., & Dvorak, J. (2011). The "11+" Manual. A complete warm-up programme to prevent injuries. *Zurich: FIFA Medical Assessment and Research Centre*.
- Bizzini, M., Junge, A., & Dvorak, J. (2013). Implementation of the FIFA 11+ football warm up program : How to approach and convince the Football associations to invest in prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 803-806. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-092124>
- Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical Demands of Different Positions in FA Premier League Soccer. *Journal of Sports Science & Medicine*, 6(1), 63-70.
- Boesen, A. P., Boesen, M. I., Koenig, M. J., Bliddal, H., Torp-Pedersen, S., & Langberg, H. (2011). Evidence of accumulated stress in Achilles and anterior knee tendons in elite badminton players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(1), 30-37. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1208-z>
- Burkhart, S. S., Morgan, C. D., & Kibler, W. B. (2003). The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part I: pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery*, 19(4), 404-420.
- Burkhart, S. S., Morgan, C. D., & Kibler, W. B. (2003). The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part III: The SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy*, 19(6), 641-661.
- Chaudhari, A.M.W., McKenzie, C.S., Pan, X.L. & Onate, J.A. (2014) Lumbopelvic control and days missed because of injury in professional baseball pitchers. *Am. J. Sports Med.*, 42, 2734-2740.
- Couppé, C., Kongsgaard, M., Aagaard, P., Vinther, A., Boesen, M., Kjaer, M., et al. (2013). Differences in tendon properties in elite badminton players with or without patellar tendinopathy. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(2), e89-e95.
- Coupe, C., Thorborg, K., Hansen, M., Fahlström, M., Bjordal, J. M., Nielsen, D., ... & Magnusson, S. P. (2014). Shoulder rotational profiles in young healthy elite female and male badminton players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(1), 122-128.
- Donaldson A, Callaghan A, Bizzini M, Jowett A, Keyzer P, Nicholson M. A concept mapping approach to identifying the barriers to implementing an evidence-based sports injury prevention programme [published online 1 20, 2018]. *Inj Prev*. doi:10.1136/injuryprev-2017-042639
- Emery CA, Rose MS, McAllister JR, et al. A prevention strategy to reduce the incidence of injury in high school basketball: a cluster randomized controlled trial. *Clin J Sport Med* 2007;17:17-24.
- Emery, C. A., & Meeuwisse, W. H. (2010). The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer: a cluster-randomised controlled trial. *British journal of sports medicine*, 44(8), 555-562.
- Fahlström, M., Yeap, J. S., Alfredson, H., & Söderman, K. (2006). Shoulder pain—a common problem in world-class badminton players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(3), 168-173.

