

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

**RELATIONS ENTRE LES CARACTÉRISTIQUES ANTHROPOMÉTRIQUES
ET PHYSIQUES ET LA VITESSE DE LA BALLE LORS DE TROIS TYPES DE
LANCERS CHEZ DES JOUEUSES DE BASEBALL DE MOINS DE 18 ANS**

MÉMOIRE PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA

MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR

CAMILLE MÉNARD-LEBEL

JUIN 2021

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES
MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE (M.SC.)

Direction de recherche :

Vincent Cantin, Ph.D. UQTR
Prénom et nom directeur de recherche

Jury d'évaluation

Vincent Cantin, Ph.D. Évaluateur interne, UQTR
Prénom et nom Fonction du membre de jury

Martin Descarreaux, DC, Ph.D. Évaluateur interne, UQTR
Prénom et nom Fonction du membre de jury

Isabelle Pagé, Ph.D. Évaluatrice externe, UQTR
Prénom et nom Fonction du membre de jury

RÉSUMÉ

La vitesse de la balle lors des lancers est une composante importante de la performance au baseball. Plus un lanceur lance vite, moins le frappeur a de temps pour réagir et frapper la balle adéquatement. Malgré d'importantes composantes techniques, certaines caractéristiques physiques et anthropométriques affectent la performance au lancer. Ainsi, l'âge, la masse, la taille, la force et la puissance musculaire ainsi que la coordination affectent la performance au lancer à différents degrés.

Chez les lanceurs enfants et adolescents, le mouvement est généralement acquis au début de la pratique sportive et la vitesse de la balle augmente progressivement avec l'âge. Il y a consensus que les jeunes lanceurs devraient d'abord développer une technique calquée sur celle des joueurs experts puis augmenter leur force et leur puissance musculaires. Comprendre quelles caractéristiques physiques et anthropométriques affectent la vitesse de la balle dans différents types de lancers permet d'adapter les tests de sélection, les entraînements et la préparation physique en fonction de l'âge, du niveau d'expertise et du sexe des participant.e.s.

Malgré la popularité du baseball, il existe peu d'études sur le baseball féminin et plus particulièrement sur la performance chez les jeunes filles. Notre étude s'est donc intéressée à la relation entre des facteurs anthropométriques et physiques et la vitesse de la balle dans trois types de lancers chez des joueuses de baseball de moins de 18 ans. Nous avons analysé les données de 28 joueuses de baseball âgées de 9 à 14 ans de niveau récréatif. Nous avons recueilli des données anthropométriques qui sont associées à la

performance au lancer au baseball et des données sociodémographiques afin de dresser un portrait de la population à l'étude. Nous avons également effectué trois tests physiques couramment utilisés lors des épreuves de sélection des équipes de baseball, soit un test de saut en longueur sans élan, un test de force de préhension et un test de sprint afin d'évaluer la force musculaire générale et la puissance musculaire des membres inférieurs. De plus, nous avons mesuré la vitesse de la balle lors de trois types de lancers, soit un lancer avec élan complet, un relai avec pas chassés et un lancer à genoux.

Des corrélations ont été réalisées entre les caractéristiques anthropométriques, les résultats aux tests physiques et la vitesse de la balle pour trois types de lancers. Une analyse de régression multiple a par la suite été réalisée. Nos résultats suggèrent que certaines caractéristiques permettant de prédire la performance chez notre population changent en fonction du type de lancer. De plus, l'âge semble jouer un rôle important dans la production de la vitesse de la balle au sein de notre échantillon. Cependant, l'âge est corrélé avec plusieurs variables anthropométriques (masse, taille) et l'effet de celles-ci pourrait avoir été atténué par cette relation.

Mots-clés

Évaluation de la performance, tests de terrain, lancers, relais, lancers à genoux, jeunes, athlètes féminines

ABSTRACT

Relationships between anthropometric and physical characteristics and ball speed in three different types of throws in under 18 years old female baseball players

Thrown ball speed is an important component of baseball performance. The faster a pitcher throws, the less time the batter has to react and hit the ball properly. Despite important technical components, certain physical and anthropometric characteristics affect throwing performance. Thus, age, weight, height, muscle strength and power, as well as coordination affect throwing performance to varying degrees.

In youth and adolescent throwers, throwing motion is usually acquired early in sport and ball speed gradually increases with age. There is a consensus that young pitchers should first develop a technique modeled on that of expert players and then increase their strength and power. Understanding the physical and anthropometric characteristics affecting ball speed in different types of throws allows selection tests, training and physical preparation to be tailored according to the age, skill level and sex of the participants.

Despite the popularity of baseball, there is little to no research on women's baseball, and more specifically on performance among young girls. Therefore, our study looked at the relationship between anthropometric and physical factors, and ball speed in three types of throws in female baseball players under 18 years old. We analyzed the data from 28 female baseball players aged 9 to 14 years old at the recreational level. We

collected anthropometric data associated with baseball pitching performance and socio-demographic data in order to paint a portrait of the population under study. We also performed three physical tests often used in selection trials of baseball teams, a standing long jump test, a grip strength test and a sprint test, in order to evaluate general strength and lower limb power. In addition, we measured the speed of the ball of three types of throws, a pitch, a shuffle throw and a kneeling throw.

Correlations were performed between the anthropometric characteristics, the physical tests results and the speed of the ball for three types of throws. These correlations were followed by multiple regression analysis. Our results suggest that some characteristics that predict performance in our population change depending on the type of throw. In addition, age appears to play an important role in producing ball speed in our sample. However, age is correlated with several anthropometric variables (weight, height) and the effect of these variables might have been mitigated by this relationship.

Keywords

Performance evaluation, field tests, pitching, shuffle throw, kneeling throw, youth, female athlete

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	<i>i</i>
ABSTRACT.....	<i>iii</i>
LISTE DES TABLEAUX.....	<i>viii</i>
LISTE DES FIGURES.....	<i>ix</i>
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	<i>x</i>
REMERCIEMENTS	<i>xi</i>
CHAPITRE 1	1
INTRODUCTION.....	1
Baseball : remarques générales	1
<i>Participation canadienne</i>	1
<i>Adaptations et évolutions</i>	2
Baseball : composantes principales	2
<i>Courir, frapper, lancer</i>	2
<i>Les lancers</i>	3
CHAPITRE 2	5
REVUE DE LITTÉRATURE.....	5
Baseball et performance.....	5
<i>La performance générale au baseball</i>	5
<i>La performance spécifique au lancer</i>	5
Analyse de l'activité : les différents types de lancers	6
<i>Les lancers avec élan complet et les lancers avec élan partiel</i>	6
<i>Les lancers de receveurs</i>	12
<i>Les relais</i>	23
Facteurs généraux et anthropométriques affectant la performance au baseball.....	27
<i>L'âge</i>	27
<i>La masse.....</i>	31
<i>La taille</i>	34
Facteurs physiques affectant la performance au baseball.....	38
<i>La force musculaire</i>	38
<i>La puissance musculaire des membres inférieurs</i>	40
<i>La course.....</i>	43
CHAPITRE 3	46
PROBLÉMATIQUE.....	46
CHAPITRE 4	50
OBJECTIF ET HYPOTHÈSES	50

Objectif principal.....	50
Hypothèses.....	50
CHAPITRE 5	51
MÉTHODOLOGIE	51
Recrutement des participantes.....	51
Critères d'inclusion et d'exclusion	52
Collecte de données.....	52
Tests physiques	54
<i>Force musculaire générale</i>	54
<i>La puissance musculaire des membres inférieurs</i>	55
Tests de lancers.....	56
Analyse des données.....	57
Analyses statistiques	58
CHAPITRE 6	62
RÉSULTATS.....	62
Statistiques descriptives	62
Corrélations.....	64
<i>Corrélations de Pearson</i>	65
<i>Corrélations de Spearman</i>	65
Régressions multiples descendantes	70
<i>Lancers avec élan complet.....</i>	70
<i>Relais avec pas chassés</i>	71
<i>Lancers à genoux</i>	71
CHAPITRE 7	73
DISCUSSION	73
Facteurs prédisant la vitesse de la balle.....	74
<i>L'âge</i>	75
<i>La force de préhension.....</i>	77
Facteurs ne prédisant pas la vitesse de la balle.....	79
<i>Les tests physiques</i>	79
<i>La masse.....</i>	81
<i>La taille</i>	82
CHAPITRE 8	85
LIMITES	85
CHAPITRE 9	89

<i>CONCLUSION</i>	89
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	91
<i>ANNEXE A</i>	xv

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Test de normalité (Shapiro-Wilk)	59
Tableau 2 : Mesures d'asymétrie et d'aplatissement.....	60
Tableau 3 : Caractéristiques des participantes	63
Tableau 4 : Résultats des tests physiques et vitesse de la balle (n=28)	64
Tableau 5 : Corrélations de Pearson : Trois types de lancers et variables normalement distribuées	68
Tableau 6 : Corrélations de Spearman : Trois types de lancers et variables non normalement distribuées	69

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Événements clés du lancer avec élan	9
Figure 2 : Phases et événements du lancer avec élan à partir des positions d'élan complet et d'élan partiel	11
Figure 3 : Événements clés du lancer de receveur	15
Figure 4 : Événements clés du lancer à genoux	19

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CIVM	Contraction isométrique volontaire maximale
ÉT	Écart-type
FIV	Facteur d'inflation de la variance
IMC	Indice de masse corporelle
IQ	Intervalle interquartile
Moy	Moyenne
MLB	Major League Baseball
Mph	Miles per hour
Km/h	Kilomètres par heure

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier M. Vincent Cantin d'avoir accepté d'être mon directeur de maîtrise, de même que M. Martin Descarreaux pour son soutien et ses contacts dans le monde du baseball à Trois-Rivières.

Un merci tout spécial à mes collègues du bureau 4250 AT : Élisabeth Lavallée, Éliane Nadeau, Florence Piché et Rosalie Morin pour leurs encouragements et les rires partagés pendant toute la durée de mes études de deuxième cycle. Un merci bien particulier à Ève-Marie Dicaire, sans qui j'aurais perdu la tête plus d'une fois au cours de cette aventure.

Merci également à Mme Isabelle Blanchette qui s'est avérée être une source d'inspiration incroyable et une ressource académique inespérée.

Merci à Alexandre Morin-Chassé pour ces explications claires, nettes et précises sur les statistiques et leurs utilisations spécifiques.

Finalement, un immense merci à mon amoureuse, Alice Wagenaar-Tison, qui m'a endurée et soutenue à travers toutes les embûches et les succès qui ont parsemé ma maîtrise. Je t'aime.

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Baseball : remarques générales

Participation canadienne

Le baseball est un sport populaire dans le monde. Aux États-Unis, Fleisig, Diffendaffer, Ivey, Aune, et al. (2018) ont rapporté que 7 millions de garçons et de filles, âgés de 6 à 17 ans, jouent au baseball. Au Canada, les taux de participation au baseball ont progressivement diminué à partir de 2005 avant de recommencer à augmenter à partir de 2011 (J. Sterling, communication personnelle, 5 juillet 2019). Près de 120 000 personnes de tous les âges (M7 à Master 35 ans et plus) et de toutes les catégories (B, A, AA et autres) jouaient au baseball au Canada en 2016, ce qui représente une augmentation de 14% par rapport à 2015 (117 345 vs 100 851). Au Québec, le nombre total de joueuses (tous âges confondus) a augmenté depuis 2004, passant de 1352 joueuses en 2005 à 3457 joueuses en 2018 (J. Sterling, communication personnelle, 5 juillet 2019). Selon Baseball Québec, la fédération qui gouverne le sport dans la province, il y avait 108 équipes féminines (tous niveaux confondus) qui compétitionnaient en 2018, ce qui représentait une augmentation de 56,5% par rapport à 2017. Cette augmentation drastique peut possiblement être expliquée par les efforts de recrutement et de rétention des joueuses mis en place par Baseball Québec depuis 2017 (Baseball Québec, 2018).

Adaptations et évolutions

Le baseball est joué de la même manière chez les hommes et chez les femmes. Le terrain et les règles sont adaptés en fonction de l'âge et du niveau de compétition des participant.e.s. Par exemple, la distance entre les buts augmente progressivement avec l'âge et les jeunes joueurs et joueuses commencent par frapper la balle à partir d'un tee. Les joueurs commencent normalement à effectuer des lancers avec élan vers 9 ou 10 ans, soit avant la puberté (Fleisig, Diffendaffer, Ivey, Aune, et al., 2018). Ces adaptations permettent aux joueurs de développer une technique de lancer avec élan calquée sur celles des joueurs professionnels puisque les changements cinématiques les plus importants ont lieu au début de l'apprentissage du lancer (Fleisig, Diffendaffer, Ivey, Aune, et al., 2018). Les chercheurs et les entraîneurs s'entendent d'ailleurs pour dire que la technique de lancer avec élan devrait être apprise et maîtrisée avant de développer de la force et de la puissance musculaires (Dun, Fleisig, Loftice, Kingsley, & Andrews, 2007; Fleisig, Barrentine, Zheng, Escamilla, & Andrews, 1999; Fleisig, Diffendaffer, Ivey, Aune, et al., 2018; Thompson, Guess, Plackis, Sherman, & Gray, 2018).

Baseball : composantes principales

Courir, frapper, lancer

Le baseball est un sport complexe dans lequel de nombreuses habiletés physiques et techniques sont nécessaires pour avoir du succès. Une partie de baseball est divisée en neuf manches pendant lesquelles les équipes joueront en position offensive et en position

défensive (Baseball Canada, 2011). En fonction de si l'équipe joue à l'offensive ou à la défensive, les joueurs auront différents rôles. Offensivement, les frappeurs tentent de frapper la balle afin de permettre à leurs coéquipiers de marquer des points en passant par tous les buts et en revenant au marbre. Défensivement, le lanceur tente de retirer les frappeurs de l'autre équipe en utilisant différents types de lancers (ex : balle rapide, balle courbe). Les joueurs de champ et le receveur doivent attraper et se relayer la balle afin d'éliminer les coureurs de l'équipe offensive. On peut donc diviser les qualités techniques nécessaires à la pratique de l'activité en trois grandes composantes : lancer, frapper et courir (Mercier, Tremblay, Daneau, & Descarreaux, 2020). Chaque composante peut être affectée par plusieurs facteurs, tels que la technique, les qualités physiques ou encore des stratégies particulières (Dun, Kingsley, Fleisig, Loftice, & Andrews, 2008). Conséquemment, ces composantes peuvent affecter une partie de baseball de manières variées. Ce mémoire se penchera sur les différents types de lancers au baseball et sur certains facteurs pouvant affecter la performance lors de ceux-ci.

Les lancers

Les lancers sont un aspect important du jeu défensif au baseball et il existe différents types de lancers qui sont utilisés en fonction de la position du joueur et de la situation de jeu. Bien que les lanceurs effectuent la majorité des lancers (51%) dans une partie, les receveurs en effectuent également beaucoup (29%) (Barrett et Burton, 2002 dans Peng, Lo, & Wang, 2015). De ce fait, les receveurs sont les joueurs de position (qui comprennent les receveurs et les joueurs de champs extérieur et intérieur) qui lancent le

plus la balle au cours d'une partie (Plummer & Oliver, 2013b). Au baseball, les lancers avec élan complet (*windup pitches*) ou partiel (*stretch throw*) sont des actions spécifiques aux lanceurs mais les autres joueurs d'une équipe peuvent également avoir à lancer la balle sans effectuer un lancer avec élan (*pitch*) en tant que tel. C'est le cas des receveurs, lorsqu'ils doivent, par exemple, lancer la balle au deuxième but. Quant à eux, les joueurs de champ effectuent des relais (avec pas chassés ou avec bondissements) entre eux afin de retirer un ou des joueurs adverses. Dans ce mémoire, on distingue les lancers avec élan (spécifiques à la position de lanceurs, soit les lancers avec élan complet et les lancers avec élan partiel), les relais (avec pas chassés ou bondissements) et les lancers de receveurs (à genoux ou non).

