



HAL
open science

Étude de la transférabilité d'un programme de prévention primaire des blessures du coude au baseball vers le lancer de javelot

Lucas Le Roux

► **To cite this version:**

Lucas Le Roux. Étude de la transférabilité d'un programme de prévention primaire des blessures du coude au baseball vers le lancer de javelot. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02293696

HAL Id: dumas-02293696

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02293696>

Submitted on 21 Sep 2019

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE

22 avenue Camille Desmoulins

29238 BREST CEDEX 3

Etude de la transférabilité d'un programme de prévention primaire des blessures du coude au baseball vers le lancer de javelot

LE ROUX Lucas

Travail écrit de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme d'État de Masseur-Kinésithérapeute

Promotion 2015-2019

Juin 2019

Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble des personnes qui m'ont accompagné, de près ou de loin, dans l'élaboration de ce mémoire, et tout particulièrement :

Mathilde Macé, ma directrice de mémoire, pour le temps et les précieux conseils qu'elle m'a donné,

Marc Le Roy, pour les échanges que nous avons pu avoir autour de mon thème,

Ma famille, pour leur soutien tout au long de mes études et pour leurs relectures,

Anaëlle pour sa présence et son soutien durant cette dernière année d'étude.

Sommaire

Glossaire

Liste des abréviations

I. Introduction.....	1
II. Cadres contextuel et conceptuel	3
II.1. Le lancer de javelot.....	3
II.1.1. La pratique du lancer de javelot	3
II.1.2. Réglementation.....	4
II.1.3. Biomécanique du lancer de javelot.....	6
II.2. Les blessures du coude du lanceur de javelot	9
II.2.1. Lancer de javelot et blessures.....	9
II.2.2. Anatomie du coude	10
II.2.3. Blessures du coude chez le lanceur de javelot.....	12
II.3. Prévention primaire et programmes d'exercice.....	16
II.3.1. Définitions	16
II.3.2. Séquence de prévention dans le sport	16
II.3.3. Prévention en Athlétisme	17
II.3.4. Programmes d'exercices en prévention des blessures dans le sport	18
II.4. Le lancer au baseball.....	19
II.4.1. Le baseball.....	19
II.4.2. Réglementation.....	20
II.4.3. Une biomécanique similaire au lancer de javelot.....	21
II.4.1. Des blessures similaires au lancer de javelot	25
III. Démarche réflexive.....	27
III.1. Synthèse et problématique.....	27
III.2. Objectif et hypothèses.....	27
IV. Méthodologie	28
IV.1. Revue de la littérature.....	28
IV.1.1. Critères d'éligibilité	28
IV.1.2. Sources d'information	29
IV.1.3. Sélection des études.....	29
IV.1.4. Extraction des données.....	29
IV.1.5. Risque de biais inhérent à chaque étude	30

IV.2. Exploitation des données.....	30
V. Résultats	32
V.1. Sélection de l'étude	32
V.2. Caractéristiques de l'étude.....	33
V.2.1. Présentation de l'étude	33
V.2.2. Population étudiée	34
V.2.3. Programme de prévention utilisé.....	34
V.2.4. Principaux résultats de l'étude.....	35
V.2.5. Evaluation du risque de biais inhérent à l'étude	36
V.3. Exploitation des données de l'étude	36
VI. Analyse et discussion	38
VI.1. Analyse et discussion des résultats.....	38
VI.1.1. Eléments en faveur de la transférabilité du programme	38
VI.1.2. Eléments limitant la transférabilité du programme	42
VI.1.3. Synthèse de la transférabilité du programme YKB-9	44
VI.2. Limites	44
VI.2.1. Limites de la méthodologie.....	44
VI.2.2. Limites de l'étude	46
VI.3. Adaptation du programme YKB-9 pour les lanceurs de javelot.....	47
VI.3.1. Proposition d'adaptation.....	48
VII. Projection professionnelle.....	52
VIII. Conclusion	54
Bibliographie	55
Annexes	

Glossaire

Biais de confirmation : vouloir confirmer ses hypothèses initiales sans prendre en compte les informations qui les remettent en cause.

Biais de focalisation : influence laissée par une information qui empêche la prise de décision en tenant compte d'autres éléments.

Biais de disponibilité : se contenter des informations à disposition sans en chercher de nouvelles.

Blessure aiguë : blessure résultant d'un seul macro-traumatisme.

Blessure de surutilisation : blessure résultant de la répétition de microtraumatismes.

Bras dominant : bras avec lequel l'athlète lance l'objet.

Controlatéral : relatif au côté opposé au bras dominant (le côté gauche pour un lanceur droitier).

Incidence : désigne le nombre de nouveaux cas d'une maladie (ou d'une blessure) durant une période donnée au sein une population.

Homolatéral : relatif au côté du bras dominant (le côté droit pour un lanceur droitier).

Ligne de hanches : ligne droite qui relie le centre articulaire de la hanche droite et le centre articulaire de la hanche gauche à un instant donné.

Ligne d'épaules : ligne droite qui relie le centre articulaire de l'épaule droite et le centre articulaire de l'épaule gauche à un instant donné.

Prévalence : désigne le nombre de cas d'une maladie (ou d'une blessure) dans une population à un instant donné.

Réflexe myotatique : contraction d'un muscle en réponse son allongement.

Reprogrammation motrice : réapprentissage global du geste et de la fonction.

Transférabilité : correspond à la capacité d'un programme à être transférer d'un sport à un autre tout en gardant la même efficacité.

Liste des abréviations

ACSM	American college of sports medicine
CONSORT	Consolidated standards of reporting trials
EA	Exposition d'athlète (EAs au pluriel)
EPS	Education physique et sportive
FFA	Fédération française d'athlétisme
FIFA	Fédération internationale de football association
IAAF	International association of athletics federations
ID	Incapacité de déterminer
IMC	Indice de masse corporel
InVS	Institut de veille sanitaire
LCU	Ligament collatéral ulnaire
MK	Masseur-kinésithérapeute
MLB	Major league baseball
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PRISMA	Preferred reporting items of systematic reviews and meta-analyses
REM	Rotation externe maximale
TMS	Troubles musculo-squelettiques
TREND	Transparent reporting of evaluations with nonrandomized designs
WBSC	World baseball softball confederation
YKB-9	Yokohama Baseball-9

I. Introduction

La pratique du sport en loisir ou en compétition est à l'origine de nombreuses blessures. En France, l'Institut de veille sanitaire (InVS) estime à 910 000 le nombre de blessures liées à cette pratique chaque année (1). Ces blessures peuvent avoir des répercussions sur la pratique sportive avec une diminution des performances ou un arrêt de celle-ci. Mais elles peuvent aussi impacter la qualité de vie des pratiquants à court, moyen et long termes avec l'apparition de difficultés dans les activités de la vie quotidienne et professionnelle, de douleurs chroniques (2) ou d'arthrose précoce (3).

Des mesures peuvent être mises en place pour réduire l'incidence de ces blessures. Elles sont généralement qualifiées de passives lorsqu'elles consistent à modifier les règles du sport pour limiter un facteur de risque, ou d'actives lorsqu'elles requièrent la participation des athlètes et de leurs entraîneurs (4). Parmi les mesures actives, il existe des guides de bonnes pratiques comme « Pitch-Smart », un guide conçu par la Major league baseball (MLB)(5), qui recommande, entre autres, de ne pas dépasser un nombre de lancers par jour en fonction de l'âge des joueurs afin réduire les blessures du membre supérieur. Il existe également des programmes d'exercices visant à améliorer la condition physique des athlètes comme le programme d'échauffement «11+» de la Fédération internationale de football association (FIFA)(6).

Pratiquant l'athlétisme depuis plus de 14 ans, j'ai rencontré un nombre important d'athlètes souffrant de blessures liées à cette pratique. Parmi celles-ci, les blessures du coude chez les lanceurs de javelot ont éveillé ma curiosité. En effet, j'ai observé à plusieurs reprises de jeunes et performants athlètes de cette discipline suspendre un entraînement, abandonner une compétition ou mettre un terme à leur pratique du javelot du fait de douleurs au coude importantes ou récurrentes. De plus, il est fréquent de voir des bandages sur le coude des lanceurs de javelot lors des compétitions internationales diffusées à la télévision qui traduisent la présence de blessures ou d'anciennes blessures sur cette articulation. Souhaitant m'orienter vers la kinésithérapie du sport dans le futur, je me suis intéressé à ces blessures et aux mesures pouvant être mises en place pour prévenir leur apparition.

L'étude de Duvenage et al (7) a montré que le coude est une des zones anatomiques les plus touchées par les blessures chez les lanceurs de javelot. Les blessures du coude sont dues à la biomécanique du lancer qui engendre des contraintes importantes sur cette articulation (8). De ce fait, elles sont également rencontrées dans les autres sports où le projectile est lancé au-dessus du bras dominant (9). Parmi ces derniers, le baseball

est le sport où la prévention des blessures du coude est la plus développée. En effet, son influence outre-Atlantique et en Asie lui permettent d'avoir des ressources économiques et humaines facilitant l'élaboration et la diffusion de mesures de prévention à la différence du lancer de javelot.

De nombreux programmes d'exercices en prévention des blessures sont développés dans le domaine du sport (10). D'après le méta-analyse de Lauersen et al (11), ces programmes semblent être efficaces pour réduire leur incidence. Dans la littérature scientifique, il n'existe pas de programme de prévention primaire des blessures du coude chez les lanceurs de javelot.

L'objectif de ce mémoire est d'étudier la transférabilité d'un programme de prévention primaire des blessures du coude du baseball vers le lancer de javelot pour pallier l'absence de programme visant à réduire ces blessures dans ce sport.

Dans un premier temps, la biomécanique du lancer de javelot et celle du lancer de balle au baseball seront analysées en lien avec les blessures du coude qu'elles entraînent afin d'apprécier les similitudes entre ces deux sports. Les notions de prévention relatives à ce mémoire seront également présentées.

Dans un second temps, une revue de la littérature sera réalisée pour identifier le ou les programmes de prévention primaire des blessures du coude au baseball. Ils seront ensuite analysés pour identifier les éléments en faveur ou en défaveur d'une transférabilité de ces programmes vers le lancer de javelot.

Dans un troisième et dernier temps, un programme de prévention primaire des blessures du coude pour les lanceurs de javelot sera proposé au vu des éléments identifiés précédemment et des recommandations de la littérature.

II. Cadres contextuel et conceptuel

II.1. Le lancer de javelot

Le lancer de javelot est une épreuve sportive olympique. C'est une des quatre disciplines de lancer en athlétisme avec le poids, le disque et le marteau. Son objectif est de permettre à un engin possédant une forme et un poids spécifique d'atterrir dans le secteur de chute le plus loin possible de la piste d'élan (12).

Dans les parties ci-dessous, je me suis intéressé à la pratique du lancer de javelot en France et à l'international, à sa réglementation, à sa biomécanique et enfin, aux principales blessures qui touchent les pratiquants de cette épreuve afin d'appréhender les tenants et les aboutissants de cette discipline.

II.1.1. La pratique du lancer de javelot

II.1.1.1. En France

L'athlétisme est un sport populaire en France. En août 2018, la Fédération française d'athlétisme (FFA) comptait plus de 314 000 licenciés (13). Il est possible de lancer le javelot en compétition à partir de la catégorie Benjamin (12-13 ans). Néanmoins, c'est à partir de la catégorie Minime (14-15 ans) que les athlètes s'orientent vers cette discipline et commencent à la pratiquer plus régulièrement (14). D'après les bilans de la FFA (15), plus de 12 000 athlètes âgés de plus de 14 ans ont lancé le javelot en compétition durant l'année 2018. Parmi ces athlètes, 56% sont de sexe masculin et 44% de sexe féminin (*Annexe I, Tableau 3*) ; et plus de 70% font partis des catégories jeunes (14-19 ans). A partir de la catégorie Cadet (16-17 ans), le nombre de lanceurs diminuent progressivement (*Annexe I, Figure 9*). Cette diminution est due à la spécialisation des athlètes dans d'autres disciplines de l'athlétisme et à l'arrêt de la pratique sportive de nombreux jeunes lié aux études ou à l'entrée dans la vie active de ces derniers.

Le lancer de javelot est également pratiqué au collège et au lycée dans le cadre des cours d'éducation physique et sportive (EPS). De plus, il fait partie des épreuves qui permettent de valider une des trois compétences d'EPS nécessaire à l'obtention du baccalauréat (16).

II.1.1.2. Les lanceurs de javelot français à l'international

En 2018, l'Association internationale des fédérations d'athlétisme (IAAF) a recensé 364 lanceurs de javelot masculins dont 8 français ayant lancé au moins une fois au-delà des 70 mètres. Le meilleur français était à la 189^{ème} place mondiale avec 73m86 (17). Chez les femmes, l'IAAF a recensé 330 lanceuses de javelots dont 9 françaises ayant lancé au moins une fois au-delà des 50 mètres. La meilleure française était à la 28^{ème} place mondiale avec 60m59 (17).

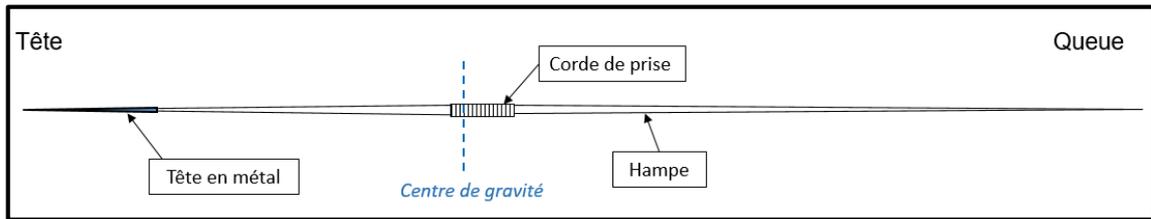
Au cours des deux dernières décennies, de bons résultats internationaux ont été observés chez les jeunes avec notamment le titre de champion du monde cadet de Joachim Kiteau en 1999 ou la médaille d'or de Lukas Moutarde lors des Jeux Olympiques de la jeunesse en 2014 (17). Cependant, depuis 2003, aucun lanceur de javelot français n'est parvenu à se qualifier aux championnats du monde et seulement deux ont participé aux Jeux Olympiques (Mathilde Andraud en 2016 et David Brisseault en 2004) (17).

En France, le lancer de javelot est considéré comme un des parents pauvres de l'athlétisme. Il est peu médiatisé et manque de représentativité sur le plan international. Les principaux freins à son développement seraient les contraintes socio-économiques que demande sa pratique à haut-niveau et la répétition des contraintes physiques que requière sa pratique (18). De plus, la culture du sport en France fait que la majorité des athlètes français possédant des qualités de puissance et d'explosivité est drainée par les sports collectifs à orientation professionnelle tels que le football, le rugby ou le handball (19). Or ce sont des athlètes qui ont le profil pour devenir des lanceurs de javelot performants. A contrario, la place des lancers en Allemagne dans la culture sportive est plus importante. Elle se traduit par des meilleures performances et une meilleure reconnaissance des lanceurs allemands sur le plan international. Par exemple, les seuls athlètes masculins à avoir lancé au-delà de 90m en 2018 étaient allemands (Johannes Vetter, Andreas Hofmann et Thomas Röhler) et 10 athlètes allemands ont participé aux finales du lancer de javelot lors des deux derniers jeux olympiques (17).

II.1.2. Réglementation

Les paragraphes suivants résument les règles des compétitions de IAAF de l'édition 2018-2019 pour le lancer de javelot (20).

Figure 1 : Le javelot



Le javelot est un engin de lancer qui doit mesurer entre 2,6 et 2,7 mètres de long pour les hommes et entre 2,2 et 2,3 mètres de long pour les femmes. Il doit peser au minimum 800 grammes pour les hommes et 600 grammes pour les femmes. Pour les athlètes de moins de 18 ans, les javelots sont plus légers et leurs poids varient en fonction des catégories (*Figure 1*). Le javelot est composé de 3 parties : une hampe, une tête en métal et une corde de prise. La hampe du javelot doit être composée d'un matériau unique qui peut être du métal, du bois ou un matériau composite en fibres de carbone. La corde de prise doit être uniforme et recouvrir le centre de gravité du javelot. Pour permettre au javelot d'avoir une trajectoire correcte, le centre de gravité est plus près de la tête que de la queue. A partir de la prise, l'épaisseur du javelot diminue jusqu'à la pointe vers l'avant et jusqu'à la queue vers l'arrière.

Pour qu'un essai soit validé et mesuré, le lanceur et le javelot sont soumis aux conditions générales des épreuves de lancer de la règle 187 et de la règle 193 spécifique au lancer de javelot. Il est précisé dans cette dernière que « *le javelot sera tenu à la corde de prise d'une seule main. Il doit être lancé par-dessus l'épaule, ou au-dessus de la partie supérieure du bras utilisé pour le lancer et ne doit pas être projeté dans un mouvement rotatif. Les styles non-orthodoxes ne sont pas autorisés.* ». De ce fait, la gestuelle du lancer de javelot est similaire à celles d'autres sports de lancer tels que le baseball, le football américain ou le handball (21–23). Ces sports et le lancer de javelot sont regroupés dans la littérature sous l'appellation de sports en « overarm »¹ car le projectile est lancé au-dessus du bras dominant. La partie suivante décrit la gestuelle du lancer de javelot en analysant sa biomécanique dans l'optique de la comparer avec celles des autres sports en « overarm » pour voir si des mesures de prévention peuvent être transférées de ces sports vers le lancer de javelot.

¹ Les termes « overhead » ou « overhand » sont également retrouvés dans la littérature.

II.1.3. Biomécanique du lancer de javelot

La technique du lancer de javelot est exigeante. Elle demande force, coordination et précision. Elle utilise une séquence de mouvements rapides qui requiert l'utilisation de nombreuses articulations (24). Ces mouvements vont générer et transmettre des forces qui donneront au javelot une vitesse, une hauteur et une direction pour lui permettre d'atterrir le plus loin possible (25). Les forces générées lors du lancer exercent des contraintes importantes sur les différentes structures anatomiques du lanceur. Pour comprendre l'impact de la technique du lancer de javelot sur le corps du lanceur, je me suis intéressé à la biomécanique du lancer de javelot.

II.1.3.1. Biomécanique et chaînes cinétiques

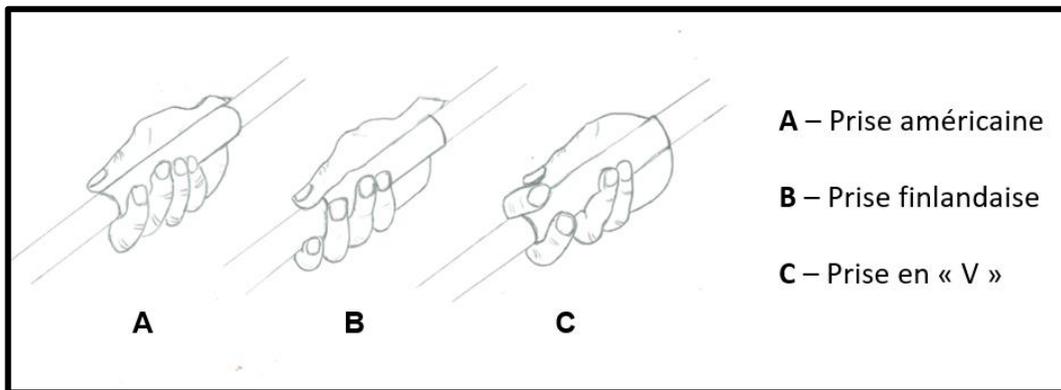
La biomécanique est l'étude des mécanismes qui entraînent un mouvement produit par un système biologique. Elle réunit la cinétique, l'étude des forces agissant sur le mouvement ; et la cinématique, l'étude des caractéristiques spatio-temporelles du mouvement (26).

Pour lancer, les athlètes utilisent les chaînes cinétiques du corps humain. Le concept de chaîne cinétique est un concept issu de la mécanique. Dans son livre *Kinesiology of the Human Body*, Arthur Steindler définit une chaîne cinétique comme « une combinaison de plusieurs articulations agencées successivement constituant une unité motrice complexe » (27). Elle fait référence aux liens biomécaniques des segments corporels qui permettent de transférer de l'énergie et du mouvement lors d'une action. Pendant le lancer, les chaînes cinétiques permettent de transférer l'énergie et les mouvements générés par les membres inférieurs, la ceinture pelvienne, le tronc, la ceinture scapulaire et le membre supérieur au javelot pour lui donner une vitesse maximale lors du final (24).

II.1.3.2. La technique du lancer de javelot

Malgré les détails techniques propres à chaque athlète, la technique du lancer de javelot peut être décomposée en sept phases (21,28,29). Pour des raisons de compréhension, la technique est décrite pour un athlète lançant avec la main droite. L'*Annexe II* permet d'avoir un aperçu global de la cinématique de la technique du javelot.

Figure 2 : Les prises du javelot



1- La prise du javelot : Le lanceur doit tenir le javelot au niveau de la corde de prise. Les principales prises sont la prise américaine, la prise finlandaise et la prise la prise en « V » (30) (Figure 2). Pour la prise américaine, l'extrémité postérieure de la corde est tenue par le pouce et l'index tandis que pour la prise finlandaise, c'est le majeur qui s'y enroule. Ces deux techniques permettent au javelot d'effectuer un nombre plus important de révolutions lors de son vol et d'avoir une meilleure trajectoire que la prise en « V » (12,29). Néanmoins, Terauds a montré que le nombre de révolution du javelot a peu d'effets sur la performance (31). Pour la prise en « V », le javelot est tenu dans la paume du lanceur avec l'extrémité postérieure de la corde reposant entre l'index et le majeur. Cette prise préviendrait l'apparition de blessures au coude en limitant son extension lors du final (32). Cependant, il n'existe pas d'étude ayant évalué l'incidence des blessures du coude en fonction du type de prise. Dans la pratique courante, il est préconisé que le lanceur choisisse sa prise en fonction de ses commodités (12).

Avant de commencer sa course d'élan, le lanceur se tient face au secteur de chute. Il tient son javelot au-dessus de son épaule droite avec son coude droit fléchi à plus de 90 degrés et son épaule droite en abduction à approximativement 90 degrés (21).

2- La course d'élan préparatoire (Annexe II, Figure 10 a) : Le lanceur de javelot réalise une course d'élan de 10 à 15 foulées pour donner une vitesse initiale au javelot. Cette vitesse permet au javelot d'avoir une vitesse plus importante lors du final. L'objectif de cette phase est que le lanceur atteigne une vitesse maximale contrôlable lors des phases suivantes (21). Lors de cette course d'élan préparatoire, le lanceur court avec la ligne de hanches et la ligne d'épaules faces au secteur de chute (21).

3- Le placement du javelot (Annexe II, Figure 10 b) : Pendant les dernières foulées de la course d'élan préparatoire, le lanceur de javelot place son bras droit en position d'armé. Dans cette position, l'épaule droite est positionnée en abduction et en rotation externe, le coude droit en légère flexion avec la main droite au même niveau que

l'épaule droite. La tête en métal du javelot se situe au niveau de la tempe du lanceur (21).

4- Les pas croisés (*Annexe II, Figure 10 c,d*) : Une fois que le javelot est en position d'armé, le lanceur effectue entre trois et sept pas croisés durant lesquels il maintient sa ligne d'épaules et son javelot parallèles à la direction du lancer (21,28). Cette phase permet au lanceur de positionner son corps et son javelot pour la phase suivante tout en accélérant. A la fin de cette phase, le lanceur atteint une vitesse comprise entre 5,2 et 7,0 m.s⁻¹ (28).

5- La phase unipodale (*Annexe II, Figure 10 e,f*) : Le lanceur pose son pied droit au sol après avoir réalisé son dernier pas croisé (*Figure 10 d*). Sa ligne de hanche s'oriente alors vers le secteur de chute pour favoriser la pose du pied gauche. Sa ligne d'épaules commence également à s'orienter vers le secteur de chute mais reste en retrait de la ligne de hanches (21). L'épaule est alors en abduction, en extension et en rotation externe. La combinaison de ces trois mouvements est à l'origine de contraintes importantes sur la capsule antérieure, les ligaments antérieurs et le labrum de l'articulation gléno-humérale (33). Durant cette phase, le coude se fléchit pour atteindre approximativement 40° (34). La combinaison de ces mouvements entraîne une déviation de l'ulna qui amène le coude en valgus. Les structures médiales du coude sont mises en tension pour limiter ce valgus (35).

6- Le final ou phase de double-appui (*Annexe II, Figure 10 g-j*) : Elle débute lorsque le lanceur de javelot pose son pied gauche et se termine lorsque la main lâche le javelot. L'objectif de cette phase est d'accélérer le javelot pour qu'il acquière une vitesse maximale tout en gardant une direction optimale (21). Dans un premier temps, le lanceur de javelot pose avec force son pied gauche au sol (*Figure 10 g*). En quelques dixièmes de secondes, la vitesse du lanceur est diminuée de près de 50% (12). Le membre inférieur gauche du lanceur constitue alors une base solide et lui permet de placer son corps en position arquée avec l'épaule et le bras en retrait (*Figure 10 g,h*). Lors de cette phase, le genou gauche subit des contraintes en rotation interne et en valgus qui peuvent être à l'origine d'une lésion du ligament croisé antérieur (36). Il réalise ensuite une rotation interne des hanches droite et gauche pour amener la ligne de hanches face au secteur de chute (37). Puis il réalise une rotation gauche et une inclinaison gauche du tronc pour respectivement amener la ligne d'épaules face au secteur de chute et augmenter la hauteur de la main tenant le javelot. Ces mouvements placent l'épaule droite du lanceur en rotation externe maximale (REM) ce qui a pour conséquence d'accentuer les tensions subies par l'épaule et le coude du fait de leur retrait (*Figure 10 h*). Une fois la REM atteinte, un retour élastique de l'épaule est observé du fait de ces

tensions. L'épaule droite réalise alors une adduction horizontale associée à une rotation interne, le coude se tend et le poignet se fléchit pour relâcher le javelot dans les airs (Figure 10 j)(21,28).