- Fahlström, M., & Söderman, K. (2007). Decreased shoulder function and pain common in recreational badminton players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 17(3), 246-251.
- FFBad. Statistiques. 2020. Disponible : <http://www.ffbad.org/la-ffbad/statistiques/statistiques-federales/affiliation-adhesion/>
- FIFA Medical Network. Disponible : <https://www.fifamedicalnetwork.com/fr/lessons/prevention-des-blessures-fifa-11/>
- Foschia, C., Tassery, F., Cavalier, V., Rambaud, A., & Edouard, P. (2019). Les blessures liées à la pratique du basketball: Revue systématique des études épidémiologiques. *Journal de Traumatologie du Sport*, 36(4), 242-260.
- Fuller, C. W., Ekstrand, J., Junge, A., Andersen, T. E., Bahr, R., Dvorak, J., ... & Meeuwisse, W. H. (2006). Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(2), 83-92.
- Fuller, C. W., Molloy, M. G., Bagate, C., Bahr, R., Brooks, J. H., Donson, H., ... & Quarrie, K. L. (2007). Consensus statement on injury definitions and data collection procedures for studies of injuries in rugby union. *British journal of sports medicine*, 41(5), 328-331.
- F-MARC. (2007). Manuel 11+ Programme d'échauffement complet pour réduire le taux de blessures.
- Garrison, J.C., Arnold, A., Macko, M.J. & Conway, J.E. (2013) Baseball players diagnosed with ulnar collateral ligament tears demonstrate decreased balance compared to healthy controls. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 43, 752-758.
- Guermont, H. (2019). L'épidémiologie des blessures liées à la pratique du badminton à haut niveau au sein de l'INSEP: une étude rétrospective et prospective. 88.
- Guillain, J. (2002). Histoire du badminton : Du jeu de volant au sport olympique (Publibook).
- Hewett, T. E., Lindenfeld, T. N., Riccobene, J. V., & Noyes, F. R. (1999). The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. *The American journal of sports medicine*, 27(6), 699-706.
- Hewett, T. E., Ford, K. R., & Myer, G. D. (2006). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *The American journal of sports medicine*, 34(3), 490-498.
- Hong, Y., Wang, S. J., Lam, W. K., & Cheung, J. T. M. (2014). Kinetics of badminton lunges in four directions. *Journal of applied biomechanics*, 30(1), 113-118.
- Huang MT, Lee HH, Lin CF, Tsai YJ, Liao JC. How does knee pain affect trunk and knee motion during badminton forehand lunges? *J Sports Sci*. 2014;32(7):690–700.
- Impellizzeri, F. M., Bizzini, M., Dvorak, J., Pellegrini, B., Schena, F., & Junge, A. (2013). Physiological and performance responses to the FIFA 11+ (part 2) : A randomised controlled trial on the training effects. *Journal of Sports Sciences*, 31(13), 1491–1502. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.802926>
- Jørgensen, U., & Winge, S. (1987). Epidemiology of Badminton Injuries*. *International Journal of Sports Medicine*, 08(06), 379–382. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025689>
- Kaalund, S., Lass, P., Hogsaa, B., & Nohr, M. (1989). Achilles tendon rupture in badminton. *British Journal of Sports Medicine*, 23(2), 102–104. <https://doi.org/10.1136/bjism.23.2.102>
- Kanosue, K., Ogawa, T., Fukano, M., & Fukubayashi, T. (Éds.). (2015). *Sports Injuries and Prevention*. Springer Japan. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-55318-2>
- Kaux, J. F., Schaus, J., Delvaux, F., Forthomme, B., Joris, M., Crielaard, J. M., & Croisier, J. L. (2016). Traumatologie du joueur de tennis. *Journal de Traumatologie du Sport*, 33(1), 43-47.
- Kimura Y, Ishibashi Y, Tsuda E, Yamamoto Y, Tsukada H, Toh S. Mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in badminton. *Br J Sports Med*. 2010;44(15):1124–7.