CHAPITRE 2

REVUE DE LITTÉRATURE

Baseball et performance

La performance générale au baseball

Plusieurs études se sont intéressées à la performance au baseball. Celle-ci a été définie et évaluée de différentes manières. Ainsi, la performance a été étudiée globalement, en analysant par exemple les statistiques des joueurs et des joueuses pendant une saison (Hoffman, Vazquez, Pichardo, & Tenenbaum, 2009; Watanabe et al., 2017) ou encore en fonction de l'évaluation subjective d'entraîneurs (Kohmura, Aoki, Yoshigi, Sakuraba, & Yanagiya, 2008). Elle a également été évaluée plus précisément, par exemple par la vitesse de la balle lors de mouvements spécifiques, tels les frappes (Katsumata, Omuro, Mitsukawa, & Nakata, 2018; Nakata, Nagami, Higuchi, Sakamoto, & Kanosue, 2013) et différents types de lancers (élan complet, élan partiel, relais) (Chen, Liu, & Yang, 2016; Lehman, Drinkwater, & Behm, 2013; Nakata et al., 2013; Sgroi et al., 2015).

La performance spécifique au lancer

Le mouvement de lancer est un des mouvements humains les plus rapides jamais enregistré (Fleisig, Barrentine, Escamilla, & Andrews, 1996), ce qui permet de générer des vitesses de balle importantes au baseball. La vitesse de la balle lors des lancers est un facteur important du succès au baseball (Lehman et al., 2013). Lehman, Drinkwater et

Behm (2013) et Escamilla et al. (2012) ont rapporté que les lanceurs qui lançaient à une plus grande vitesse diminuaient le temps qu'avait le frappeur pour réagir et ainsi augmentaient leurs chances de retirer ce joueur. Le type de lancer utilisé par le lanceur dépend de la situation de jeu (Dun et al., 2008) et requiert différentes habiletés motrices (Campbell, Stodden, & Nixon, 2010). Si d'autres paramètres peuvent également être importants pour la performance au lancer (ex : précision), Mercier et al. (2020) ont rapporté que c'est généralement la vitesse de la balle qui sert d'indicateur de la performance dans les études évaluant la performance au lancer, et non à la précision. La cinématique, la cinétique et l'activation musculaire de même que les facteurs physiques et anthropométriques affectant ou prédisant la performance au lancer ont été largement étudiés.

Analyse de l'activité : les différents types de lancers

Les lancers avec élan complet et les lancers avec élan partiel

La performance au baseball repose à la fois sur des habiletés physiques et des éléments techniques. Si les joueurs offensifs se doivent de frapper au bâton et courir aux buts, les joueurs défensifs ont des rôles spécifiques à jouer en fonction de leur position. Ainsi, les lanceurs et les receveurs effectuent des lancers et les joueurs de champs font des relais. Ces deux actions nécessitent de lancer la balle le plus vite possible dans le but de retirer des joueurs adverses. Certains types de lancers sont par ailleurs spécifiques aux receveurs (ex : lancers à genoux).

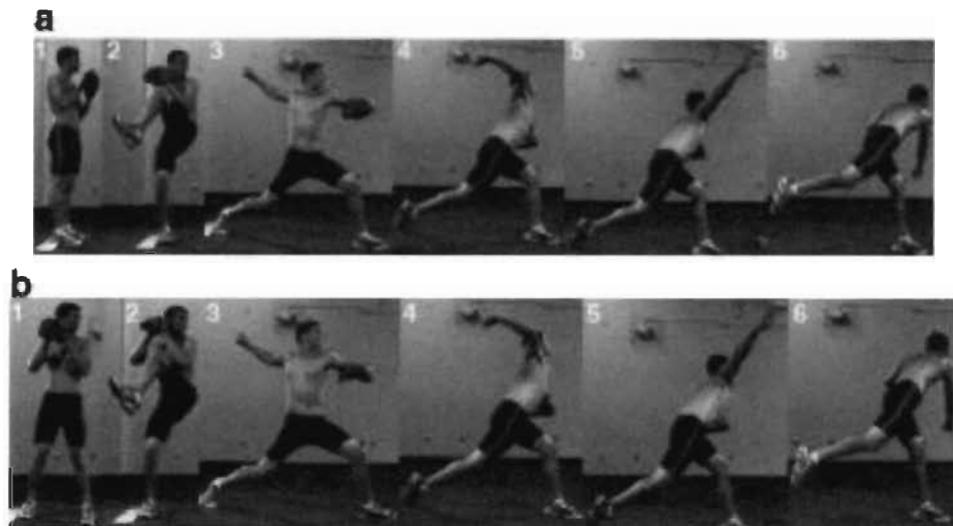
Étant donné les différentes composantes techniques associées au baseball, de nombreuses études ont ainsi été réalisées sur la cinématique, la cinétique et l'activité musculaire des lanceurs (Campbell et al., 2010; Chen et al., 2016; Chu, Fleisig, Simpson, & Andrews, 2009; Diffendaffer, Slowik, Lo, Drogosz, & Fleisig, 2019; Dun et al., 2008; Fleisig et al., 1999; Fleisig, Bolt, Fortenbaugh, Wilk, & Andrews, 2011; Fleisig, Diffendaffer, Ivey, Aune, et al., 2018; Fleisig, Diffendaffer, Ivey, & Oi, 2018; Naito, Takagi, Kubota, & Maruyama, 2017; Reinold, Macrina, Fleisig, Aune, & Andrews, 2018; Sgroi et al., 2015; Werner et al., 2005; Werner, Suri, Guido, Meister, & Jones, 2008). Récemment, Thompson et al. (2018) ont publié une revue systématique incluant 10 études biomécaniques réalisées chez des jeunes (âge moyen : 13 ans). Ces études ont permis de décortiquer le mouvement de lancer spécifique au lanceur et de comprendre ce qui permettait de générer la vitesse de balle la plus rapide. Elles ont comparé des populations diverses (jeunes vs adultes, experts vs débutants, gauchers vs droitiers, hommes vs femmes), de même que différentes techniques pour un même type de lancer (élan complet vs élan partiel) (Dun et al., 2008) ou encore les lancers et différents types de relais (Fleisig et al., 2011). Les lanceurs peuvent appliquer différents effets sur une balle en la tenant de différentes manières (par exemple : balle rapide, balle courbe, balle papillon) (Solesky, Cain, Meacham, & Curtis, 2011), mais c'est la technique de lancer de balle rapide qui a généralement été étudiée en lien avec la performance.

Les phases du lancer

Fleisig et al. (1996) ont décrit le mouvement de lancer par en haut (*overhand throw*) dans plusieurs sports (entre autres : baseball, football, javelin, tennis). Ils ont plus spécifiquement décortiqué le lancer au baseball en six phases distinctes, soit l'élan, l'enjambée, l'armement du bras, l'accélération du bras, la décélération du bras et le suivi. Ils ont également spécifié des événements distincts, soit le contact du pied de la jambe de foulée au sol (*stride foot contact*), la rotation externe maximale de l'épaule dominante (*maximal external shoulder rotation*), la libération de la balle (*ball release*) et la rotation interne maximale de l'épaule dominante (*maximal internal shoulder rotation*) afin de mieux décrire la progression du mouvement. Dun et al. (2008) définissent un autre événement du mouvement, soit la hauteur maximale du genou (*maximal knee height*), qui a lieu avant les autres événements décrits plus haut. La figure 1 illustre les événements spécifiques associés au lancer au baseball. Elle montre également les différentes positions initiales que peuvent prendre les lanceurs avant d'effectuer leur lancer, soit la position d'élan complet et la position d'élan partiel.

Figure 1

Événements clés du lancer avec élan



Note. À partir de la position d'élan complet (*windup*) (a) et à partir de la position d'élan partiel (*stretch*) (b) : (1) position initiale (*initial position*), (2) hauteur maximale du genou (*maximum knee height*), (3) contact du pied de la jambe de foulée au sol (*lead-foot contact*), (4) rotation externe maximale de l'épaule (*maximum shoulder external rotation*), (5) libération de la balle (*ball release*) et (6) rotation interne maximale de l'épaule (*maximum shoulder internal rotation*). (Figure tirée de Dun et al., 2008).

Les différents types d'élan

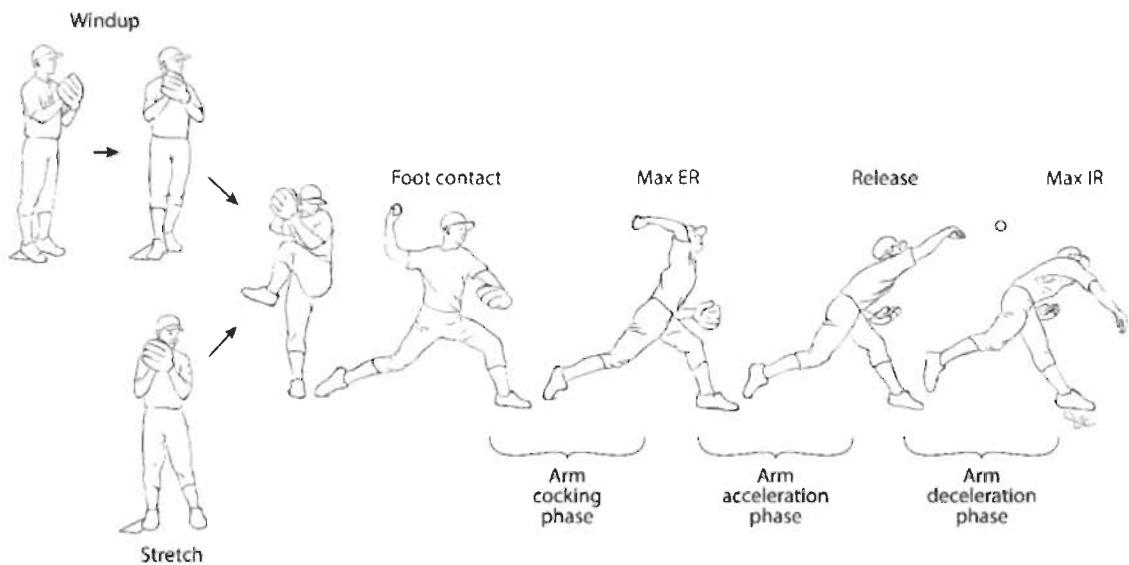
Ainsi, lors de la phase initiale de l'élan, le lanceur peut se placer dans deux positions différentes, soit l'élan complet (*windup*) ou l'élan partiel (*stretch*). Malgré ces

différences, une fois que le lanceur se trouve en position de hauteur de genou maximale, la suite du mouvement devrait être la même (Solesky et al., 2011).

En position d'élan complet, le lanceur fait face au frappeur, a les talons contre la plaque du monticule et ses deux mains doivent se trouver au niveau de la poitrine ou du menton (Solesky et al., 2011). En position d'élan partiel, le lanceur se place perpendiculairement au frappeur, les jambes écartées à la largeur des épaules avec le pied d'appui déjà parallèle à la plaque du monticule. Ses mains sont dans la même position que lors d'un élan complet. Les lanceurs se placent différemment en fonction de la situation de jeu (présence ou non d'un coureur qui tente de voler le deuxième but) et il a longtemps été soutenu que la position d'élan partiel était plus dommageable pour le corps du lanceur que la position d'élan complet puisqu'elle était considérée comme étant plus précipitée et qu'elle produisait une vitesse de lancer moindre (Dun et al., 2008). Dun et al. (2008) ont évalué la cinématique, la cinétique et les paramètres temporels entre les lancers avec élan complet et les lancers avec élan partiel et n'ont pas trouvé de différences significatives entre les deux. Ils ont donc démenti cette croyance par rapport aux dommages subi par le corps lors des lancers avec élan partiel. La figure 2 montre les phases d'un lancer typique à partir des deux positions de départ (Thompson et al., 2018). La phase d'élan se termine au moment où la hauteur maximale du genou est atteinte (Campbell et al., 2010).

Figure 2

Phases et évènements du lancer avec élan à partir des positions d'élan complet et d'élan partiel



Note. Positions de départ : Élan complet (*windup*), Élan partiel (*stretch*). Évènements : Contact du pied (*foot contact*), Rotation maximale externe (*max ER*), Libération (*release*), Rotation maximale interne (*max IR*). Phases : Phase d'armement du bras (*arm cocking phase*), Phase d'accélération du bras (*arm acceleration phase*), Phase de décélération du bras (*arm deceleration phase*). La phase de suivi n'est pas illustrée. La phase d'enjambée commence au moment où le genou est le plus haut et se termine quand le pied de la jambe de foulée touche le sol. (Figure tirée de Thompson et al., 2017).

Les lancers de receveurs

Les lancers au baseball ont donc été bien décrits et étudiés chez les lanceurs. Ces études sur les lancers avec élan ont souligné l'importance de certaines caractéristiques physiques (puissance des membres inférieurs, force globale du corps) et anthropométriques (taille, masse, masse maigre) pour la performance mais également les différences présentes entre certains groupes d'âge ou niveaux d'expertise. Cependant, tel que mentionné précédemment, d'autres joueurs que les lanceurs lancent la balle au baseball. C'est le cas des receveurs, dont le rôle est de rattraper la balle lancée par le lanceur et d'effectuer des jeux défensifs (tel lancer la balle au deuxième but afin d'éviter qu'un joueur offensif ne vole un but). Malgré tout, peu d'études se sont intéressées aux particularités associées à cette position. Les études sur les lancers chez les receveurs se sont surtout intéressées à la cinématique, à la cinétique et aux patrons d'activation musculaire sous différentes conditions (Fortenbaugh, Fleisig, & Bolt, 2010; Peng et al., 2015; Plummer & Oliver, 2013a, 2013b, 2016) mais pas à l'influence des membres inférieurs sur la vitesse de la balle. Une seule étude s'est intéressée aux lancers à genoux chez les receveurs (Plummer & Oliver, 2016). Aucune étude, à notre connaissance, ne s'est intéressée aux caractéristiques physiques et anthropométriques affectant la performance pour ce type de lancer.

Les particularités de la position de receveur

Plummer and Oliver (2013a) et Fortenbaugh et al. (2010) notent que les receveurs lancent la balle plus que n'importe quel autre joueur de position lors d'une partie de

baseball et que ces lancers de receveurs sont effectués après avoir reçu un lancer généralement très rapide et avec une trajectoire variable. Les receveurs lancent régulièrement à vitesse sous maximale (par exemple, lorsqu'ils renvoient la balle au lanceur après chaque lancer) mais ils peuvent aussi avoir à lancer le plus rapidement possible (lorsqu'ils doivent retenir un joueur au but) (Oliver, Lohse, & Gascon, 2015). De plus, contrairement aux lanceurs, les receveurs jouent généralement toute la partie sans limite de lancers (Plummer & Oliver, 2013b). Les receveurs sont placés derrière le frappeur, en position de squat plus ou moins large (Peng et al., 2015). Peng et al. (2015) ont noté que cette position de base change en fonction de la situation de jeu (coureurs aux buts ou non). Lorsqu'ils attrapent un lancer, les receveurs doivent transférer la balle du gant à la main dominante et rapidement se relever de leur position de base pour pouvoir lancer à un autre joueur défensif afin de compléter un jeu (Oliver et al., 2015). Cependant, certaines situations peuvent forcer les receveurs à lancer à genoux. Tel que souligné par Plummer et Oliver (2016), les receveurs peuvent recevoir un lancer au sol, devoir bloquer la balle avec leur corps et lancer au deuxième but en restant à genoux. Dans une telle situation, les receveurs effectuent un lancer sans utiliser l'ensemble de leur corps. Cela a un impact sur la chaîne cinétique et cinématique de même que sur l'activation musculaire de certaines parties du corps, par exemple, les membres inférieurs et le tronc (Plummer & Oliver, 2016). La performance est donc affectée par ces modifications du mouvement puisque les membres inférieurs sont importants afin d'augmenter la vitesse de la balle lors des lancers (Fleisig et al., 1996).