7- La reprise d'appuis (Annexe II, Figure 10 k,l) : Suite au final, le lanceur entre dans la phase de reprise d'appuis. Il ralentit son mouvement et reprend son équilibre pour rester au sein de la piste d'élan et valider son essai (29,38). Après avoir lâché le javelot, le membre supérieur droit est projeté vers la partie latérale du membre inférieur gauche. La contraction excentrique des muscles postérieurs de l'épaule ralentit ce mouvement. De plus, l'olécrâne de l'ulna est maintenu dans la fosse olécranienne de l'humérus par la co-contraction des épicondyliens médiaux, des muscles fléchisseurs du coude et du triceps brachial pour éviter la subluxation de l'ulna et l'apparition de conflits douloureux (8,39).

Après avoir analysé la biomécanique du lancer de javelot, je me suis intéressé dans le chapitre suivant aux blessures du lanceur de javelot et plus particulièrement aux blessures du coude.

II.2. Les blessures du coude du lanceur de javelot

II.2.1. Lancer de javelot et blessures

D'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la santé est « *un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité* » (40).

La pratique d'une activité sportive régulière est bénéfique pour la santé. Elle diminue le risque de mortalité, augmente la qualité de vie globale et favorise le bien-être subjectif (41). Cependant la pratique d'une activité sportive peut être à l'origine de blessures. D'après les données de l'enquête permanente sur les accidents de la vie courante, l'institut de veille sanitaire estime à 910 000 le nombre d'accidents liés au sport par an (1).

Dans ce travail, la blessure est définie comme : « *une plainte physique ou un dommage observable d'un tissu du corps généré par le transfert d'énergie vécu ou subi par un sportif lors de sa participation à un entraînement ou à une compétition, indépendamment du fait qu'elle ait reçu des soins médicaux ou de ses conséquences en terme de déficiences en relation avec l'entraînement ou la compétition* » d'après la définition de la blessure en athlétisme proposée par Timpka et al (42).

La pratique du lancer de javelot, comme la pratique des autres épreuves de l'athlétisme, prédispose les athlètes aux blessures (7). Il est distingué des blessures aiguës dues aux contraintes que subissent les multiples articulations lors d'un lancer et des blessures de surutilisations dues au grand nombre de lancers qu'effectuent les lanceurs à l'entraînement pour être performant en compétition. Ces blessures peuvent toucher différentes structures anatomiques de l'appareil locomoteur tel que les muscles, les ligaments, les cartilages, les os ou les tissus mous. Dans ce travail, le choix a été fait de s'intéresser uniquement aux blessures du coude.

II.2.2. Anatomie du coude

II.2.2.1. Généralités

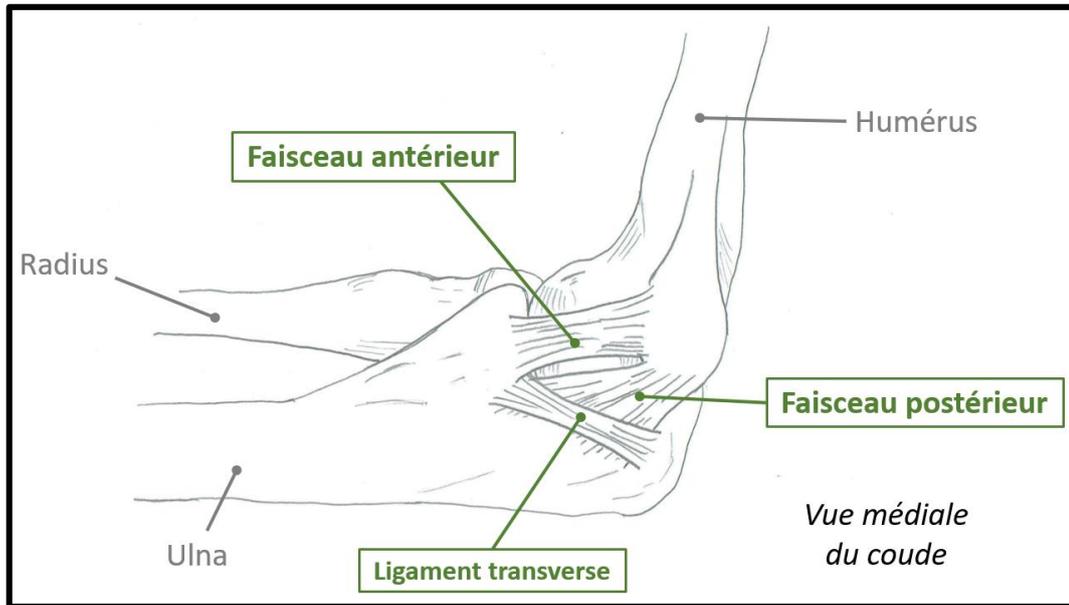
Le coude est l'articulation intermédiaire du membre supérieur. Il lie l'extrémité distale de l'humérus, l'extrémité proximale de l'ulna et l'extrémité proximale du radius. Il possède deux degrés de liberté : la flexion-extension et la prono-supination. Le coude permet de régler la distance entre la main et l'épaule. Il participe également à l'orientation spatiale de la main dans l'espace.

Les amplitudes physiologiques de flexion-extension sont comprises entre 152,9 degrés de flexion et 6,8 degrés d'extension (43). Et les amplitudes physiologiques de prono-supination du coude sont comprises entre 84,6 degrés de pronation et 93,7 degrés de supination (43). Les structures du coude permettent un mouvement passif en abduction, dit en valgus, compris entre 5,5 et 11,1 degrés (44).

II.2.2.2. Les stabilisateurs du coude

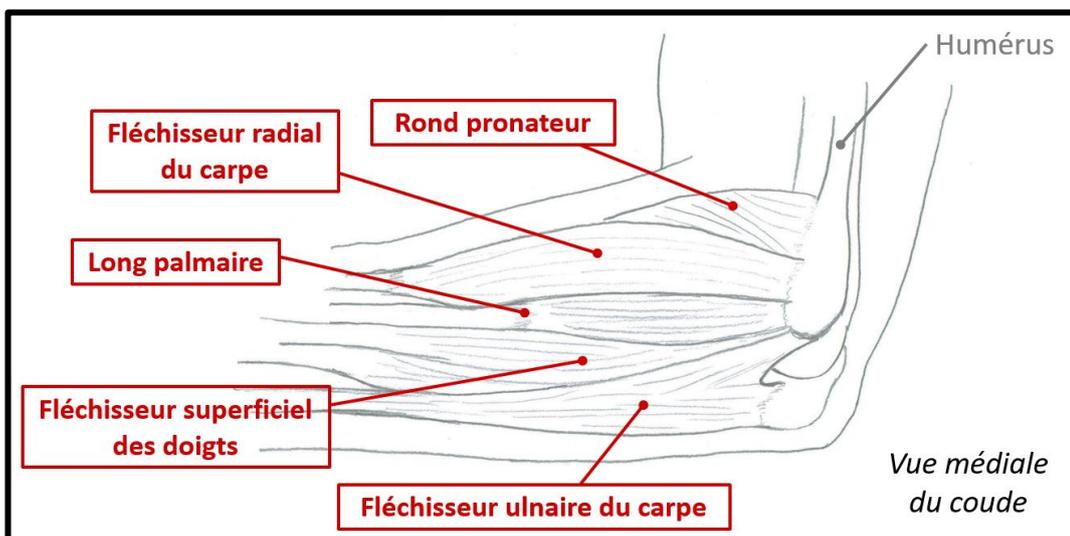
Les tissus mous fournissent au coude 50 pourcents de sa stabilité. Parmi ces tissus, il existe des stabilisateurs statiques, les ligaments et la capsule articulaire, et des stabilisateurs dynamiques, les muscles croisant l'articulation du coude (45). Les structures osseuses garantissent le reste de la stabilité du coude du fait de la congruence des articulations qui le composent. La majorité des blessures surviennent lorsque le coude subit des contraintes en valgus. Les principaux stabilisateurs de ce mouvement sont le faisceau antérieur du LCU, les muscles épicondyliens médiaux et la tête radiale (45).

Figure 3 : Ligament collatéral ulnaire



Le LCU du coude est composé de 3 faisceaux (*Figure 3*): le faisceau antérieur, le faisceau postérieur et le ligament transverse. Le faisceau antérieur s'insère sur l'épicondyle médial de l'humérus et se termine sur le tubercule coronoïdien de l'ulna (46). Il est en étroite relation avec la capsule articulaire du coude et les muscles épicondyliens médiaux. Ce faisceau est le principal stabilisateur du coude en valgus (47,48). Le faisceau postérieur est considéré comme un épaissement de la capsule articulaire. Il participe à la stabilité rotatoire du coude et à la stabilité en valgus uniquement lorsque le faisceau antérieur est totalement rompu (47). Le ligament transverse ne croise pas l'articulation du coude et aurait une action minime sur sa stabilité (46).

Figure 4 : Muscles épicondyliens médiaux



Les principaux stabilisateurs dynamiques du coude sont les muscles épicondyliens médiaux (49,50)(Figure 4). Ils sont composés des muscles rond pronateur, fléchisseur superficiel des doigts, fléchisseur radial du carpe, long palmaire et fléchisseur ulnaire du carpe qui s'insèrent à la face antérieure de l'épicondyle médial de l'humérus (51). Lorsque le coude subit des contraintes en valgus, la contraction excentrique des muscles épicondyliens médiaux applique une force de compression sur la partie médiale du coude pour le stabiliser (52). Cette contraction permet de diminuer les forces imprimées sur le LCU. Cependant plus de 50% de ces forces en valgus restent à la charge du LCU (53).

II.2.3. Blessures du coude chez le lanceur de javelot

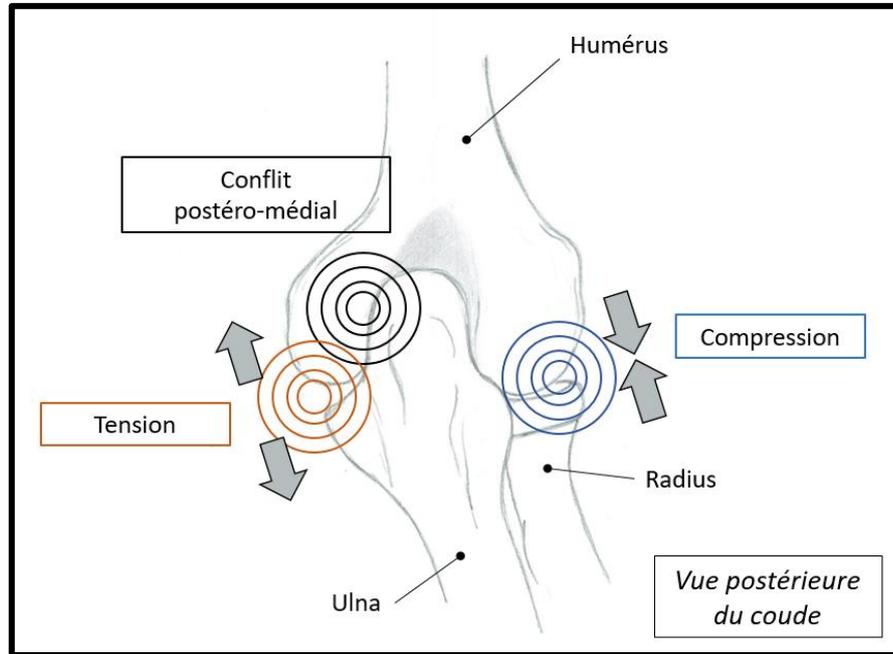
II.2.3.1. Présentation des blessures

D'après Duvenage et al (7), l'articulation du coude est l'une des zones anatomiques les plus touchées par les blessures avec le genou, l'épaule et le rachis lombaire. En 2007, Li et Zhang ont observé un taux d'incidence de blessures du coude de 86% chez 36 lanceuses de javelots de hauts niveaux (54). En 1960, Miller (55) a regroupé les blessures caractérisées par des douleurs au coude pendant ou après le lancer de javelot sous le terme de « coude des lanceurs de javelot » ou de « coude du javelot ».

Le manuel médical de l'IAAF (56) et l'étude de Cain et al (9) ont décrit plusieurs blessures concernant le coude chez les lanceurs de javelot. Elles sont synthétisées dans ce paragraphe. Le syndrome de surcharge en valgus ou « valgus overload syndrome » est un tableau clinique fréquemment rencontré lors d'une blessure du coude chez le lanceur de javelot. Il est caractérisé par des douleurs médiales et/ou latérales. Les douleurs médiales sont principalement causées par des entorses du LCU, des lésions des muscles épicondyliens médiaux ou chez les jeunes athlètes, par des ostéochondroses de croissance de l'épiphyse médiale de l'humérus. Les douleurs latérales sont principalement dues à des lésions ostéochondrales de la tête radiale du radius et/ou du capitellum de l'humérus. Le syndrome de surcharge en valgus et en extension ou « valgus extension overload syndrome » est également rencontré. Il est caractérisé par des douleurs postérieures ou postéro-médiales causées par des ostéophytes ou une fracture de stress de l'olécrane. Associées ou non à ces syndromes, des neuropathies du nerf ulnaire ont été observées chez les lanceurs de javelots.

II.2.3.2. Mécanismes lésionnels

Figure 5 : Contraintes biomécaniques subies par le coude pendant le lancer
(Figure inspirée de : Azar FM et al. *Operative Treatment of Ulnar Collateral Ligament Injuries of the Elbow in Athletes. Am J Sports Med.* 2000;28(1):22 (57))



a. Syndrome de surcharge en valgus

Lors de la phase unipodale et du final, le coude du lanceur subit des contraintes importantes en valgus. Elles entraînent un écartement de l'ulna et de l'épicondyle médial de l'humérus ainsi qu'un rapprochement de la tête radiale et du capitulum de l'humérus. Le LCU et les muscles épicondyliens médiaux sont mis en tension tandis que la tête radiale et le capitulum sont mises en compression (Figure 5). La répétition de ces contraintes et l'augmentation de celles-ci² peuvent entraîner une sur-sollicitation de ces structures. Chez l'adulte, les insertions osseuses du LCU et celles des muscles épicondyliens médiaux sont plus fortes que les fibres de leurs corps, c'est pourquoi ces sur-sollicitations entraînent principalement des entorses du LCU et des lésions ou tendinopathies des muscles épicondyliens médiaux (9,56). Chez les jeunes athlètes, l'ossification du coude est incomplète. Ses noyaux d'ossification ne fusionnent qu'entre 13 et 17ans (58). Cela favorise les atteintes ostéochondrales de la partie latérale du coude ; et la séparation de l'épiphyse médiale de l'humérus lors de sur-sollicitations en valgus du fait que les structures ligamentaires et musculaires sont plus résistantes que l'os immature (9,56).

² Pouvant être due à une technique de lancer avec un mauvais positionnement de la main, du coude et/ou de l'épaule, à l'augmentation du poids du javelot ou à la fatigue de l'athlète (12).

b. Syndrome de surcharge en valgus et en extension

Lors du final, le coude du lanceur réalise un mouvement d'extension associé à un valgus. Ce mouvement peut entraîner un conflit entre l'olécrane et la fosse olécranienne (*Figure 5*)(59,60). De ce fait, la répétition de ce mouvement peut être à l'origine de douleurs postérieures ou postéro-médiales du coude, de la formation d'ostéophytes et de fractures de fatigue de l'olécrâne (8,9). Les ostéophytes peuvent se fracturer et migrer au sein de la capsule, ce qui peut être source de conflits et de douleurs supplémentaire (9,59).

c. Neuropathies du nerf ulnaire

Elles peuvent être secondaire à (9,56) :

- Un étirement du nerf ulnaire lors du valgus du coude
- Une compression causée par des ostéophytes ou une hypertrophie des muscles épicondyliens médiaux
- Une friction du nerf en cas de subluxation de ce dernier.

II.2.3.3. Etendue des blessures

L'étendue d'une blessure est caractérisée par le taux d'incidence et la sévérité de celle-ci. Malgré le nombre important de travaux écrits évoquant les blessures du coude chez les lanceurs de javelot, peu d'études expriment leurs étendues. Les paragraphes ci-dessous résument les données de la littérature concernant l'étendue de ces blessures.

D'Souza (61) estime à 61.9% l'incidence des blessures par an chez les lanceurs en athlétisme et que 15,4% d'entre elles toucheraient le coude. En France, Edouard et al (62) ont réalisé une étude sur les blessures des membres supérieurs chez 24 lanceurs français dont 11 lanceurs de javelots. Ils observés un taux d'incidence de 0.36 blessures pour 1000 heures d'expositions dans l'ensemble de la population de lanceurs. Cependant, cette étude ne permet pas de donner un taux d'incidence des blessures du coude chez les lanceurs de javelot du fait du faible nombre d'athlètes ayant participés. D'après Meron (24), les blessures du coude touchent quasi-exclusivement les pratiquants du lancer de javelot en athlétisme du fait de sa biomécanique en « overarm ». L'étude prospective réalisée par Li et Zhang en 2007 (63) est la seule à s'être intéressée à une population exclusivement composée de lanceurs de javelot. Elle a observé un taux d'incidence des blessures du coude de 89% parmi les 36 athlètes de l'étude. Les principales blessures observées étaient : l'entorse du LCU (41%), les lésions

tendineuses et myo-aponévrotiques des muscles épicondyliens médiaux (17%) et les fractures de l'olécrane (13%). Cependant cette étude ne permet pas d'exprimer le taux d'incidence des blessures du coude chez les lanceurs de javelot en nombre de blessures par un temps d'exposition à la pratique du sport comme le préconisent van Mechelen et al (64).

La sévérité des blessures dépend du type de blessure, du temps et des types de traitements, du temps d'arrêt de la pratique sportive, du temps d'arrêt de travail, des dommages permanent et du prix (42,64). Je me suis intéressé à la blessure la plus fréquemment rencontrée : l'entorse du LCU (7). Elle entraîne principalement des douleurs médiales du coude pendant et après le lancer ainsi qu'une instabilité du coude en valgus (55). Ces deux éléments peuvent diminuer la performance de l'athlète, l'obliger à arrêter sa pratique sportive, diminuer sa qualité de vie et augmenter le risque d'apparition d'une blessure secondaire ou dégénérative (21). En cas de lésion importante, l'entorse du LCU peut nécessiter une reconstruction chirurgicale (65). Le coût de cette reconstruction est important : entre 9000 et 23000 euros en comptant le coût de la rééducation et de la réhabilitation nécessaire à la reprise du sport (66). Les lanceurs ayant subis cette chirurgie mettront en moyenne 15 mois pour revenir à leur niveau (65). Schmitt et al (67) ont étudié une population de 21 anciens lanceurs de javelots de haut niveau. Plus de 10 ans après l'arrêt de leur carrière, 10 de ces athlètes présentaient une limitation des amplitudes du coude dominant et quatre rapportaient des douleurs ou une instabilité du coude lors de leur quotidien. Seize de ces lanceurs auraient eu des douleurs médiales du coude pendant leur carrière. Des examens radiologiques ont montré une arthrose avancée du coude dominant comparé au coude non-dominant dans l'ensemble de la population, associée à une calcification des tissus mous de la partie médiale du coude dans 67% des cas. La biomécanique du lancer de javelot semble donc avoir des effets délétères sur le coude à long terme.

L'étendue des blessures du coude au lancer de javelot est donc peu décrite dans la littérature. De futures études prospectives respectant les préconisations de van Mechelen et al (64) sont à mener pour combler le manque de connaissances à propos de l'incidence des blessures du coude chez les lanceurs de javelot.

II.2.3.4. Traiter ou prévenir les blessures ?

Les blessures musculo-squelettiques, dont les blessures du coude, sont un des principaux freins à la progression d'un sportif. Elles peuvent interrompre son processus d'entraînement, sa progression et diminuer son niveau de performance. Les

professionnels du sport se sont principalement intéressés aux moyens de rééducation et de réadaptation des sportifs après une blessure pour qu'ils retrouvent le plus rapidement possible leur niveau de performance antérieur à la lésion. Ce procédé peut avoir un cout économique important et mettre en péril la carrière sportive de l'athlète à plus ou moins long terme. En effet, une blessure, même si elle a été prise en charge correctement, favorise la survenue de nouvelles blessures (68). Or l'accumulation de blessures peut amener un sportif à arrêter sa carrière sportive. La prévention de la blessure initiale, la prévention primaire, paraît donc essentielle pour qu'un sportif s'épanouisse dans son sport à long terme et en bonne santé. Elle est d'autant plus importante chez les sportifs en période de croissance chez qui les blessures peuvent avoir des conséquences invalidantes pour leur avenir.

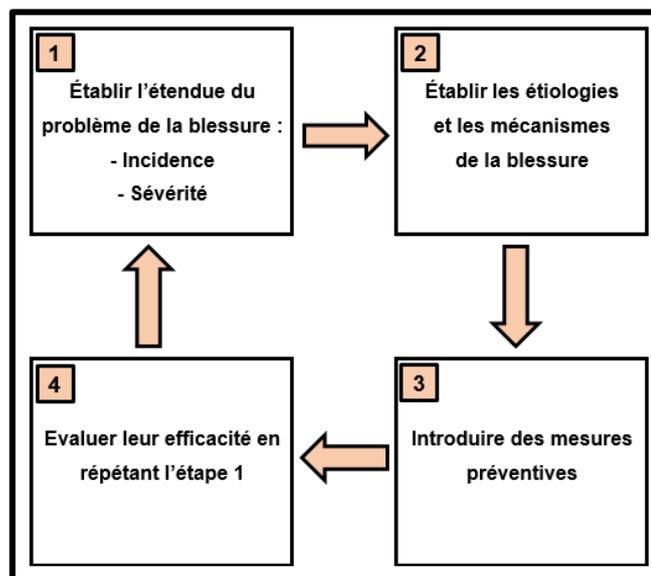
II.3. Prévention primaire et programmes d'exercice

II.3.1. Définitions

L'OMS définit la prévention comme étant « *l'ensemble des mesures visant à éviter ou réduire le nombre et la gravité des maladies, des accidents et des handicaps* » (69) et la prévention primaire comme regroupant « *les actes visant à diminuer l'incidence d'une maladie dans une population et à réduire les risques d'apparition* » (69).(70)

II.3.2. Séquence de prévention dans le sport

Figure 6 : Séquence de prévention de van Mechelen et al (64)



Dans le cadre de la politique de l'OMS « Santé pour tous pour l'année 2000 », le conseil européen a lancé un projet de recherche intitulé « Sport pour tous : les blessures liées au sport et leur prévention » pour mieux comprendre les blessures liées aux sports et pour développer une stratégie de prévention basée sur les sciences. Ce projet a abouti en 1987 par la création d'un modèle de prévention appelé la « séquence de prévention » (64)(Figure 6). Ce modèle comporte quatre étapes (64). La première étape consiste à identifier et décrire les blessures en termes d'incidence et de sévérité. La seconde étape consiste à identifier les mécanismes et les facteurs étiologiques qui participent à la survenue des blessures. La troisième étape consiste à introduire des mesures qui diminueraient possiblement l'incidence et/ou la sévérité des blessures. Ces mesures devraient être basées sur les facteurs de risque et les mécanismes identifiés lors de la deuxième étape. La quatrième étape consiste à répéter la première étape de la séquence pour évaluer l'efficacité des mesures. Les travaux de recherches pour la prévention des blessures menés par les équipes médicales de l'IAAF, l'Association européenne d'athlétisme et la FFA utilisent ce modèle de prévention (71). J'ai donc fait le choix d'utiliser la « séquence de prévention » dans cet écrit.

II.3.3. Prévention en Athlétisme

L'IAAF souhaite garantir le bien-être et la bonne santé des personnes pratiquants l'athlétisme (72). Son département de la Santé et des Sciences a pour objectif de développer la prévention des blessures chez les athlètes de tous niveaux et leurs entraîneurs en intégrant les équipes médicales qui les suivent (72). Le manuel médical de l'IAAF met en avant plusieurs facteurs à prendre en compte pour prévenir les blessures : le conditionnement physique, les méthodes d'entraînements, le repos et la récupération, les conditions d'entraînement (température, humidité, altitude...), l'équipement de l'athlète et les facteurs psychologiques (73).

Dans ce travail, le choix a été fait de s'intéresser au conditionnement physique. C'est un élément clé de la prévention. Il permet de diminuer le risque de blessures, la sévérité des blessures et le risque de récurrences (73,74). Les programmes de conditionnement physique se basent généralement sur 4 facteurs : la force, la souplesse, l'équilibre et l'endurance cardio-vasculaire (73,74). D'après le principe d'adaptations spécifiques imposées par la demande (75), lorsque le corps subit des contraintes répétées avec des intensités et des durées pouvant varier, il tente de les surmonter en s'adaptant spécifiquement aux demandes imposées. Il est donc nécessaire que les exercices du programme de conditionnement soient spécifiques aux demandes générées par

l'épreuve d'athlétisme pour permettre au corps de résister à ces contraintes et ainsi prévenir les blessures. La partie ci-dessous s'intéresse aux programmes mis en place dans le domaine du sport.