- Kimura, Y., Ishibashi, Y., Tsuda, E., Yamamoto, Y., Hayashi, Y., & Sato, S. (2012). Increased knee valgus alignment and moment during single-leg landing after overhead stroke as a potential risk factor of anterior cruciate ligament injury in badminton. *British Journal of Sports Medicine*, 46(3), 207–213. <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.080861>
- Kimura Y, Tsuda E, Hiraga Y, Maeda S, Sasaki S, Sasaki E, et al. Trunk motion and muscular strength affect knee valgus moment during single-leg landing after overhead stroke in badminton. *Br J Sports Med*. 2014;48(7):620–620.
- Kleist, P. (2009, June). Le principe de l'intention-to-treat. In *Forum médical suisse* (Vol. 9, No. 25, pp. 450-453). EMH Media.
- Krøner, K., Schmidt, S. A., Nielsen, A., Yde, J., Jakobsen, B. W., Møller-Madsen, B., & Jensen, J. (1990). Badminton injuries. *British journal of sports medicine*, 24(3), 169-172.
- LaBella, C. R., Huxford, M. R., Grissom, J., Kim, K. Y., Peng, J., & Christoffel, K. 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.
- Lam, W. K., Wong, D. W. C., & Lee, W. C. C. (2020). Biomechanics of lower limb in badminton lunge: a systematic scoping review. *PeerJ*, 8, e10300.
- Lam, W.-K., Lee, K.-K., Park, S.-K., Ryue, J., Yoon, S.-H., & Ryu, J. (2018). Understanding the impact loading characteristics of a badminton lunge among badminton players. *PLoS ONE*, 13(10), e0205800.
- Leung E. Poul-Erik Hoyer BWF Presidential Election [Internet]. Badminton World Federation. 2013. Available from: http://bwfbadminton.org/news_item.aspx?id=73896
- Longo, U. G., Loppini, M., Berton, A., Marinozzi, A., Maffulli, N., & Denaro, V. (2012). The FIFA 11+ Program Is Effective in Preventing Injuries in Elite Male Basketball Players : A Cluster Randomized Controlled Trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 40(5), 996–1005. <https://doi.org/10.1177/0363546512438761>
- Lopes, M., Simões, D., Costa, R., Oliveira, J., & Ribeiro, F. (2020). Effects of the FIFA 11+ on injury prevention in amateur futsal players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 30(8), 1434-1441.
- Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., ... & Garrett Jr, W. (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.
- Marchena-Rodriguez, A., Gijon-Nogueron, G., Cabello-Manrique, D., & Ortega-Avila, A. B. (2020). Incidence of injuries among amateur badminton players: A cross-sectional study. *Medicine*, 99(18), e19785.
- McKay CD, Steffen K, Romiti M, Finch CF, Emery CA. The effect of coach and player injury knowledge, attitudes and beliefs on adherence to the FIFA 111 programme in female youth soccer. *Br J Sports Med*. 2014;48(17):1281–1286. [PubMed: 24928848]
- Mei Q, Gu Y, Fu F, Fernandez J. A biomechanical investigation of right-forward lunging step among badminton players. *J Sports Sci*. 2017;35(5):457–62.
- Miller, R., Felton P.J., McErlain-Naylor S.A., Towler H., & King M.A. (2020). Optimum performance in the badminton jump smash.
- Miyake, E., Yatsunami, M., Kurabayashi, J., Teruya, K., Sekine, Y., Endo, T., Nishida, R., Takano, N., Sato, S., & Jae Kyung, H. (2016). A Prospective Epidemiological Study of Injuries in Japanese National Tournament-Level Badminton Players From Junior High School to University. *Asian Journal of Sports Medicine*, 7(1). <https://doi.org/10.5812/asjism.29637>
- 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 in youth?. *Current sports medicine reports*, 10(3), 155.