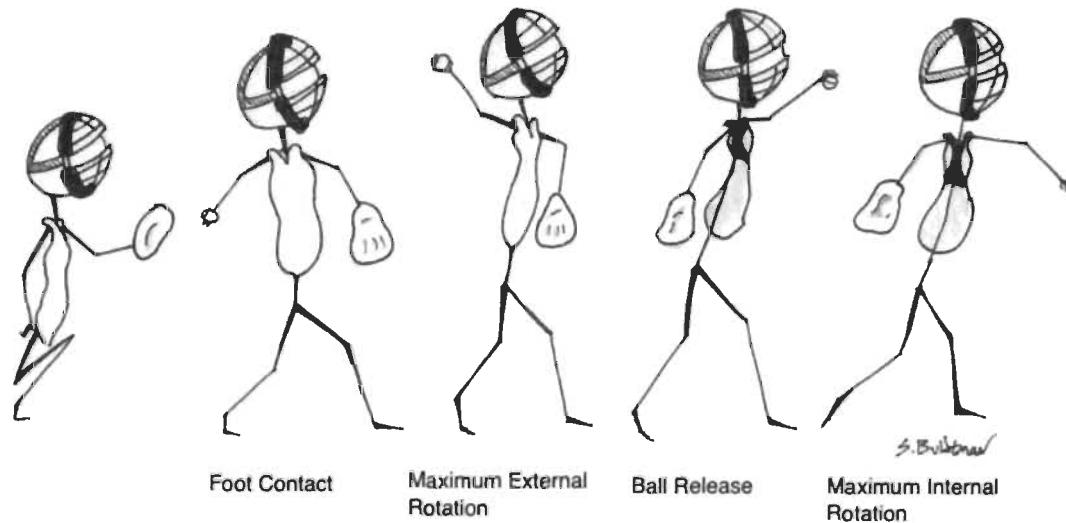
La cinématique et la cinétique des lancers du receveur

En ce qui a trait aux lancers chez les receveurs, ils peuvent être séparés en phases comme pour ceux des lanceurs (voir Figure 3). Ils présentent cependant certaines particularités par rapport à ceux-ci. C'est d'abord la position de départ qui diffère entre les deux. Tel qu'illustré dans la figure 3 tirée de Plummer et Oliver (2013b), les receveurs sont en position de squat profond au moment de recevoir le lancer avec élan. Alors que les lanceurs ont un temps presqu'illimité pour effectuer leur lancer, la position de squat force les receveurs à précipiter leurs gestes (Fortenbaugh et al., 2010) puisqu'ils doivent réagir à un lancer de lanceur. Par conséquent, Fortenbaugh et al. (2010) ont observé que les receveurs avaient une cinématique différente de celle des lanceurs effectuant des lancers ou des relais longs. De ce fait, les receveurs avaient une longueur de foulée plus petite, une position du pied d'enjambée plus ouverte, un angle du pied d'enjambée plus fermé (plan transverse), un angle de séparation du tronc et du bassin réduit au moment du contact du pied avec le sol, une flexion plus importante du coude durant la phase d'armement et moins d'inclinaison avant du tronc au moment de la libération de la balle. Ils ont expliqué ces différences par les contraintes de temps auxquelles font face les receveurs. Ceux-ci doivent par exemple relayer la balle au deuxième but le plus rapidement possible afin d'empêcher un joueur adverse de voler un but. Malgré les différences cinématiques, les auteurs ont mesuré des forces similaires au niveau de l'épaule et du coude du bras dominant entre les receveurs et les lanceurs. Ils soulignent que la réduction significative de la vitesse de la rotation du tronc supérieur et de la vitesse

de la rotation de l'épaule a mené à une réduction significative de la vitesse de la balle chez les receveurs.

Figure 3

Événements clés du lancer de receveur



Note. Position de départ : position de squat, Contact du pied avec le sol (*Foot contact*), Rotation maximale externe de l'épaule (*Maximum external rotation*), Libération de la balle (*Ball release*), Rotation maximale interne de l'épaule (*Maximum internal rotation*). (Figure tirée de Plummer et Oliver, 2013b).

Plummer et Oliver (2013a) ont analysé la cinématique et la cinétique des receveurs (baseball et softball) lançant au deuxième but. Les autrices ont également examiné les

différences entre deux groupes d'âge (groupe plus jeune : 9-14 ans, groupe plus âgé : 15-23 ans). Il est à noter que les groupes d'âge n'étaient pas équivalents en termes de sexe (groupe plus jeune : n=20, F=3, H=17, groupe plus âgé : n=18, F=15, H=3). Les autrices ont noté que la vitesse moyenne de la balle dans le groupe jeune était de $62,12 \pm 14,42$ km/h (moy \pm ÉT) et que celle du groupe plus âgé était en moyenne (\pm ÉT) de $75,65 \pm 12,91$ km/h. Dans cette étude, les autrices ont observé que la première phase du lancer servait à générer le mouvement. De plus, les lanceurs des deux groupes d'âge avaient des patrons de flexion du coude qui n'étaient pas significativement différents les uns des autres pendant le mouvement de lancer. Elles ont noté que les receveurs précipitaient leurs mouvements afin de lancer plus rapidement et que cela pouvait affecter la séquence des mouvements du bassin et du tronc. De plus, les jeunes receveurs avaient une vitesse segmentaire du haut du corps (tronc et bras) supérieure à celle des receveurs plus âgés. Ils avaient également un angle de séparation du bassin et du tronc (dans le plan transverse) réduit par rapport à leurs ainé.e.s. Ceci semblait être causé par une rotation du bassin plus hâtive chez les jeunes et expliquerait le besoin d'augmenter la vitesse segmentaire des membres supérieurs afin de compenser une séquence des mouvements moins efficace pour générer de la vitesse de balle. Par ailleurs, les receveurs plus âgés présentaient une rotation externe de l'épaule significativement plus grande que les receveurs jeunes lors du contact du pied avec le sol ($48,37^\circ$ vs $27,93^\circ$) et lors de la rotation externe maximale de l'épaule ($124,18^\circ$ vs $103,60^\circ$). De plus, les moments de force de l'épaule et du coude étaient supérieurs chez les receveurs plus âgés pendant le mouvement comparés aux receveurs plus jeunes. Les autrices soulignent que cela était probablement dû à l'habileté

de lancer plus fort plutôt qu'à une rotation segmentaire supérieure chez les receveurs plus âgés.

L'étude de Oliver et al. (2015) s'est intéressée aux différences entre la cinématique et la cinétique de 50 joueurs adolescents jouant comme receveurs ($n=25$, âge (moy \pm ET) : $12,0 \pm 2,2$ ans) ou lanceurs ($n=25$, âge (moy \pm ET) : $11,0 \pm 1,3$ ans). Les auteurs ont rapporté que la vitesse de la balle pour ces receveurs et ces lanceurs adolescents n'était pas significativement différente entre les deux groupes même si la cinétique et la cinématique entre les deux positions différaient. Ce résultat diffère de ceux obtenus par Fortenbaugh et al. (2010) auprès d'une population adulte comparant des lanceurs et des receveurs. Ainsi, les receveurs présentaient plus de flexion du tronc, plus de flexion latérale du tronc, plus de flexion latérale de la ceinture pelvienne et une plus grande vitesse des segments que les lanceurs. La plus grande différence pour la flexion latérale de la ceinture pelvienne a été observée lors du contact du pied avec le sol. Par après, la flexion latérale de la ceinture pelvienne et du tronc continuait et entraînait la flexion du tronc qui augmentait avec la progression du mouvement. Les auteurs ont également noté une différence dans la flexion du coude entre les receveurs et les lanceurs au moment de la rotation externe maximale de l'épaule. De ce fait, les receveurs présentaient une flexion maximale moyenne de 100° alors que les lanceurs fléchissaient leur coude à environ 60° au moment de la rotation externe maximale de l'épaule (étendue : environ 35° - 105°). Même si cette flexion n'était pas significativement différente entre les deux groupes, les auteurs ont noté qu'elle était importante puisque la flexion du coude a un impact sur les moments de force appliqués sur les articulations. Ainsi, la plus grande flexion du coude

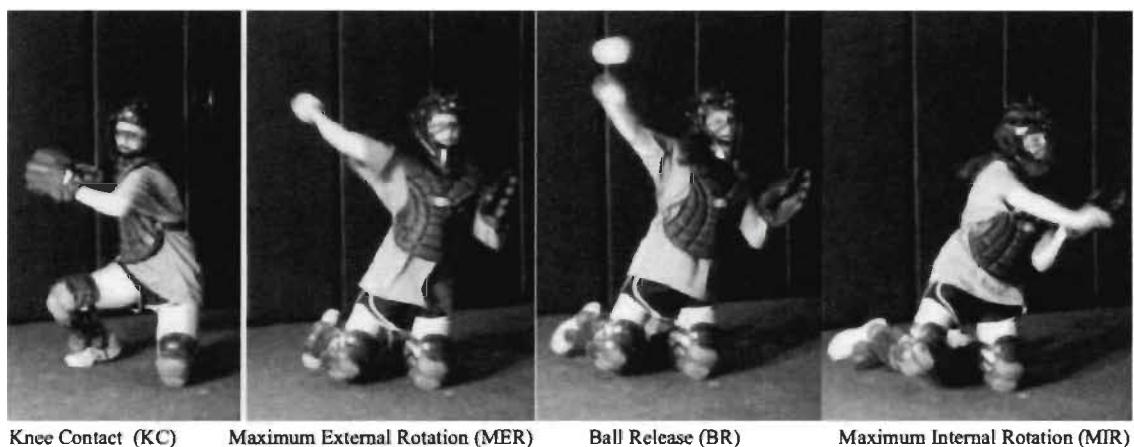
présente chez les receveurs expliquerait le moment de force plus petit observé dans ce groupe. Les différences observées seraient dues aux particularités de la position, entre autres le besoin de précipiter le mouvement de départ puisque, contrairement aux lanceurs, qui commencent leur mouvement en étant déjà placés de manière optimale, les receveurs doivent se mettre en mouvement à partir d'une position de squat (Fortenbaugh et al., 2010). Les auteurs ont également noté que les receveurs se distinguent des lanceurs par l'équipement protecteur qu'ils portent et que celui-ci peut limiter les mouvements lors des lancers.

Les receveurs se retrouvent parfois dans des situations particulières, comme quand ils reçoivent un lancer bas et qu'ils doivent lancer au deuxième but à genoux (Plummer & Oliver, 2016). Plummer et Oliver (2016) ont décrit le mouvement des receveurs (hommes et femmes) lançant au deuxième but à genoux (voir Figure 4). Cette étude a permis d'observer que le tronc des receveurs était orienté vers la droite du deuxième but et qu'il effectuait ensuite une rotation vers le bras non-dominant. L'élévation maximale de l'humérus était en moyenne (\pm ET) de $84,0^\circ$ ($\pm 21,4^\circ$) et survenait au moment de la libération de la balle. Les autrices ont noté que cette élévation était inférieure à celles rapportées dans d'autres études sur les lancers et que cela était fait dans le but de précipiter le mouvement afin de lancer la balle plus rapidement. Par ailleurs, les résultats de l'étude ont montré que la flexion maximale du coude survenait au moment de la rotation externe maximale de l'épaule et qu'il s'agissait probablement d'un mécanisme de protection de l'articulation du coude étant donné que les forces et les moments de force les plus importants survenaient également pendant les phases d'accélération et de décélération du

bras. Les autrices ont conclu que dans cette situation, les receveurs ne pouvaient pas utiliser les membres inférieurs afin de générer de la force et que les autres parties du corps devaient compenser cette perte. La chaîne cinétique était donc affectée (Plummer & Oliver, 2016) et le mouvement ne pouvait être effectué de manière optimale puisque les membres inférieurs étaient exclus du mouvement.

Figure 4

Événements clés du lancer à genoux



Note. Contact du genou au sol (*knee contact*), Rotation maximale externe (*maximum external rotation*), Libération de la balle (*ball release*), Rotation maximale interne (*maximum internal rotation*). (Figure tirée de Plummer et Oliver, 2016).

L'activation musculaire lors des lancers du receveur

Plummer et Oliver (2013a) se sont intéressées à la relation entre l'activation des muscles fessiers (grands et moyens fessiers) et la cinématique du bassin et du tronc chez

les receveurs lançant au deuxième but. Les participants étaient des receveurs de baseball (H : n=22) et de softball (F : n=20) âgés (moy \pm ET) de $14,74 \pm 4,07$ ans. Les participants recevaient un lancer en position de squat puis devaient lancer au deuxième but. Les résultats d'électromyographie de surface ont montré que l'activation maximale du grand fessier de la jambe d'enjambée (71% contraction isométrique volontaire maximale [CIVM]) et de la jambe de poussée (environ 50% CIVM) avait lieu lors de la phase d'accélération du lancer, soit entre le moment de la rotation externe maximale de l'épaule et celui de la libération de la balle. Pour ce qui est du moyen fessier de la jambe d'enjambée, son activation maximale (52% CIVM) a été atteinte pendant la phase de décélération (entre la libération de la balle et la rotation interne maximale de l'épaule) alors que celle de la jambe de poussée (environ 70% CIVM) est survenue entre le moment du contact du pied avec le sol et le moment de rotation externe maximale de l'épaule. Les autrices n'ont pas trouvé de corrélation significative entre le niveau d'activation musculaire du moyen fessier de la jambe d'enjambée et la cinématique du bassin et du tronc. Il y avait cependant une corrélation négative modérée ($r = -0,31$) entre l'activation du grand fessier de la jambe d'enjambée et la rotation axiale du bassin au moment du contact du pied avec le sol de même qu'une corrélation positive modérée ($r = 0,33$) entre l'activation du grand fessier de la jambe de poussée et la flexion du tronc au même moment. De ce fait, les autrices ont noté qu'au moment du contact du pied d'enjambée avec le sol, l'activation musculaire des muscles fessiers permettait de stabiliser le bassin (la flexion latérale de celui-ci était minimale à ce moment) et d'ancrer les muscles du tronc responsables de sa rotation (la rotation du tronc était maximale). Ainsi, il y avait une

corrélation significativement négative ($r = -0,34$) entre la flexion latérale du bassin et la rotation du tronc. Au moment de la libération de la balle, il y avait une corrélation positive significativement modérée entre la rotation axiale du tronc et la flexion latérale du bassin ($r = 0,31$) soulignant l'enchaînement des phases du mouvement. Par ailleurs, il n'y avait pas de différences d'activation musculaire et peu de différences cinématiques entre les sexes. Les hommes présentaient plus de flexion latérale du tronc du côté du gant que les femmes au moment de la rotation externe maximale de l'épaule et au moment de la rotation interne maximale de l'épaule. Leurs résultats suggèrent donc que les muscles fessiers servaient de stabilisateurs au bassin et créaient un point d'ancrage pour les fléchisseurs du tronc au moment du contact du pied avec le sol afin de permettre le transfert d'énergie, de vitesse et de force des membres inférieurs aux membres supérieurs.