II.3.4. Programmes d'exercices en prévention des blessures dans le sport

Le Comité International Olympique et plusieurs fédérations internationales dont l'IAAF ont mis en place des mesures pour protéger la santé des sportifs et pour diminuer le risque de blessures physiques (76). En 2013, l'étude de Mountjoy et al a montré que parmi 34 fédérations internationales participants aux Jeux Olympiques, 62% avaient mis en place des programmes d'exercices en prévention des blessures (10).

Plusieurs études se sont intéressées à l'effet de ces programmes de prévention sur l'incidence des blessures. La méta-analyse de Lauersen et al (11), publiée en 2013, a regroupé certaines de ces études pour évaluer l'efficacité des programmes de prévention primaire visant à diminuer l'incidence des blessures dans le sport. Elle inclut 25 études, soit plus de 26 000 participants issus de sports variés et plus de 3400 blessures. Les principaux résultats montrent que :

- la majorité des programmes de prévention semble diminuer l'incidence des blessures qu'elles soient aiguës ou de surutilisations
- les programmes de prévention uniquement composés d'étirements ne semblent pas avoir d'effet significatif sur l'incidence des blessures

La commission médicale de la Fédération Française d'Athlétisme, en collaboration avec l'IAAF, est engagée dans la prévention des blessures pour garantir la santé des athlètes français. Elle a créé un programme de prévention des blessures spécifiques à l'athlétisme : « Décathlon de la prévention des blessures » composé de 10 exercices visant à améliorer la coordination, la stabilité, l'équilibre et la force musculaire (77,78). Ce programme est principalement axé sur la prévention des blessures des membres inférieurs des coureurs du fait des données épidémiologiques importantes à leurs sujets. De plus, il ne prend pas en compte les facteurs de risque de blessures du coude lors du lancer du javelot. Ce programme n'est donc pas adapté pour prévenir ces blessures.

Une recherche a été réalisée dans la littérature scientifique francophone et anglophone pour trouver un ou des programmes d'exercices de prévention primaire diminuant l'incidence des blessures du coude chez les lanceurs de javelot. Les bases de données consultées étaient : Medline via Pubmed, EM|Consulte, ScienceDirect, PEDro et LiSSa. Les mots clés utilisés étaient prévention, prevention, javelot, javelin,

coude et elbow. Parmi les références obtenues à l'aide de ces mots clés, aucun article ne faisait état d'un programme d'exercices de prévention primaire diminuant l'incidence des blessures du coude chez les lanceurs de javelot.

Je me suis alors intéressé aux autres sports dits en « overarm » dans l'optique de transférer au lancer de javelot, les programmes de prévention des blessures du coude ayant fait leurs preuves dans ces sports. Le baseball est le sport le plus documenté concernant ces blessures et leurs préventions. La partie suivante décrit le contexte socio-économique de ce sport, la biomécanique de son lancer et ses blessures pour pouvoir les comparer avec ceux du lancer de javelot.

II.4. Le lancer au baseball

II.4.1. Le baseball

Le baseball est un jeu entre deux équipes de neuf joueurs. Il se pratique sur un terrain fermé qui comprend un champ intérieur de forme carrée délimité par quatre bases espacées de 27 mètres. Pendant un match de baseball, les deux équipes passent alternativement de la position défensive et à la position offensive. L'équipe vainqueur est celle qui marque le plus de points. Pour marquer un point, un joueur offensif doit réussir à frapper une balle lancée par un joueur défensif à l'aide d'une batte. Puis il doit toucher l'ensemble des bases qui délimitent le champ intérieur en évitant que les joueurs défensifs ramènent la balle sur la base qu'il tente d'atteindre (79).

D'après la Fédération internationale de baseball et de softball (WBSC), plus de 35 millions de personnes issues de 124 pays pratiquent le baseball à travers le monde (80). La grande majorité de ces pratiquants ont moins de 18ans (81). C'est un sport populaire en Amérique du Nord (Etats-Unis d'Amérique, Canada, Mexique), aux Antilles (Cuba, Puerto Rico, République dominicaine) et en Asie de l'Est (Japon, Corée du Sud, Taiwan) (80). En France, le baseball est peu pratiqué. En 2018, la Fédération Française de Baseball et de Softball comptait seulement 13 576 licenciés, (82).

Le baseball est un sport influant qui possède des ressources financières importantes à la différence du lancer de javelot. D'après Worldatlas, il est le huitième sport le plus suivi au monde avec près de 500 millions de spectateurs réguliers (83). L'athlétisme est un sport principalement suivi lors du championnat du monde et des jeux olympiques ayant lieu respectivement tous les 2 et 4 ans. De plus, lors de ces compétitions, les épreuves de courses sont mises en avant au détriment des autres épreuves. Gwen David considère que les lanceurs ne font offices que de « chauffeurs de salle » (84). Aux Etats-Unis d'Amérique, le salaire annuel minimum des joueurs évoluant dans la MLB était de

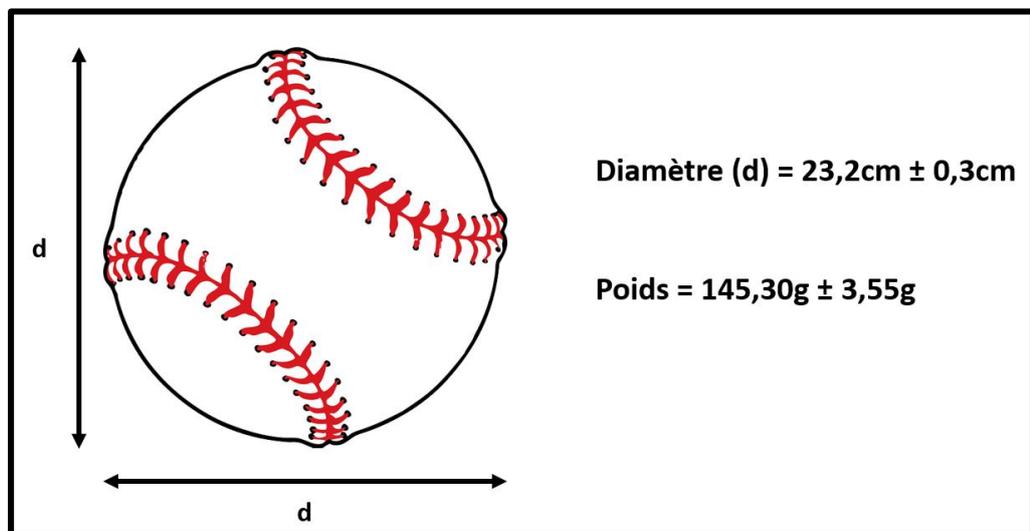
545 000 dollars en 2018 (85). Dans ce même pays, le salaire annuel d'un lanceur de javelot dans le top 20 mondial ne dépasse pas 2 500 dollars (86). En 2018, l'équipe des New York Yankees avait une valeur estimée à 4 milliards de dollars et des recettes estimées à plus de 619 millions de dollars (87). Cette même année, le budget de la FFA s'élevait à 24 millions d'euros (88).

L'étendue des ressources socio-économiques du baseball est beaucoup plus vaste que celle de l'athlétisme. Ces ressources permettent à la littérature scientifique concernant le baseball d'être beaucoup plus fournie que celle concernant le lancer de javelot. Les parties suivantes réalisent un aperçu de la réglementation du lancer au baseball et décrivent sa biomécanique.

II.4.2. Réglementation

Les paragraphes suivants résument les règles concernant le lancer au baseball issues des règles officielles du baseball éditées en 2018 et adoptées par la WBSC (79).

Figure 7 : La balle de baseball
(Image par OpenClipart-Vectors de Pixabay)



Une balle de baseball est une sphère pesant entre 141,75 et 148,84 grammes. Sa circonférence doit être comprise entre 22,9 et 23,5 centimètres. Elle se compose d'un noyau de liège, de caoutchouc ou d'un matériau similaire autour duquel est entouré un fil lui-même recouvert de 2 pièces de cuir blanc de cheval ou de vache solidement cousues entre elle (Figure 7).

Pour lancer, le lanceur se positionne sur une zone surélevée de 25.4 centimètres située au centre du champ intérieur. Une plaque rectangulaire se trouve à son sommet: la plaque du lanceur. Lors du lancer et de sa préparation, le lanceur doit garder son pied de pivot en contact avec cette plaque. Il ne peut donc pas réaliser de course d'élan préparatoire comme au lancer de javelot. En 2014, l'étude de Slenker et al (89) a montré que lancer à partir d'une position surélevée permet de donner à la balle une vitesse significativement plus importante qu'à partir d'une position non-sur-élevée. La position surélevée permettrait donc au lanceur d'avoir un lancer plus efficace, mettant en difficulté le batteur. La plaque du lanceur se situe à 18,44mètres de la plaque de but³.

Le lancer au baseball est un lancer de précision. En effet, pour valider un lancer, la balle doit passer dans une zone rectangulaire appelée zone de « Strike ». Cette zone est définie lorsque le batteur est en position pour frapper la balle. Elle se situe au-dessus de la plaque de but et doit être comprise entre 2 droites parallèles au sol : une droite passant par le creux situé sous la patella de la jambe avant du batteur et une droite située à mi-distance entre le haut des épaules et le haut du pantalon du batteur (*Annexe V*).

Il n'existe pas de règles qui obligent le lanceur à avoir un mouvement particulier comme au javelot. Pourtant la majorité des lanceurs au baseball ont un mouvement de lancer dit en « overarm » c'est-à-dire avec la balle lancée au-dessus l'épaule ou la partie supérieure du bras. C'est le mouvement qui permet de générer le plus de vitesse lors d'un lancer (90) et qui ressemble à celui du lancer de javelot.

II.4.3. Une biomécanique similaire au lancer de javelot

Dans cette partie, j'ai analysé la biomécanique du mouvement de lancer en « overarm » au baseball étant donné qu'il est le plus fréquemment utilisé. Puis je l'ai comparé à celles du lancer de javelot.

II.4.3.1. La biomécanique du lancer au baseball

Le lancer au baseball est un mouvement continu. Werner et al (91) ont décomposé ce mouvement en 6 phases que j'ai traduit en : le « wind-up », le grand pas, l'armé du bras, l'accélération du bras, la décélération du bras et la poursuite du geste (*Annexe IV*). Pour des raisons de compréhension, la technique est décrite pour un lanceur lançant avec la main droite.

³ La plaque de but correspond à la base au-dessus de laquelle se trouve la batte du batteur.

1- Le « wind-up » (*Annexe IV, Figure 12 A,B*) : Durant cette phase, le lanceur se place de profil au batteur, ses lignes d'épaules et de hanches sont alors parallèles à la direction lancée. Il effectue ensuite une rotation du tronc vers la droite pour transférer son poids sur la jambe droite et monter son genou gauche vers le haut. La main droite du lanceur, qui tient la balle, reste dans le gant de la main gauche (90). Le « wind-up » se termine lors que la main droite quitte le gant et que la jambe gauche se dirige vers l'avant (91). Les contraintes appliquées sur le coude durant cette phase sont minimales (92).

2- Le grand pas (*Annexe IV, Figure 12 C-E*) : Cette phase débute à la fin du « wind-up » et se termine quand le pied gauche touche le sol (39). Le lanceur arme son bras. Il réalise une abduction d'épaule associée à une rotation externe. Puis il fléchit le coude progressivement pour atteindre une position de flexion comprise entre 80 et 100 degrés (39). Pendant ce temps, le lanceur envoie sa jambe gauche vers l'avant en direction du batteur tout en avançant son hémibassin droit (90). La ligne de hanches effectue alors une rotation vers la gauche. Les contraintes appliquées sur le coude durant cette phase sont minimales (39).

3- L'armé du bras (*Annexe IV, Figure 12 F-H*) : Cette phase débute lorsque le pied gauche touche le sol et se termine lorsque l'épaule droite du lanceur est en REM (91). Lorsque le lanceur pose son pied à gauche, l'hémibassin droit continue d'avancer et amène la ligne de hanches face au batteur. Le rachis lombaire, positionné en rotation droite depuis la phase de « wind-up », réalise alors une rotation gauche rapide associée à une inclinaison gauche qui amène la partie haute du tronc face au batteur. Ce mouvement entraîne une REM de l'épaule droite provoquant des contraintes importantes en valgus sur le coude droit (90). Trente millisecondes avant que l'épaule droite soit en rotation maximale, le coude atteint une flexion maximale comprise entre 85 et 105 degrés (39).

4- L'accélération du bras (*Annexe IV, Figure 12 H,I*) : Cette phase débute lorsque l'épaule droite est en REM et se termine lorsque le lanceur lâche la balle (91). C'est la phase la plus rapide du lancer, elle ne dure que quelques centièmes de secondes (39). Une fois l'épaule en REM, la contraction violente des muscles antagonistes⁴ entraîne une rotation interne rapide de l'épaule avec des vitesses angulaires atteignant plus de 6000 degrés par secondes (90). Associé à cette rotation interne, le coude se tend rapidement avec une vitesse angulaire maximale comprise entre 2 100 et 2 700 degrés par secondes (91). Durant cette phase, la flexion du coude passe approximativement de

⁴ Le grand pectoral et le grand dorsal sont les principaux muscles antagonistes à la rotation externe lors du lancer (90).

85 à 20 degrés. Pour lâcher la balle, le lanceur réalise une flexion de poignet associé à une pronation de l'avant-bras (90).

5- la décélération du bras (*Annexe IV, Figure 12 I,J*) : Cette phase débute lorsque le lanceur lâche la balle et se termine lorsque l'épaule est en rotation interne maximale (91). Elle permet de ralentir le mouvement du bras du lanceur après le lancer (8). La contraction excentrique des muscles rotateurs externes de l'épaule ralentissent la rotation interne du bras. La contraction excentrique des muscles fléchisseurs du coude ralentit l'extension du coude. Cette dernière se termine quand le coude est fléchi d'environ 20 degrés (39). La co-contraction du triceps brachial et des muscles fléchisseurs du coude préviennent la distraction du coude (91). La contraction excentrique du biceps brachial et celles des muscles supinateurs ralentissent la pronation de l'avant-bras tandis que la contraction excentrique des muscles extenseurs du poignet ralentissent la flexion de ce dernier (90,91)

6- La poursuite du geste (*Annexe IV, Figure 12 K*) : Cette phase débute lorsque l'épaule est en rotation interne maximale et se termine lorsque le lanceur retrouve son équilibre (91). Les mouvements du tronc et des jambes permettent au lanceur de s'équilibrer sur ses deux pieds et de dissiper l'énergie accumulée dans son bras lors du lancer. Les contraintes sur le coude lors de cette phase sont moins importantes que dans les trois phases précédentes.

II.4.3.1. Similarités avec le lancer de javelot

Le lancer de javelot et le lancer au baseball sont tous les deux des mouvements de lancer en « overarm ». Ils seraient les variations d'un mouvement général de lancer en « overarm » (21–23,93). En 1977, les travaux de Wickstrom (94) ont conclu que ce mouvement correspondait au schéma moteur naturel pour lancer un objet.

La théorie du schéma moteur de Schmidt met en avant la notion de « programmes moteurs généralisés » pour les actions de courte durée (95). Elle part du principe qu'un programme moteur donné est exécuté quelles que soient les variations d'un « même mouvement » (95,96). Ce programme serait général du fait qu'il possède des caractéristiques ne variant pas. Cependant, il possède également des caractéristiques qui varient et qui permettent d'adapter le mouvement général à une situation donnée. Les caractéristiques ne variant pas du programme moteur généralisé du lancer en « overarm » seraient : les muscles impliqués dans le mouvement, leurs séquences d'activation, et leurs temps de contraction relatifs (95,96). Elles donneraient une forme similaire aux différentes variations du mouvement (96), ce qui expliquerai la

ressemblance des mouvements de lancer au lancer de javelot, au baseball, au football américain et au handball (23). Cependant ces mouvements sont soumis au principe d'adaptations spécifiques imposées par la demande (75). Entre les sports et au sein de ces derniers, la demande varie en fonction de nombreux facteurs dont le poids du projectile, les règles du sport et l'objectif du lancer (lancer loin, lancer précis ou les deux). Pour adapter le mouvement aux demandes spécifiques à chaque sport ou situation, le programme moteur généralisé du lancer en « overarm » posséderait des caractéristiques qui varient. Elles seraient : le temps absolu de contraction, la force relative et la force absolue des muscles impliqués dans le mouvement (95,96). Ces caractéristiques pourraient modifier la biomécanique du lancer sans pour autant modifier sa forme globale (95). En 1974, Toyoshima et al (93) ont caractérisé le schéma moteur généralisé du lancer en « overarm » par une rotation de la ligne de hanches, du tronc et de la ligne d'épaules, une extension du coude et une flexion du poignet.

Dans leur travaux respectifs, Atwater (97), Wickstrom (94) et Bunn (98) ont comparé le lancer au baseball à celui du lancer de javelot. Ils ont montré qu'à partir de la phase unipodale, la biomécanique du lancer de javelot était similaire à celle du lancer au baseball. Atwater (97) a également mis en évidence que les mouvements de l'épaule et du bras dans ces deux sports sont similaires malgré une inclinaison du tronc pouvant varier.

De plus, la cinématique du lancer de javelot, excepté la course d'élan et les pas croisés, est visuellement similaire à celle du lancer au baseball. Les principaux mouvements du lancer en « overarm » et les phases qui leur correspondent dans les deux sports sont réunis dans le tableau synthèse de la page suivante (*Tableau 1*). L'*Annexe II* et l'*Annexe IV* permettent de mieux visualiser ces mouvements.

Tableau Synthèse

Tableau 1 : Similarités des cinématiques du lancer de javelot et du lancer au baseball

Mouvements	Phases du javelot <i>(Annexe II, Figure 10)</i>	Phases du baseball <i>(Annexe IV, Figure 12)</i>
Avancement de la jambe gauche	Phase unipodale <i>(e,f)</i>	Grand pas <i>(C,D,E)</i>
Rotation de la ligne de hanches vers la gauche	Phase unipodale et de double-appui <i>(f,g,h)</i>	Grand pas et armé du bras <i>(E,F,G)</i>
Rotation gauche du tronc et de la ligne d'épaules associée à une inclinaison gauche du tronc	Phase de double-appui <i>(h)</i>	Armé du bras <i>(F,G,H)</i>
Augmentation de la rotation externe de l'épaule droite et de la flexion du coude droit	Phase de double-appui <i>(h)</i>	Armé du bras <i>(H)</i>
Adduction horizontale et rotation interne de l'épaule droite	Phase de double-appui <i>(h,i)</i>	Accélération du bras <i>(H,I)</i>
Extension du coude droit et flexion du poignet droit	Phase de double-appui <i>(i,j)</i>	Accélération du bras <i>(H,I)</i>
Ralentissement du mouvement du bras droit suite au lancer	Reprise d'appuis <i>(j,k)</i>	Décélération du bras <i>(I,J)</i>
Reprise de l'équilibre	Reprise d'appuis <i>(l)</i>	Poursuite du geste <i>(K)</i>

2.4.1. Des blessures similaires au lancer de javelot

La pratique du baseball prédispose les lanceurs aux blessures. Entre 2002 et 2008, Posner et al (99) ont montré une incidence des blessures de 3.61 pour 1000 expositions d'athlètes (EAs)⁵ dans une population de 3072 joueurs professionnels. Les lanceurs sont particulièrement touchés par les blessures du coude (8). Ces blessures peuvent être à l'origine de douleurs aiguës, de douleurs chroniques, de paresthésies, de pertes d'amplitudes et/ou d'instabilité du coude (9). Les origines de ses symptômes sont variées et correspondent aux blessures du coude rencontrées chez les lanceurs de javelot.

⁵ Une EA correspondant à la participation d'un athlète à une compétition dans cette étude

En effet, il est retrouvé dans la littérature :

- des ostéochondroses de l'épicondyle médial et de la tête radiale, des entorses du LCU et de lésions des muscles épicondyliens médiaux (9) qui correspondent au syndrome de surcharge en valgus chez les lanceurs de javelot (56).
- des ostéophytes et des fractures de fatigue de l'olécrâne dans le cadre du syndrome de surcharge en extension et en valgus (60) tout comme chez les lanceurs de javelot (56).
- des neuropathies du nerf ulnaire (9) qui sont aussi rencontrés au lancer de javelot (56).

Les lanceurs de moins de 18 ans sont particulièrement touchés par les blessures du coude (100). La majorité de ces blessures sont mineurs, c'est-à-dire qu'elles entraînent un arrêt de la pratique sportive de moins de 7 jours (101). Ces blessures augmentent néanmoins le risque de futures blessures et peuvent être à l'origine d'incapacité à long terme (81). A l'inverse, chez les lanceurs adultes, les blessures du coude sont considérées comme une des blessures les plus invalidantes (102). Durant la saison 2010-2011 de la MLB, elles ont entraîné un arrêt de la pratique sportive de 39 jours en moyenne (102). De plus, ces blessures peuvent nécessiter une prise en charge chirurgicale. Les reconstructions du LCU sont les interventions les plus fréquemment rencontrées (103).

L'étendue des blessures du coude au baseball et au lancer de javelot possèdent certaines similitudes (types de blessures, sévérités). Cependant, il existe de nombreux freins à leur comparaison du fait des différentes définitions de la « blessure », des différentes expressions de l'incidence et du manque de données concernant les lanceurs de javelot.

III. Démarche réflexive

III.1. Synthèse et problématique

Le lancer de javelot prédispose les lanceurs aux blessures du coude. De nombreux protocoles d'exercices visant à améliorer la condition physique des athlètes pour prévenir les blessures ont montré leur efficacité. Cependant il n'existe actuellement pas de programme d'exercices en prévention primaire des blessures du coude chez les lanceurs de javelot.

Le lancer au baseball prédispose également les lanceurs aux blessures du coude. La biomécanique du lancer et l'étendue des blessures au baseball possèdent des similitudes avec celles du lancer de javelot. La littérature concernant les blessures au baseball et leur prévention est plus développée que celle des autres lancers en « overarm » du fait de ses ressources humaines et économiques plus importantes. En partant du postulat qu'il existe des programmes de prévention des blessures du coude au baseball, ce mémoire tendra à répondre à la problématique suivante :

« Dans quelles mesures un programme d'exercices de prévention primaire des blessures du coude chez les joueurs de baseball est-il transférable aux lanceurs de javelot ? »

III.2. Objectif et hypothèses

L'objectif de ce mémoire est d'étudier le ou les protocole(s) préexistant(s) de prévention primaire des blessures du coude chez les joueurs de baseball pour identifier les éléments en faveur ou en défaveur d'une transférabilité de ce(s) protocole(s) vers le lancer de javelot.

Pour qu'un programme de prévention primaire des blessures du coude du baseball soit transférable vers le lancer de javelot, mes hypothèses sont que :

- Son efficacité est démontrée par une ou des études interventionnelles chez les joueurs de baseball.
- Les caractéristiques des populations étudiées par ces études correspondent à celles des lanceurs de javelot.
- Les exercices du programme sont fondés sur des facteurs étiologiques et des mécanismes de blessures correspondant à ceux du lancer de javelot.
- Ses modalités sont en adéquation avec la pratique du lancer de javelot.

IV. Méthodologie

IV.1. Revue de la littérature

Pour identifier les programmes d'exercices de prévention primaires des blessures du coude chez les joueurs de baseball et évaluer leur efficacité, une revue de la littérature est réalisée. Cette revue est basée sur les lignes directrices PRISMA-P et les lignes directrices PRISMA (104,105) pour être au plus près d'une revue systématique de la littérature. La liste de contrôle PRISMA-P comprend un ensemble d'items considérés comme les éléments minimums et essentiels d'un protocole d'une revue systématique ou d'une méta-analyse (105). La liste de contrôle PRISMA comprend un ensemble minimum d'items basés sur des faits pour les rapports des revues systématiques et des méta-analyses (106). L'ensemble des étapes de la revue de littérature est réalisée par un seul examinateur.

IV.1.1. Critères d'éligibilité

Les études sont sélectionnées selon les critères décrits ci-dessous.

- **Types d'étude** : Les essais cliniques comparatifs randomisés et non-randomisés sont éligibles à la sélection. Le choix a été fait de ne pas inclure les études ne pouvant apporter qu'un faible niveau de preuve scientifique d'après la HAS (107). Les études cas-témoins, les études rétrospectives, les séries de cas et les études épidémiologiques descriptives ne sont donc pas éligibles.
- **Population étudiée** : La population doit être composée de joueurs de baseball sans antécédents de blessures au coude car la revue s'intéresse à la prévention primaire de ces blessures.
- **Intervention réalisée** : L'intervention doit être un programme de prévention primaire des blessures du coude composé d'un ou plusieurs exercices de renforcement, d'étirement, d'équilibre et/ou de coordination.
- **Comparateurs** : Les effets de l'intervention doivent être comparés à ceux d'un autre programme de prévention et/ou à l'absence de programme de prévention.
- **Critères d'évaluation** : L'objectif principal ou secondaire de l'étude doit être l'évaluation de l'efficacité du programme de prévention pour réduire l'apparition des blessures du coude. Un des critères d'évaluation de l'étude doit être l'incidence des blessures du coude. L'incidence doit être exprimée en fonction du nombre d'athlètes, de leur exposition ou de leur participation au sport.

- **Date parution de l'étude** : Antérieure à la date de réalisation de la recherche sur les bases de données soit le 28 mars 2019.
- **Langues** : Seules les études publiées en français ou en anglais sont retenues pour faciliter l'exploitation de leurs données.