- Myklebust, G., Engebretsen, L., Brækken, I. H., Skjølberg, A., Olsen, O. E., & Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clinical journal of sport medicine*, 13(2), 71-78.
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Braekken, I. H., Skjølberg, A., Olsen, O. E., & Bahr, R. (2007). Prevention of noncontact anterior cruciate ligament injuries in elite and adolescent female team handball athletes. *Instructional course lectures*, 56, 407-418.
- Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 2005;330(7489):449.)
- Owoeye, O. B., Akinbo, S. R., Tella, B. A., & Olawale, O. A. (2014). Efficacy of the FIFA 11+ warm-up programme in male youth football: a cluster randomised controlled trial. *Journal of sports science & medicine*, 13(2), 321.
- Owoeye, O. B., Palacios-Derflingher, L. M., & Emery, C. A. (2018). Prevention of ankle sprain injuries in youth soccer and basketball: effectiveness of a neuromuscular training program and examining risk factors. *Clinical journal of sport medicine*, 28(4), 325-331.
- Petushek, E. J., Sugimoto, D., Stoolmiller, M., Smith, G., & Myer, G. D. (2019). Evidence-based best-practice guidelines for preventing anterior cruciate ligament injuries in young female athletes: a systematic review and meta-analysis. *The American journal of sports medicine*, 47(7), 1744-1753.
- Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2015). The Science of Badminton : Game Characteristics, Anthropometry, Physiology, Visual Fitness and Biomechanics. *Sports Medicine*, 45(4), 473–495. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0287-2>
- Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2020). Injuries in badminton: a review. *Science & Sports*.
- Pluim, B. M., Fuller, C. W., Batt, M. E., Chase, L., Hainline, B., Miller, S., ... & Wood, T. O. (2009). Consensus statement on epidemiological studies of medical conditions in tennis, April 2009. *British journal of sports medicine*, 43(12), 893-897.
- Radwan, A., Francis, J., Green, A., Kahl, E., Maciurzynski, D., Quartulli, A., Schultheiss, J., Strang, R. & Weiss, B. (2014) Is there a relation between shoulder dysfunction and core instability? *Int. J. Sports Phys. Ther.*, 9, 8-13.
- Rambely, A.S., Osman, N.A.A., Usman, J., Abas, W.A.B.W. (2005). The contribution of upper limb joints in the development of racket velocity in the badminton smash. *Proceedings of the XXIII International Symposium on Biomechanics in Sport*, 422–426.
- Richmond, S. A., Fukuchi, R. K., Ezzat, A., Schneider, K., Schneider, G., & Emery, C. A. (2013). Are joint injury, sport activity, physical activity, obesity, or occupational activities predictors for osteoarthritis? A systematic review. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 43(8), 515-B19.
- Sadoghi P, von Keudell A, Vavken P. Effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention training programs. *J Bone Joint Surg Am*. 2012 May 2;94(9):769-76.
- Sakurai, S., Ikegami, Y., & Yabe, K. (1989). A three-dimensional cinematographic analysis of badminton strokes. *Biomechanics in Sports*, 5, 357–363.
- Sekiguchi, T., Hagiwara, Y., Momma, H., Tsuchiya, M., Kuroki, K., Kanazawa, K., et al. (2017). Coexistence of trunk or lower extremity pain with elbow and/or shoulder pain among young overhead athletes: A cross-sectional study. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 243(3), 173–178.
- Senadheera, V. V. (2019). Epidemiological Review of Badminton Related Injuries Among Competitive Badminton Players. *Journal of Sports Science and Physical Education*. Vol, 4(3), 41-44.
- Shariff AH, George J, Ramlan AA. Musculoskeletal injuries among Malaysian badminton players. *Singapore Med J*. 2009;50(11):1095–7.

- Silvers-Granelli, H., Mandelbaum, B., Adeniji, O., Insler, S., Bizzini, M., Pohlig, R., ... & Dvorak, J. (2015). Efficacy of the FIFA 11+ injury prevention program in the collegiate male soccer player. *The American journal of sports medicine*, 43(11), 2628-2637.
- Singh, G. (2010). Technology and badminton (abstract). *British Journal of Sports Medicine*, 44(Suppl 1), i51-i51.
- Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., Junge, A., Dvorak, J., Bahr, R., & Andersen, T. E. (2008). Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers : Cluster randomised controlled trial. *BMJ*, 337(dec09 2), a2469-a2469. <https://doi.org/10.1136/bmj.a2469>
- Soligard, T., Nilstad, A., Steffen, K., Myklebust, G., Holme, I., Dvorak, J., ... & Andersen, T. E. (2010). Compliance with a comprehensive warm-up programme to prevent injuries in youth football. *British journal of sports medicine*, 44(11), 787-793
- Steels, T.; Van Herbruggen, B.; Fontaine, J.; De Pessemier, T.; Plets, D.; De Poorter, E. Badminton Activity Recognition Using Accelerometer Data. *Sensors* 2020, 20, 4685. <https://doi.org/10.3390/s20174685>
- Steffen K, Myklebust G, Olsen OE, Holme I and Bahr R. Preventing injuries in female youth football: A cluster-randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18(5): 605–614.
- Ticker, J. B., Fealy, S., & Fu, F. H. (1995). Instability and Impingement in the Athletes Shoulder: *Sports Medicine*, 19(6), 418–426. <https://doi.org/10.2165/00007256-199519060-00005>
- Van Beijsterveldt AM, Krist MR, Schmikli SL, et al. Effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players: A cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med* 2012; 46: 1114–1118.
- Vriend, I., Gouttebauge, V., Finch, C. F., van Mechelen, W., & Verhagen, E. A. L. M. (2017). Intervention Strategies Used in Sport Injury Prevention Studies : A Systematic Review Identifying Studies Applying the Haddon Matrix. *Sports Medicine*, 47(10), 2027–2043. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0718-y>
- Whittaker, J. L., & Emery, C. A. (2015). Impact of the FIFA 11+ on the structure of select muscles in adolescent female soccer players. *Physical Therapy in Sport*, 16(3), 228-235.
- Wong TKK, Ma AWW, Liu KPY, et al. Balance control, agility, eye-hand coordination, and sport performance of amateur badminton players: a cross-sectional study. *Medicine (Baltimore)* 2019;98:e14134.
- Yung, P. S.-H., Chan, R. H.-K., Wong, F. C.-Y., Cheuk, P. W.-L., & Fong, D. T.-P. (2007). Epidemiology of Injuries in Hong Kong Elite Badminton Athletes. *Research in Sports Medicine*, 15(2), 133–146. <https://doi.org/10.1080/15438620701405263>
- Zakaria, A. A., Kiningham, R. B., & Sen, A. (2015). Effects of Static and Dynamic Stretching on Injury Prevention in High School Soccer Athletes : A Randomized Trial. *Journal of Sport Rehabilitation*, 24(3), 229–235. <https://doi.org/10.1123/jsr.2013-0114>
- Zhang, Z., Li, S., Wan, B., Visentin, P., Jiang, Q., Dyck, M., ... & Shan, G. (2016). The influence of X-factor (trunk rotation) and experience on the quality of the badminton forehand smash. *Journal of human kinetics*, 53(1), 9-22.