Par ailleurs, Peng et al. (2015) ont analysé la cinématique et l'activation musculaire de deux types de lancers à partir de deux positions de base chez des receveurs d'âge moyen (\pm ÉT) de $18,9 \pm 2,8$ ans. L'activation musculaire était mesurée pour les quadriceps, le biceps fémoral, le tibial antérieur et les gastrocnémiens des deux jambes. Les participants devaient effectuer cinq lancers à partir d'une position de squat régulière ou large. Ces lancers étaient réalisés de deux façons, soit en effectuant un pivot, soit en effectuant une enjambée. Les auteurs ont rapporté que les lancers effectués avec une enjambée permettaient de produire une vitesse de balle supérieure que ceux effectués avec un pivot. De plus, les auteurs ont rapporté que l'activation musculaire la plus importante des ischio-jambiers de la jambe de pivot avaient lieu lors de la phase d'enjambée et qu'elle servait à générer de la force en direction de la cible. Par ailleurs, la jambe d'enjambée

servait à supporter le transfert de poids au moment du contact du pied avec le sol et au receveur de garder l'équilibre. Ils ont également noté que le mouvement de lancer n'était pas significativement différent peu importe la position de départ et le type de lancer. D'autre part, le temps requis pour effectuer un lancer n'était pas affecté par la position de départ des receveurs, mais les auteurs ont noté qu'une durée de l'action du lancer avec enjambée plus longue (quand le mouvement prenait plus de temps) permettait aux receveurs de générer plus de puissance et d'effectuer des lancers plus rapides à partir de cette position. Le type de lancer avait donc une influence sur la vitesse de la balle, mais l'étude de Peng et al. (2015) n'a pas étudié la relation entre la vitesse de la balle et l'activation musculaire lors de ces lancers chez les receveurs.

Malgré ces études sur la cinématique, la cinétique et l'activation musculaire qui caractérisent les lancers des receveurs au deuxième but, aucune étude n'a été trouvée sur les facteurs physiques et/ou anthropométriques affectant la performance (ex : vitesse de la balle, statistiques) des receveurs. Ces études biomécaniques ont donc présenté des données descriptives du mouvement et ont permis de mieux comprendre le lancer chez les receveurs. Par ailleurs, une étude s'est intéressée spécifiquement à la cinématique et à la cinétique des lancers à genoux chez les receveurs, mais elle n'a pas évalué la vitesse de la balle ou un autre indicateur de la performance pour ce type de lancer (Plummer et Oliver, 2016).

Les relais

Les relais sont utilisés par les joueurs de champs afin de se relayer la balle et ultimement de retirer un ou des joueurs adverses et ainsi les empêcher de marquer des points. La vitesse de la balle lors des relais est donc importante pour limiter la progression de l'équipe offensive (Lehman et al., 2013). Contrairement aux lanceurs et aux receveurs, les joueurs de champ peuvent prendre de la vitesse avant de lancer. Cette vitesse peut être acquise avec différentes techniques, que ce soit les bondissements (*crow hops*) ou les pas chassés (*shuffle throws*). Ce type de relais est également utilisé pour la réadaptation des lanceurs blessés avant leur retour au jeu (Fleisig et al., 2011). Le peu d'études s'intéressant aux relais les ont comparés aux lancers avec élan complet ou avec élan partiel (Fleisig et al., 2011; Lehman et al., 2013).

Les relais et le processus de réadaptation

Fleisig, Bolt, Fortenbaugh, Wilk et Andrews (2011) ont étudié l'effet de l'augmentation de la distance des lancers sur différents paramètres cinématiques et cinétiques. Les participants (17 lanceurs) devaient effectuer des lancers et des relais longs (*long toss*) avec bondissements (*crow hops*) vers un autre joueur placé à différentes distances. Les lancers étaient : un lancer avec élan complet avec un receveur à 18,4m, un relais à 37m, un relais à 55m et un relais lancé le plus loin possible. Les lancers étaient effectués à partir d'un monticule alors que les relais longs étaient réalisés à partir d'une surface plane. Les joueurs avaient libre choix sur la technique de bondissement qu'ils utilisaient, soit avec le pied arrière qui passait devant le pied avant, soit avec le pied arrière

qui passait derrière le pied avant. Les résultats de l'étude ont montré qu'il n'y avait pas de différences significatives pour la vitesse de la balle entre les quatre types de lancers. Cependant, il y avait des différences cinétiques et cinématiques entre les lancers et les relais longs. Des différences existaient également entre les différents types de relais. Ainsi, plus la distance des relais augmentait, plus les mouvements étaient différents. Les auteurs ont noté que, lors des relais longs maximaux, la flexion du coude au moment du contact du pied de foulée avec le sol était significativement plus grande que celle observée pour les autres distances. L'inclinaison du tronc augmentait également au même moment alors que la flexion du genou de la jambe de foulée et la position du pied diminuait. De plus, au moment de l'armement du bras, la flexion maximale du coude et la rotation externe maximale de l'épaule étaient plus importantes pour les relais maximaux que pour les autres lancers. À la fin du mouvement, au moment où la balle quittait la main du lanceur, les participants présentaient plus de flexion latérale du tronc et une flexion du genou avant moins grande lors des relais maximaux versus les autres distances. Les auteurs ont donc conclu que le fait d'effectuer un relais le plus loin possible entraînait des modifications importantes du mouvement. Par ailleurs, les auteurs ont comparé la vitesse angulaire maximale de différents segments après les avoir mesurés soit par leur rotation dans le plan de référence global (bassin et tronc), soit en fonction de leur taux de changement de l'angle de l'articulation (épaule et coude). Ils ont noté que la vitesse angulaire du tronc et du bassin était significativement plus grande pour les relais à distance maximale que pour les lancers et les relais à 37 et à 55 mètres. La vitesse de l'extension du coude était également plus grande pour les relais maximaux comparée aux lancers et

aux relais de 36 mètres. Finalement, lors de l'armement du bras, les moments de force étaient supérieurs au niveau du varus du coude et de la rotation interne de l'épaule pour les relais maximaux comparés aux autres distances. Les auteurs ont conclu que les relais lancés à une distance maximale modifiaient le mouvement de lancer, augmentaient la vitesse des segments et les forces appliquées sur ceux-ci, mais que la vitesse de la balle ne changeait pas significativement entre les différentes distances.

Les relais et le membre inférieur

Par ailleurs, contrairement à Fleisig et al. (2011), Lehman, Drinkwater et Behm (2013), ne se sont pas intéressés à l'utilité des relais dans la réadaptation, mais bien à la relation entre les membres inférieurs et la vitesse de la balle lors de relais avec pas chassés et de lancers avec élan partiel. Ils ont effectué des tests physiques et anthropométriques auprès de 42 joueurs universitaires de baseball droitiers ($n=33$) et gauchers ($n=9$) et ont comparé les résultats avec la vitesse de la balle lors des deux types de lancers. Ils ont ainsi mesuré la longueur ou la hauteur de différents types de sauts (sauts verticaux à un ou deux pieds, saut en longueur, saut latéral à médial, triple saut à deux pieds), la distance de lancer avec ballon lesté et le temps à différents types de sprint (10 verges, 60 verges, 10 verges sur un pied). Chez les droitiers, les résultats au saut latéral à médial de la jambe droite et la masse expliquaient environ 32,2% de la variance de la vitesse de la balle pour les lancers avec élan partiel auprès de ce groupe. Pour les relais pas chassés, les résultats au saut latéral à médial de la jambe droite et la distance du lancer arrière avec ballon lesté expliquaient un peu plus du tiers (33,8%) de la variance pour la vitesse de la balle. Chez

les gauchers, pour le lancer avec élan partiel, les résultats du saut latéral à médial de la jambe gauche à eux seuls expliquaient 68,8% de la variance de la vitesse de la balle. Pour les relais avec pas chassés, la longueur du saut latéral à médial de la jambe gauche et de la jambe droite de même que la masse expliquaient 98% de la variance de la vitesse de la balle. Les auteurs ont noté que les joueurs plus lourds dirigeaient plus de force en direction de la cible, mais qu'il était important que cet ajout de masse ne soit pas adipeux car cela affecterait négativement les résultats aux tests de saut. De plus, les auteurs ont conclu que pour évaluer efficacement l'apport des membres inférieurs à la vitesse de la balle au baseball, il fallait que les tests physiques soient effectués dans le plan frontal (plutôt que sagittal) puisque c'est dans ce plan que le mouvement de lancer a largement lieu. Ils ont souligné que la relation entre les membres inférieurs et la vitesse de la balle était probablement sous-estimée puisque les tests généralement utilisés pour évaluer la force ou la puissance des membres inférieurs n'étaient pas spécifiques au mouvement de lancer. Bien que les résultats rapportés par Lehman et al. (2013) soient intéressants, il est important de souligner qu'ils n'ont pas évalués d'autres caractéristiques physiques (ex : force globale, flexibilité, puissance musculaire des membres supérieurs) et que celles-ci pourraient également expliquer une partie de la variance de la vitesse de la balle dans les lancers avec élan partiel ou les relais pas chassés.

Facteurs généraux et anthropométriques affectant la performance au baseball

L'âge

Il a été démontré que l'âge est un important facteur de la performance au baseball. L'effet de l'âge sur la performance a été étudié auprès de différentes populations, des enfants aux professionnels de différentes ligues. Cependant, l'âge ne semble pas affecter la performance de toutes les populations de la même manière. L'âge n'a également pas le même effet sur différentes variables associées à la performance.

Chez les jeunes, la vitesse des balles lancées semble influencée par l'âge (Fleisig, Diffendaffer, Ivey, Aune, et al., 2018; Nakata et al., 2013; Sgroi et al., 2015). Fleisig et al. (2018) ont effectué une étude longitudinale sur les changements biomécaniques chez les jeunes lanceurs (9-15 ans). En suivant leurs participants pendant sept ans, les auteurs ont pu mesurer un ensemble de variables cinématiques et cinétiques. Ils ont observé que la vitesse de la balle augmentait significativement avec l'âge et que chaque groupe d'âge lançait significativement plus vite que le groupe d'âge inférieur. Ils ont expliqué ces différences significatives dans la vitesse de la balle par les différences observées pour des facteurs cinétiques chez les lanceurs plus âgés (13-15 ans) et pour des facteurs cinématiques chez les lanceurs plus jeunes (9-13 ans). De ce fait, les auteurs ont conclu que plus la cinématique et la cinétique des jeunes se rapprochaient de celles des lanceurs professionnels, plus la vitesse de la balle augmentait, soulignant ainsi l'importance de développer une bonne technique avant de commencer à développer de la force musculaire. Par ailleurs, Sgroi et al. (2015) ont étudié les facteurs démographiques et biomécaniques

permettant de prédire la vitesse des balles lancées chez les jeunes lanceurs. Ils ont recueilli les données de 420 jeunes lanceurs âgés en moyenne (\pm ÉT) de $14,7 \pm 2,6$ ans. Dans leur étude, l'âge était significativement corrélé ($r = 0,816, p < 0,001$) avec la vitesse de la balle. Leurs données ont suggéré que l'âge expliquait 66% de la variance observée pour la vitesse des balles lancées au sein de leur échantillon. Les résultats de Sgroi et al. (2015) montrent que plus un joueur adolescent est âgé, plus la vitesse de la balle augmente. Ainsi, au sein de leur population, chaque année d'âge de plus était associée avec une augmentation de $2,41 \pm 0,16$ km/h de la vitesse de la balle. Les auteurs soulignent cependant que la covariance de l'âge et de la vitesse de la balle est certainement associée à des facteurs multiples puisque les jeunes plus âgés ont possiblement appris et pratiqué une technique appropriée depuis plus longtemps que leurs pairs plus jeunes et qu'ils ont probablement plus de force musculaire. Nakata et al. (2013) ont étudié la relation entre des variables de performance et l'habileté au baseball de jeunes joueurs. Ils ont évalué les caractéristiques physiques et anthropométriques et recueilli les données de vitesse de la balle lancée de 164 joueurs âgés de 6 à 16 ans. Ils ont par la suite calculé l'énergie cinétique des balles lancées afin de pouvoir comparer les groupes utilisant des balles de différentes masses (128g : n=107, 135g : n=11 et 145g : n=46). Parmi les données recueillies, l'âge était un des prédicteurs positivement significatifs de l'énergie cinétique de la balle lors des lancers. Les auteurs ont conclu que la masse des balles utilisées pouvait avoir un impact sur les prédicteurs de l'énergie cinétique des balles lancées et qu'il fallait donc interpréter les résultats avec précaution puisque les groupes n'étaient pas tous de la même taille.

Outre la vitesse de la balle lors des lancers, l'âge semble également affecter d'autres variables associées à la performance au baseball. Ainsi, Mangine et al. (2013) ont observé que l'âge affectait à la fois les tests physiques (ex : force de préhension [kg], saut vertical [cm], sprint [s]) et les caractéristiques anthropométriques (ex : masse, pourcentage de masse adipeuse, masse corporelle maigre) de 1157 joueurs de baseball professionnels. De ce fait, certaines caractéristiques physiques, telle la vitesse, l'agilité et la force de préhension sont maintenues chez les joueurs professionnels de plus de 35 ans alors que la performance au saut vertical n'est maintenue que jusqu'à 29-31 ans. La différence de performance au saut vertical est plus prononcée chez les lanceurs que chez les autres joueurs, suggérant que les lanceurs (plus que les joueurs de position) sont capables de continuer à jouer en s'appuyant sur leurs habiletés techniques plutôt que sur leurs performances physiques. Mangine et al. (2013) concluent donc que globalement, la capacité à maintenir de bonnes performances aux tests physiques est un indicateur de la capacité à continuer à jouer au baseball mais que les lanceurs plus âgés sont également capables de continuer à jouer en s'appuyant sur leurs habiletés techniques.

De plus, l'âge semble peu affecter la cinématique et la cinétique de différents types de lancers, tels les lancers de lanceurs et les lancers de receveurs au deuxième but. Ainsi, une étude de Fleisig et al. (1999) a trouvé peu de différences cinématiques significatives entre des jeunes lanceurs (10-15 ans), des lanceurs adolescents (15-20 ans), des lanceurs universitaires (17-23 ans) et des lanceurs professionnels (20-29 ans). Seuls six des 16 paramètres cinématiques étudiés étaient significativement différents entre les groupes. La flexion du coude était donc plus importante chez les joueurs professionnels et les joueurs

universitaires que chez les jeunes joueurs lors de la phase de contact du pied de la jambe de foulée au sol. Lors de la phase d'armement du bras, des différences ont été observées entre le groupe de joueurs universitaires et de joueurs professionnel pour la vitesse maximale du bassin. La vitesse maximale du tronc lors de cette phase était également significativement différente entre le groupe de jeunes et le groupe d'adolescents, entre le groupe d'adolescents et le groupe de joueurs universitaires et entre le groupe de joueurs adolescents et le groupe de joueurs professionnels. De plus, la vélocité maximale de l'extension du coude lors de la phase d'accélération du bras était supérieure chez les joueurs universitaires comparé aux joueurs jeunes et adolescents. Lors de cette même phase, la vélocité maximale de la rotation interne de l'épaule était supérieure chez les joueurs universitaires comparé aux joueurs adolescents. Malgré l'absence de différences significatives pour plusieurs paramètres cinématiques entre les groupes, les auteurs ont observé une augmentation significative de la vitesse de balle entre les groupes d'âge. Par ailleurs, il y avait également des différences significatives pour toutes les mesures cinétiques entre tous les groupes. Les auteurs ont attribué l'augmentation de la vitesse de la balle aux différences cinétiques observées entre les groupes. Plummer et Oliver (2013a) ont étudié la cinématique et la cinétique de receveurs de baseball et de softball relayant une balle au deuxième but. Elles ont trouvé des différences cinématiques et cinétiques entre le groupe de jeunes receveurs et le groupe de receveurs plus âgés. Leurs résultats doivent cependant être interprétés avec prudence puisque les groupes de participants n'étaient pas équilibrés. Il y avait donc un groupe « jeune » composé presqu'exclusivement de garçons (H : n=17, F : n=3) et un groupe « plus âgé » avec une

majorité de femmes (H : n=3, F : n= 15). Les différences potentielles liées au sexe entre ces deux groupes n'ont pas été considérées et il est problématique de comparer des adultes et des enfants de sexes différents.

Par ailleurs, Katsumata et al. (2018) ont étudié l'effet relatif de l'âge au baseball chez 4464 élèves japonais de plus de 9 à 18 ans. Ils ont observé que chez les joueurs nés une même année, les plus âgés (nés plus tôt dans l'année) jouaient régulièrement à un niveau plus élevé (élite) que leurs pairs plus jeunes (nés plus tard dans la même année). Cet effet était cependant absent chez les joueurs de niveau élémentaire (9-12 ans). Ils en ont conclu que l'effet relatif de l'âge pourrait influencer la participation et le désir de jouer chez les joueurs relativement plus jeunes puisque cela pourrait affecter leur chance de participer à des équipes de niveau supérieur.