IV.1.2. Sources d'information

La revue de littérature est réalisée à partir des bases de données MEDLINE (via PubMed), LiSSa, EM Premium, Science direct et PEDro. Dans chaque base de données, l'auteur a testé plusieurs équations de recherche, l'équation retenue pour la revue est celle qui retrouvait le plus grand nombre de références pertinentes et un nombre de références raisonnables en rapport avec les critères d'éligibilité. Le détail des équations de recherches se trouve dans le *Tableau 4* de l'*Annexe V*. Les bases de données ont été consultées le 28 mars 2019.

De plus, les références des articles évalués en texte intégral pour éligibilité sont explorées. Le but de cette exploration est de ne pas négliger des références non-indexées par les bases de données choisies.

IV.1.3. Sélection des études

La sélection des études est réalisée en deux étapes. La première étape consiste à filtrer les références obtenues par les équations de recherche à partir de leur titre et résumé pour garder uniquement celles correspondant aux critères d'éligibilité. La deuxième étape consiste à lire le texte intégral des articles sélectionnés pour décider s'ils correspondent ou non aux critères d'éligibilités. Les auteurs d'un article peuvent être contactés afin d'obtenir des informations supplémentaires en vue de son l'éligibilité.

IV.1.4. Extraction des données

L'extraction des données est réalisée librement par l'investigateur. Pour chaque étude sélectionnée, les caractéristiques propres de l'étude (type, comparateur utilisé, durée de suivi, définition des blessures étudiées), de la population (taille de l'échantillon, âge moyen, taille moyenne, poids moyen, sexe, ethnie, exposition ou participation au baseball), du programme (durée, fréquence, facteurs de risque pris en comptes, matériel utilisé, description des exercices et de leurs modalités) et les principaux résultats sont recherchés.

IV.1.5. Risque de biais inhérent à chaque étude

Pour évaluer le risque de biais des études sélectionnées, la qualité méthodologique des études est évaluée en deux étapes par l'investigateur.

La première étape consiste à évaluer la transparence du rapport à l'aide de la liste de contrôle CONSORT⁶ pour les essais cliniques randomisés traduite en français (108) et de la liste de contrôle de la déclaration TREND⁷ pour les essais cliniques non-randomisés dans sa version originale en anglais (109). La liste de contrôle CONSORT est constituée 37 items composant 25 critères répartis en sept sections (titre et résumé, introduction, méthodes, randomisation, résultats, discussion, informations supplémentaires). La liste de contrôle TREND est constituée de 46 items composant 22 critères répartis en cinq sections (title and abstract, introduction, methods, results, discussion) (*Annexe VII, Tableau 8*). Pour ces deux listes de contrôles, un score total a été mis en place pour faciliter leur interprétation où un item correspond à un point. Les essais cliniques randomisés sont donc évalués sur un score maximal de 37 points et les essais cliniques non-randomisés sur un score maximal de 46 points.

La seconde étape consiste à évaluer la qualité méthodologique des études en utilisant la liste de contrôle pour mesurer la qualité de Downs et Black⁸ dans sa version originale en anglais (110). Elle évalue la qualité globale, la validité externe, la validité interne (biais de l'étude et biais de sélection) et le pouvoir de l'étude en donnant un score sur 32 points (*Annexe VII, Tableaux 9 et 10*). Cette méthode d'évaluation, valide et fiable, est adaptée aux essais cliniques randomisés et non-randomisés (110).

IV.2. Exploitation des données

Pour chaque programme, les données extraites du ou des études évaluant son efficacité sont comparées aux caractéristiques du lancer de javelot par un seul examinateur. Cette comparaison a pour objectif d'identifier les éléments limitant la transférabilité du programme vers le lancer de javelot. Un élément limitant la transférabilité est une caractéristique pouvant altérer l'efficacité du programme ou empêcher sa bonne réalisation dans une population de lanceur de javelot.

⁶ La liste de contrôle CONSORT vierge est librement consultable dans sa version française à partir de ce lien : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1779012314004306> (Consulté le 10 avril 2019)

⁷ La liste de contrôle TREND vierge est librement consultable dans sa version anglaise à partir de ce lien : <https://www.cdc.gov/trendstatement/index.html> (Consulté le 10 avril 2019)

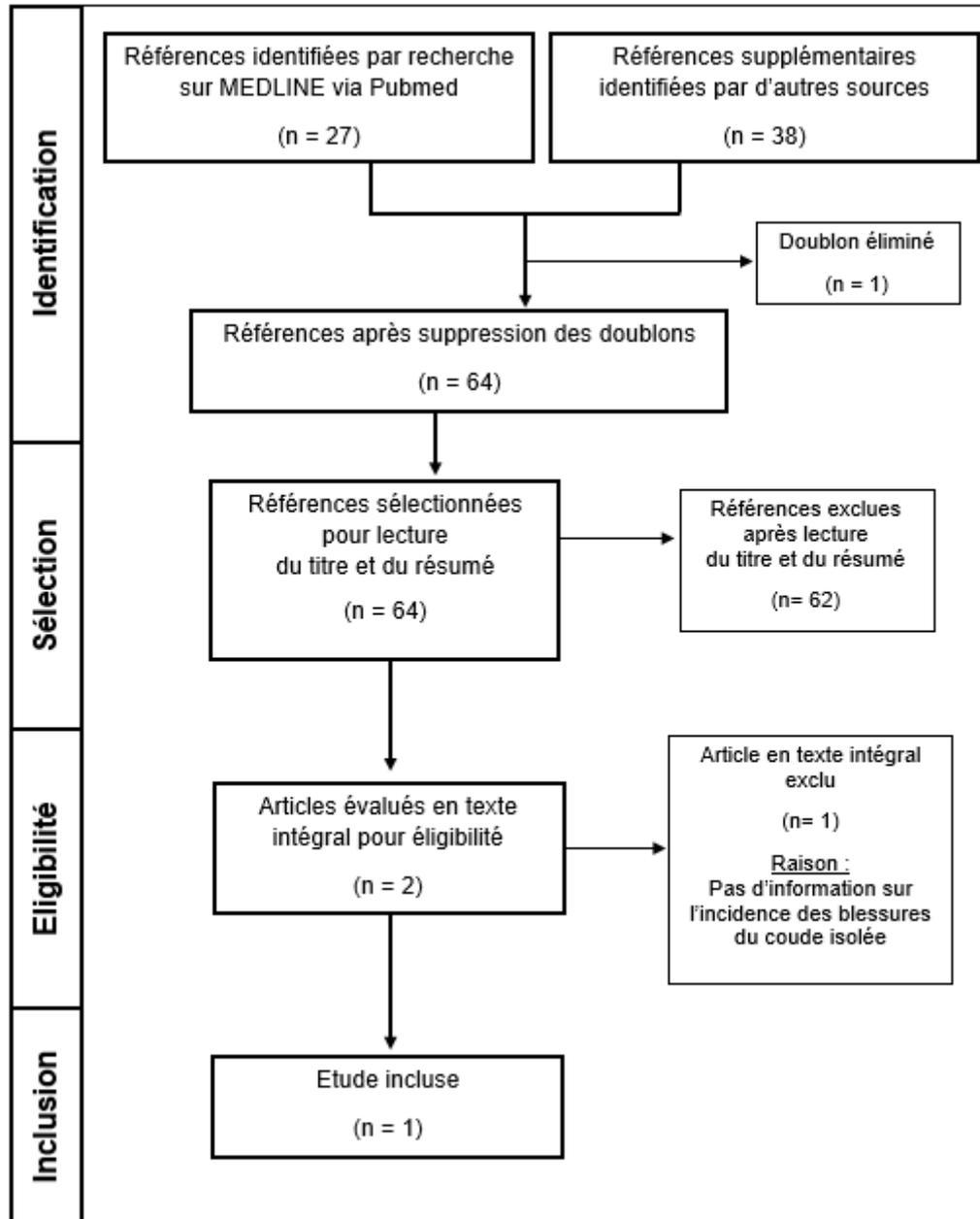
⁸ La liste de contrôle de Downs et Black vierge est librement consultable dans sa version anglaise à partir de ce lien : <https://www.nccmt.ca/fr/referentiels-de-connaissances/interrogez-le-registre/9> (Consulté le 10 avril 2019)

Les éléments pouvant influencer la transférabilité du programme vers le lancer de javelot sont regroupés dans un tableau synthèse. Un score sera ensuite attribué à chacun de ces éléments. Un score de 1 est attribué aux éléments limitant la transférabilité tandis qu'un score de 0 est attribué aux éléments favorisant ou n'influençant pas la transférabilité. Les lettres « ID » sont attribués lorsque l'examineur est en incapacité de déterminer (ID) l'influence d'un élément sur la transférabilité du programme.

V. Résultats

V.1. Sélection de l'étude

Figure 8 : Diagramme de flux de la revue de littérature



La recherche effectuée sur les bases de données a fourni 65 références. Le détail du nombre de références par base de données est présenté dans le *Tableau 5* de l'*Annexe V*. Un doublon a été éliminé.

Soixante-quatre références ont été filtrées à partir de la lecture de leur titre et de leur résumé. Parmi elles, deux références ont été sélectionnées comme potentiellement

éligibles. L'ensemble des critères d'éligibilité ont été cherché dans leur texte intégral. Un seul article présentait l'ensemble de ces critères (111) :

- Sakata J, Nakamura E, Suzuki T, Suzukawa M, Akaike A, Shimizu K, et al. *Efficacy of a Prevention Program for Medial Elbow Injuries in Youth Baseball Players. Am J Sports Med. 2018;46(2):460-9.*

Le texte intégral du deuxième article (112) ne présentait que l'incidence des blessures de l'épaule et du coude réunies. Un mail a été envoyé à l'auteur de l'article pour obtenir l'incidence des blessures du coude. Ce dernier est resté sans réponse. L'article a donc été exclu.

Les sources bibliographiques de l'étude de Sakata et al (111) n'ont pas permis de trouver de nouvelles références potentiellement éligibles.

V.2. Caractéristiques de l'étude

V.2.1. Présentation de l'étude

L'étude de Sakata et al (111) a été publiée en 2018 dans *The American Journal of Sports Medicine*. C'est une étude de cohorte interventionnelle prospective non-randomisée en ouvert. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité d'un programme de prévention pour diminuer les risques de blessures médiales du coude chez les jeunes joueurs de baseball. Elle compare l'incidence des blessures médiales du coude durant une période de 12 mois entre deux groupes : un groupe interventionnel dont la population réalise le programme de prévention et un groupe contrôle dont la population continue son entraînement habituel.

Les chercheurs de cette étude s'intéressent aux douleurs et aux blessures médiales du coude ainsi qu'aux douleurs et blessures de l'épaule. Dans cette étude, une douleur est considérée comme cliniquement significative si elle dure plus de deux semaines, si elle empêche un joueur de s'entraîner ou de jouer un match, ou si elle est récurrente. Une blessure médiale du coude est définie par une douleur médiale du coude lors du lancer associée à des observations anormales à l'échographie relevées par un docteur en médecine ou lors de l'examen clinique réalisé par le kinésithérapeute. L'examen clinique du coude consiste en un bilan de la douleur du coude en flexion, en extension et lorsqu'on lui applique une contrainte en valgus associée à une flexion du coude de 30 degrés.

V.2.2. Population étudiée

La population étudiée est composée de 305 joueurs de baseball âgés de 8 à 11 ans avec une majorité de garçons. Ces joueurs évoluent dans 29 équipes de baseball issues de deux ligues régionales de baseball au Japon. En fonction de la localisation régionale de leur équipe, 136 joueurs ont été inclus dans le groupe interventionnel et 169 dans le groupe contrôle. Il n'existe pas de différence significative entre ces deux groupes ($p > 0.05$). L'âge moyen de la population est de 9,6 ans. Les joueurs des deux groupes s'entraînent en moyenne 3,5 jours par semaine à raison de 3,2 heures par jour.

V.2.3. Programme de prévention utilisé

Le programme de prévention utilisé dans cette étude s'appelle le Yokohama Baseball-9 (YKB-9). Il est composé de neuf exercices d'étirement (*Annexe VI, Figure 13*) et neuf exercices de renforcement (*Annexe VI, Figure 14*) destinés à améliorer les paramètres de la capacité physique décrits dans la littérature pouvant favoriser l'apparition des blessures de l'épaule et du coude. Les facteurs de risque pris en compte dans cette étude sont l'augmentation de la cyphose thoracique, le déficit d'extension du coude, l'altération des amplitudes d'épaule, la raideur postérieure de l'épaule, la faiblesse des muscles de la coiffe des rotateurs, les dyskinésies de la scapula, la raideur des membres inférieurs et les déficits de l'équilibre statique unipodal. Le programme nécessite l'utilisation d'un gant de baseball pour réaliser les exercices de renforcement 1', 2' et 3' (*Annexe VI, Figure 14*).

Les exercices sont décrits dans les *Tableaux 6 et 7* de l'*Annexe VI*. Les exercices d'étirements ont été conçus pour améliorer les amplitudes de mouvement du coude, de l'épaule et de la hanche, ainsi que pour améliorer la posture. Chaque étirement est tenu pendant 10 secondes. Les exercices de renforcement ont été axés sur la coiffe des rotateurs, la fonction scapulaire, la posture et l'équilibre des membres inférieurs. Les exercices de renforcement sont répétés 10 fois à l'exception de ceux concernant la coiffe des rotateurs qui sont répétés 20 fois. La durée totale de réalisation est d'environ 20 minutes.

Pour garantir l'exécution correcte du programme dans le groupe interventionnel, un kinésithérapeute a montré le programme aux joueurs et à leurs entraîneurs au début du suivi, à un mois puis 3 mois après l'initiation au programme. Une brochure décrivant les exercices du programme a été fournie aux joueurs et leurs entraîneurs. Dans cette étude, il a été demandé aux joueurs du groupe interventionnel de réaliser le programme YKB-9 au moins une fois par semaine pendant la période d'échauffement ou à la maison.

Si un joueur respecte cette condition, sa compliance au programme est considérée comme élevée. Dans le cas contraire, elle est considérée comme basse.

V.2.4. Principaux résultats de l'étude

Les résultats de l'étude montrent une diminution statistiquement significative de 49.2% de l'incidence des blessures médiales du coude dans le groupe interventionnel (0,8 pour 1000 EAs⁹) comparée à celle du groupe contrôle (0,8 pour 1000 EAs)(hazard ratio, 50,8% ; IC 95%, 0.292-0.882 ; P=0,016). Il est également observé une diminution de l'incidence des douleurs du coude dans le groupe interventionnel (1,1 pour 1000 EAs) comparée à celle du groupe contrôle (1,9 pour 1000 EAs). Le programme de prévention YKB-9 semble donc diminuer les blessures¹⁰ du coude chez les joueurs de baseball.

Le programme a amélioré significativement l'amplitude totale de rotation de l'épaule dominante, le déficit d'amplitude¹¹ de rotation interne de l'épaule du côté dominant, l'amplitude de rotation interne de la hanche du côté non-dominant, la force du trapèze inférieur du côté dominant et l'angle de la cyphose thoracique. Le programme n'a pas amélioré les autres paramètres de la fonction physique évalués (forces du dentelé antérieur, des rotateurs externes et internes d'épaule ; amplitude de rotation interne de la hanche dominante ; déficit d'extension du coude et d'abduction horizontale). Sakata et al préconisent donc de modifier les modalités des exercices visant à améliorer ces paramètres.

Seuls 57,4% des joueurs du groupe interventionnel ont eu une compliance élevée au programme. Or l'incidence de blessures médiales du coude chez ces joueurs (0,5 pour 1000 EAs) est plus de trois fois moins importante que dans le groupe contrôle (1,7 pour 1000 EAs) et plus de deux fois moins importante que dans le groupe de joueurs ayant une compliance basse (1,2 pour 1000 EAs). Il semble donc que la compliance au programme soit nécessaire pour obtenir les effets du programme YKB-9. D'après Sakata et al (111), les éléments pouvant influencer la compliance au programme YKB-9 sont l'âge des joueurs, la longueur du programme et la compréhension des bénéfices du programme par les joueurs et leurs entraîneurs.

L'étude de Sakata et al ne fait pas état d'effets indésirables du programme YKB-9 pour les joueurs de baseball.

⁹ Dans cette étude, une EA correspond à la participation d'un joueur à un match ou à un entraînement.

¹⁰ D'après la définition de la blessure établie en page 8.

¹¹ Un déficit d'amplitude correspond à la différence entre le côté non-dominant et le côté dominant.

V.2.5. Evaluation du risque de biais inhérent à l'étude

La transparence de l'article de Sakata et al a été évaluée par la liste de contrôle TREND. Deux items de la liste n'étaient pas applicables à l'article, ils n'ont donc pas été inclus au score total. L'article de Sakata a obtenu un score total de 36 points sur 44, le détail du score est disponible dans le *Tableau 8* de l'*Annexe VII*. La transparence de cet article semble donc bonne.

La qualité méthodologique de l'étude a été évaluée par la liste de contrôle de Downs et Black (110). L'article de Sakata a obtenu un score total de 20 points sur 32. Le détail du score est disponible dans le *Tableau 10* de l'*Annexe VII*. Le rapport (10/11) et la validité interne concernant les biais (5/7) sont de bonnes qualités. La validité interne concernant les biais de sélection est de moins bonne qualité (3/6) du fait que les participants n'ont pas été randomisés. Pour éviter les biais liés à la non-randomisation, la répartition de la population dans les groupes a été faite en fonction de la localisation géographique des participants pour éviter au groupe contrôle d'avoir accès aux informations concernant le programme YKB-9. La validité externe obtient un score de 1 sur 3 car l'article ne compare pas la taille et les caractéristiques de l'échantillon à celles de la population ciblée. L'incidence des blessures du coude a néanmoins été comparée à celles des études précédentes. La puissance de l'étude (1/5) est de faible qualité du fait que la taille de l'échantillon ait été calculée pour une puissance de 80%. Il est néanmoins peu probable que les conclusions de l'étude soient affectées par les items non remplis ou non-évaluables. La qualité méthodologique de cet article semble donc correcte. Néanmoins de futures études pourraient impacter la confiance dans l'estimation de l'efficacité du programme.

V.3. Exploitation des données de l'étude

Les éléments pouvant influencer la transférabilité du programme YKB-9 sont résumés dans le tableau synthèse ci-dessous (*Tableau 2*). Pour faciliter sa compréhension, les éléments ont été divisés en quatre sections : l'efficacité du programme, les caractéristiques de la population étudiée pour évaluer son efficacité, ses modalités et les facteurs de risque utilisés pour l'élaborer. Chacun de ces éléments est ensuite analysé et discuté dans le chapitre *VI.1. Analyse et discussion des résultats*.

Tableau synthèse :

Tableau 2 : Eléments pouvant influencer la transférabilité du programme YKB-9 vers le lancer de javelot

Elément(s) pouvant favoriser ou limiter la transférabilité du programme YKB-9 vers le lancer de javelot	Données de l'étude de Sakata et al (111)	Score
Efficacité du programme YKB-9		
Types de blessures du coude dont l'incidence est influencée par le programme	Blessures médiales du coude	0
	Douleurs du coude	0
Efficacité du programme	Le programme YKB-9 diminue significativement les blessures médiales du coude de 49.2% et diminue les douleurs du coude.	0
Caractéristiques de la population étudiée pour évaluer l'efficacité du programme YKB-9		
Age	Les participants ont entre 8 et 11 ans.	1
Indice de masse corporelle moyen	16,9 kg.m ²	ID
Proportion des sexes	La population étudiée est composé de 7% de filles et de 93% de garçons.	1
Localisation géographique	Japon	1
Exposition au sport	Durant l'année de suivi, les participants ont joué en moyenne 3,5 jours par semaine pendant lesquels ils jouaient en moyenne 3,2 heures.	1
Incidences des blessures dans le groupe control	1,9 pour 1000 EAs pour les douleurs du coude	ID
	1,7 pour 1000 EAs pour les blessures médiales du coude	ID
Modalités du programme YKB-9		
Durée du programme	Environ 20 minutes	0
Fréquence de réalisation demandée	1 fois par semaine	0
Lieux de réalisation	A la maison ou lors de l'échauffement	0
Matériel utilisé	Un gant de baseball	1
Facteurs de risque utilisés pour élaborer le programme YKB-9		
Facteurs de risque	Augmentation de la cyphose thoracique	0
	Déficit d'extension du coude	ID
	Altération des amplitudes de l'épaule	0
	Raideur postérieure de l'épaule	0
	Faiblesse des muscles de la coiffe des rotateurs	ID
	Dyskinésies de la scapula	0
	Raideur des membres inférieurs	0
	Déficits de l'équilibre statique unipodal	0

VI. Analyse et discussion

VI.1. Analyse et discussion des résultats

VI.1.1. Éléments en faveur de la transférabilité du programme

VI.1.1.1. Efficacité du programme YKB-9

Au vue de la transparence et la qualité méthodologique de l'étude Sakata et al (111), le programme YKB-9 semble prévenir les blessures du coude chez les joueurs de baseball. Les blessures dont l'incidence est diminuée par le programme sont les blessures médiales du coude et les douleurs du coude. Ces blessures sont également retrouvées chez les lanceurs de javelot (56). Le programme YKB-9 pourrait donc diminuer ces blessures chez les lanceurs de javelot.

VI.1.1.2. Modalités du programme YKB-9

Le programme YKB-9 dure environ 20 minutes et doit être réalisé au moins une fois par semaine lors de l'échauffement ou à la maison. La durée de ce programme est similaire aux programmes décrits dans la littérature (4) comme le programme « 11+ » de la FIFA (6) ou le programme d'échauffement d'Olsen et al au handball (113). Sa fréquence de réalisation est, quant à elle, basse comparée à celles des protocoles de la littérature (4). Par exemple, le programme « 11+ » et le programme de prévention de Wedderkopp et al au handball (114) demandent de réaliser un programme avant chaque séance d'entraînement. D'après les préconisations de la direction technique nationale de la FFA (14), les jeunes athlètes (entre 11 et 17 ans) doivent réaliser entre 2 et 5 entraînements par semaine d'une durée comprise entre 1 heure 15 et 2 heures. Intégrer le programme YKB-9 à la pratique des jeunes athlètes semble donc possible.

La possibilité de réaliser le programme à la maison permet d'autonomiser les athlètes et de libérer du temps d'entraînement. Cependant, les entraîneurs et l'équipe médicale ont peu de visibilité sur les pratiques des athlètes à la maison. De ce fait, ils ne peuvent pas savoir si le programme est effectué fréquemment et correctement. Réaliser régulièrement le programme sous supervision à l'entraînement permettrait donc de garantir la bonne exécution du programme.

VI.1.1.3. Facteurs de risque utilisés pour élaborer le programme YKB-9

La référence utilisée ici pour comparer les facteurs de risque utilisés dans l'élaboration du programme YKB-9 au lancer de javelot est la biomécanique du lancer en « overarm ».

- **Augmentation de la cyphose thoracique, dyskinésies de la scapula et déficit de rotation externe d'épaule**

Lors du lancer, les contraintes en valgus subies par le coude sont maximales lorsque l'épaule se place en REM (8). Ce moment correspond à la transition entre la phase de l'armé et la phase d'accélération au baseball (8) ; et il se déroule lors du final au lancer de javelot (21). Anz et al (115) ont montré que le risque de blessures médiales du coude est associé à l'intensité de ces contraintes. L'extension du rachis thoracique et la participation de l'articulation scapulo-thoracique permettent à la REM atteinte (entre 160° et 180°) d'être plus importante que celle suggérée par l'amplitude de rotation externe de l'articulation gléno-humérale (entre 100° et 140°)(116). Miyashita et al (117) ont montré que les blessures du coude sont liées à l'augmentation de la différence entre ces deux valeurs. De plus, les contraintes subies par le coude sont augmentées lorsque la REM est limitée, car la déviation de l'ulna est plus importante (7). De ce fait, maintenir ou augmenter les amplitudes de rotation externe de l'épaule permettrait de réduire l'incidence des blessures médiales du coude. L'augmentation de la cyphose thoracique, les dyskinésies de la scapula et l'altération de l'amplitude de rotation externe de l'épaule semblent donc être des facteurs de risque à prendre en compte au lancer de javelot (116,118) tout comme au lancer de baseball (119) pour diminuer l'incidence de ces blessures.

- **Raideur postérieure de l'épaule**

La répétition des lancers en « overarm » entraîne des modifications anatomiques chez les athlètes. En effet, une augmentation de l'amplitude de rotation externe et une diminution de l'amplitude de rotation interne de l'épaule dominante sont observées chez les lanceurs de javelot (118,120,121) et au baseball (122,123). La diminution de la rotation interne est associée à des raideurs de la capsule postérieure et des muscles postérieurs de l'épaule (124). Ces raideurs peuvent altérer la biomécanique de l'épaule et être sources de conflits sous-acromiaux car elles empêchent la translation de la tête humérale et favorisent son ascension (125). De plus, la méta-analyse de Reiman et al (126) a permis d'identifier le déficit de rotation interne de l'épaule dominante comme facteur de risque des entorses du LCU chez les lanceurs de baseball. De plus, l'étude

de Shitara et al (112), précédemment exclue de la revue de littérature, a montré une diminution de l'incidence combinée des blessures d'épaule et du coude à l'aide d'un programme de prévention basé uniquement sur ce facteur de risque. La raideur postérieure de l'épaule semble donc être un facteur de risque à prendre en compte dans la prévention des blessures du membre supérieur chez les lanceurs en « overarm ».