Liste des tableaux et des figures

Liste des figures

N°	Titre
1	Différents coups et positions au badminton (Steels et al. 2020)
2	Phase de freinage lors de la fente avant au badminton
3	Séquence d'images capturées d'une vidéo lors d'une blessure ligament croisé antérieur lors d'une frappe fond de court au badminton (Kimura et al. 2010)
4	Les différentes phases du smash pour un joueur droitier au badminton
5	Check-list des programmes préventifs du LCA (Petushek et al. 2019)
6	Course hanche vers l'extérieur F-MARC « 11+ Manuel » (2007)
7	Fentes dynamiques Photo prise dans le cadre de ce mémoire
8	Erreurs biomécaniques à éviter en fentes dynamiques F-MARC « 11+ Manuel » (2007)
9	Diagramme du flux de participants
10	Localisation des blessures
11	Répartition du nombre de blessures par semaine selon les deux groupes.
12	Le taux d'incidence pour 1000 HdJ des blessures légères et modérées du groupe contrôle, intervention et de tous les joueurs.
13	Pourcentage par type de blessure dans le groupe contrôle (A) et dans le groupe contrôle (B) ; entre parenthèse le taux d'incidence pour 1000 HdJ
14	Pourcentage par type de blessure dans l'étude de Guermont (2019) avec son autorisation

Liste des tableaux

N°	Titre
I	Comparatif des caractéristiques et des blessures entre le football et badminton, modification du protocole de base du FIFA 11+
II	Caractéristiques des groupes (total, intervention & contrôle)
III	Nombre de blessures et taux d'incidence pour 1000 HdJ
IV	Caractéristiques des blessures
V	Tableau des ECR mettant en place un programme préventif neuromusculaire pour réduire les blessures globales et/ou des membres inférieurs conduit entre 2005 et 2020