Les études sur la relation entre l'âge et la performance au baseball mettent donc en lumière l'importance de développer une technique appropriée avant de développer de la force et de la puissance musculaire (Fleisig et al., 1999; Fleisig, Diffendaffer, Ivey, Aune, et al., 2018). Elles soulignent également que chez les jeunes, il peut être difficile de discerner clairement l'effet de l'âge sur la performance au lancer puisque cet effet interagit possiblement avec d'autres variables, telles la masse, la taille, la technique ou encore la force (Sgroi et al., 2015).

La masse

Peu d'études se sont intéressées à l'effet de la masse sur la performance au baseball. Néanmoins, celles qui s'y sont intéressées ont trouvé à la fois des effets négatifs

(Watanabe et al., 2017) et positifs (Hoffman et al., 2009; Nakata et al., 2013) de la masse et de ses différentes composantes (taux de masse corporelle maigre, pourcentage de masse adipeuse, indice de masse corporelle). Par ailleurs, d'autres études ont recueilli des données plutôt descriptives sur la masse des joueurs (ex : Mangine et al., 2013).

Parmi les études descriptives, Mangine et al. (2013) ont observé que les lanceurs étaient généralement significativement plus lourds que les joueurs de champ. Ils ont expliqué ces différences par les qualités physiques nécessaires à la performance dans les différentes positions (les joueurs de champ courrent plus et ont de meilleures habiletés au sprint). De plus, ils ont remarqué qu'il y avait une corrélation significative positive entre l'âge et la masse des joueurs ($r = 0,267, p < 0,01$), mais que l'âge n'expliquait environ que 7% de la variabilité de la masse corporelle des joueurs pendant leur carrière professionnelle. Les auteurs ont donc conclu que les athlètes qui continuaient à jouer au baseball professionnel continuaient également à devenir plus lourd et à augmenter leur masse corporelle maigre, même si cela se faisait à un rythme plus lent au fur et à mesure qu'ils vieillissaient.

De plus, certaines études ont noté des différences de masse significatives entre les groupes d'âge et les niveaux d'expertise des joueurs. L'étude de Katsumata et al. (2018) a rapporté que la masse était significativement différente entre des joueurs élites et récréatifs à divers niveaux scolaires (élémentaire, intermédiaire, secondaire). Ainsi, les joueurs élites étaient plus lourd que les joueurs récréatifs. Les auteurs ont également rapporté que les joueurs étant nés plus tôt dans l'année étaient significativement plus lourds que ceux nés à la fin de l'année. Bien qu'ils n'aient pas rapporté de mesures de

performance, leurs données nous permettent d'avoir une idée des caractéristiques physiques en fonction des niveaux d'expertise chez les jeunes. De même, Fleisig et al. (2018) ont observé une augmentation significative de la masse avec l'âge lors d'une étude longitudinale réalisée avec des joueurs âgés de 9 à 15 ans. Ces changements sont somme toute attendus étant donné que les jeunes ont grandi pendant la durée de l'étude. Ces données descriptives nous donnent un aperçu des valeurs moyennes de masse pour des jeunes jouant au baseball.

Certaines études se sont intéressées directement à la relation entre la masse et la performance au baseball. Ainsi, Hoffman et al. (2009) ont étudié l'effet de différentes caractéristiques anthropométriques sur la performance au baseball chez une population adulte et élite. Ils ont observé que la masse augmentait entre les joueurs de niveau professionnel, AAA, AA, A et recrue et qu'elle était significativement différente entre les joueurs de la MLB et ceux des niveaux AA, A et recrue. Ils ont également observé que le taux de masse corporelle maigre était corrélé significativement positivement avec le nombre de coups de circuit ($r = 0,478, p \leq 0,05$), le nombre de buts total ($r = 0,292, p \leq 0,05$) et la moyenne de puissance ($r = 0,474, p \leq 0,05$). Cependant, les auteurs ont noté que les corrélations étaient de niveau bas à modéré et que cela s'expliquait par l'importance des habiletés techniques spécifiques au baseball nécessaires pour performer dans ce sport. Par ailleurs, une étude réalisée par Watanabe et al. (2017) auprès de joueuses professionnelles japonaises a mis en lumière que l'indice de masse corporelle était négativement corrélé avec le nombre de buts volés au cours d'une saison. Ces résultats font échos à l'étude de Hoffman et al. (2009) présentée plus haut et qui a observé que plus les joueurs avaient un

taux élevé de masse maigre, meilleures étaient leurs statistiques de performance. Chez 164 jeunes joueurs japonais, Nakata et al. (2013) ont rapporté que l'indice de masse corporelle était significativement corrélé à l'énergie cinétique de la balle lors des lancers ($r = 0,803 p<0,01$). La masse était également corrélé avec les mesures de performance physique (saut en longueur [cm], course [s], force du dos [kg], force de préhension [kg], redressement assis [n/30 secondes], flexibilité du tronc [cm]). Globalement, les auteurs de cette étude ont noté que les prédicteurs de la performance (ici l'énergie cinétique de la balle lors des lancers et des frappes) ne sont pas constants à travers les groupes d'âge. Sgroi et al. (2015) ont obtenu des résultats similaires lorsqu'ils ont mesuré la vitesse de la balle lors du lancer chez 420 jeunes lanceurs. La vitesse de la balle était significativement positivement corrélée avec la masse ($r = 0,732 p\leq0,001$) et avec l'indice de masse corporelle ($r = 0,495 p\leq0,001$).

On peut donc dire que la masse, et ses différentes composantes (entre autres l'indice de masse corporelle et le taux de masse corporelle maigre) peuvent avoir un effet sur la performance au baseball, mais que la relation entre masse et vitesse de la balle n'est pas constante à travers les groupes d'âge, les niveaux d'expertise et les sexes.

La taille

La taille est une caractéristique anthropométrique qui a été étudiée en lien avec la performance au baseball. Bien que plusieurs auteurs se soient intéressés à ce paramètre, les effets de la taille sur la performance semblent mitigés. La relation entre taille et performance semble différer en fonction de l'âge des joueurs, mais pas de leur sexe.

Ainsi, Dun et al. (2007) ont rapporté qu'il n'y avait pas de différences significatives de taille entre des joueurs de différents niveaux professionnels (Major League Baseball (MLB), recrues, A, AA) mais d'âges différents (jeunes : $19,7 \pm 0,5$ ans, adultes : $29,5 \pm 2,0$ ans). Ils ont souligné que les différences de performance (vitesse de la balle) observées dans leurs résultats étaient certainement dû à d'autres facteurs, tels l'expérience et l'âge. Hoffman et al. (2009) ont noté que la taille n'était pas un prédicteur de la performance mesurée en fonction des statistiques de saison (moyenne de puissance, coups de circuit, total des buts, nombre de buts volés) de joueurs de différents niveaux (professionnels, recrues, A, AA, AAA). De même, Watanabe et al. (2017) ont étudié les statistiques de saison chez des joueuses japonaises professionnelles et évalué certains paramètres anthropométriques et physiques afin de mieux comprendre les facteurs qui affectaient la performance. Bien qu'ils n'aient pas observé d'effet de la taille sur la performance (statistiques de saison), ils ont noté que la taille était significativement positivement corrélée avec certaines mesures physiques, telles la force de préhension (mains gauche et droite), la force lors de l'extension et de la flexion des genoux (unilatérale) et la force du dos. Il semblerait donc que chez les adultes, hommes et femmes, la taille ne soit pas un facteur influençant la performance.

Cependant, la taille semble être un facteur ayant des effets plus variés chez les jeunes joueurs. De ce fait, Nakata et al. (2013) ont étudié la relation entre la performance au baseball et des variables physiques et anthropométriques chez 164 jeunes joueurs âgés de 6,4 à 15,7 ans. Les participants de l'étude ont effectué plusieurs tests physiques (ex : sprint de 10 m, force de préhension, force du dos) et leur taille et leur masse ont été

mesurées. La vitesse de la balle, au lancer et à la frappe, a été utilisée comme mesure de la performance. Cette vitesse a ensuite été convertie en énergie cinétique. Dans leurs résultats, la taille était significativement positivement corrélée avec la vitesse de la balle de même qu'avec plusieurs autres variables, tels que la force de préhension, la distance du saut en longueur, le nombre de redressements assis et la force du dos. Cependant, la taille était corrélée de manière significativement négative avec la vitesse au sprint. Malgré ces corrélations significatives positives, les régressions effectuées n'ont pas montré que la taille était un prédicteur de l'énergie cinétique de la balle pour aucun des groupes.

Par ailleurs, une étude longitudinale réalisée par Fleisig, Diffendaffer, Ivey, Aune, et al. (2018) s'est intéressée aux changements cinétiques et cinématiques observés chez des jeunes lanceurs pendant sept ans. Chez les participants (recrutés à l'âge de neuf ans et suivis jusqu'à 15 ans), les auteurs ont noté des changements significatifs de la taille avec l'âge mais n'ont pas regardé précisément l'effet de la taille sur le mouvement. De même, Katsumata et al. (2018) ont étudié les caractéristiques de l'effet relatif de l'âge chez des joueurs juniors de niveau récréatif et élite. Ils ont noté qu'il y avait une différence significative de taille entre les joueurs nés à différents moments dans une même année (ex : les joueurs nés au début de l'année étaient plus grands que les joueurs nés à la fin de l'année) et entre les niveaux d'expertise. Les joueurs de niveau élite étaient significativement plus grands que les joueurs de niveaux récréatifs. Bien que cette étude ait trouvé des différences significatives de taille entre des joueurs nés à des moments différents et ayant des niveaux d'expertise différents, les auteurs ne se sont pas intéressés spécifiquement à l'effet de la taille sur la performance.

Une seule étude s'intéressant aux prédicteurs de la vitesse de la balle lors des lancers avec élan chez des lanceurs adolescents a trouvé que la taille était significativement corrélée à cette mesure de performance. Sgroi et al. (2015) ont observé que, chez 420 jeunes lanceurs, pour chaque pouce de grandeur de plus, il y avait une augmentation de $1,93 \pm 0,32$ km/h de la vitesse de la balle. Ils ont expliqué que les participants plus grands avaient certainement des bras de levier plus longs qu'ils pouvaient utiliser pour transférer de la force à la balle et ainsi augmenter la vitesse de cette dernière. Les auteurs ont cependant noté une importante covariance de la taille et de l'âge. Il est donc difficile de distinguer les effets respectifs de ces deux variables. Néanmoins, il semblerait que la taille ait un effet sur la performance au lancer chez les jeunes joueurs de baseball.

Les auteurs s'étant intéressés à la taille et la performance au baseball ont rapporté des résultats variés sur l'effet de cette caractéristique physique. Il semblerait que chez les adultes de niveau professionnel, la taille n'ait pas d'effet sur la performance, qu'elle soit mesurée en fonction des statistiques de saison ou de la vitesse de la balle (Dun et al., 2007; Hoffman et al., 2009; Watanabe et al., 2017). Cependant, chez les jeunes joueurs, les résultats sont moins clairs. Certaines études n'ont rapporté aucun effet de l'âge sur la performance (Nakata et al., 2013) alors que d'autres ont observé que la taille différait selon le niveau d'expertise des joueurs (Katsumata et al., 2018) et qu'elle avait un effet sur la vitesse de la balle lors des lancers (Sgroi et al., 2015). Les études s'intéressant à la taille et à la performance chez les jeunes laissent par ailleurs présager que l'effet de la taille est certainement modulé par l'âge (Sgroi et al., 2015).

Facteurs physiques affectant la performance au baseball

La force musculaire

Parmi les caractéristiques physiques affectant la performance au lancer au baseball, la force musculaire générale revient fréquemment comme étant associé positivement avec la vitesse de la balle. La force de préhension permet d'évaluer la force des mains mais également la force musculaire globale du corps (Wong, 2016). C'est donc un indicateur utile lorsque vient le temps d'évaluer la performance au baseball puisque celui-ci a une relation positive avec différentes composantes de la performance, telles la vitesse de la balle (lancée ou frappée) ou encore la vitesse du bâton lors des frappes (Spaniol, 2009).

La force de préhension a été étudiée en lien avec la performance au baseball auprès de différentes populations professionnelles (Hoffman et al., 2009; Mangine et al., 2013; Watanabe et al., 2017). Ainsi, Hoffman et al. (2009) ont comparé les données de force de préhension de joueurs professionnels de différents niveaux (MLB, AAA, AA, A et recrue). Ils ont noté que la force de préhension était significativement plus grande chez les joueurs de la MLB et de niveaux AAA et AA comparé aux joueurs de niveaux A et recrues. Leur étude a également mis en lumière que la force de préhension était significativement corrélée de manière positive avec le nombre de coups de circuit, le nombre de buts total et la moyenne de puissance. Cependant, bien que les résultats au test de force de préhension étaient corrélés avec ces variables de performance, ils n'étaient

pas prédicteurs de celles-ci dans les modèles de régressions. Les auteurs ont expliqué ces résultats en soulignant que les athlètes les plus forts étaient aussi les plus puissants et que la variance des résultats de force de préhension pouvait être expliquée par la variance de la puissance au test de saut vertical. Watanabe et al. (2017) ont également étudié le lien entre la force de préhension et la performance auprès d'une population professionnelle, mais féminine plutôt que masculine. Contrairement à Hoffman et al. (2009), Watanabe et al. (2017) n'ont pas observé de relation entre la force de préhension et la performance (telle que mesurée par les statistiques d'une saison, ex : nombre de buts total, moyenne de puissance, buts volés et autres). La force de préhension n'était également pas un prédicteur de la performance auprès de la population étudiée. Ces résultats s'expliquent entre autres par le fait que, bien que la population à l'étude ait été des professionnelles, elles ne disposaient pas des dispositifs de préparation physique et d'entraînement mis en place auprès des équipes professionnelles masculines. Les auteurs ont noté ces limitations et indiqué qu'elles expliquaient peut-être une partie des résultats obtenus. Par ailleurs, Mangine et al. (2013) se sont aussi intéressés à la force de préhension et à la performance au baseball. Contrairement aux autres études s'étant intéressées à la performance et à la force de préhension, l'étude de Mangine et al. (2013) a analysé le lien entre la force de préhension sur la vitesse de la balle lors des lancers. Les auteurs ont rapporté que la force de préhension différait significativement entre les différents groupes d'âge de l'étude (joueurs âgés de moins de 20 ans à plus de 35 ans) et qu'il y avait une augmentation significative de la force de préhension entre les groupes AG1 (-20 ans), AG2 (20-22 ans) et le groupe AG4 (26-28 ans), autant pour les lanceurs que pour les joueurs de champ. Les

auteurs ont également observé, chez les lanceurs, une augmentation de 13,3% de la force de préhension entre le groupe le plus faible (AG1) et le groupe le plus fort (AG4). Étant donné que la force de préhension augmentait chez les lanceurs et les joueurs de champ jusqu'à 30 ans, les auteurs ont souligné qu'elle était importante pour la vitesse de la balle lors des lancers et des relais.

Par ailleurs, Nakata et al. (2013) ont noté une amélioration progressive de la force de préhension avec l'âge chez 164 jeunes âgés de 6 à 15 ans. Leur étude a montré que la force de préhension était un prédicteur significatif positif de l'énergie cinétique des balles lancées et que la force de la main gauche et de la main droite était corrélée significativement positivement avec celle-ci. Cependant, les auteurs ont noté que les prédicteurs de la vitesse de la balle lors des lancers n'étaient pas les mêmes à travers différents groupes d'âge. Ainsi, chez les plus jeunes, seule la force de préhension de la main droite permettait de prédire la performance au lancer alors que ce n'était pas le cas avec le groupe « moyen » et le groupe « âgé ».