- **Déficit d'extension du coude**

En 2016, Sakata et al (119) ont mis en évidence qu'un déficit d'extension du coude supérieur ou égal à 5 degrés prédisposerait les joueurs de baseball aux blessures du coude. De plus, l'étude de Schmitt et al (67) a montré que dans une population d'anciens lanceurs de javelot, près 50% de cette population présentent un déficit d'extension du coude. Cependant lors du lancer en « overarm », le coude ne réalise pas d'extension complète (8). Il semble donc difficile de considérer qu'un déficit d'extension modifie les contraintes appliquées sur le coude lors du lancer. Néanmoins, un déficit d'extension pourrait être une conséquence des blessures du coude et/ou un signe précurseur de ces blessures (119). De futures études sont nécessaires pour clarifier les relations entre le déficit d'extension du coude, la biomécanique du lancer et les blessures du coude.

- **Raideur des membres inférieurs**

Lors du lancer, les membres inférieurs génèrent de l'énergie qui est transmise au membre supérieur par le tronc (37). De plus, l'énergie cinétique créée par le ralentissement brutal du lanceur lors du final est transférée à partir des membres inférieurs (12,29). Une altération des amplitudes de hanche pourrait donc altérer les transferts d'énergies vers le membre supérieur. Wilk et al (111) rapportent que si ce transfert d'énergie n'a pas lieu correctement alors le lanceur aura tendance à lancer avec « trop de bras » ce qui aura pour conséquence d'augmenter les contraintes sur ce dernier et ainsi favoriser l'apparition de blessures. Pour garantir le bon positionnement du bassin lors du lancer et ainsi optimiser le transfert d'énergie vers le membre supérieur, les rotations internes des deux hanches ne doivent pas être limitées (37). De plus, Sakata et al (119) ont montré que les blessures médiales du coude sont significativement associées à la diminution de l'amplitude de hanche de la jambe homolatérale. Le déficit de rotation interne des hanches des lanceurs semble donc être un facteur de risque à prendre en compte pour prévenir les blessures des lanceurs de javelot. De plus, l'étude de Endo et al (127) montre que les joueurs de baseball ayant une raideur du quadriceps homolatéral en début de saison ont plus de risque d'avoir des douleurs au coude. Cette raideur pourrait limiter l'extension de hanche et modifier l'orientation du bassin, altérant ainsi le transfert d'énergie vers le membre supérieur. De futures études sont néanmoins

nécessaires pour clarifier les relations entre la raideur du quadriceps de la jambe arrière, la biomécanique du lancer et les blessures du coude.

- **Déficits de l'équilibre statique unipodal**

Lors du lancer, les membres inférieurs de l'athlète font office de base stable pour permettre la transmission de l'énergie à travers les différents segments du corps et pour éviter qu'elle se dissipe (28). Lors de la phase unipodale au javelot ou du grand pas au baseball, la co-contraction des muscles abducteurs et adducteurs de la hanche homolatérale permet de maintenir le bassin à l'horizontal (128). Les abducteurs de hanches ont pour rôle d'éviter l'affaissement du bassin du côté controlatéral. Si celui-ci n'est pas évité, le pied controlatéral se posera de manière anormale entraînant une perte d'énergie cinétique lors de la phase de double appui. De plus, la co-contraction des muscles du membre inférieur controlatéral permet au lanceur d'être stable et de transmettre l'énergie générée lors de la réaction avec le sol lorsqu'il pose son pied avec force.

Un déficit des muscles stabilisateurs du bassin perturberait la biomécanique du lancer obligeant le lanceur à sur-solliciter son membre supérieur. Ce déficit est donc un facteur de risque à prendre en compte dans la prévention des blessures du coude. Ces muscles participent également à maintenir l'équilibre statique unipodal (129). Améliorer cet équilibre pourrait donc diminuer les blessures du coude. De futures études sont néanmoins nécessaires pour clarifier les relations entre le déficit d'équilibre statique unipodal et les blessures du coude.

- **Faiblesse de la coiffe des rotateurs**

Entre 2001 et 2005, Byram et al (130) ont étudié chez 144 lanceurs de baseball professionnels les relations entre la force des muscles de l'épaule et l'incidence des blessures. Les principales blessures retrouvées étaient les blessures de l'épaule (59%) et du coude (40%). Ils ont mis en évidence une relation entre la faiblesse des muscles rotateurs externes de l'épaule, du supra-épineux et l'apparition de blessures. La faiblesse de ces muscles semble donc être un facteur de risque à prendre en compte chez les lanceurs pour réduire les blessures du membre supérieur. Cette étude a également montré que plus le rapport de la force des muscles rotateurs externes sur celle des muscles rotateurs internes est élevé plus le risque de blessures est faible. Le renforcement des muscles rotateurs externes de l'épaule permettrait donc de diminuer l'incidence des blessures. De plus, la faiblesse des muscles rotateurs internes de l'épaule ne semble pas influencer l'apparition des blessures. Entre 2001 et 2006, Harada et al ont étudié 298 joueurs de baseball âgés entre 9 et 12ans (131). Ils ont observé

qu'une force des muscles rotateurs externes de l'épaule supérieure à 80 Newtons et qu'une force des muscles rotateurs internes de l'épaule supérieure à 100 Newtons favorisent l'apparition des blessures du coude.

Les conclusions de ces deux études amènent à penser que renforcer des muscles rotateurs internes ne préviendrait pas les blessures et pourrait au contraire favoriser leur apparition. De plus, l'étude de Harada et al amène à penser que le renforcement des muscles rotateurs externes peut être délétère chez les jeunes athlètes. Or, l'étude de Byram et al montre qu'une faiblesse de ces muscles favorise l'apparition de blessures chez les lanceurs adultes. De futures études sont donc nécessaires pour clarifier les relations entre la force de rotation externe, l'âge et les blessures du coude.

VI.1.2. Eléments limitant la transférabilité du programme

VI.1.2.1. Caractéristiques de la population étudiée pour évaluer l'efficacité du programme YKB-9

Le principal frein à la transférabilité du programme YKB-9 est que les caractéristiques de la population étudiée par Sakata et al (111) ne correspondent pas aux caractéristiques des lanceurs de javelot (*Tableau 1*). Dans les parties ci-dessous, les caractéristiques de ces deux populations sont analysées et mises en relation avec les blessures du coude.

- **Age et exposition des participants**

Les participants de l'étude de Sakata et al (111) ont entre 8 et 11ans. Or en France, les athlètes sont généralement initiés au lancer le javelot à partir de 12-13ans (14).

De plus, durant l'année de suivi, les jeunes joueurs de baseball ont joué en moyenne 3,5 jours par semaine pendant lesquels ils jouaient en moyenne 3,2 heures. Entre les catégories Benjamin et Cadet (12-17ans), les athlètes pratiquent généralement plusieurs épreuves à l'entraînement et en compétition (14). La durée et la fréquence des entraînements au lancer de javelot dans ces catégories sont donc beaucoup plus faibles que celles des participants de l'étude de Sakata et al (111). Cependant, à partir de la catégorie Junior (18-19 ans), les athlètes se spécialisent et consacrent de plus en plus de temps à la pratique de ou des épreuves dans lesquelles ils se sont spécialisés (14). Alors leur exposition sera semblable à celle des jeunes joueurs de baseball étudiés ou plus importante.

- **Indice de Masse corporel (IMC)**

La moyenne des IMC des participants de l'étude de Sakata et al (111) est de 16,9 kg/m². Néanmoins, l'article ne donne pas d'indication sur la taille et le poids des participants. Or ces deux caractéristiques sont associées aux blessures du coude (132). Connaître les données anthropométriques des joueurs de baseball et des lanceurs de javelot permettrait de savoir si une de ces populations est plus à risque de développer ces blessures.

- **Proportions des sexes**

Dans l'étude de Sakata et al (119), les participants de sexe féminin ne représentent que 7% des participants. Or en 2018, les femmes représentaient près de 44% des lanceurs de javelot en France (15). Mero et al (34) ont montré que les athlètes de sexe féminin subissent moins de contraintes sur les articulations du membre supérieur lors du lancer du fait qu'elles développent moins de force que les athlètes de sexe masculin. L'incidence des blessures dans une population mixte, comme au lancer de javelot, est donc probablement moins importante que celle d'une population principalement composée d'athlètes de sexe masculin, comme au baseball.

- **Localisation géographique**

La population étudiée par Sakata et al (111) provient exclusivement du Japon, un pays d'Asie de l'Est. Au baseball, plusieurs études ont comparé la biomécanique du lancer des joueurs américains et asiatiques (133,134). Elles ont montré que les contraintes placées sur le coude et l'épaule sont plus importantes chez les lanceurs américains ce qui les prédisposent à un risque d'apparition de blessures plus important. La localisation géographique de la population de lanceurs peut donc influencer l'incidence des blessures du coude.

- **Incidence des blessures**

Dans l'étude de Sakata et al (111), l'incidence des blessures est exprimée en nombre blessures pour 1000 EAs avec 1 EA correspondant à la participation d'un joueur à un entraînement ou à une compétition. Il n'existe actuellement pas d'étude concernant le lancer de javelot qui exprime l'incidence en fonction de l'exposition des athlètes empêchant toute comparaison.

VI.1.2.2. Matériel utilisé

Pour réaliser le programme YKB-9, un gant de baseball est utilisé comme poids dans trois des exercices de renforcement (*Figure 14, Annexe VI*). En France, la grande

majorité des clubs d'athlétisme et des athlètes n'en possèdent pas. Or ils seraient probablement réticents à l'achat d'un gant de baseball uniquement pour réaliser le programme. Il semble donc nécessaire d'adapter le matériel pour le rendre plus accessible.

VI.1.3. Synthèse de la transférabilité du programme YKB-9

Le programme de prévention YKB-9 semble prévenir les blessures du coude chez les jeunes joueurs de baseball. La majorité des exercices le composant sont basés sur des facteurs de risque du lancer en « overarm » correspondant aussi bien au baseball qu'au lancer de javelot. Il y a donc de fortes présomptions que le programme YKB-9 soit efficace chez les lanceurs de javelot. Cependant, il n'est pas possible de présumer du taux de réduction des blessures du coude dans cette population du fait que ses caractéristiques diffèrent en de nombreux points avec celles des joueurs de baseball.

De plus, certains facteurs de risque utilisés dans l'élaboration du programme YKB-9 sont discutables (*cf VI.1.1.3*). En effet, la biomécanique du lancer ne permet pas de lier le déficit d'extension du coude (visé par les exercices 1 et 2, *Annexe VI*) aux blessures de cette articulation. De plus, le renforcement des muscles rotateurs de l'épaule (exercices 2' et 3', *Annexe VI*) pourrait favoriser l'apparition de blessures du coude chez certains lanceurs. Il semble donc nécessaire de revoir les exercices 1, 2, 2' et 3' pour améliorer le programme YKB-9. Le gant de baseball utilisé dans les exercices 1', 2' et 3' (*Figure 14, Annexe VI*) n'est pas adapté à une population lanceurs de javelot. Il est donc nécessaire d'adapter le matériel de ces exercices.

VI.2. Limites

Dans les parties ci-dessous, les biais et les limites de l'étude réalisée sont mis en évidence et sont analysés.

VI.2.1. Limites de la méthodologie

VI.2.1.1. Revue de littérature

- **Bases de données**

La revue de littérature a été réalisée à partir de cinq bases de données dont quatre bases de données généralistes (PubMed, EMconsult, Science Direct, Lissa) et une base de données spécifique à la kinésithérapie (PeDro). Elles ont été choisies afin d'avoir accès

au plus grand nombre d'articles pertinents sur le sujet. Il est néanmoins possible que des études correspondant au sujet ne soient pas indexées dans ces bases de données. De plus, certaines études évaluant l'efficacité d'un programme de prévention pour prévenir les blessures du coude au baseball ne sont peut-être pas encore publiées ou n'ont pas été publiées. En recherchant les études en cours sur clinicaltrials.gov avec comme mots clés « Elbow Injury » et « Baseball », j'ai identifié une étude en cours dirigée par Bruce Toby évaluant l'efficacité d'un programme d'exercices de renforcement des muscles stabilisateurs du coude pour diminuer l'incidence des blessures du LCU dans une population de joueurs de baseball professionnels américains. Suivant les résultats de cette étude, des exercices pourraient compléter le programme YKB-9 pour créer un programme de prévention plus exhaustif.

- **Langues**

Seuls les articles rédigés en anglais ou en français étaient éligibles à la revue. De plus, les mots clés utilisés dans la recherche étaient issus du français ou de l'anglais. Ce choix a été fait car la majorité des articles concernant le baseball sont publiés en anglais du fait de l'influence de ce sport en Amérique du Nord et que le français est la langue d'origine de l'examineur. Cependant, il est possible que des articles correspondant aux autres critères d'éligibilités de la revue soient écrits dans une langue différente car le baseball est un sport mondialement pratiqué.

- **Sélection des articles et extractions des données**

La sélection des articles et l'extraction des données ont été réalisées par un seul examinateur. Cela augmente les risques de biais cognitifs tels que les biais de confirmation, de disponibilité ou de focalisation (cf *Glossaire*). Pour les réduire, il a été fait abstraction des hypothèses initiales de ce travail afin de prendre en considération l'ensemble des informations disponibles.

VI.2.1.2. Exploitation des résultats

- **Éléments influençant la transférabilité**

L'examineur a regroupé les éléments qu'il pensait pouvoir influencer la transférabilité du programme YKB-9 vers le lancer de javelot. Cette démarche est une source importante de biais de focalisation et de disponibilité. Une des solutions choisies pour réduire les risques de biais a été de faire, à nouveau, abstraction des hypothèses initiales.

- **Score**

Un score a été mis en place pour évaluer l'influence de chaque élément sur la transférabilité du programme. Ce score est propre à chaque élément. Il ne permet pas de quantifier la transférabilité globale du programme (en pourcentage ou avec un score global) car ils ne l'impactent pas de la même manière.

Un seul examinateur a donné un score aux éléments. Une des possibilités choisies pour diminuer le risque de biais de confirmation a été d'essayer de réfuter les hypothèses initiales avant de vouloir les confirmer.

VI.2.2. Limites de l'étude

VI.2.2.1. Incidence des blessures au lancer de javelot

La principale limite de cette étude concerne l'étape 1 de la « séquence de prévention » de van Mechelen et al (64) pour les blessures du coude chez les lanceurs de javelot. En effet, la littérature actuelle ne donne qu'un faible aperçu de l'étendue de ces blessures (cf II.2.3.). Néanmoins, il semble que les blessures du coude sont les blessures les plus fréquemment rencontrées au lancer de javelot (7). L'absence de données concernant l'exposition des lanceurs de javelot limitent la comparaison avec celles d'autres sports.

Afin de permettre la mise en place de mesures préventives adéquates, de futures études sont à mener pour combler le manque de connaissances concernant l'étendue des blessures chez les lanceurs de javelot. La déclaration de consensus réalisée par Timpka et al (42) pour les études épidémiologiques en athlétisme fournit des recommandations permettant de comparer les disciplines et les blessures entre elles. Elles préconisent l'utilisation d'une définition uniforme de la blessure et de calculer de l'incidence globale des blessures en divisant le nombre de nouvelles blessures observées pendant la période de l'étude par le nombre total d'heures d'exposition des athlètes (par 1000 heures de pratique liées au lancer de javelot) ou par le nombre d'athlètes (par 1000 athlètes).

VI.2.2.2. Prévention des autres blessures du lanceur de javelot

Ce travail s'intéresse essentiellement aux blessures du coude. Or la pratique du lancer de javelot prédispose les athlètes à d'autres blessures dont celles touchant les articulations de l'épaule, du genou et du rachis (7). Il serait donc intéressant d'évaluer si le programme YKB-9 réduit l'incidence de ces blessures en plus de celles du coude.

Cela permettrait aux athlètes de réaliser un seul programme prévention et d'éviter de devoir en réaliser plusieurs en même temps. S'il s'avère que le protocole YKB-9 ne réduit que les blessures du coude, il semble donc intéressant d'y ajouter des exercices se basant sur les facteurs de risque de ces autres blessures de façon à élargir son spectre de prévention.

VI.3. Adaptation du programme YKB-9 pour les lanceurs de javelot

Dans l'analyse des facteurs de risque utilisés dans l'élaboration du programme (cf VI.1.1.3), nous avons pu voir qu'il y avait peu ou pas d'éléments confirmant la relation entre le déficit d'extension du coude et les blessures de cette articulation. De plus, il semblerait que le renforcement des muscles rotateurs internes et externes peut être source de blessures. De ce fait, les exercices 1, 2, 2' et 3' du programme YKB-9 (*Annexe VI*) ne semblent pas être adaptés à un programme de prévention des blessures du coude non-individualisé.

La compliance à un programme de prévention est essentielle pour obtenir des effets positifs (74,111). Or dans l'étude de Sakata et al (111), seuls 57,4% des joueurs ont été compliant. D'après Sakata et al, les facteurs pouvant limiter la compliance au programme seraient le jeune âge des participants (8-11 ans), le nombre d'exercices (18 exercices) et la durée du programme (20 minutes). La durée du programme étant similaire à la majorité des programmes de prévention (11), le choix a été fait de ne pas prendre en compte cet élément dans les parties ci-dessous.

De plus, tous les exercices du programme YKB-9 ne permettent pas d'améliorer les éléments de la condition physique visés (111). En effet, les seuls éléments à avoir été améliorés sont les amplitudes de rotation de l'épaule homolatérale, celle de rotation interne de la hanche controlatérale, la force du trapèze inférieur et l'angle de la cyphose thoracique. Sakata et al préconisent donc de modifier les modalités des exercices visant à améliorer les éléments sur lesquels le programme n'a pas eu d'effet significatif.

Dans les parties ci-dessous, je propose un programme d'exercices en prévention des blessures du coude chez les lanceurs de javelot en me basant sur le programme YKB-9 et les éléments précédemment cités. Ce programme prendra le nom de « Yokohama Baseball-9 modifié pour le lancer de javelot » (YKB-9+J).

VI.3.1. Proposition d'adaptation

VI.3.1.1. Présentation du protocole YKB-9+J

Le programme YKB-9+J est composé de 12 exercices dont l'objectif est d'améliorer les paramètres de la condition physique identifiés comme facteurs de risque des blessures du coude dans le chapitre VI.1.1.3 de ce travail. Ces exercices sont inspirés de ceux utilisés dans le programme YKB-9 (*Annexe VI*). Les exercices du programme YKB-9+J sont disponibles dans la *Figure 15 (Annexe VIII)* et leurs modalités sont décrites dans le *Tableau 11 (Annexe VIII)*. De plus, les facteurs de risque visés par chaque exercice sont réunis dans ce tableau.

Le programme YKB-9+J est destiné aux athlètes de plus de 14 ans pratiquant le lancer de javelot à l'entraînement et/ou en compétition. Sa réalisation demande environ 12 minutes en début de saison et 20 minutes en fin de saison. Il est demandé d'effectuer le programme au moins deux fois par semaine lors de l'échauffement (ou à la maison) tout au long de la saison. Les athlètes et leurs entraîneurs auront accès à une fiche papier et une vidéo expliquant les exercices pour permettre la réalisation correcte du programme.

Dans les parties ci-dessous, les modalités choisies pour le programme et ses exercices sont argumentées. Les exercices ont été divisés en deux groupes, ceux visant à améliorer ou maintenir la mobilité (exercices 1 à 3 et 6 à 10) et ceux visant à améliorer ou maintenir la force musculaire (exercices 4, 5, 11 et 12). La construction de ce programme est fondée sur les recommandations basées sur les preuves de l'American college of sports medicine (ACSM) concernant l'entraînement de l'adulte sain (135,136). Le choix d'utiliser des recommandations pour l'adulte a été fait dans la perspective de préparer les athlètes, dès les catégories jeunes (Minime-Cadet), à pérenniser la réalisation du programme tout au long de leur carrière sportive.

a. Fréquence, population visée, lieu et durée

D'après les recommandations de l'ACSM (136), les exercices de renforcement et de flexibilité doivent être réalisés entre deux à trois fois par semaine. Le choix a été fait de réaliser le programme deux fois par semaine pour garantir une amélioration ou un maintien de la condition physique des athlètes en tenant compte de l'aspect chronophage de sa réalisation dans leur emploi du temps. Le programme se destine aux athlètes à partir de la catégorie Minime (14-15 ans) car c'est à partir de cette catégorie qu'ils peuvent s'orienter et se spécialiser dans la discipline du lancer de javelot. A long terme, l'objectif est que les athlètes continuent de réaliser ce protocole chaque saison pour diminuer le risque de blessures du coude tout au long de leur carrière de lanceur.

Le programme YKB-9+J peut être réalisé à l'entraînement ou à la maison. Lors du premier mois, il est néanmoins demandé aux athlètes de réaliser le programme à l'entraînement sous la supervision d'un kinésithérapeute ou de leur entraîneur afin de vérifier l'apprentissage de la gestuelle demandée. De plus, il sera préconisé aux entraîneurs d'effectuer régulièrement le programme lors de l'échauffement afin de garantir que le programme est exécuté correctement par l'ensemble des athlètes. Il est recommandé aux athlètes de réaliser le programme durant toute la saison d'athlétisme, soit environ neuf mois, car l'étude de Padua et al (137) a montré que les bénéfiques d'un programme de prévention de neuf mois perdurent plus longtemps qu'un programme de trois mois. Dans le *Tableau 11*, la progression du programme est décrite d'octobre à juin, car la majorité des athlètes en France réalisent une pause estivale, généralement entre juillet et mi-septembre.

b. Modalités des exercices de mobilité

Il n'existe pas de consensus concernant les modalités d'étirements du membre supérieur dans la littérature. Cependant dans les différents protocoles d'étirement ayant montré un gain d'amplitude, le temps de maintien est supérieur aux 10 secondes utilisées dans le programme YKB-9. Le choix a été fait de doubler ce temps d'étirement dans l'optique d'un gain d'amplitude tout en permettant au programme YKB-9+J de durer moins de 20 minutes afin qu'il puisse être réalisé lors de l'échauffement.

Concernant l'intensité des étirements, ils doivent être maintenus au point à partir duquel est ressenti une raideur ou un inconfort léger d'après les recommandations de l'ACSM (136). Pour les autres exercices de mobilités, il est demandé qu'ils soient réalisés à vitesse modérée pour limiter le réflexe myotatique (cf *Glossaire*).

L'exercice 1 (*Figure 15, Annexe VIII*) est une adaptation de l'exercice 6 (*Figure 13, Annexe VI*) du programme YKB-9. Cette adaptation permet à l'exercice de travailler l'amplitude des hanches en rotation interne et ainsi de lutter contre un facteur de risque supplémentaire.

c. Modalités des exercices de renforcement

Une progression a été mise en place pour les exercices de renforcement de façon à potentialiser les effets du protocole et à améliorer la compliance des athlètes au programme. En effet, Frisch et al suggèrent que les programmes de prévention rendus attractifs de par leur progression permettent d'influencer significativement l'incidence des blessures (4). L'ACSM (136) recommande de réaliser une progression en augmentant le nombre de répétitions et préconise un nombre de séries faible pour les

athlètes novices. Il a donc été de choisi d'augmenter le nombre de séries au cours de la saison en adaptant le nombre de répétitions.

Lorsque le nombre de séries est supérieur ou égal à deux, il est demandé aux athlètes de prendre des temps de pauses entre les séries ou d'alterner une série d'un exercice avec celle de l'exercice suivant (exemple en mai, réaliser 10 répétitions de l'exercice 11 suivies de celles de l'exercice 12, trois fois) pour permettre aux muscles de récupérer et de se rapprocher des recommandations de l'ACSM (135).

Les modalités de l'exercice 1' du programme YKB-9 (*Figure 14, Annexe VI*) ont été adaptées pour l'exercice 11 du programme YKB-9+J (*Figure 15, Annexe VIII*). Le poids de l'objet¹² a été augmenté comme préconisé par Sakata et al (111). Pour garantir l'accessibilité du programme à la majorité des athlètes, le choix a été fait de ne pas baser la résistance sur la force maximale volontaire des athlètes car elles demandent du temps et du matériel pour être évaluées. Le choix a été fait d'utiliser une bouteille d'eau d'1,5 litre car c'est un matériel peu onéreux, accessible et permettant d'avoir résistance modérée, supérieure à celle d'un gant de baseball.

d. Garantir la bonne exécution du programme et augmenter la compliance des athlètes

Pour faciliter l'enchaînement du programme YKB-9+J et éviter de perdre du temps, l'ordre des exercices a été choisi pour que les athlètes passent progressivement de la position allongée à la position debout.

Lors des deux premières semaines, il est recommandé qu'un masseur-kinésithérapeute (MK) intervienne auprès des athlètes et de leurs entraîneurs pour garantir la bonne compréhension et la bonne exécution du programme YKB-9+J. Un temps spécifique sera attribué à la formation des entraîneurs pour qu'ils aient les compétences nécessaires pour permettre à leurs athlètes réaliser correctement le programme. Le MK pourra revenir au cours de la saison sur demande de l'entraîneur pour effectuer un rappel des exercices et de leurs modalités.

Une brochure sera mise à disposition des athlètes et des entraîneurs. Cette brochure résumera les exercices, leurs modalités et les principales erreurs à éviter dans la réalisation des exercices. De plus, une vidéo résumant les exercices et leur enchaînement sera également mise à leur disposition. Ces deux outils seront mis en place pour permettre aux athlètes et aux entraîneurs d'être autonomes et pour garantir la réalisation correcte du programme.

¹² Un gant de baseball pèse environ 500 grammes

De plus, il sera conseillé aux athlètes de tenir un journal de bord pour noter le nombre de réalisations du programme YKB9+J par semaine et ainsi, les engager dans une démarche active de prévention.