Annexe I. Formulaire des blessures



Code joueur :		Date blessure :	
Formulaire de blessure			
Partie du corps blessé (1)			
Tête/visage	Épaule/clavicule	Hanche	
Cou/cervical	Bras	Cuisse	
Thorax : sternum / côte	Coude	Genou	
Abdomen	Avant-bras	Jambe	
Haut du dos	Poignet	Cheville	
Lombaire / bas du dos	Main	Pied	
Partie du corps blessé (2)			
Droite	Gauche	Pas applicable	
Type de blessure (1)			
Fracture	Luxation/subluxation	Musculaire : élongation/ crampes	
Autre blessure osseuse	Entorse/blessure ligamentaire	Blessure tendineuse/ rupture/tendinite/ bursite	
Blessure d'un/des nerfs	Lésion du ménisque ou cartilage	Coupure / contusion	
Autre blessure (précisez s'il vous plaît) :			
Type de blessure (2)			
Aiguë (brutale)	Surutilisation		
Diagnostic précis par médecin ou kinésithérapeute :			
Est ce que le joueur a déjà eu ce type de blessure au même endroit ?			
Moment de la blessure :			
Training session	Match		
La blessure est survenue pendant un match ou entraînement de :			
Simple	Double dame/homme	Double mixte	
Date de retour à la pratique complète :			
Temps d'arrêt ou temps d'arrêt prescrit par le médecin :			

Annexe II. Formulaire d'exposition



Code entraîneur :	Semaine :
Absences et matchs de la semaine	
Nombre d'échauffement avec le protocole cette semaine (groupe intervention) :	
Code joueurs en compétition + nombre de matchs (ex : 0201, 4 matchs) :	
Code joueurs absents séance 1 (dont ceux en compétition) :	
Code joueurs absents séance 2 :	
Code joueurs absents séance 3 :	
Code joueurs absents séance 4:	
Code joueurs absents séance 5 :	
Code joueurs absents séance 6 :	
Code joueurs absents séance 7 :	
Code joueurs absents séance 8 :	
Code joueurs absents séance 9 :	
Code joueurs absents séance 10 :	

Annexe III. Notice d'information

Notice d'information



Madame, Monsieur,

L'élève en 4^{ème} année de formation de masso-kinésithérapie TRAN Anne vous propose de participer à une étude interventionnelle intitulée : « La prévention des blessures basée sur l'amélioration du contrôle neuro-musculaire chez les joueurs de badminton ». Ce document d'information a pour but de vous expliquer exactement ce que cette étude implique afin de vous permettre de décider si vous voulez y participer.

L'élève TRAN Anne discutera avec vous tout point qui ne vous semblerait pas clair et répondra à vos questions. N'hésitez pas à l'interroger afin d'obtenir plus de détails.

L'étude se tiendra dans le(s) gymnase(s) où vous vous entraînez au badminton avec votre entraîneur.

But du projet de recherche

Le but de mon étude est d'évaluer l'efficacité d'un protocole de prévention neuro-musculaire sur les blessures chez les joueurs de badminton.

Si vous acceptez de participer à cette étude, vous participerez pour une durée de 8 semaines avant chaque entraînement de badminton soit :

- À un protocole d'échauffement préventif étudié et développé par des experts médicaux du sport basé sur l'amélioration du contrôle neuro-musculaire (environ 20 min) Le contrôle neuro-musculaire fait référence à l'activation des différents muscles nécessaires afin de maintenir l'intégrité et la stabilité des articulations de notre corps lors du mouvement.
- Au groupe contrôle ce qui veut dire que vous continuerez à vous échauffer comme vous le faisiez pendant 20 minutes avant chaque entraînement sous le contrôle de votre entraîneur.

Votre entraîneur vous expliquera de façon claire les exercices à réaliser. À la fin de chaque semaine, votre entraîneur remplira un questionnaire sur votre présence pendant les entraînements et recensera dans un autre questionnaire si une blessure survient. Il est possible que l'élève TRAN Anne vous demande des informations complémentaires sur votre blessure.

À notre connaissance, cette recherche n'implique aucune risque ou inconfort.

Vos droits à la confidentialité

Toute information recueillie vous concernant pendant cette étude sera traitée de façon confidentielle.

Seuls les responsables de l'étude pourront avoir accès à ces données. A l'exception de ces personnes qui traiteront les informations dans le plus strict respect du secret médical, votre anonymat sera préservé. La publication des résultats de l'étude ne comportera aucun résultat individuel.