La puissance musculaire des membres inférieurs

Certaines études en évaluation de la performance se sont intéressées aux liens entre puissance des membres inférieurs et vitesse de la balle (Hoffman et al., 2009; Nakata et al., 2013; Watanabe et al., 2017). La puissance est le produit de la force par la vitesse ($P=FV$ où P est la puissance en watts, F est la force en newtons et V est la vitesse en mètres/seconde) (Allard, Dalleau, Begon, & Blanqui, 2011). Lorsqu'on parle de puissance musculaire, celle-ci peut être définie comme le produit de la force produite par un muscle

et de sa vitesse de contraction (Debraux & Manolova, n.d.). Ainsi, chez deux athlètes qui développent la même force, celui ou celle qui développe cette force avec la plus grande vitesse est plus puissant.e. Bien que l'unité de mesure de la puissance soit les watts, la puissance musculaire est régulièrement évaluée de manière indirecte, par exemple par la distance obtenue lors de tests de sauts.

Dans sa recension des écrits, Spaniol (2009) souligne l'importance de la puissance des membres inférieurs pour la production de vitesse de la balle lors des lancers. Il rapporte ainsi qu'il y a une relation positive entre la puissance des membres inférieurs et la vitesse de la balle. Cette recension des écrits se concentre sur les différentes composantes de la performance (caractéristiques physiques et anthropométriques) et sur les tests à utiliser pour les évaluer. L'auteur note que les résultats aux tests de sauts vertical ou horizontal permettent d'évaluer la puissance des membres inférieurs chez l'ensemble des joueurs de baseball. Les résultats aux tests peuvent subséquemment être utilisés pour bâtir des plans d'entraînement spécifiques aux athlètes testés.

Watanabe et al. (2017) se sont intéressés aux liens entre les caractéristiques physiques à la fin de la pré-saison et à la performance pendant la saison chez des joueuses professionnelles de baseball au Japon ($\text{âge} [\text{moy} \pm \text{ET}] = 21,9 \pm 2,9$ ans). Les participantes ont effectué différents tests physiques, entre autres des sauts verticaux et des sauts en longueurs sans élan afin d'évaluer la puissance des membres inférieurs. Il y avait des corrélations positives significatives entre les résultats à ces tests et certaines mesures de performance individuelle utilisées dans l'étude (le nombre de buts total, le nombre de buts volés et la moyenne de puissance). De plus, les résultats au saut vertical étaient des

prédicteurs positifs de la performance au bâton et du nombre de buts volés. Leurs résultats n'ont cependant pas montré la même relation prédictive entre le saut horizontal sans élan et la performance.

Dans une étude sur 164 jeunes joueurs de baseball (âge : 6,4 – 15,7 ans), Nakata et al. (2013) se sont intéressés aux facteurs prédicteurs de la performance (énergie cinétique de la balle lancée, un indicateur de la vitesse de la balle) au sein de cette population. La puissance des membres inférieurs a été évaluée à l'aide d'un test de saut en longueur sans élan. Leurs résultats ont montré, entre autres, que le saut en longueur sans élan était un prédicteur de l'énergie cinétique des balles lancées. Les auteurs ont cependant noté que les prédicteurs n'étaient pas les mêmes dans tous les groupes d'âge et que certains prédicteurs de l'énergie cinétique des balles lancées étaient également des prédicteurs de l'énergie cinétique des balles frappées.

Hoffman et al. (2009) ont comparé les facteurs anthropométriques et les résultats de tests physiques à la performance (statistiques de saison) chez des joueurs de différents niveaux professionnels. En termes de puissance du bas du corps, les auteurs ont noté que les résultats au test de saut vertical n'étaient pas significativement différents entre les groupes testés (MLB, AAA, AA, A et recrues). Cependant, les auteurs ont également observé que la puissance maximale et la puissance moyenne des sauts (calculées avec la formule de Harman : Puissance maximale (W) = 61,9 · hauteur du saut (cm) + 36,0 · masse corporelle (kg) + 1822; Puissance moyenne (W) = 21,2 · hauteur du saut (cm) + 23,0 · masse corporelle (kg) – 1393) étaient significativement différentes entre certains des groupes. Ainsi, les joueurs de la MLB avaient des puissances maximale et

moyenne supérieures aux joueurs de niveaux AA, A et recrues alors que les joueurs de niveau AAA et AA avaient des puissances maximale et moyenne supérieures aux joueurs des niveaux A et recrues. De plus, la puissance maximale du saut vertical et la puissance moyenne du saut vertical étaient toutes les deux corrélées significativement positivement avec le nombre de coups de circuit, le nombre de buts total et la moyenne de puissance. La puissance moyenne du saut vertical était également corrélée significativement positivement avec le nombre de buts volés. La puissance moyenne et la puissance maximale au saut vertical était par ailleurs significativement corrélées entre elles ($r = 0,99$) alors les auteurs ont inclus seulement la puissance moyenne au saut vertical dans leur modèle de régression. Cette variable était un prédicteur significatif du nombre total de but, du nombre de coups de circuit et de la moyenne de puissance.

Il semble donc que les tests de saut (vertical ou horizontal) soient efficaces pour prédire la performance autant en termes de vitesse de balle lancée qu'en fonction des statistiques de saison.

La course

La course est une composante fondamentale du baseball (Spaniol, 2009). Les athlètes les plus rapides sont normalement les joueurs de champs (Spaniol, 2009). Les liens entre la vitesse de course et la performance au baseball ont été étudiés en fonction des statistiques de saison (Hoffman et al., 2009), de la vitesse de la balle (Lehman et al., 2013) et de l'énergie cinétique de la balle (Nakata et al., 2013).

Hoffman et al. (2009) ont examiné la relation entre certaines caractéristiques anthropométriques et physiques et les statistiques de saison chez des joueurs de baseball professionnels. Dans leur échantillon, les résultats au sprint de 10 verges (9 mètres) étaient un prédicteur significativement positif du nombre de buts total, mais pas des autres statistiques (nombre de coups de circuit, pourcentage de puissance, nombre de buts volés). Cette étude ne s'est pas intéressée aux lanceurs. Les résultats au sprint semblent donc être un indicateur important de la performance au baseball en général, mais il n'est pas possible de dire s'ils le sont également pour la performance au lancer avec élan.

Dans leur étude examinant les corrélations entre les résultats à des tests du bas du corps (force, puissance, vitesse) et la vitesse de la balle chez des joueurs de niveau universitaire, Lehman et al. (2013) n'ont pas trouvé de relation significative entre la vitesse de course et la vitesse de la balle. Ils ont expliqué cette absence de lien par la non-spécificité du mouvement de course par rapport aux lancers. Leurs conclusions soulignent l'importance de la spécificité des tests pour l'évaluation de la performance au lancer au baseball (ex : tests de sauts dans le plan frontal vs sagittal). De plus, les auteurs notent le besoin d'entraîner les athlètes dans le plan spécifique au lancer, soit le plan frontal, afin d'augmenter la vitesse de la balle lors des lancers.

Contrairement aux auteurs précédents, Nakata et al. (2013), ont observé que le temps pour réaliser un sprint de 10 mètres permettaient de prédire la performance au lancer chez de jeunes joueurs (étendue : 6,4-15,7 ans). Cette étude a examiné différentes composantes de la performance (ex : âge, expérience, indice de masse corporelle (IMC), sauts, sprint, force de préhension) chez des jeunes garçons. Les auteurs ont noté que les

performances des joueurs à ces tests augmentaient progressivement avec l'âge. Si une variété de tests permettait de prédire l'énergie cinétique de la balle (indicateur de la vitesse de la balle) dans chaque groupe d'âge, les résultats au sprint de 10 mètres étaient cependant toujours prédicteurs de la performance, peu importe le groupe d'âge évalué.

La course semble donc être un facteur important de la performance au baseball. Néanmoins, chez les lanceurs, il se peut qu'il y ait des différences entre les athlètes adultes et les athlètes plus jeunes (enfants et adolescents). Ainsi, chez les jeunes, les résultats aux tests de sprint semblent être un indicateur constant de la performance au lancer (Nakata et al., 2013). Cependant, chez les athlètes universitaires, la performance à la course ne semble pas être un facteur prédicteur de la vitesse de la balle, probablement parce que cette activité n'est pas assez spécifique aux lancers (Lehman et al., 2013).

CHAPITRE 3

PROBLÉMATIQUE

Dans les sports d'équipe, évaluer la performance permet de classer des athlètes en fonction de caractéristiques prédéfinies afin de former des équipes. Cela permet aussi de déterminer les forces et les faiblesses des athlètes et, conséquemment, d'adapter les entraînements individuels et les pratiques collectives afin de combler des déficits, consolider des points forts et ultimement, favoriser la performance.

La performance au baseball a été évaluée en fonction des statistiques de saison (Hoffman et al., 2009; Kohmura et al., 2008; Watanabe et al., 2017) ou selon la vitesse de la balle lors des lancers ou des frappes (Lehman et al., 2013; Sgroi et al., 2015; Werner et al., 2008). Chez les lanceurs, la performance est généralement évaluée en fonction de la vitesse de la balle puisque celle-ci est importante pour avoir du succès (Werner et al., 2008).

Ainsi, plusieurs études en cinématique, en cinétique et en électromyographie ont permis de décrire le mouvement de lancer avec élan complet ou élan partiel et ont mis en lumière l'importance de la coordination entre le bas et le haut du corps pour produire une vitesse de balle maximale. Fleisig et al. (1996) ont ainsi divisés les lancers en six phases distinctes. Werner et al. (2008) ont observé que plusieurs caractéristiques biomécaniques sont associées avec la vitesse de la balle lors des lancers (ex : le temps entre les différentes phases du lancer, la flexion ou les angles de différentes parties du corps (genoux, coudes) ou encore la vitesse de rotation du tronc). Par ailleurs, dans leur revue systématique sur

les lancers avec élan chez les jeunes, Thompson et al. (2018) ont souligné que les membres inférieurs initient la chaîne cinétique, ce qui permet la transmission des forces jusqu'à la balle au moment où elle quitte la main du lanceur. Plus particulièrement, les muscles des membres inférieurs permettent de supporter et de stabiliser le lanceur pendant toutes les phases du mouvement afin de favoriser le transfert de forces du bas du corps jusqu'à la balle (Campbell et al., 2010). Les membres inférieurs jouent donc un rôle essentiel dans la production de vitesse de la balle. Mercier et al. (2020) ont effectué un examen de la portée de la littérature (34 articles inclus) s'intéressant aux facteurs individuels associés à la performance lors des lancers avec élan au baseball. Ils ont noté que la vitesse de la balle était généralement utilisée pour évaluer la performance au lancer (30 articles). Parmi les études incluses dans cet examen de la portée, la masse corporelle, l'âge et plusieurs composantes cinématiques (inclinaison du tronc vers l'avant, flexion du genou de la jambe d'enjambée, adduction horizontale de l'épaule et inclinaison latérale du tronc) étaient associées avec la performance lors des lancers avec élan au baseball. Cet examen de la portée a mis en lumière la diversité des facteurs affectant la performance au lancer au baseball.

De plus, différentes caractéristiques physiques et anthropométriques peuvent affecter la performance au lancer. Spaniol (2009) souligne que la composition corporelle, la flexibilité, la force musculaire, la puissance des membres inférieurs, l'agilité et la vitesse de course peuvent toutes être associées à une plus grande vitesse de balle. L'étude de Sgroi et al. (2015) a conclu que chez des jeunes, l'âge, la taille, la masse et l'indice de masse corporelle (IMC) étaient tous corrélés avec la vitesse de la balle. Nakata et al.

(2013) se sont également intéressés aux facteurs prédisant la performance chez les jeunes. Ils ont conclu que l'âge, l'IMC, la longueur du saut en longueur sans élan, le temps au sprint de 10 mètres et la force de préhension étaient tous prédicteurs de l'énergie cinétique de la balle (indicateur de la vitesse de la balle). Plusieurs facteurs physiques et anthropométriques semblent donc affecter la vitesse de la balle lors des lancers avec élan complet ou avec élan partiel.

Bien que de nombreuses études se soient intéressées aux lancers distinctifs des lanceurs, il existe d'autres types de lancers au baseball et leur utilisation est spécifique à certaines situations de jeu. Parmi ces lancers on peut donc distinguer les relais (spécifiques aux joueurs de champs) et les lancers à genoux (spécifiques aux receveurs).

Peu d'études se sont intéressées à ces autres types de lancers. Lehman et al. (2013) ont comparé les différents facteurs affectant la performance lors de lancers avec élan partiel et de relais avec pas chassés. Ils ont noté que les résultats aux tests de sauts dans le plan frontal mais pas sagittal étaient des prédicteurs significatifs de la vitesse de la balle et qu'une augmentation de la masse corporelle pouvait être associée à une amélioration de la performance si celle-ci était due à une augmentation de masse maigre. Bien que quelques études se soient intéressées aux caractéristiques des lancers de receveurs (Fortenbaugh et al., 2010; Peng et al., 2015; Plummer & Oliver, 2013a, 2013b), une seule s'est intéressée aux lancers à genoux (Plummer & Oliver, 2016). Cette étude a révélé que pour compenser la perte de l'apport des membres inférieurs à la chaîne cinétique, les receveurs devaient utiliser leur tronc et leurs bras pour générer plus de force pour maintenir la vitesse de la balle.

Au baseball, la relation entre caractéristiques anthropométriques, caractéristiques physiques et performance sportive a été étudiée dans différents contextes et auprès de diverses populations. Néanmoins, il existe peu d'études sur la performance chez les jeunes (Nakata et al., 2013; Sgroi et al., 2015), chez les femmes (Chu et al., 2009; Watanabe et al., 2017) et aucune chez les jeunes filles. Il est donc important d'étudier cette population afin de mieux comprendre les particularités liées à la performance chez celle-ci. Cela permettra de mieux adapter les tests de sélection et les critères d'évaluation ainsi que de développer des plans d'entraînement adaptés aux jeunes joueuses de baseball.

CHAPITRE 4

OBJECTIF ET HYPOTHÈSES

Objectif

L'objectif de cette étude était de mieux comprendre la relation entre les caractéristiques anthropométriques et physiques et la performance au baseball féminin chez des joueuses de moins de 18 ans. La performance se définit ici comme la vitesse de la balle lors de trois types de lancers représentatifs de différentes situations de jeu lors d'une partie de baseball, soit les lancers avec élan complet, les lancers de receveurs à genoux et les relais avec pas chassés.

Hypothèses

Nous avons émis l'hypothèse que l'âge et la taille (Sgroi et al., 2015) ainsi que la distance lors du saut en longueur sans élan (Nakata et al., 2013) permettront de prédire la vitesse de la balle lors des trois types de lancers, soit le lancer avec élan complet, le relais et le lancer à genoux. Nous avons également émis l'hypothèse que les caractéristiques anthropométriques (taille, masse, circonférences des avant-bras et des bras) prédiront plus la performance que les caractéristiques physiques (force musculaire générale et puissance des membres inférieurs).

CHAPITRE 5

MÉTHODOLOGIE

Cette étude transversale (observationnelle) dans un environnement naturel a mesuré les caractéristiques anthropométriques et physiques de jeunes joueuses de baseball. La vitesse de la balle pour trois types de lancers (lancer à élan complet, relais avec pas chassés et lancer à genoux) a également été enregistrée. Un certificat éthique a été obtenu du Comité éthique de recherche avec des êtres humains de l'Université du Québec à Trois-Rivières (CER-19-257-07.22). Le consentement libre et éclairé d'un ou des parents et/ou tuteur.trice.s légaux de toutes les joueuses de moins de 18 ans a été obtenu.