VI.3.1.2. Exercices non-retenus pour le programme YKB-9+J

Les raisons pour lesquelles certains exercices du programme YKB-9 n'ont pas été intégrés au programme YKB9+J sont exposées dans les parties ci-dessous. Afin de mieux visualiser les exercices et leurs modalités, veuillez-vous référer à l'*Annexe VI*.

a. Exercices d'étirements non-retenus

- **Exercice 1** : Cet exercice a pour objectif de diminuer le déficit d'extension du coude en assouplissant le muscle brachial. Or les relations entre le déficit d'extension du coude et les blessures du coude sont encore floues. Le choix a donc été fait de ne pas utiliser cet exercice dans le programme YKB-9+J.
- **Exercice 2** : L'étirement des muscles pronateurs et plus particulièrement du rond pronateur permet de diminuer le déficit d'extension du coude et d'allonger ce muscle pour avoir un gain d'amplitude en supination. Or un allongement trop important de ce muscle peut augmenter les contraintes sur le LCU et être à l'origine de blessures (9). Cet exercice n'a donc pas été retenu pour le programme YKB-9+J.
- **Exercice 3** : Un défaut d'allongement du triceps brachial pourrait être impliqué dans la raideur postérieure de l'épaule du fait de son insertion sur la scapula. Cependant les principaux muscles associées à cette raideur sont l'infra-épineux, le deltoïde postérieur et le petit rond (138). De plus, le programme YKB-9+J possède déjà deux exercices visant ce facteur de risque (exercices 3 et 10, *Annexe VIII*). Le choix a donc été fait de ne pas utiliser cet exercice.

b. Exercices de renforcement non-retenus

- **Exercice 2' et 3'** : Un excès de force des muscles rotateurs de l'épaule peut majorer le risque d'apparition des blessures (131). Néanmoins un déficit de force des muscles rotateurs externes augmenterait le risque de blessures du coude (130). Tous les athlètes ne sont donc pas éligibles à ces exercices. Le choix a donc été fait de ne pas utiliser ces exercices dans le programme YKB-9+J pour que tous les lanceurs de javelot puissent le réaliser.
- **Exercice 9'** : La visée de cet exercice de renforcement n'a pas réussi à être cernée par l'auteur de ce travail. Il n'a donc pas été retenu pour le programme YKB-9+J.

VII. Projection professionnelle

La prévention prend une place de plus en plus importante dans le système de santé français. Elle est devenue un des piliers de la stratégie nationale de santé du gouvernement (139). Pour les années 2018 à 2022, le premier axe de cette stratégie concerne, de ce fait, la promotion de la santé et la prévention. Le gouvernement met en avant l'importance de la prévention pour « *rester en bonne santé tout au long de sa vie* » en prenant en considération l'individu et son environnement (140). Durant ces cinq années, l'État français a prévu d'investir 400 millions d'euros pour les différentes actions de prévention. Il souhaite ainsi développer une culture de la prévention en santé dès le plus jeune âge chez les français. Dans leurs rôles de préventeurs et d'éducateurs, les masseurs-kinésithérapeutes sont des acteurs à part entière de la prévention en France (141).

Dans ma future pratique de masseur-kinésithérapeute, je souhaite donner une place importante au champ de la prévention. Ce travail de fin d'étude m'a permis d'améliorer mes compétences dans ce champ de la kinésithérapie et de découvrir le cheminement nécessaire à la mise en place d'un programme d'exercices en prévention des blessures. Je souhaite intégrer ces programmes à ma pratique dans le cadre de la prévention des blessures chez les sportifs mais aussi de celle des troubles musculo-squelettiques (TMS) liés au travail. Ces troubles sont un problème de santé publique majeur en France. D'après l'assurance maladie, en 2014, les TMS représentaient près de 87% des maladies professionnelles et des dépenses supérieures à 900 millions d'euros (142). Comme dans le domaine du sport, des programmes de prévention permettent de réduire l'étendue des TMS (143).

Ce travail m'a permis d'apprendre à mieux analyser et à interpréter la biomécanique d'un geste afin d'identifier les facteurs de risque favorisant l'apparition de blessures. Une fois identifiés, ils me permettront d'élaborer des exercices afin de réduire l'incidence de celles-ci. De plus, dans le cadre d'un programme de réathlétisation ou de réhabilitation, mes connaissances du geste lésionnel me permettront de mieux accompagner l'athlète ou le travailleur dans la reprise de son activité en ciblant, par exemple, des axes à travailler lors la reprogrammation motrice du geste (cf *Glossaire*)(144).

Ce travail m'a également permis d'acquérir une méthode de recherche plus pertinente. Au fur et à mesure de mes recherches dans la littérature, je me suis familiarisé avec les termes français et anglais spécifiques aux blessures, à leur prévention et aux sports de lancer ; ainsi qu'avec les différentes bases de données scientifiques (Google Scholar, PubMed, PeDro...). Ces nouvelles connaissances me serviront lors de mes futures

recherches et me permettront d'avoir une pratique clinique basée sur des preuves scientifiques récentes.

De plus, au travers de ce travail, j'ai eu l'opportunité d'utiliser des outils de prévention et d'entraînement comme la séquence de prévention de van Mechelen et al (64) et les recommandations de l'ACSM (135,136). Ces outils me permettront d'optimiser la conception, l'adaptation et la mise en œuvre de mes actions de prévention et ainsi favoriser leur efficacité.

Enfin, l'ensemble des compétences et connaissances acquises lors de ce mémoire m'aideront à apporter mes conseils et mon expertise aux sportifs, aux travailleurs et aux autres professionnels de santé dans mes futures actions de prévention. Dans le cadre du programme d'exercices YKB-9+J, je pourrais ainsi servir de personne ressource aux athlètes et aux entraîneurs souhaitant mettre en place ce programme dans leur pratique du lancer de javelot. De plus, si l'efficacité de ce programme est avérée, je serais en capacité de transmettre mes connaissances et mon savoir-faire pour accompagner les professionnels de santé et du sport à populariser le programme chez les lanceurs de javelot.

VIII. Conclusion

Le lancer de javelot prédispose les athlètes aux blessures du coude. Il n'existe actuellement pas de programme de prévention primaire permettant de réduire l'incidence de ces blessures. La biomécanique du lancer au baseball et les blessures du coude qu'elle entraîne sont similaires à celles du lancer de javelot. Pour tenter de pallier à l'absence de programme prévention au lancer de javelot, ce travail a cherché à répondre à la problématique suivante :

Dans quelles mesures un programme d'exercices de prévention primaire des blessures du coude chez les joueurs de baseball est-il transférable aux lanceurs de javelot ?

Une revue de la littérature a été réalisée pour identifier les programmes de prévention primaire des blessures du coude au lancer de baseball. Les programmes retenus ont ensuite été analysés pour mettre en avant les éléments en faveur et en défaveur de la transférabilité de ces derniers vers le lancer de javelot.

Un seul programme a été retenu : le programme YKB-9. Sakata et al (111) ont montré une diminution significative des blessures médiales du coude de 49,2% chez les jeunes lanceurs de baseball ayant réalisé ce programme. La majorité des exercices a été élaborée à partir de facteurs de risque correspondant à la biomécanique du lancer de javelot. De ce fait, il y a de fortes présomptions pour que le programme YKB-9 soit efficace chez les lanceurs de javelot. Néanmoins la plupart des caractéristiques de la population étudiée par Sakata et al ne correspond pas aux caractéristiques des lanceurs de javelot. Il n'est donc pas possible de présumer que le programme YKB-9 ait la même efficacité chez ces deux types de lanceurs.

Un programme de prévention adapté du programme YKB-9 est proposé pour réduire l'incidence des blessures du coude chez les lanceurs de javelot. Les modalités des exercices ont été choisies en fonction des limites du programme YKB-9 exprimées par Sakata et al (111), des facteurs de risque des blessures du coude du lancer en « overarm » et des caractéristiques des lanceurs de javelot.

Avant de proposer ce programme aux lanceurs de javelot, il est nécessaire d'évaluer son efficacité à diminuer l'incidence des blessures du coude chez ces athlètes. Il est préconisé de réaliser une étude interventionnelle contrôlée et randomisée comparant l'incidence des blessures du coude durant une saison entre deux groupes : un groupe interventionnel réalisant le programme et un groupe contrôle continuant son entraînement habituel. De plus, afin de savoir si les nouvelles modalités des exercices permettent d'améliorer les éléments de la condition physique visés, ces derniers sont à évaluer au début et à la fin de la saison.

Bibliographie

1. Ricard C, Rigou A, Thélot B. Description et incidence des accidents de sport. Enquête permanente sur les accidents de la vie courante 2004-2005. Institut de veille sanitaire. Saint-Maurice (Fra); 2007.
2. Arliani GG, Lara PS, Astur DC, Cohen M, Gonçalves JPP, Ferretti M. Impact of sports on health of former professional soccer players in Brazil. *Acta Ortopédica Bras.* 2014;22(4):188- 90.
3. Caine DJ, Golightly YM. Osteoarthritis as an outcome of paediatric sport: An epidemiological perspective. *Br J Sports Med.* 2011;45(4):298- 303.
4. Frisch A, Theisen D, Krecké R, Croisier JL, Urshausen A, Seil R. Aspects spécifiques des démarches préventives chez le jeune sportif. In: Sauramps medical, éditeur. *Prévention des troubles musculo-squelettiques chez le sportif.* Montpellier; 2013. p. 20- 9.
5. Major League Baseball, USA Baseball. Pitch Smart - Guidelines for Youth and Adolescent Pitchers [Internet]. [cité 1 avr 2019]. Disponible sur : <https://www.mlb.com/pitch-smart/pitching-guidelines>
6. Bizzini M, Junge A, Dvorak J. 11+ Programme d'échauffement complet pour réduire le taux de blessures - Manuel [Internet]. Fifa Medical Assessment And Research Centre, éditeur. Fédération Internationale de Football Association; Disponible sur : www.asdps.ca/shared_images/Documents/Manuel_fifa_11.pdf
7. Duvenage T, Ellapen TJ, Qumbu BT. Common injuries among javelin throwers: A 10-year overview (2007-2016). *African J Phys Act Heal Sci.* 2017;23:160- 71.
8. Loftice J, Fleisig GS, Zheng N, Andrews JR. Biomechanics of the elbow in sports. *Clin Sports Med.* 2004;23(4):519- 30.
9. Cain EL, Dugas JR, Wolf RS, Andrews JR. Elbow Injuries in Throwing Athletes : A Current Concepts Review. *Am J Sports Med.* 2003;31(4):621- 35.
10. Mountjoy M, Junge A. The role of International Sport Federations in the protection of the athlete's health and promotion of sport for health of the general population. *Br J Sports Med.* 2013;47(16):1023- 7.
11. Lauersen JB, Bertelsen DM, Andersen LB. The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Sports Med.* 2014;48(11):871- 7.
12. Bartonietz K. Javelin throwing: an approach to performance development. In: *Biomechanics in Sport Performance Enhancement and Injury Prevention.* London: Blackwell Science Ltd; 2000. p. 401- 34.
13. La Licence | Fédération Française d'Athlétisme [Internet]. [cité 3 déc 2018]. Disponible sur: <http://www.athle.fr/asp.net/main.html/html.aspx?htmlid=577>
14. Fédération Française d'Athlétisme. Le parcours de l'athlète - Les préconisations de la direction technique nationale pour les clubs de la FFA [Internet]. 2012. Disponible sur: <https://www.athle.fr/asp.net/main.html/html.aspx?htmlid=5080>
15. Bilans 2018 plein air | Fédération Française d'Athlétisme [Internet]. [cité 3 janv 2019]. Disponible sur : <http://www.athle.fr/asp.net/main.html/html.aspx?htmlid=5268>
16. Ministère de l'éducation nationale. Bulletin officiel de l'éducation nationale n°25 du

- 21 juin 2018. Le Bull Off l'éducation Natl [Internet]. 2018; Disponible sur: www.education.gouv.fr
17. Results | iaaf.org [Internet]. [cité 15 janv 2019]. Disponible sur: <https://www.iaaf.org/results>
 18. Cochenec Y. Le javelot, le lancer pauvre de l'athlétisme français | Slate.fr [Internet]. [cité 26 déc 2018]. Disponible sur : <http://www.slate.fr/story/91001/javelot>
 19. Poppe D. Le Javelot : Bases et options techniques. AEFA. 2008;189:11.
 20. Association Internationale des Fédérations d'Athlétisme (IAAF). Les Règles des Compétitions 2018-2019. 2018. 139,174-179,198-202.
 21. Leigh S. The influence of technique on throwing performance and injury risk in javelin throwers. University of North Carolina at Chapel Hill; 2012.
 22. Heppe RA. The kinematic variables related to the efficiency of throwing : football. 1992;
 23. Van Den Tillaar R, Ettema G. A three-dimensional analysis of overarm throwing in experienced handball players. *J Appl Biomech.* 2007;23(1):12- 9.
 24. Meron A, Saint-Phard D. Track and Field Throwing Sports: Injuries and Prevention. *Curr Sports Med Rep.* 2017;16(6):391- 6.
 25. Liu H, Leigh S, Yu B. Sequences of upper and lower extremity motions in javelin throwing. *J Sports Sci.* 2010;28(13):1459- 67.
 26. Karandikar N, Vargas OOO. Kinetic Chains: A Review of the Concept and Its Clinical Applications. *PM R.* 2011;3(8):739- 45.
 27. Steindler A. *Kinesiology of the Human Body.* Springfield, IL: Charles C Thomas; 1955.
 28. Morriss C, Bartlett R. Biomechanical factors critical for performance in the men's javelin throw. *Sport Med.* 1996;21(6):438- 46.
 29. Bartlett RM, Best RJ. The biomechanics of javelin throwing: A review. Vol. 6, *Journal of Sports Sciences.* 1988. 1-38 p.
 30. Setayesh K, Mayekar SK, Schwartz E, Schwartz B, Jn W, Mr H. Upper Extremity Injuries in Field Athletes: Targeting Injury Prevention. *Ann Sport Med Res.* 2017;4(1):1- 6.
 31. Juris Terauds. *Biomechanics of the Javelin Throw.* Del Mar : Academic Publisher; 1985.
 32. L'athlétisme - Prise du javelot [Internet]. [cité 14 févr 2019]. Disponible sur : http://media.staps.nantes.free.fr/L3EM_G1/Monnier/co/module_dossier_24.html
 33. Meister K. Current concepts injuries to the shoulder in the throwing athlete part one : biomechanics/pathophysiology/classification of injury. *Am J Sport Med.* 2000;28:265- 75.
 34. Mero A, Komi P, Korjus T, Navarro E, Gregor R. Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phases. *J Appl Biomech.* 1994;10(2):166–177.
 35. Moreno GM. A return to sport fonctionnal rehabilitation program for javelin athlete following ulnar collateral ligament injury. Florida Gulf Coast University; 2014.
 36. Dai B, Mao M, Garrett WE, Yu B. Biomechanical characteristics of an anterior cruciate ligament injury in javelin throwing. *J Sport Heal Sci.* 2015;4(4):333- 40.
 37. Wilk KE, Meister K, Fleisig GS, Andrews JR. *Biomechanics of the overhead*

- throwing motion. *Sport Med Arthrosc Rev.* 2000;8:124- 34.
38. Rich, R.G., Whiting, W.C., McCoy, R.W. & Gregor RJ. Analysis of release parameters in elite javelin throwers. *Track Tech.* 1992;Spring:2932–2934.
 39. Fleisig GS, Escamilla RF. Biomechanics of the elbow in the throwing athlete. *Oper Tech Sports Med.* 1996;4(2):62- 8.
 40. Organisation mondiale de la Santé. Actes officiels de l'Organisation mondiale de la Santé. Actes Off l'Organisation Mond la Santé [Internet]. 1946;100. Disponible sur : <http://www.who.int/suggestions/faq/fr/>
 41. Inserm. Activité physique - Contextes et effets sur la santé. Rapport d'expertise collective. Paris: Les éditions Inserm; 2008. 147-210 p.
 42. Timpka T, Alonso JM, Jacobsson J, Junge A, Branco P, Clarsen B, et al. Injury and illness definitions and data collection procedures for use in epidemiological studies in Athletics (track and field): Consensus statement. *Br J Sports Med.* 2014;48(7):483- 90.
 43. Soucie JM, Wang C, Forsyth A, Funk S, Denny M, Roach KE, et al. Range of motion measurements: Reference values and a database for comparison studies. *Haemophilia.* 2011;17(3):500- 7.
 44. Safran MR, McGarry MH, Shin S, Han S, Lee TQ. Effects of elbow flexion and forearm rotation on valgus laxity of the elbow. *J Bone Jt Surg.* 2005;87(9):2065- 74.
 45. O'driscoll S, Jupiter J, King G, Hotchkiss R. The unstable elbow. *J Bone Jt Surg.* 2000;82(5):724- 38.
 46. Labott JR, Aibinder WR, Dines JS, Camp CL. Understanding the medial ulnar collateral ligament of the elbow: Review of native ligament anatomy and function. *World J Orthop.* 18 juin 2018;9(6):78- 84.
 47. Callaway GH, Field LD, Deng XH, Torzilli P a, O'Brien SJ, Altchek DW, et al. Biomechanical evaluation of the medial collateral ligament of the elbow. *J Bone Jt Surg Am.* 1997;79(8):1223- 31.
 48. Morrey BF, Tanaka S, An KN. Valgus stability of the elbow. A definition of primary and secondary constraints. *Clin Orthop Relat Res.* avr 1991;(265):187- 95.
 49. Lin F, Kohli N, Perlmutter S, Lim D, Nuber GW, Makhsous M. Muscle contribution to elbow joint valgus stability. *J Shoulder Elb Surg.* 2007;16(6):795- 802.
 50. Park MC, Ahmad CS. Dynamic contributions of the flexor-pronator mass to elbow valgus stability. *J Bone Jt Surg - Ser A.* 2004;86(10):2268- 74.
 51. Dufour M. Anatomie de l'appareil locomoteur, Tome 2, Membre supérieur. 2e édition. Elsevier Masson, éditeur. 2007.
 52. Bryce CD, Armstrong AD. Anatomy and Biomechanics of the Elbow. *Orthop Clin North Am.* 2008;39(2):141- 54.
 53. Erickson BJ, Harris JD, Chalmers PN, Bach BR, Verma NN, Bush-Joseph CA, et al. Ulnar Collateral Ligament Reconstruction: Anatomy, Indications, Techniques, and Outcomes. *Sports Health.* 2015;7(6):511- 7.
 54. Li YJ, Zang CZ. Biomechanical analysis and sports injury of elbow joint in elite female javelin throwers at finally forcibly phase. *J Clin Rehabil Tissue Eng Res.* 2007;11(22):4300- 3.
 55. Miller JE. Javelin thrower's elbow. *J Bone Jt Surg.* 1960;42 B(4):788- 92.
 56. IAAF Medical and anti-doping commission. IAAF Medical Manual. Brown CH, Brown MT, Tyler BT, éditeurs. 2012.

57. Azar FM, Andrews JR, Wilk KE, Groh D. Operative Treatment of Ulnar Collateral Ligament Injuries of the Elbow in Athletes. *Am J Sports Med.* 2000;28(1):16- 23.
58. Conway J, Jobe F, Glousman R. Medial instability of the elbow in throwing athletes. Treatment by repair or reconstruction of the ulnar collateral ligament. *J Bone Jt Surg Am.* 1992;74:67- 83.
59. Chen FS, Rokito AS, Jobe FW. Medial elbow problems in the overhead-throwing athlete. *J Am Acad Orthop Surg.* 2001;9(2):99- 113.
60. Wilson FD, Andrews JR, Blackburn TA, McCluskey G. Valgus extension overload in the pitching elbow. *Am J Sports Med.* 1983;11(2):83- 8.
61. D'Souza D. Track and field athletics injuries - a one-year survey*. *Soc Sci.* 1994;28(3):197- 202.
62. Edouard P, Depiesse F, Serra JM. Blessures du membre supérieur lanceur chez les lanceurs de haut niveau en athlétisme. *Sci Sport.* 2010;25(6):318- 22.
63. Y.-J. Li, C.Z. Zhang. Biomechanics analysis and sports injury of elbow joint in elite female javelin throwers at finally forcibly phase. *J Clin Rehabil Tissue Eng Res.* 2007;11(22):4300- 3.
64. van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HCG. Incidence, Severity, Aetiology and Prevention of Sports Injuries: A Review of Concepts. *Sport Med An Int J Appl Med Sci Sport Exerc.* 1992;14(2):82- 99.
65. Dines JS, Jones KJ, Kahlenberg C, Rosenbaum A, Osbahr DC, Altchek DW. Elbow ulnar collateral ligament reconstruction in javelin throwers at a minimum 2-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2012;40(1):148- 51.
66. MedRepublic. What is Ulnar/Radial Collateral Ligament Reconstruction ? [Internet]. [cité 2 avr 2019]. Disponible sur : <https://www.medrepublic.com/procedure/ulnarradial-collateral-ligament-reconstruction>
67. Schmitt H, Hansmann HJ, Brocai DRC, Loew M. Long term changes of the throwing arm of former elite javelin throwers. *Int J Sports Med.* 2001;22(4):275- 9.
68. Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. Previous injury as a risk factor for injury in elite football: A prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med.* 2006;40(9):767- 72.
69. Haute autorité de santé. Présentation générale. In: Les recommandations de bonnes pratiques professionnelles pour la santé des mineurs/jeunes majeurs dans le cadre des établissements/services de la protection de l'enfance et/ou mettant en œuvre des mesures éducatives. 2015. p. 4.
70. BDSP - Glossaire Européen en Santé Publique [Internet]. [cité 14 mars 2019]. Disponible sur : <http://asp.bdsp.ehesp.fr/Glossaire/>
71. Edouard P, Serra JM, Cugy E, Morel N, Hertert P, Dolin R, et al. Prévention des blessures en athlétisme : Démarche scientifique par application du modèle de van Mechelen en quatre étapes. *J Traumatol du Sport.* 2016;33(1):34- 42.
72. IAAF Health & Science Department | iaaf.org [Internet]. [cité 15 mars 2019]. Disponible sur: <https://www.iaaf.org/about-iaaf/health-science>
73. IAAF Medical and anti-doping commission. Chapter 7, Principles of Injury Prevention. In: IAAF Medical Manual. 2012. p. 85-90.
74. Julia M, Croisier JL, Perrey S, Dupeyron A, Hérisson C. Prévention des troubles musculo-squelettiques chez le sportif. Sauramps Medical, éditeur. Montpellier; 2013.

75. Fox EL, Mathews DK. The physiological basis of physical education and athletics. Philadelphia: Saunders; 1981.
76. International Olympic Committee. Olympic Movement Medical Code [Internet]. 2016. p. 1-11. Disponible sur : <https://stillmed.olympic.org/media/DocumentLibrary/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Olympic-Movement-Medical-Code-31-03-2016.pdf>
77. Suivi Médical - Outils Pédagogiques | Fédération Française d'Athlétisme [Internet]. [cité 16 mars 2019]. Disponible sur : <http://www.athle.fr/asp.net/main.html/html.aspx?htmlid=4175>
78. Fer C, Serra JM, Depiesse F, Edouard P. Analyse de l'efficacité du programme « Décathlon de prévention des blessures » en athlétisme : étude pilote de faisabilité. J Traumatol du Sport. 2017;34(1):15-28.
79. Official playing rules committee. Official Baseball Rules. 2018^e éd. 2018. 1-169 p.
80. WBSC - World Baseball Softball Confederation [Internet]. [cité 21 févr 2019]. Disponible sur : <http://www.wbsc.org/>
81. Lyman S, Fleisig GS. Baseball Injuries. Med Sport Sci. 2005;49:9-30.
82. Chiffres clés | Fédération Française de Baseball et Softball [Internet]. [cité 21 févr 2019]. Disponible sur: <https://ffbs.fr/chiffres-cles/>
83. The Most Popular Sports in the World - WorldAtlas.com [Internet]. [cité 21 févr 2019]. Disponible sur : <https://www.worldatlas.com/articles/what-are-the-most-popular-sports-in-the-world.html>
84. Bégaudeau F, de la Porte X, David G. Le sport par les gestes. Calmann-Lévy; 2007. 83 p.
85. MLB minimum salary 2003-2019 | Statista [Internet]. [cité 21 févr 2019]. Disponible sur : <https://www.statista.com/statistics/256187/minimum-salary-of-players-in-major-league-baseball/>
86. German Athletics | CyrusHostetler.com [Internet]. [cité 21 févr 2019]. Disponible sur: <http://cyrushostetler.com/blog/german-athletics/>
87. New York Yankees on the Forbes MLB Team Valuations List [Internet]. [cité 21 févr 2019]. Disponible sur: <https://www.forbes.com/teams/new-york-yankees/>
88. Congrès Fédéral. Budget previsionnel 2018. Lyon; 2018.
89. Slenker N, Limpisvasti O, Mohr K, ElAttrache NS. Biomechanical Comparison of the Interval Throwing Progression and Baseball Pitching. Orthop J Sport Med. 2014;2(3_suppl):2325967114S0002.
90. Braatz JH, Gogia PP. The Mechanics of Pitching. J Orthop Sport Phys Ther. 1987;9(2):56-69.
91. Werner SL, Fleisig GS, Dillman CJ, Andrews JR. Biomechanics of the Elbow During Baseball Pitching. J Orthop Sport Phys Ther. 1993;17(6):274-8.
92. Feltner M. Dynamics of the Shoulder and Elbow Joints of the Throwing Arm During a Baseball Pitch. Orig Investig Int J Sport Biomech. 1986;2:235-59.
93. Toyoshima S, Hoshikawa T, Miyashita M, Oguri T. Contribution of the body parts to throwing performance. In: International Series on Sport Sciences, Biomechanics IV. Pennsylvania: University Park Press; 1974. p. 169-74.
94. Wickstrom RL. Fundamental Motor Patterns. Philadelphia: Lea & Febiger; 1977.
95. Schmidt RA. A schema theory of discrete motor skill learning. Psychol Rev.