Les données enregistrées à l'occasion de cette étude feront l'objet d'un traitement informatisé. S'agissant de données nominatives, vous bénéficiez à tout moment, du droit d'accès et de rectification des données vous concernant auprès des responsables de l'étude.

Participation

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous être libre de refuser d'y participer, de vous retirer, de cesser votre participation ou de demander que les données soient détruites à tout moment sans encourir aucune responsabilité et sans aucun préjudice pour vous.

Bénéfices

Les avantages attendus de cette recherche sont d'obtenir une meilleure compréhension des blessures et des moyens préventifs possibles à mettre en place chez les joueurs de badminton. Une meilleure compréhension de ces facteurs pourra contribuer à diminuer les blessures chez les joueurs de badminton.

Diffusion

Les résultats de cette étude pourront faire l'objet de communications et/ou publications dans des revues scientifiques dans lesquelles votre nom ne sera jamais utilisé.

Vos droits de poser des questions en tout temps

Vous pouvez poser des questions au sujet de la recherche en tout temps en communiquant avec l'élève chercheur par courrier électronique à anne.tran@ffbad.org ou par téléphone au 06.XX.XX.XX.XX

Nous vous remercions d'avoir pris le temps de lire cette lettre d'information.

Mme TRAN Anne

Annexe IV. Formulaire de consentement

Formulaire de consentement



Madame, Monsieur,

Dans le cadre de la pratique sportive du badminton, vous (ou votre enfant mineur) réaliserez un protocole d'échauffement encadré par l'entraîneur de votre club qui aura été formé sur les modalités d'exécution au préalable par l'élève chercheur TRAN Anne (note d'information jointe). Ces données sont susceptibles d'être exploitées à des fins scientifiques dans le cadre de la recherche médicale. Ce traitement se fera de manière anonyme et confidentielle car vos données seront identifiées uniquement par un numéro de code.

Les résultats de cette étude pourront faire l'objet de communications et/ou publications dans des revues scientifiques dans lesquelles votre nom ne sera jamais utilisé.

Votre participation est volontaire et libre. En signant le formulaire de consentement, vous certifiez que vous avez lu et compris les renseignements ci-dessus, qu'on a répondu à vos questions de façon satisfaisante et qu'on vous a avisé que vous étiez libre de retirer votre consentement ou d'arrêter votre participation à cette recherche en tout temps, sans préjudice. Votre éventuel refus de participer n'aura aucune conséquence sur le type et sur la qualité de votre entraînement, ainsi que sur vos relations avec votre entraîneur.

J'ai eu la possibilité de poser toutes les questions que je souhaitais à l'élève chercheur TRAN Anne qui m'a expliqué la nature, les objectifs, les risques potentiels et les contraintes liées à ma participation à cette recherche. J'accepte librement et volontairement de participer à la recherche qui m'est proposée.

J'ai lu et compris les renseignements ci-dessus et j'accepte de plein gré de participer à cette recherche.

A le

Nom, Prénom – Signature (Du participant mineur ET de son représentant légal)

Un exemplaire de ce document vous est remis, un autre exemplaire est conservé dans le dossier.

Annexe V. Tableau récapitulatif du programme préventif neuromusculaire adapté au badminton