Recrutement des participantes

L'association de baseball féminin de la Mauricie et les responsables de l'événement « La tournée du baseball féminin » ont été contactés par courriel pour expliquer le projet de recherche et solliciter la participation de l'ensemble de leurs membres au projet de recherche. En Mauricie, 245 jeunes filles jouaient au baseball au moment de la collecte de données (été 2019) (Baseball Mauricie, 2019). Un courriel a été relayé à l'ensemble des équipes de la Mauricie ayant des joueuses répondant aux critères d'inclusion (soit 127 joueuses). Par la suite, les équipes intéressées ont reçu un courriel explicatif détaillé sur le projet de recherche avec un lien vers le formulaire d'information et de consentement et le questionnaire d'informations générales à remplir. Une date pour

la collecte de données était discutée et établie avec l'entraîneur ou la gérante de l'équipe. Au moment de la collecte de données, des formulaires d'information et de consentement et des questionnaires papier étaient mis à la disposition des parents/tuteur.trice.s légaux qui n'auraient pas eu la possibilité de remplir la version en ligne des documents.

Critères d'inclusion et d'exclusion

Pour participer, les joueuses devaient être âgées entre 9 et 17 ans, jouer dans une équipe affiliée à Baseball Québec et jouer dans la catégorie d'âge moustique (9-10 ans) ou dans une catégorie d'âge supérieure. Cela représentait un échantillon maximal de 127 joueuses en Mauricie. Les joueuses étaient exclues si elles avaient moins de neuf ans ou plus de 17 ans. L'âge minimal a été choisi puisque avant 9 ans, les joueuses n'effectuent pas de lancers avec élan. Toutes les joueuses qui satisfaisaient aux critères d'inclusion ont été incluses dans l'étude. Vingt-neuf joueuses de baseball ont finalement été recrutées auprès de l'association de baseball féminin de la Mauricie pour participer à cette étude.

Collecte de données

Trois séances de collectes de données ont eu lieu lors d'activités de différentes équipes féminines de baseball (pratiques régulières et événement de promotion du baseball). Les collectes de données ont eu lieu aux mois de juin et juillet 2019.

Le but de l'étude et les procédures des tests ont été expliqués verbalement aux entraîneurs, aux parents et aux joueuses de chaque équipe qui a accepté de participer au projet. Le ou les parents et/ou tuteur.trice.s légaux de chaque joueuse ont lu et signé le

formulaire d’information et de consentement avant de compléter un questionnaire d’informations générales (nombre de pratiques par semaine, nombres de parties par semaine, nombre d’équipe, équipe féminine ou masculine, catégorie d’âge, niveau de jeu). Les données démographiques (âge) et les caractéristiques anthropométriques (taille, masse) ont été obtenues par questionnaire (en ligne ou papier) auprès des parents des joueuses avant ou durant la collecte de terrain.

Les tests physiques étaient séparés en quatre stations. Tous les tests se sont déroulés sur gazon, dans le champ extérieur de différents terrains de baseball. Cette décision a été prise afin de permettre aux équipes d’effectuer leur pratique régulière pendant que les participantes passaient aux stations par groupes de deux, trois ou quatre. Toutes les participantes ont effectué tous les tests (force de préhension, saut en longueur sans élan, sprint, lancers) dans le même ordre. Les tests étaient expliqués aux participantes à chaque station et elles pouvaient effectuer trois à cinq essais de pratique afin de se familiariser avec les tests avant que leurs résultats ne soient enregistrés. Tous les résultats ont été enregistrés et le maximum obtenu pour chaque test a été utilisé dans les analyses.

La circonférence des deux bras et des avant-bras (partie la plus large du membre au repos) a été mesurée par la même assistante de recherche à la fin de chaque séance de collecte de données.

Tests physiques

Force musculaire générale

Force de préhension

La force générale a été mesurée avec un test de force de préhension à l'aide d'un dynamomètre mécanique à ressort *Baseline Smedley* (Fabrication Enterprise Inc., USA). Les tests de force de préhension ont été utilisés dans d'autres études mesurant la force globale en lien avec la performance au baseball (Hoffman et al., 2009; Mangine et al., 2013; Nakata et al., 2013; Watanabe et al., 2017). Hoffman et al. (2009) ont calculé la fiabilité test-retest de ce test ($R > 0,90$). La poignée du dynamomètre était ajustée aux mains des participantes par une assistante de recherche. Les participantes ont reçu comme consignes de tenir le dynamomètre le long de leur corps, de prendre une inspiration profonde avant et d'expirer complètement pendant qu'elles seraient la poignée du dynamomètre le plus fort possible. Les participantes ont effectué deux essais maximaux avec chaque main (puisque il n'y avait pas de différence importante entre les essais). Les participantes étaient encouragées verbalement à expirer complètement par la bouche et à serrer la poignée le plus fort possible par l'assistante de recherche. Les résultats étaient notés en kilogrammes. Tous les résultats ont été notés par une assistante de recherche. Le meilleur des résultats pour chaque main a été utilisé pour l'analyse.

La puissance musculaire des membres inférieurs

Saut en longueur sans élan

La puissance des membres inférieurs a été évaluée indirectement à l'aide d'un test de saut en longueur sans élan effectué sur du gazon à partir d'une position statique. Ces tests ont été utilisés dans d'autres études évaluant l'apport des membres inférieurs à la performance au baseball (Hoffman et al., 2009; Nakata et al., 2013; Spaniol, 2009; Watanabe et al., 2017). Les participantes étaient placées avec les orteils derrière la ligne de départ et devaient sauter le plus loin possible. Elles pouvaient effectuer une flexion des genoux et utiliser leurs bras pour se donner un élan. La distance totale en centimètre était mesurée entre le talon du pied le plus près de la ligne de départ et celle-ci à l'aide d'un ruban à mesurer *Dewalt* (Dewalt, USA). Les résultats des trois essais ont été notés par une assistante de recherche. Le meilleur résultat a été utilisé pour l'analyse.

Sprint

La puissance du membre inférieur a également été évaluée par un test de sprint. Plusieurs études ont utilisé des tests de sprints afin d'étudier le lien entre performance à la course et performance au baseball (Hoffman et al., 2009; Lehman et al., 2013; Nakata et al., 2013). Hoffman et al. (2009) ont calculé la fiabilité test-retest pour un sprint de 10 verges (neuf mètres) à $R > 0,90$. La distance totale du sprint était de 27 mètres. Cette distance a été sélectionnée puisque c'est la distance habituelle entre les buts (Baseball Canada, 2011). Elle nous permettait entre autres de mesurer un sprint de 10 mètres et de

s'assurer que les joueuses ne ralentissent pas avant d'avoir dépassé cette distance. On a demandé aux participantes de placer leur pied de départ préféré sur un capteur de pression avec leurs orteils derrière la ligne de départ. Des photocellules *TCi Wireless Timing System* (Browser timing system, USA) étaient disposées à 10 mètres et à 27 mètres de la ligne de départ. L'enregistrement du temps commençait au moment où l'athlète soulevait son pied du capteur de pression. Les données de temps ont été enregistrées pour les distances de 0 à 10 mètres, 10 à 27 mètres et 0 à 27 mètres. Les participantes ont été informées qu'il fallait qu'elles courent jusqu'à après les dernières photocellules afin qu'elles ne ralentissent pas avant d'arriver à celles-ci. L'assistante de recherche encourageait verbalement les participantes à courir le plus vite possible. Le meilleur temps enregistré pour chaque segment du sprint a été utilisé pour l'analyse.

Tests de lancers

Les joueuses ont effectué trois types de lancers, soit un lancer avec élan complet, un relais avec pas chassés et un lancer à genoux. Pour les lancers avec élan complet, les joueuses se plaçaient face à un receveur avec le pied de poussée contre un faux marbre avant d'effectuer son mouvement. Lors des relais avec pas chassés, elles faisaient deux pas chassés en direction du receveur avant de lancer au troisième pas. Pour les lancers à genoux, les joueuses plaçaient leurs deux genoux au sol et ne pouvaient les soulever pour augmenter la rotation du tronc. Si un lancer était mal effectué (ex : genou qui levait du sol, trop ou pas assez de pas chassés) ou qu'un problème de mesure survenait (ex : radar qui ne captait pas la vitesse), il était repris. La vitesse (en *miles per hour [mph]*) de trois

essais valides pour chaque lancer a été enregistrée. La vitesse maximale de la balle lors des trois types de lancers a été mesurée avec un radar *Ball coach* (Pocket radar, USA) par un.e assistant.e de recherche placé.e à côté d'un receveur qui renvoyait progressivement les balles aux joueuses. L'assistant.e de recherche encourageait verbalement les joueuses à lancer le plus fort possible. Le receveur était placé à 13,4 mètres des joueuses (cette distance est standard pour les joueuses d'âge moustique [9-10 ans] et le contexte de collecte de données ne permettait pas d'ajuster celle-ci en fonction de l'âge des participantes. Sur 29 participantes, seulement six joueuses étaient âgées de plus de 11 ans) et la vitesse maximale de la balle était enregistrée au moment où la balle quittait la main de la participante. Les résultats ont été pris en note par un.e assistant.e de recherche. Le meilleur des trois lancers a été utilisé pour l'analyse.

Analyse des données

Pour les différents types de lancer, la vitesse des balles lancées a été convertie des *miles per hour* en kilomètre par heure (km/h). Le temps au sprint de 10-27m a été calculé en soustrayant le temps du sprint 0-10m au temps total du sprint de 27m.

Certaines données descriptives (nombre d'équipe, nombre de partie par semaine, nombre de pratique par semaine) étaient manquantes dues à la non-complétion des questionnaires (n=4). Ces données étaient auto-rapportées et n'ont pas été complétées par les participantes ou leur.s parent.s/tuteur.trice.s. Ces données ont été imputées pour chaque joueuse avec la médiane de leur équipe respective. Les participantes qui n'avaient pas rempli la question sur leur participation à une équipe féminine, mixte ou les deux

(n=4) ont été considérées comme jouant dans des équipes uniquement féminines puisqu'elles ont été testées au sein de leurs équipes respectives.

L'âge des participantes a été calculé en fonction de leur date de naissance et de la date de collecte de données. L'âge en mois a ensuite été converti en année (âge en mois/12). Certaines données étaient manquantes pour l'âge (4/28), la taille (6/28) et la masse (4/28) de même que pour les différentes mesures de circonférences des bras et des avant-bras (5/28). Quatre questionnaires étaient également incomplets en ce qui concerne le nombre d'années d'expérience. Ces données étaient auto-rapportées et n'ont pas été complétées par les participantes ou leur.s parent.s/tuteur.trice.s. D'autres données manquantes étaient dues à la non-complétion des tests par les participantes ou à un mauvais fonctionnement de l'équipement utilisé pour la collecte de données (relais avec pas chassés : 2/28; lancers à genoux : 2/28). Pour chaque test, le meilleur résultat a été utilisé pour les analyses. S'il n'y avait qu'une seule valeur de disponible pour un test ou une mesure, elle a été utilisée dans les analyses. Si une participante n'avait aucun résultat pour un ou des tests, les données manquantes ont été imputées avec la moyenne de l'ensemble des participantes. Une participante a été exclue puisque ses données étaient extrêmes. Les résultats de 28 participantes sur 29 ont finalement été inclus dans l'analyse des données.

Analyses statistiques

Le traitement des données a été réalisé dans le logiciel Excel (version 16.47.1, Microsoft, USA) et l'analyse des données a été effectuée avec le logiciel SPSS (IBM

SPSS Statistics 27, USA). Un test de Shapiro-Wilk (tableau 1) et des mesures d'aplatissement et d'asymétrie (tableau 2) ont été effectués pour vérifier la normalité de la distribution des données. Le seuil de significativité a été établi à $p<0,05$ pour tous les tests statistiques. S'il y avait une divergence entre le résultat du test de Shapiro-Wilk et les mesures d'aplatissement et d'asymétrie, le test de Shapiro-Wilk a prévalu pour déterminer la normalité de la distribution des données.

Tableau 1

Test de normalité (Shapiro-Wilk)

Variables	Statistiques (W)	Ddl	<i>p</i>
Lancer avec élan	,965	28	,463
Relais pas chassés	,976	28	,745
Lancer à genoux	,948	28	,179
*Âge (mois)	,919	28	,032
Taille	,975	28	,720
*Masse	,876	28	,003
*Circonférence bras gauche	,815	28	,000
*Circonférence bras droit	,836	28	,001
*Circonférence avant-bras gauche	,905	28	,015
*Circonférence avant-bras droit	,888	28	,006
*Années d'expérience	,896	28	,009
*Sprint 0-10m	,833	28	,000
Sprint 10-27m	,960	28	,357
*Sprint 0-27m	,926	28	,049
Saut en longueur	,976	28	,749
Force de préhension maximale main droite	,943	28	,133
Force de préhension maximale main gauche	,946	28	,159
Force de préhension maximale main droite + main gauche	,932	28	,069

Note. Les astérix dénotent les variables non normalement distribuées où $p > 0,05$.

Tableau 2*Mesures d'asymétrie et d'aplatissement*

Variables	Valeur d'asymétrie	Erreurs- type	Valeur d'aplatissement	Erreurs- type
Lancer avec élan	-0,077	0,441	-0,745	0,858
Relais pas chassés	0,245	0,441	-0,592	0,858
Lancer à genoux	0,093	0,441	-0,888	0,858
*Âge (mois)	1,063	0,441	0,366	0,858
Taille	-0,036	0,441	0,342	0,858
*Masse	1,418	0,441	2,197	0,858
*Circonférence bras gauche	1,855	0,441	6,128	0,858
*Circonférence bras droit	1,629	0,441	4,707	0,858
*Circonférence avant-bras gauche	1,173	0,441	3,445	0,858
*Circonférence avant-bras droit	1,117	0,441	3,015	0,858
Années d'expérience	-0,083	0,441	-0,306	0,858
*Sprint 0-10m	1,488	0,441	1,821	0,858
Sprint 10-27m	0,319	0,441	-0,151	0,858
Sprint 0-27m	0,968	0,441	0,687	0,858
Saut en longueur	-0,031	0,441	-0,290	0,858
Force de préhension maximale main droite	0,967	0,441	1,202	0,858
Force de préhension maximale main gauche	0,743	0,441	0,487	0,858
Force de préhension maximale main droite + main gauche	0,945	0,441	0,939	0,858

Note. Les astérix dénotent les variables non normalement distribuées où la valeur d'asymétrie et la valeur d'aplatissement ne se situe pas entre -1 et +1.

Des corrélations de Pearson bivariées ont été effectuées avec les variables normalement distribuées (vitesse de la balle des trois lancers, taille, force de préhension, distance du saut en longueur, temps de sprint 10-27 mètres). Quand les variables ne respectaient pas une distribution normale (âge [mois], masse, temps de sprint 0-10 mètres, temps de sprint 0-27 mètres, total des circonférences des bras et avant-bras), des

corrélations de Spearman ont été réalisées. Lorsque certaines variables étaient trop corrélées entre elles, elles ont été regroupées afin d'éviter les problèmes de colinéarité des variables indépendantes. Puisque les résultats des tests de force de préhension des mains étaient fortement corrélés entre eux, les résultats maximaux des deux mains ont été additionnés et utilisés pour la suite des analyses. Des corrélations (Pearson et Spearman) ont également été effectuées entre la vitesse de la balle pour les trois types de lancers et toutes les autres variables afin de vérifier si une relation existait entre elles.

Une analyse de régression multiple descendante a par la suite été réalisée afin de vérifier quelles variables permettaient de prédire la vitesse de la balle pour les trois types de lancers. Certaines variables ont été éliminées *de facto* de l'analyse de régression puisqu'il n'y avait aucune corrélation significative entre celles-ci et la vitesse de la balle lors des différents types de lancers (circonférences des bras et des avant-bras, années d'expérience, temps au sprint, distance du saut en longueur sans élan). Les variables intégrées à l'analyse de régression sont celles étant explicitement mentionnées dans l'hypothèse (âge, taille) et celles qui étaient significativement corrélées avec la vitesse de la balle lors des lancers (force de préhension, masse). Le facteur d'inflation de la variance (FIV) a été calculé afin de vérifier s'il y avait de la colinéarité entre les variables indépendantes puisque certaines d'entre elles étaient significativement corrélées entre elles. Puisqu'aucune valeur de FIV ne dépassait cinq (5), les variables indépendantes sélectionnées ont été intégrées à l'analyse. Toutes les variables indépendantes étaient introduites dans l'analyse de régression et elles étaient progressivement éliminées si la probabilité de F était $>0,100$.