- 1975;82:225-60.
96. Schmidt RA. Motor Schema Theory After 27 Years: reflections and implications for a new theory. Vol. 74, Research Quarterly for Exercise and Sport. 2003. p. 366-75.
 97. Atwater AE. Biomechanics of overarm throwing movements and of throwing injuries. *Exerc Sport Sci Rev*. 1979;7:43-85.
 98. Bunn JW. Scientific principles of coaching. Prentice-Hal, éditeur. Englewood Cliffs; 1972.
 99. Posner M, Cameron KL, Wolf JM, Belmont PJ, Owens BD. Epidemiology of major league baseball injuries. *Am J Sports Med*. 2011;39(8):1676-80.
 100. Makhni EC, Jegede KA, Ahmad CS. Pediatric elbow injuries in athletes. *Sports Med Arthrosc*. 2014;22(3):e16-24.
 101. Shanley E, Rauh MJ, Michener LA, Ellenbecker TS. Incidence of Injuries in High School Softball and Baseball Players. 2011;46(6):648-54.
 102. Li X, Williams P, Jäger M, Steele JJ, Nguyen J, Zhou H, et al. The epidemiology of single season musculoskeletal injuries in professional baseball. *Orthop Rev (Pavia)*. 2013;5(1):3.
 103. Cain EL, Dugas JR, Riley RS, Arthur ST, Andrews JR, Walter JC, et al. Outcome of Ulnar Collateral Ligament Reconstruction of the Elbow in 1281 Athletes. *Am J Sports Med*. 2010;38(12):2426-34.
 104. Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinesithérapie*. 2015;15(157):39-44.
 105. Shamseer L, Moher D, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation. *BMJ*. 2015;349:g7646.
 106. PRISMA - Transparent reporting of systematic reviews and meta-analyses - Home [Internet]. [cité 8 avr 2019]. Disponible sur: <http://www.prisma-statement.org/>
 107. Haute autorité de santé. Etat des lieux - Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique. 2013.
 108. Gedda M. Traduction française des lignes directrices CONSORT pour l'écriture et la lecture des essais contrôlés randomisés. *Kinesithérapie*. 2015;15(157):28-33.
 109. Des Jarlais DC, Lyles C, Crepaz N, The TREND Group. Improving the Reporting Quality of Nonrandomized Evaluations of Behavioral and Public Health Interventions: The TREND Statement. *Am J Public Health*. 2004;94(3):361-6.
 110. Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care. *J Epidemiol Community Health*. 1998;52(6):377.
 111. Sakata J, Nakamura E, Suzuki T, Suzukawa M, Akaike A, Shimizu K, et al. Efficacy of a Prevention Program for Medial Elbow Injuries in Youth Baseball Players. *Am J Sports Med*. 2018;46(2):460-9.
 112. Shitara H, Yamamoto A, Shimoyama D, Ichinose T, Sasaki T, Hamano N, et al. Shoulder Stretching Intervention Reduces the Incidence of Shoulder and Elbow Injuries in High School Baseball Players: a Time-to-Event Analysis. *Sci Rep*. 27 déc 2017;7(1):45304.
 113. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R. Exercises to prevent

- lower limb injuries in youth sports: Cluster randomised controlled trial. *Br Med J*. 2005;330(7489):449-52.
114. Wedderkopp N, Kalltoft M, Holm R, Froberg K. Comparison of two intervention programmes in young female players in European handball - With and without ankle disc. *Scand J Med Sci Sport*. 2003;13(6):371-5.
 115. Anz AW, Bushnell BD, Griffin LP, Noonan TJ, Torry MR, Hawkins RJ. Correlation of torque and elbow injury in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med*. 2010;38(7):1368-74.
 116. Young JL, Hering SA, Press JM, Casazza BA. The influence of the spine on the shoulder in the throwing athlete. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 1996;7:5-17.
 117. Miyashita K, Urabe Y, Kobayashi H, Yokoe K. Maximum shoulder external rotation during throwing motion on the elbow in injured baseball players. *Japanese J Clin Sport Med*. 2007;15(2):11.
 118. Beitzel K, Zandt JF, Buchmann S, Beitzel KI, Schwirtz A, Imhoff AB, et al. Structural and biomechanical changes in shoulders of junior javelin throwers: a comprehensive evaluation as a proof of concept for a preventive exercise protocol. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2016;24(6):1931-42.
 119. Sakata J, Nakamura E, Akaike A, Suzukawa M, Shimizu K. Physical Risk Factors for a Medial Elbow Injury in Junior Baseball Players: A Prospective Cohort Study of 353 Players. *Am J Sports Med*. 2016;45(1):135-43.
 120. Herrington L. Glenohumeral joint: Internal and external rotation range of motion in javelin throwers. *Br J Sports Med*. 1998;32(3):226-8.
 121. Edouard P, Damotte A, Lance G, Degache F, Calmels P. Static and dynamic shoulder stabilizer adaptations in javelin throwers: A preliminary study. *Isokinet Exerc Sci*. 2013;21(1):47-55.
 122. Myers JB, Laudner KG, Pasquale MR, Bradley JP, Lephart SM. Glenohumeral range of motion deficits and posterior shoulder tightness in throwers with pathologic internal impingement. *Am J Sports Med*. 2006;34(3):385-91.
 123. Dines JS, Frank JB, Akerman M, Yocum LA. Glenohumeral Internal Rotation Deficits in Baseball Players with Ulnar Collateral Ligament Insufficiency. *Am J Sports Med*. 30 mars 2009;37(3):566-70.
 124. Tyler TF, Nicholas SJ, Roy T, Gleim GW. Quantification of Posterior Capsule Tightness and Motion Loss in Patients with Shoulder Impingement. *Am J Sports Med*. 2017;28(5):668-73.
 125. Harryman DT, Sidles JA, Clark JM, McQuade KJ, Gibb TD, Matsen FA. Translation of the humeral head on the glenoid with passive glenohumeral motion. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 1990;72(9):1334-43.
 126. Reiman MP, Walker MD, Peters S, Kilborn E, Thigpen CA, Garrigues GE. Risk factors for ulnar collateral ligament injury in professional and amateur baseball players: a systematic review with meta-analysis. *J Shoulder Elb Surg*. 2019;28(1):186-95.
 127. Endo Y, Sakamoto M. Correlation of Shoulder and Elbow Injuries with Muscle Tightness, Core Stability, and Balance by Longitudinal Measurements in Junior High School Baseball Players. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(5):689-93.
 128. Yamanouchi T. EMG Analysis of the Lower Extremities in High-School Baseball During Pitching. *Kurume Med J*. 1998;45:21-5.
 129. Norris B, Trudelle-Jackson E. Hip- and Thigh-Muscle Activation during the Star

- Excursion Balance Test. *J Sport Rehabil.* 2016;20(4):428-41.
130. Byram IR, Bushnell BD, Dugger K, Charron K, Harrell FE, Noonan TJ. Preseason shoulder strength measurements in professional baseball pitchers: Identifying players at risk for injury. *Am J Sports Med.* 2010;38(7):1375-82.
 131. Harada M, Takahara M, Mura N, Sasaki J, Ito T, Ogino T. Risk factors for elbow injuries among young baseball players. *J Shoulder Elb Surg.* 2010;19(4):502-7.
 132. Olsen II SJ, Fleisig GS, Dun S, Loftice J, Andrews JR. Risk Factors for Shoulder and Elbow Injuries in Adolescent Baseball Pitchers. *Ame.* 2006;36:905-12.
 133. Escamilla RF, Fleisig GS, Barrentine S, Andrews JR, Moorman C. Kinematic and Kinetic Comparisons between American and Korean Professional Baseball Pitchers. *Sport Biomec.* 2002;1(2):213-28.
 134. Oi T, Yoshiya S, Slowik J, Diffendaffer A, Takagi Y, Tanaka H, et al. Biomechanical Differences Between Japanese and American Professional Baseball Pitchers. *Orthop J Sport Med.* 2019;7(2):1-8.
 135. Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TE, Housh TJ, Ben Kibler W, Kraemer WJ, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687-708.
 136. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7):1334-59.
 137. Padua DA, Distefano LJ, Marshall SW, Beutler AI, De La Motte SJ, Distefano MJ. Retention of movement pattern changes after a lower extremity injury prevention program is affected by program duration. *Am J Sports Med.* 2012;40(2):300-6.
 138. Hung CJ, Hsieh CL, Yang PL, Lin JJ. Relationship between posterior shoulder muscle stiffness and rotation in patients with stiff shoulder. *J Rehabil Med.* 2010;42(3):216-20.
 139. Ministère des Solidarités et de la Santé. La stratégie nationale de santé 2018-2022 [Internet]. 2018. Disponible sur : https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/dossier_sns_2017_vdefpost-consult.pdf
 140. Comité interministériel pour la Santé. Priorité prévention, rester en bonne santé tout au long de sa vie. Paris; 2018.
 141. Code de santé publique. Article L. 4321-1 à L. 4321-22 et R. 4321-1 à R. 4321-145. 2016; Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr>
 142. Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés, Direction des Risques Professionnels. Rapport de gestion de l'assurance maladie risques professionnels. 2015.
 143. Rodrigues EV, Gomes ARS, Tanhoffer AIP, Leite N. Effects of exercise on pain of musculoskeletal disorders: a systematic review. *Acta Ortopédica Bras.* 2014;22(6):334-8.
 144. Chirac M. La Réathlétisation - Les Grands Principes. Institut national du sport, de l'expertise et de la performance; 2014. 44-50 p.

Annexes

Sommaire des annexes

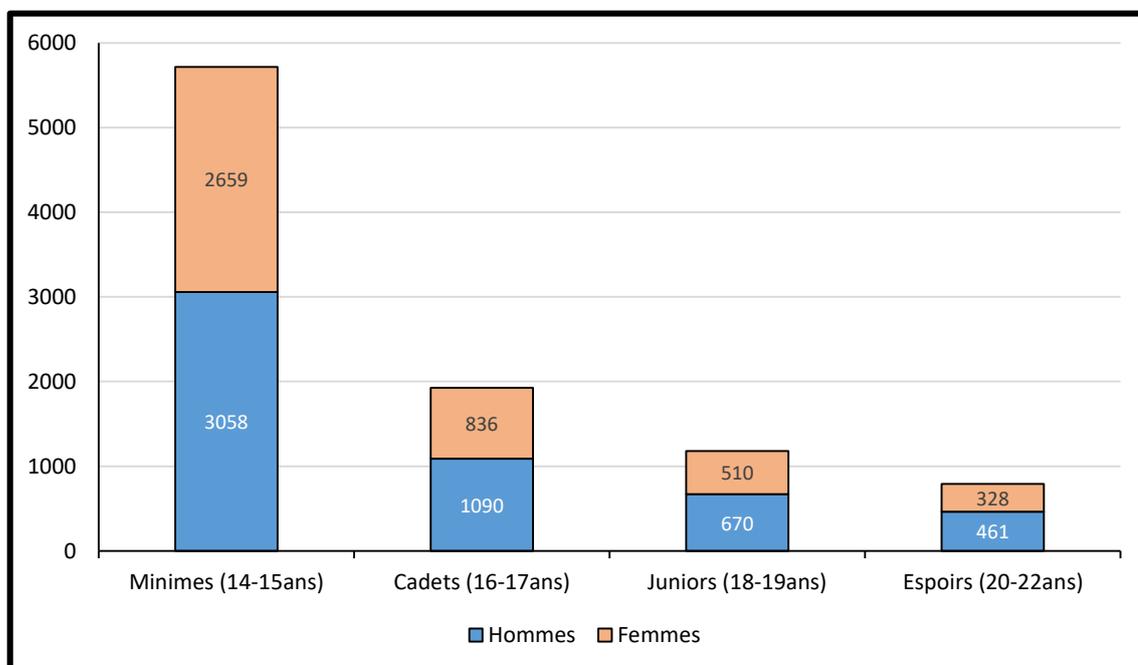
Annexe I :	Pratiquants du lancer de javelot en France	I
Annexe II :	Cinématique du lancer de javelot	II
Annexe III :	Zone de « Strike »	III
Annexe IV :	Cinématique du lancer au baseball	IV
Annexe V :	Equations de recherche et nombre d'études par base de données..	V
Annexe VI :	Programme de prévention Yokohama Baseball-9	VI
Annexe VII :	Risques de biais inhérents à l'étude de Sakata et al (118).....	IX
Annexe VIII :	Programme de prévention adapté pour les lanceurs de javelot	XIII

Annexe I : Praticants du lancer de javelot en France

Tableau 3 : Nombre d'athlètes ayant lancé le javelot en compétition en 2018
d'après les bilans de la FFA (15)

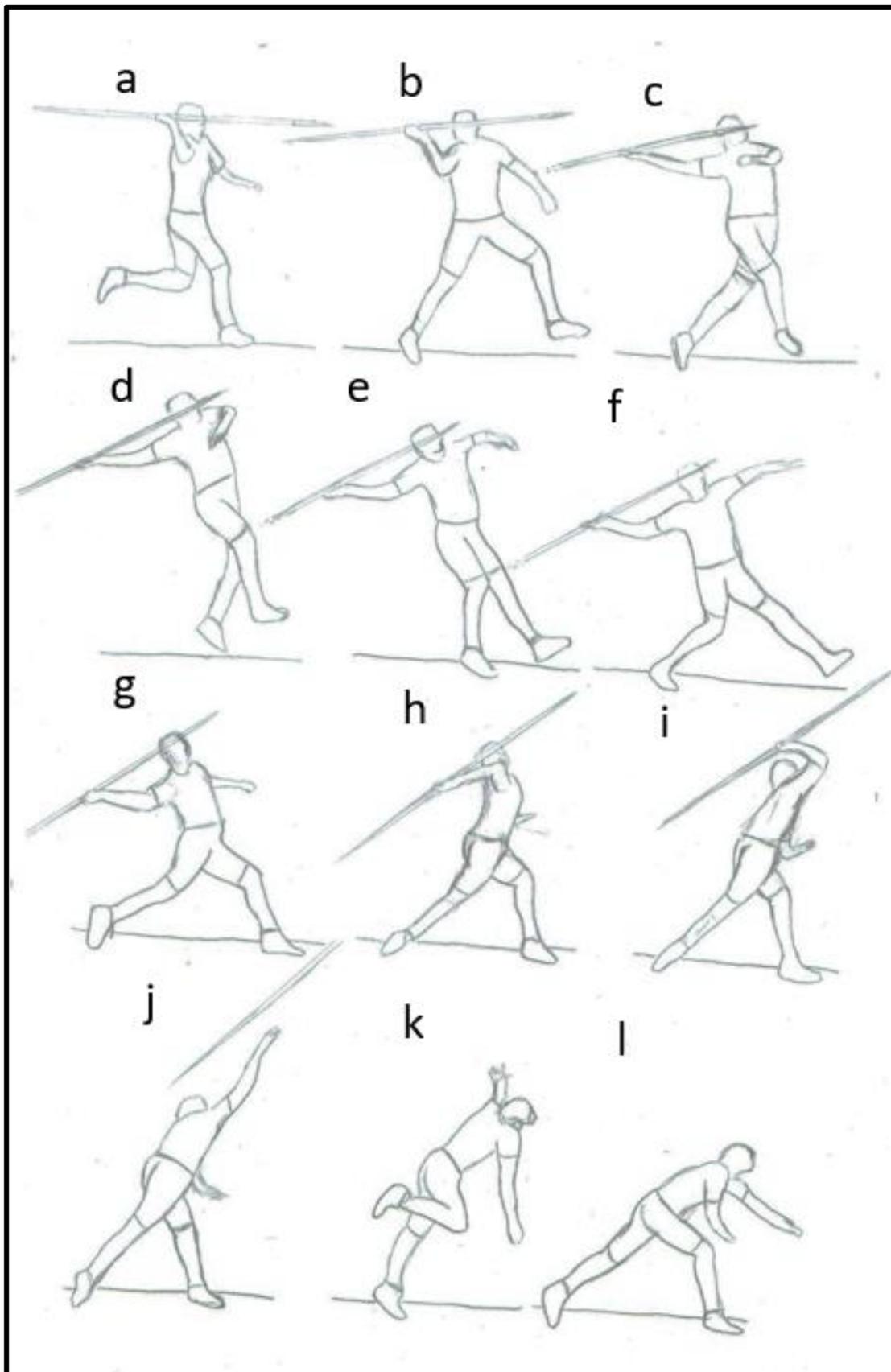
Catégories	Poids du javelot	Nombre d'athlètes ayant lancé le javelot en compétition en 2018		
		Hommes	Femmes	Total
A partir de Junior (18 ans et plus)	800 grammes (H)	2 764 (59%)		4 666 (100%)
	600 grammes (F)		1 902 (41%)	
Cadet (16-17 ans)	700 grammes (H)	1 090 (57%)		1 926 (100%)
	500 grammes (F)		836 (43%)	
Minime (14-15 ans)	600 grammes (H)	3 058 (53%)		5 717 (100%)
	500 grammes (F)		2 659 (47%)	
Total		6 912 (56%)	5 397 (44%)	12 309 (100%)

Figure 9 : Nombre d'athlètes ayant lancé le javelot en compétition en 2018 par catégorie d'après les bilans de la FFA (15)



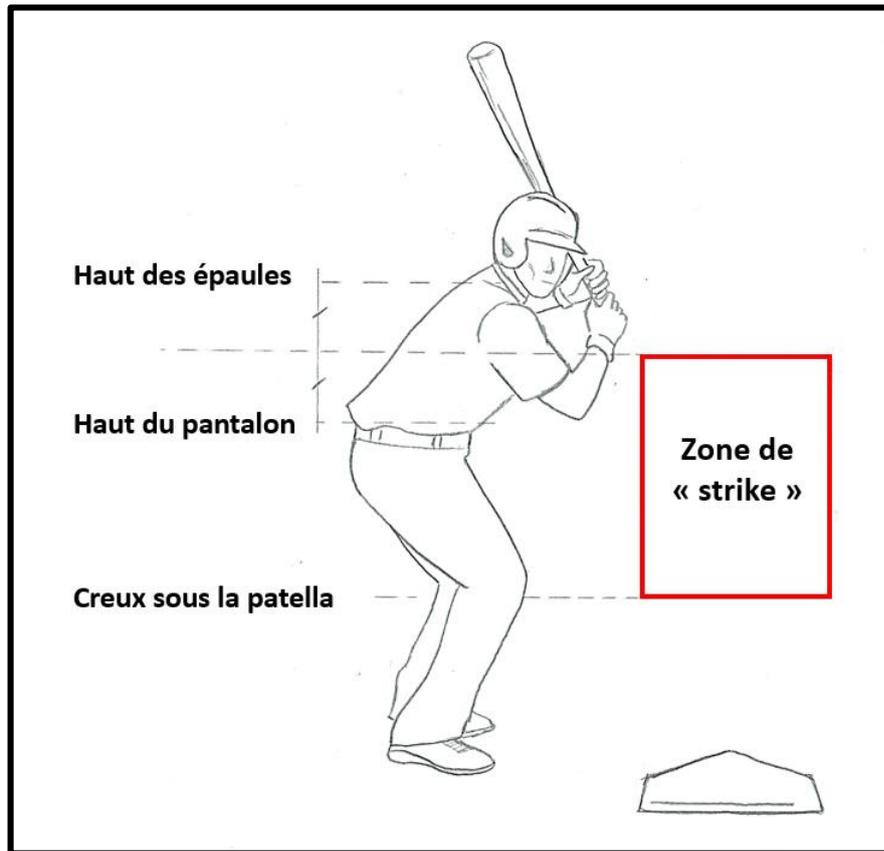
Annexe II : Cinématique du lancer de javelot

Figure 10 : Cinématique du lancer de javelot



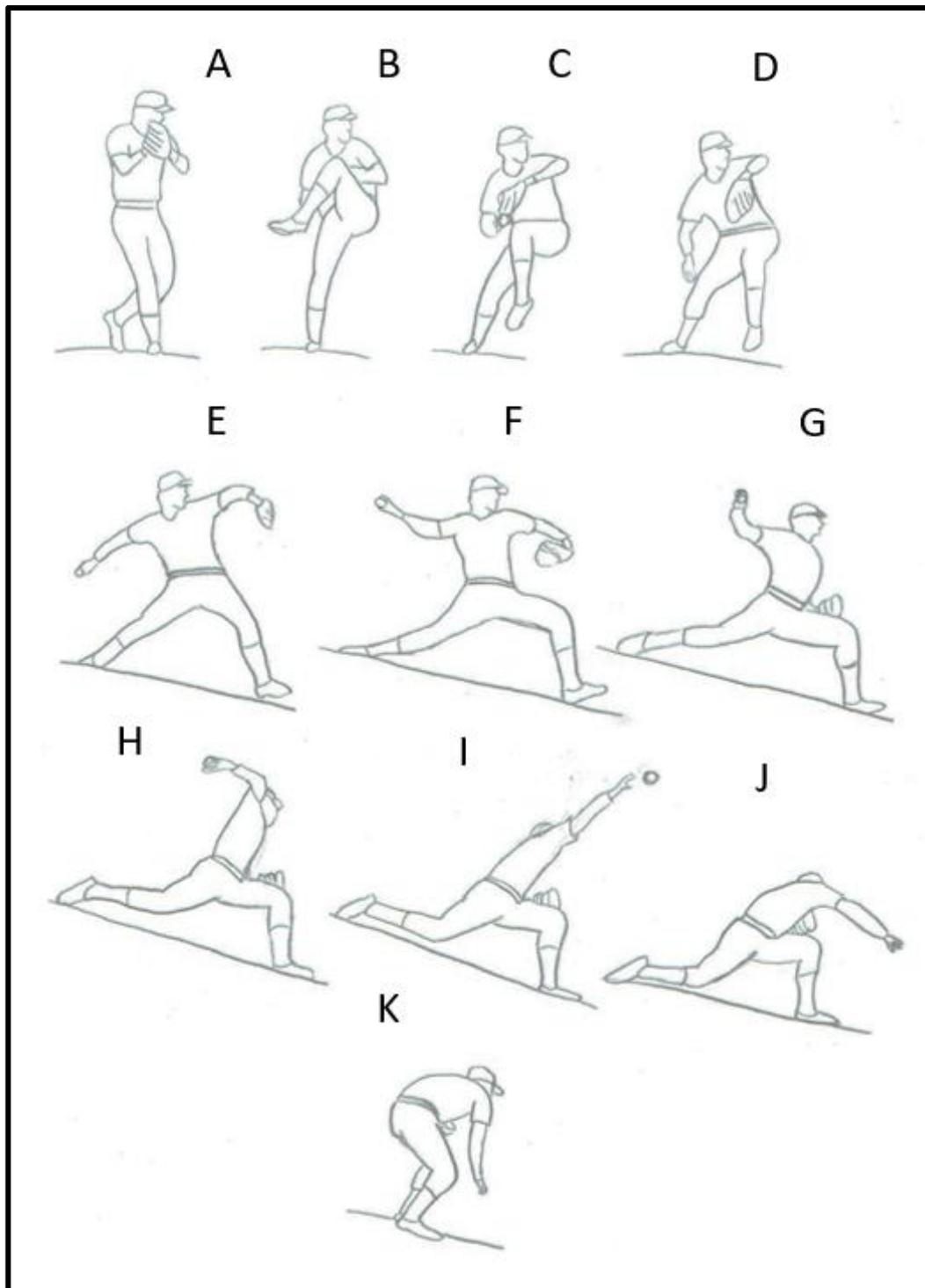
Annexe III : Zone de « Strike »

Figure 11 : La zone de "Strike" (en rouge) (Figure inspirée de l'édition 2018 des règles officielles du baseball (79))



Annexe IV : Cinématique du lancer au baseball

Figure 12 : Cinématique du lancer de balle au baseball (Figure inspirée de : *Feltner M. Dynamics of the Shoulder and Elbow Joints of the Throwing Arm During a Baseball Pitch. Orig Investig Int J Sport Biomech. 1986;2:236 (92)*)



Annexe V : Equations de recherche et nombre d'études par base de données

Tableau 4 : Equations de recherche par base de données

Bases de données	Equations de recherche
MEDLINE via Pubmed	((("baseball"[MH] OR baseball*[TIAB] OR pitch*[TIAB]) AND ("elbow"[MH] OR elbow*[TIAB]) AND prevent*[TIAB] AND (intervent*[TIAB] OR exercis*[TIAB] OR program*[TIAB])))
LiSSa	((baseball.tl) OU (baseball.mc)) ET ((coude.tl) OU (coude.mc))
EM premium	+baseball +coude <u>Filtre</u> : dans <i>Titre, mots clés, résumé</i>
Science direct	(baseball OR pitcher OR pitchers OR pitching) AND elbow AND (prevention OR prevent OR preventing) <u>Filtre</u> : in <i>Title, abstract or author-specified keywords</i>
PEDro	baseball elbow*

Tableau 5 : Résultats initiaux des équations de recherche par base de données

	MEDLINE via Pubmed	LiSSa	EM premium	Science direct	PEDro
Date et heure de la recherche	28/03/2019 11h41	28/03/2019 11h46	28/03/2019 11h50	28/03/2019 11h53	28/03/2019 11h57
Nombre de références	27	1	6	28	3

Annexe VI : Programme de prévention Yokohama Baseball-9

Figure 13 : Neuf exercices d'étirement du programme YKB-9 (Figure issue de : Sakata J, et al. *Efficacy of a Prevention Program for Medial Elbow Injuries in Youth Baseball Players. Am J Sports Med.* 2018;46(2):462 (111))