Exercices	Répétitions	Exercices	Répétitions
I. 6 exercices de course combinés avec des étirements actifs		II. 8 exercices de force, de pliométrie et d'équilibre (suite)	
Course tout droit	2	Rotateurs externes d'épaule	
Course hanche vers l'extérieur	2	<i>Niveau : en fonction de la résistance</i>	10
Course hanche vers l'intérieur	2	Équilibre sur une jambe	
Pas chassés autour du partenaire	2	<i>Niveau 1 : statique ou mouvement seul</i>	2 x 30 sec.
Pas croisés autour du partenaire	2	<i>Niveau 2 : envoi du volant par le partenaire</i>	2 x 30 sec.
Sprint avant et arrière	2	<i>Niveau 3 : déstabilisation parle partenaire</i>	2 x 30 sec.
II. 8 exercices de force, de pliométrie et d'équilibre		Stabilisateurs d'épaule	2 x 30 sec.
Banc gainage		Squats	
<i>Niveau 1 : statique</i>	2 x 20-30 sec.	<i>Niveau 1 : extension pointe de pied</i>	2 x 30 sec.
<i>Niveau 2 : une jambe après l'autre</i>	2 x 20-30 sec.	<i>Niveau 2 : fentes dynamiques</i>	2 x 30 sec.
<i>Niveau 3 : tenir une jambe levée</i>	2 x 20-30 sec.	<i>Niveau 3 : sur une jambe</i>	2 x 30 sec.
Banc latéral		Sauts	
<i>Niveau 1 : statique</i>	2 x 20-30 sec.	<i>Niveau 1 : verticaux</i>	2 x 30 sec.
<i>Niveau 2 : soulever & abaisser</i>	2 x 20-30 sec.	<i>Niveau 2 : latéraux</i>	2 x 30 sec.
<i>Niveau 3 : tenir une jambe levée</i>	2 x 20-30 sec.	<i>Niveau 3 : en croix</i>	2 x 30 sec.
Nordic Hamstring		III. Déplacements spécifiques	
<i>Niveau 1</i>	3-5	Foulées bondissantes	2 x 6-8
<i>Niveau 2</i>	7-10	Changement de direction sur terrain	2 x 6-8
<i>Niveau 3</i>	12-15		

La prévention des blessures basée sur l'amélioration du contrôle neuromusculaire chez les jeunes joueurs de badminton : un essai contrôlé randomisé

Mots clefs : Badminton, programme de prévention, contrôle neuromusculaire, blessure, essai contrôlé randomisé

Keywords : Badminton, prevention program, neuromuscular training, injury, randomized controlled trial

Résumé

Introduction : Le badminton est un sport en plein essor en France et à l'international. Cependant, aujourd'hui, aucune étude n'a mis en place un programme de prévention des blessures chez les joueurs de badminton. L'objectif de notre étude était de savoir si un programme de prévention neuromusculaire chez les jeunes joueurs de badminton loisirs et compétiteurs permettait de réduire les blessures globales et celles du membre inférieur.

Méthode : 273 jeunes joueurs de badminton français ont participé à cette étude. Ils ont été randomisés par groupe d'entraînement dans un groupe intervention et un groupe contrôle. Les joueurs du groupe intervention pratiquaient lors de chaque entraînement un échauffement préventif neuromusculaire tandis que les joueurs du groupe contrôle continuaient à s'échauffer comme ils avaient l'habitude de le faire.

Résultats : Une diminution significative de 70% des blessures globales et 72% des blessures du membre inférieur du groupe intervention par rapport au groupe contrôle a été constatée à la fin des 8 semaines d'étude.

Discussion : L'efficacité de notre programme préventif peut être liée à de nombreux facteurs dont le contexte de reprise sportive des joueurs.

Conclusion : Un programme de prévention neuromusculaire permettrait de prévenir les blessures chez les jeunes joueurs de badminton loisirs et compétiteurs. La facilité et le moindre coût de sa mise en oeuvre peut être un atout non négligeable à prendre en compte par les professionnels travaillant autour du sportif.

Abstracts

Introduction : Badminton is a growing sport in France and internationally. However, today, no study has implemented an injury prevention program in badminton players. The aim of our study was to find out whether a neuromuscular prevention program for young recreational and competitive badminton players could reduce overall and lower limb injuries.

Method : 273 young French badminton players participated in this study. They were randomized by training group into an intervention group and a control group. The players in the intervention group practiced a neuromuscular preventive warm-up during each training session, while the players in the control group continued to warm-up as usual.

Results : A significant decrease of 70% in overall injuries and 72% in lower limb injuries in the intervention group compared to the control group was observed at the end of the 8 week study.

Discussion : The effectiveness of our preventive program may be related to many factors, including the context of the players' return to sport.

Conclusion : A neuromuscular prevention program could prevent injuries in young recreational and competitive badminton players. The ease and lower cost of its implementation may be a significant asset to be taken into account by professionals working around the athlete.