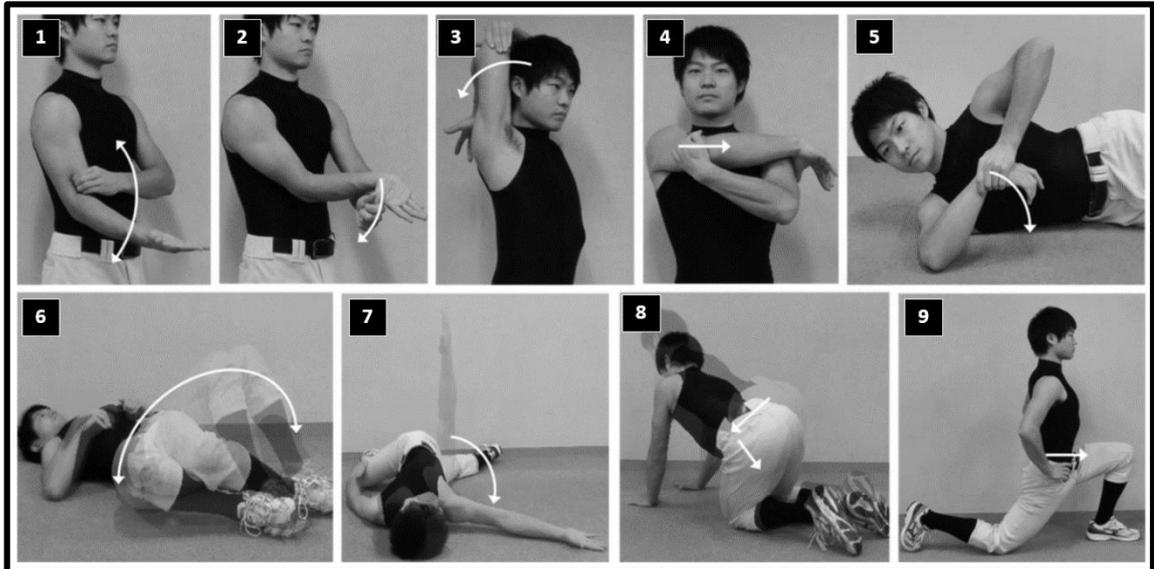


Figure 14 : Neuf exercices de renforcement du programme YKB-9 (Figure issue de : Sakata J, et al. *Efficacy of a Prevention Program for Medial Elbow Injuries in Youth Baseball Players. Am J Sports Med.* 2018;46(2):463 (111))

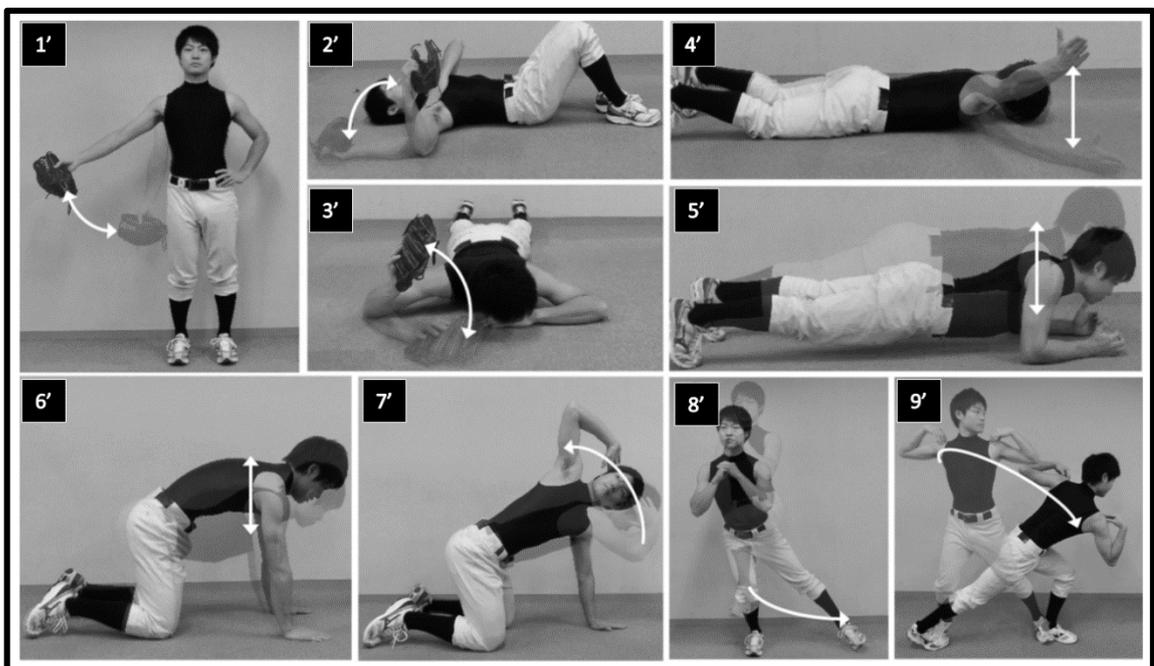


Tableau 6 : Description des neuf exercices d'étirement du programme YKB-9 (111)

N°	Nom	Description	Côté(s)	Modalités
1	Massage du muscle brachial	Agripper l'insertion distale des muscles brachiaux et tendre le coude de manière continue.	Dominant	10 répétitions
2	Etirement des muscles pronateurs	Avec la paume de la main vers le haut, attraper le pouce et l'amener vers le bas en réalisant une supination de l'avant-bras et une extension de poignet.	Dominant	10 secondes
3	Etirement du muscle triceps brachial	Lever le bras au-dessus de la tête, plier le coude et amener le coude vers l'arrière.	Dominant	10 secondes
4	Etirement avec le bras croisé ou « cross-arm stretch »	Le bras à l'horizontale, amener le bras contre le torse en tirant sur le coude vers l'intérieur.	Dominant	10 secondes
5	Etirement du dormeur ou « sleeper stretch »	En décubitus latéral du côté à étirer, placer le bras inférieur perpendiculairement au tronc avec le coude fléchi à 90°. Pousser l'avant-bras vers le bas en direction du sol en gardant le coude et l'épaule posés au sol.	Dominant	10 secondes
6	Mobilisation de la partie inférieure du thorax	En décubitus dorsal avec les genoux pliés, maintenir le bord antérieur des côtes basses et tourner le bassin de manière active en amenant les jambes d'un côté à l'autre.	Les deux	10 répétitions
7	Etirement du tronc en rotation	En décubitus dorsal, plier un genou et le poser du côté-opposé en réalisant une torsion du tronc. Puis accentuer la torsion en effectuant une abduction horizontale de l'épaule homolatérale au genou.	Les deux	10 secondes
8	Etirement postérieur de la hanche	En position à quatre pattes, réaliser une antéversion de bassin. Puis amener le bassin vers le côté à étirer et vers arrière.	Non-dominant	10 secondes
9	Etirement des fléchisseurs de hanche	En position à genoux, avancer la jambe non-dominante en posant le pied à plat. Puis avancer le bassin en gardant le rachis droit.	Dominant	10 secondes

Tableau 7 : Description des neuf exercices de renforcement du programme YKB-9 (111)

N°	Nom	Description	Côté(s)	Modalités
1'	Exercice du supra-épineux	Avec un gant de baseball dans la main, réaliser une abduction d'épaule de 60°.	Dominant	20 répétitions
2'	Exercice du subscapulaire	En décubitus dorsal avec le bras et le coude à 90°, réaliser une rotation interne d'épaule de 90° avec un gant de baseball dans la main.	Dominant	20 répétitions
3'	Exercice du petit-rond	En décubitus ventrale, avec un gant posé au-dessus de la tête, décoller le gant de baseball du sol en gardant le coude en contact avec le sol.	Dominant	20 répétitions
4'	Exercice du trapèze	Dans la même position que l'exercice 3', tendre le coude et décoller le bras du sol avec le pouce dirigé vers le haut.	Dominant	10 répétitions
5'	« Push-up plus » sur les coudes	En position de planche sur les coudes, les deux genoux décollés du sol, amener le corps gainé vers le haut en écartant les scapula puis amener-le vers le bas en rapprochant les scapula.	/	10 répétitions
6'	Exercice de courbures du rachis supérieur	En position à quatre pattes, réaliser une extension du rachis avec une rétropulsion des scapula puis réaliser une flexion du rachis avec une antépulsion des scapula.		10 répétitions
7'	Exercice du tronc en rotation	En position à quatre pattes, placer une main sur la tête puis réaliser une rotation du tronc en rapprochant les scapula.	Les deux	10 répétitions
8'	Exercice du glissement latéral	Mettre son poids sur la jambe dominante et amener le pied de la jambe non-dominante latéralement sans transférer son poids.	Non-dominant	10 répétitions
9'	Exercice du coude vers le genou	Faire un pas en avant, placer les mains sur les épaules puis tourner le bassin pour toucher le genou avec le coude opposé.	Non-dominant	10 répétitions

Annexe VII : Risques de biais inhérents à l'étude de Sakata et al (111)

Tableau 8 : Liste de contrôle TREND (109) appliquée à l'article de Sakata et al (111)

(✓) présent dans l'article ; (✗) non-présent dans l'article ; (grisé) article non-concerné.

Paper Section/Topic	Item N°	Descriptor	Reported?	
			✓	p.
TITLE and ABSTRACT				
Title and Abstract	1	• Information on how units were allocated to interventions	✗	ND
		• Structured abstract recommended	✓	1
		• Information on target population or study sample	✓	1
INTRODUCTION				
Background	2	• Scientific background and explanation of rationale	✓	1,2
		• Theories used in designing behavioral interventions	✓	1,2
METHODS				
Participants	3	• Eligibility criteria for participants, including criteria at different levels in recruitment/sampling plan (e.g., cities, clinics, subjects)	✓	2
		• Method of recruitment (e.g., referral, self-selection), including the sampling method if a systematic sampling plan was implemented	✓	2
		• Recruitment setting	✓	2
		• Settings and locations where the data were collected	✓	2
Interventions	4	• Details of the interventions intended for each study condition and how and when they were actually administered :	✓	2
Objectives	5	• Specific objectives and hypotheses	✓	2
Outcomes	6	• Clearly defined primary and secondary outcome measures	✓	1
		• Methods used to collect data and any methods used to enhance the quality of measurements	✓	2,3
		• Information on validated instruments such as psychometric and biometric properties	✓	2,3
Sample size	7	• How sample size was determined and, when applicable, explanation of any interim analyses and stopping rules	✓	2
Assignment method	8	• Unit of assignment (the unit being assigned to study condition, e.g., individual, group, community)	✓	2
		• Method used to assign units to study conditions, including details of any restriction (e.g., blocking, stratification, minimization)	✗	ND
		• Inclusion of aspects employed to help minimize potential bias induced due to non-randomization (e.g., matching)	✓	9
Blinding (masking)	9	• Whether or not participants, those administering the interventions, and those assessing the outcomes were blinded to study condition assignment; if so, statement regarding how the blinding was accomplished and how it was assessed	✗	ND
Unit of Analysis	10	• Description of the smallest unit that is being analysed to assess intervention effects (e.g., individual, group, or community)	✓	2
		• If the unit of analysis differs from the unit of assignment, the analytical method used to account for this (e.g., adjusting the standard error estimates by the design effect or using multilevel analysis)	✓	2
Statistical methods	11	• Statistical methods used to compare study groups for primary methods outcome(s), including complex methods for correlated data	✓	5
		• Statistical methods used for additional analyses, such as subgroup analyses and adjusted analysis	✓	5
		• Methods for imputing missing data, if used		
		• Statistical software or programs used	✓	5

RESULTS				
Participant flow	12	<ul style="list-style-type: none"> Flow of participants through each stage of the study: enrollment, assignment, allocation and intervention exposure, follow-up, analysis (a diagram is strongly recommended) 	✓	5
		<ul style="list-style-type: none"> Description of protocol deviations from study as planned, along with reasons 	✓	2
Recruitment	13	<ul style="list-style-type: none"> Dates defining the periods of recruitment and follow-up 	✖	ND
Baseline data	14	<ul style="list-style-type: none"> Baseline demographic and clinical characteristics of participants in each study condition 	✓	5,6
		<ul style="list-style-type: none"> Baseline characteristics for each study condition relevant to specific disease prevention research 	✓	2,5
		<ul style="list-style-type: none"> Baseline comparisons of those lost to follow-up and those retained, overall and by study condition 	✖	ND
		<ul style="list-style-type: none"> Comparison between study population at baseline and target population of interest 	✖	ND
Baseline equivalence	15	<ul style="list-style-type: none"> Data on study group equivalence at baseline and statistical methods used to control for baseline differences 	✓	5,6
Numbers analyzed	16	<ul style="list-style-type: none"> Number of participants (denominator) included in each analysis for each study condition, particularly when the denominators change for different outcomes; statement of the results in absolute numbers when feasible 	✓	6
		<ul style="list-style-type: none"> Indication of whether the analysis strategy was “intention to treat” or, if not, description of how non-compliers were treated in the analyses 	✓	6
Outcomes and estimation	17	<ul style="list-style-type: none"> For each primary and secondary outcome, a summary of results for each estimation study condition, and the estimated effect size and a confidence interval to indicate the precision 	✓	6,7
		<ul style="list-style-type: none"> Inclusion of null and negative findings 	✓	6,7
		<ul style="list-style-type: none"> Inclusion of results from testing pre-specified causal pathways through which the intervention was intended to operate, if any 		
Ancillary analyses	18	<ul style="list-style-type: none"> Summary of other analyses performed, including subgroup or restricted analyses, indicating which are pre-specified or exploratory 	✓	6
Adverse events	19	<ul style="list-style-type: none"> Summary of all important adverse events or unintended effects in each study condition (including summary measures, effect size estimates, and confidence intervals) 	✖	ND
DISCUSSION				
Interpretation	20	<ul style="list-style-type: none"> Interpretation of the results, taking into account study hypotheses, sources of potential bias, imprecision of measures, multiplicative analyses, and other limitations or weaknesses of the study 	✓	7-9
		<ul style="list-style-type: none"> Discussion of results taking into account the mechanism by which the intervention was intended to work (causal pathways) or alternative mechanisms or explanations 	✓	8
		<ul style="list-style-type: none"> Discussion of the success of and barriers to implementing the intervention, fidelity of implementation 	✓	7-9
		<ul style="list-style-type: none"> Discussion of research, programmatic, or policy implications 	✓	8,9
Generalizability	21	<ul style="list-style-type: none"> Generalizability (external validity) of the trial findings, taking into account the study population, the characteristics of the intervention, length of follow-up, incentives, compliance rates, specific sites/settings involved in the study, and other contextual issues 	✖	ND
Overall evidence	22	<ul style="list-style-type: none"> General interpretation of the results in the context of current evidence and current theory 	✓	7-9

Tableau 9 : Système de cotation de la liste de contrôle Downs et Black (110)

Item(s)	Cotation		
1-4 ; 6-10	Yes = 1 ; No = 0		
5	Yes = 2 ; Partially = 1 ; No = 0		
11-26	Yes = 1 ; No = 0 ; Unable to determine = 0		
27		Size of smallest intervention group	
	A	<n1	0
	B	n1-n2	1
	C	n3-n4	2
	D	n5-n6	3
	E	n7-n8	4
	F	n8+	5

Tableau 10 : Liste de contrôle pour mesurer la qualité de Downs et Black (110) appliquée à l'article de Sakata et al (111)

Item n°	Description	Score
Reporting		
1	Is the hypothesis/aim/objective of the study clearly described ?	1
2	Are the main outcomes to be measured clearly described in the introduction or methods section ?	1
3	Are the characteristics of the patients included in the study clearly described ?	1
4	Are the interventions of interest clearly described ?	1
5	Are the distributions of principal confounders in each group of patients to be compared clearly described ?	2
6	Are the main findings of the study clearly described ?	1
7	Does the study provide estimates of the random variability in the data for the main outcomes ?	1
8	Have all important adverse events that may be a consequence of the intervention been reported ?	0
9	Have the characteristics of patients lost to follow-up been described ?	1
10	Have actual probability values been reported (e.g., 0.035 rather than <0.05) for the main outcomes, except where the probability value is <0.001 ?	1
External validity		
11	Were the subjects asked to participate in the study representative of the entire population from which they were recruited ?	0
12	Were those subjects who were prepared to participate representative of the entire population from which they were recruited ?	0
13	Were the staff, places, and facilities where the patients were treated representative of the treatment the majority of patients receive ?	1
Internal validity – bias		
14	Was an attempt made to blind study subjects to the intervention they have received ?	0
15	Was an attempt made to blind those measuring the main outcomes of the intervention ?	1

16	If any of the results of the study were based on “data dredging,” was this made clear ?	1
17	In trials and cohort studies, do the analyses adjust for different lengths of follow-up of patients, or in case-control studies, is the time period between the intervention and outcome the same for cases and controls ?	1
18	Were the statistical tests used to assess the main outcomes appropriate ?	1
19	Was compliance with the intervention(s) reliable ?	0
20	Were the main outcome measures used accurate (valid and reliable) ?	1
Internal validity – confounding (selection bias)		
21	Were the patients in different intervention groups (trials and cohort studies) or were the cases and controls (case-control studies) recruited from the same population ?	1
22	Were study subjects in different intervention groups (trials and cohort studies) or were the cases and controls (case-control studies) recruited over the same period of time ?	1
23	Were study subjects randomized to intervention groups ?	0
24	Was the randomized intervention assignment concealed from both patients and healthcare staff until recruitment was complete and irrevocable ?	0
25	Was there adequate adjustment for confounding in the analyses from which the main findings were drawn ?	1
26	Were losses of patients to follow-up taken into account ?	0
Power		
27	Did the study have sufficient power to detect a clinically important effect where the probability value for difference being due to chance is less than 5% ?	1
Total Score /32		20

Annexe VIII : Programme de prévention adapté pour les lanceurs de javelot

Figure 15 : Exercices du programme YKB-9+J



Tableau 11 : Description des exercices du programme YKB-9+J et de leurs modalités d'exécution

HL = Homolatéral(e) ; CL = Controlatéral(e) ; RI = Rotation interne ; RE = Rotation externe

N°	Exercices	Modalités	Facteurs de risque
1	Allongé sur le dos, les genoux pliés, poser les pieds à plats de façon à ce qu'ils soient espacés de la longueur d'un tibia. Tout en gardant les pieds posés au sol, toucher le pied controlatéral avec le genou. Durant l'exercice, maintenir les côtes basses avec les mains pour limiter la participation du thorax. Le mouvement doit être fluide, sans temps d'arrêt.	<ul style="list-style-type: none"> - A réaliser alternativement des cotés HL et CL - Réaliser le mouvement 10 fois de chaque coté - La vitesse d'exécution est modérée 	Limitation de la RI des hanches
2 ^s	Allongé sur le côté, la hanche et le genou supérieurs fléchis à 90° avec le genou maintenu au sol par la main du bras inférieur. Rapprocher l'épaule supérieure le plus près du sol vers l'arrière et poser le dos de la main supérieure au sol avec le bras tendu à ~130° d'abduction. Du côté supérieur, un étirement postérieur de la hanche et un étirement muscles pectoraux doivent être ressenti.	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenir 20 secondes - A réaliser allongé sur le côté non-dominant puis sur le côté dominant 	Limitation de la RI des hanches Déficit de RE de l'épaule HL
3 ^s	Allongé sur le côté dominant, placer le bras inférieur perpendiculairement au tronc avec le coude fléchi à 90°. Pousser l'avant-bras vers le bas en direction du sol en gardant le coude et l'épaule posés au sol.	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenir 20 secondes - A réaliser du côté dominant 	Raideur postérieure de l'épaule dominante
4*	Allongé sur le ventre, le bras posé au sol avec une abduction de ~130°, décoller le bras du sol avec le pouce dirigé vers le haut.	<ul style="list-style-type: none"> - A réaliser du côté dominant - La vitesse d'exécution est modérée 	Dyskinésie de la scapula (Faiblesse du trapèze inférieur)
5*	En position de planche sur les coudes, les deux genoux décollés du sol, amener le corps gainé vers le haut en écartant les scapula puis amener-le vers le bas en rapprochant les scapula.	<ul style="list-style-type: none"> - La vitesse d'exécution est modérée 	Dyskinésie de la scapula (Faiblesse des grands dentelés)
6 ^s	A quatre pattes, réaliser une antéversion de bassin. Puis amener le bassin vers le côté à étirer et vers arrière. Un étirement postérieur de la hanche du côté étiré doit être ressenti.	<ul style="list-style-type: none"> - A réaliser des côtés HL et CL - Maintenir 20 secondes 	Limitation de la RI des hanches
7	A quatre pattes, réaliser une extension du rachis avec une rétroimpulsion des scapula puis réaliser un auto-grandissement actif du rachis avec une antéimpulsion des scapula, une rétroversion de bassin et une rétroimpulsion cervicale.	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser le mouvement 10 fois 	Augmentation de la cyphose thoracique

8	A quatre pattes, placer une main sur la tête puis réaliser une rotation du tronc en rapprochant les scapula de façon à diriger le coude levé vers le ciel. Le bassin doit rester fixe.	- A réaliser du côté CL puis du côté HL - Réaliser le mouvement 10 fois de chaque coté - La vitesse d'exécution est modérée	Augmentation de la cyphose thoracique
9[§]	En position à genoux, avancer la jambe CL de façon à avoir la hanche et le genou à 90° avec le pied posé à plat. Réaliser une rétroversion de bassin puis avancer le bassin en maintenant la rétroversion. Le tronc doit rester droit.	- A réaliser avec la jambe CL devant - Maintenir 20 secondes	Raideur des fléchisseurs HL de Hanches
10[§]	Debout, le bras à l'horizontal, amener le bras contre le torse en tirant sur le coude vers l'intérieur.	- Maintenir 20 secondes - A réaliser du côté dominant	Raideur postérieure de l'épaule dominante
11*	Debout, avec une bouteille de 1,5L ou un haltère de 1,5kg dans la main, réaliser une abduction d'épaule de 60° puis ramener le bras le long du corps.	- La vitesse d'exécution est modérée - A réaliser du côté dominant	Faiblesse des abducteurs de l'épaule dominante
12*	Se mettre sur un pied, genou légèrement fléchi. Amener le pied libre le plus loin sur le côté tout en gardant l'intégralité du poids du corps sur l'autre jambe. Puis ramener le pied libre contre le pied posé au sol. Le bassin doit rester perpendiculaire au sol.	- A réaliser des côté CL et HL - La vitesse d'exécution est modérée	Déficit des muscles stabilisateurs du bassin

* Pour les exercices 4, 5, 11 et 12 :

	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Nb répétitions	8	10	12	8	10	12	8	10	12
Nb séries	1			2			3		

§ Pour les exercices 2, 3, 6, 9 et 10 : Les étirements doivent être maintenus au point à partir duquel est ressenti une raideur ou un inconfort léger.

NOM : LE ROUX

PRENOM : Lucas

TITRE : Étude de la transférabilité d'un programme de prévention primaire des blessures du coude au baseball vers le lancer de javelot

ABSTRACT

Introduction : Javelin throw predisposes athletes to elbow injuries. In sport, prevention programs aiming to improve physical function enable the reduction of incidence of these injuries. However, there are none regarding those of the elbow for javelin throwers. Biomechanics of baseball throwing being close to those of javelin throw, this work looks into the prevention programs of this sport in order to transfer them to javelin throw.

Methods : A review of the literature was conducted to identify primary prevention programs for elbow injuries in baseball. Their characteristics were then analysed to evaluate their transferability to javelin throw.

Results : Only one prevention program has been selected : the Yokohama Baseball-9 (YKB-9) program.

Discussion-Conclusion : The majority of the risk factors used in the YKB-9 program corresponds to javelin throw. However, its effectiveness has been shown in a population with characteristics different from those of javelin throwers. Moreover, some risk factors used in this prevention program are questionable. In view of these elements, an adaptation of the YKB-9 program is proposed for javelin throwers.

RESUME

Introduction : Le lancer de javelot prédispose les athlètes aux blessures du coude. Dans le sport, des programmes de prévention visant à améliorer la condition physique permettent de diminuer l'incidence des blessures. Cependant, il n'en existe pas concernant celles du coude pour les lanceurs de javelot. La biomécanique du lancer au baseball étant proche de celle du lancer de javelot, ce travail s'intéresse aux programmes de prévention de ce sport dans l'optique de les transférer au lancer de javelot.

Méthodes : Une revue de la littérature a été réalisée pour identifier les programmes de prévention primaire des blessures du coude au baseball. Leurs caractéristiques ont ensuite été analysées pour évaluer leur transférabilité vers le lancer de javelot.

Résultats : Un seul programme de prévention a été sélectionné : le programme Yokohama Baseball-9 (YKB-9).

Discussion-Conclusion : La majorité des facteurs de risque utilisés dans le programme YKB-9 correspond au lancer de javelot. Cependant son efficacité a été montrée dans une population possédant des caractéristiques différentes de celles des lanceurs de javelot. De plus, certains facteurs de risque utilisés dans ce programme de prévention sont discutables. Au vu de ces éléments, une adaptation du programme YKB-9 est proposée pour les lanceurs de javelots.

Keywords : javelin throw ; elbow injury ; prevention program ; throwing sports

Mots clés : lancer de javelot ; blessure du coude ; programme de prévention ; sports de lancer

Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie du CHRU de Brest

22 avenue Camille Desmoulins - 29238 BREST CEDEX 3

TRAVAIL ÉCRIT DE FIN D'ETUDES – 2019