CHAPITRE 6

RÉSULTATS

Statistiques descriptives

Vingt-neuf jeunes joueuses de baseball ont été recrutées et ont accepté de participer à l'étude. Les résultats de 28 participantes ont finalement été inclus dans l'analyse des données. Les participantes avaient en moyenne (\pm ÉT) $2,04 \pm 1,35$ années d'expérience. Vingt-deux participantes (78,57%) jouaient dans la catégorie moustique (9-10 ans), cinq participantes (17,86%) jouaient dans la catégorie pee-wee (11-12 ans) et une joueuse (3,57%) jouait dans la catégorie bantam (13-14 ans). Toutes les joueuses (n=28) étaient de niveau B et la majorité (n=18, 64,3%) jouaient dans une seule équipe. Neuf participantes (32,1%) jouaient dans deux équipes et une joueuse (3,6%) jouait dans trois équipes ou plus. Vingt-six participantes (92,9%) pratiquaient une fois par semaine et deux d'entre elles (7,1%) pratiquaient deux fois par semaine. Dix-sept participantes (53,6%) jouaient deux parties par semaine alors que neuf participantes (32,1%) en jouaient une seule et deux joueuses (7,1%) en jouaient quatre ou plus. Près de l'entièreté (n=27, 96,4%) des participantes jouaient dans une équipe féminine. Une seule joueuse (3,6%) jouait à la fois dans des équipes féminines et masculines.

Les tableaux 3 et 4 présentent les caractéristiques des participantes et leurs résultats aux tests physiques et aux tests de lancers. Pour les variables normalement distribuées, la moyenne et l'écart-type sont présentés. Puisque certaines variables

n'étaient pas distribuées normalement, leur distribution a été évaluée à l'aide de la médiane et de l'intervalle interquartile.

Tableau 3

Caractéristiques des participantes (n=28)

Caractéristiques	Moyenne (Écart-type)	Médiane (Intervalle interquartile)
*Âge (années)		11,06 (1,07)
Taille (cm)	145,55 (10,27)	
*Masse (kg)		38,8 (10,79)
*Circonférence bras gauche (cm)		21,31 (1,32)
*Circonférence bras droit (cm)		21,45 (1,5)
*Circonférence avant-bras gauche (cm)		20,86 (1,3)
*Circonférence avant-bras droit (cm)		20,89 (1,2)
*Années d'expérience		2,02 (1,75)
*Nombre de pratiques par semaine		1 (0)
*Nombre de parties par semaine		2 (1)

Note. Les astérix indiquent les variables non normalement distribuées. La moyenne et l'écart-type sont présentés pour les variables dont la distribution est normale. La médiane et l'intervalle interquartile sont présentés pour les variables dont la distribution n'est pas normale.

Le tableau 4 présente les résultats des tests physiques réalisés et la vitesse de la balle pour les trois types de lancers réalisés. Le temps médian (IQ) du sprint total de 27 mètres était de 5,68 secondes (0,81). Pour le saut en longueur sans élan, la distance moyenne (\pm ET) de saut était de 154,1 (\pm 12,5) centimètres alors que pour la force de préhension totale, les participantes ont obtenu en moyenne (\pm ET) 45,2 kg (\pm 8,8). La vitesse maximale moyenne (\pm ET) de la balle des lancers avec élan était de 58,57 km/h (\pm

7,49), celle des relais avec pas chassés de 58,25 km/h ($\pm 7,93$) et celle des lancers à genoux de 48,59 km/h ($\pm 4,36$).

Tableau 4

Résultats des tests physiques et vitesse de la balle (n=28)

Tests physiques	Moyenne (Écart-type)	Médiane (Intervalle interquartile)
*Sprint 0-10m (s)		2,53 (0,76)
Sprint 10-27m (s)	3,0 (0,2)	
*Sprint 0-27m (s)		5,68 (0,81)
Saut en longueur sans élan (cm)	154,1 (12,5)	
Force de préhension main droite (kg)	22,9 (4,8)	
Force de préhension main gauche (kg)	22,3 (4,3)	
Force de préhension maxD + maxG (kg)	45,2 (8,8)	
Lancer avec élan complet (km/h)	58,57 (7,49)	
Relais avec pas chassés (km/h)	58,25 (7,93)	
Lancer à genoux (km/h)	48,59 (4,36)	

Note. Les astérix indiquent les variables non normalement distribuées. La moyenne et l'écart-type sont présentés pour les variables dont la distribution est normale. La médiane et l'intervalle interquartile sont présentés pour les variables dont la distribution n'est pas normale.

Corrélations

Des corrélations (Pearson et Spearman) ont été réalisées entre les trois types de lancers, les caractéristiques physiques et les résultats aux différents tests physiques. L'âge, la masse et la taille, de même que certaines mesures de circonférences des bras et des avant-bras étaient significativement positivement corrélés à la vitesse de la balle pour les

trois types de lancers. Pour les tests physiques, seule la force de préhension (des deux mains et totale) était corrélée significativement positivement avec la vitesse de la balle pour les trois types de lancers. Les autres tests physiques n'étaient corrélés avec aucun type de lancers. L'ensemble des corrélations sont présentées dans les tableaux 6 et 7.

Corrélations de Pearson

La taille était significativement corrélée avec les différentes mesures de force de préhension. De plus, toutes les mesures de force de préhension étaient significativement positivement corrélées entre elles. Les résultats du sprint de 10-27 mètres étaient négativement corrélés avec les résultats au saut en longueur sans élan ($r = -0,47, p > 0,05$). Ni les résultats du sprint, ni ceux du saut n'étaient corrélés avec d'autres variables. L'ensemble des corrélations de Pearson est présenté dans le tableau 6.

Corrélations de Spearman

Les années d'expérience n'étaient pas significativement corrélées avec les autres variables. Toutes les mesures de circonférence des bras et des avant-bras étaient significativement corrélées entre elles, de même qu'avec l'âge et la masse corporelle. De plus, toutes les mesures de circonférence étaient significativement négativement corrélées avec le temps aux sprints (0-10 m et 0-27 m) sauf la circonférence de l'avant-bras gauche qui n'était pas significativement corrélée avec le sprint 0-27 m. Toutes les corrélations de Spearman sont présentées dans le tableau 7.

Lancers avec élan complet

La vitesse de la balle lors des lancers avec élan complet était significativement positivement corrélée avec toutes les mesures anthropométriques (âge, taille, masse, circonférence avant-bras gauche, circonférence avant-bras droit) sauf la circonférence des bras (gauche et droit). Elle était également corrélée significativement positivement avec la force de préhension (maximum main gauche, maximum main droite et maximum total) mais pas avec les autres tests physiques. Elle n'était pas corrélée significativement avec le nombre d'années d'expérience non plus. Voir les tableaux 6 et 7 pour l'ensemble des corrélations.

Relais pas chassés

La vitesse de la balle lors des relais était significativement positivement corrélée avec certaines mesures anthropométriques (âge, taille, masse, circonférence avant-bras droit) mais pas avec la circonférence du bras droit et du bras gauche et la circonférence de l'avant-bras gauche. Elle était également corrélée significativement positivement avec la force de préhension (maximum main gauche, maximum main droite et maximum total) mais pas avec les autres tests physiques. La vitesse de la balle pour ce type de lancer n'était pas non plus corrélée de manière significative avec le nombre d'années d'expérience. Voir les tableaux 6 et 7 pour l'ensemble des corrélations.

Lancers à genoux

La vitesse de la balle lors des lancers à genoux était significativement positivement corrélée avec les toutes les mesures anthropométriques (âge, taille, masse, circonférence bras droit, circonférence avant-bras droit, circonférence avant-bras gauche) sauf la circonférence du bras gauche. Elle était également corrélée significativement positivement avec la force de préhension (maximum main gauche, maximum main droite et maximum total) mais pas avec les autres tests physiques. Le nombre d'années d'expérience n'était pas corrélé significativement avec la vitesse de la balle pour ce type de lancer. Voir les tableaux 5 et 6 pour l'ensemble des corrélations.

Tableau 5

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Lancers avec élan (km/h)	1								
2.	Relais avec pas chassés (km/h)		,814**	1						
3.	Lancers à genoux (km/h)			,794** ,745**	1					
4.	Taille (cm)			,617** ,619** ,591**	1					
5.	Sprint 10-27m (s)		-,128	-,017	-,175	-,101	1			
6.	Saut en longueur sans élan		,189	,102	,176	,089	-,474*	1		
7.	Force de préhension main droite (kg)		,474* ,586** ,667** ,710**	-,171	,218			1		
8.	Force de préhension main gauche (kg)		,451* ,540** ,638** ,636**	-,239	,239	,902**		1		
9.	Force de préhension maxD+maxG (kg)		,475* ,579** ,669** ,692**	-,208	,234	,978** ,972**	1			

**. La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

Tableau 6*Corrélations de Spearman : Trois types de lancers et variables non-normalement distribuées*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rho de Spearman	1. Lancers avec élan (km/h)	1											
	2. Relais avec pas chassés (km/h)		,822**	1									
	3. Lancers à genoux (km/h)			,819**	,747**	1							
	4. Âge (mois)				,666**	,547**	,500**	1					
	5. Masse (kg)					,690**	,657**	,615**	,634**	1			
	6. Circonférence bras gauche (cm)						,343	,219	,416*	,444*	,521**	1	
	7. Circonférence bras droit (cm)						,242	,187	,329	,368	,450*	,889**	1
	8. Circonférence avant- bras gauche (cm)							,413*	,388*	,527**	,430*	,530**	,727**
	9. Circonférence avant- bras droit (cm)								,397*	,584**	,763**	,846**	,896**
	10. Années d'expérience									,293	,230	,105	,167
	11. Sprint 0-10m (s)										,293	,105	,167
	12. Sprint 0-27(s)											,067	1

**. La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

Régressions multiples descendantes

Les variables introduites dans les analyses de régression sont celles qui étaient le plus corrélées avec la vitesse de la balle lors des différents types de lancers. Puisque toutes les mesures de force de préhension étaient significativement positivement corrélées entre elles et avec la vitesse de la balle, seule la force de préhension maximale totale (addition du maximum de la main droite et du maximum de la main gauche) a été introduite dans les analyses de régression.

Lancers avec élan complet

Une régression multiple descendante a été calculée afin de prédire la vitesse de la balle lors des lancers avec élan complet en fonction de l'âge, la taille, la masse et la force de préhension maximale totale des participantes. Une équation de régression significative a été trouvée ($F(1,26) = 20,016, p < ,001$), avec un R^2 de 0,435. La vitesse de la balle prédite lors des lancers avec élan est égale à $12,855 + 0,343$ (âge), où l'âge est mesuré en mois. La vitesse de la balle lors de ces lancers augmentait de 0,343 km/h pour chaque mois d'âge supplémentaire. L'âge en mois est donc un prédicteur significatif de la vitesse de la balle lors des lancers avec élan et explique 43,5% de la variance de la vitesse de la balle lors de ces lancers au sein de notre échantillon. Ces résultats ont été obtenus grâce à l'équation 1.

$$(1) Y = 12,855 + 0,343 \text{ (âge mois)}$$

Relais avec pas chassés

Une régression multiple descendante a été calculée afin de prédire la vitesse de la balle lors des relais avec pas chassés en fonction de l'âge, la taille, la masse et la force de préhension maximale totale des participantes. Une équation de régression significative a été trouvée ($F(1,26) = 16,437, p < ,001$), avec un R^2 de 0,387. La vitesse de la balle prédite lors des relais avec pas chassés est égale à $12,553 + 0,343$ (âge), où l'âge est mesuré en mois. La vitesse de la balle lors des relais augmentait de 0,343 km/h pour chaque mois d'âge supplémentaire. L'âge en mois est donc un prédicteur significatif de la vitesse de la balle lors des relais avec pas chassés et explique 38,7% de la variance de la vitesse de la balle lors des relais au sein de notre échantillon. Ces résultats ont été obtenus grâce à l'équation 2.

$$(2) Y = 12,553 + 0,343 \text{ (âge mois)}$$

Lancers à genoux

Une régression multiple descendante a été calculée afin de prédire la vitesse de la balle lors des lancers à genoux en fonction de l'âge, la taille, la masse et la force de préhension maximale totale des participantes. Une équation de régression significative a été trouvée ($F(2,25) = 13,878, , p < ,001$), avec un R^2 de ,526. La vitesse de la balle prédite lors des lancers à genoux est égale à $24,201 + 0,106$ (âge) + 0,226 (force de préhension maximale totale), où l'âge est mesuré en mois et la force de préhension est mesurée en kilogrammes. La vitesse de la balle lors des lancers à genoux augmentait de 0,106 km/h pour chaque

mois d'âge supplémentaire et de 0,226 km/h pour chaque kilogramme de force supplémentaire. L'âge en mois et la force de préhension maximale totale sont donc des prédicteurs significatifs de la vitesse de la balle lors des lancers à genoux. Ensembles, ces facteurs expliquent 52,6% de la variance de la vitesse de la balle lors des lancers à genoux. Ces résultats ont été obtenus grâce à l'équation 3.

$$(3) Y=24,201 + 0,106 (\text{âge mois}) + 0,226 (\text{Force de préhension maximale totale})$$

CHAPITRE 7

DISCUSSION

L'évaluation de la performance permet de mieux comprendre quels facteurs peuvent affecter la performance dans un sport et, conséquemment, permettre de développer ces facteurs à l'aide d'entraînements adaptés à une population particulière. La plupart des études sur les caractéristiques affectant la performance au lancer au baseball l'a fait chez des hommes adultes et de niveau expert bien que quelques études existent également sur les garçons de différents niveaux d'expertise. Cependant, au Québec, de plus en plus de jeunes filles jouent au baseball (Baseball Québec, 2019). Il est donc important de comprendre les caractéristiques qui affectent la performance au sein de cette population afin de mieux l'évaluer et de développer des entraînements adaptés aux particularités des participantes. Le but de cette étude était de mieux comprendre la relation entre certaines caractéristiques anthropométriques et physiques et la vitesse de la balle dans trois types de lancers chez des joueuses de baseball de 9 à 18 ans. Les participantes de l'étude ont complété trois tests physiques (force de préhension, sprint, saut en longueur sans élan) et quatre mesures anthropométriques ont été recueillies (taille, masse, circonférence des bras et circonférence des avant-bras). L'âge ainsi que des informations sur le nombre d'années d'expérience, le nombre de parties, de pratiques et le niveau d'expertise des joueuses ont également été recueillies afin de dresser un portrait de l'échantillon étudié. Bien qu'il existe quelques études sur les facteurs affectant la vitesse de la balle lors des lancers, ces études se sont concentrées principalement sur les lancers

avec élan et les relais chez des populations masculines de différents âges et de niveaux d'expertise variés. Cette étude est la première, à notre connaissance, à s'intéresser aux facteurs de performance à différents types de lancers chez de jeunes joueuses de baseball. Cette étude est également la première à s'intéresser aux facteurs physiques et anthropométriques affectant la performance pour les lancers à genoux.

Facteurs prédisant la vitesse de la balle

Notre étude s'est intéressée aux caractéristiques anthropométriques et physiques et à leur relation avec la vitesse de la balle dans trois types de lancers chez des joueuses de baseball âgées de 9 à 14 ans. Nous avions posé l'hypothèse que l'âge, la taille et les résultats du saut en longueur sans élan seraient des prédicteurs significativement positifs de la vitesse de la balle pour les trois types de lancers. Nos résultats montrent que l'âge et la force de préhension permettent de prédire la vitesse de la balle lors de différents types de lancers. Notre hypothèse a donc été partiellement confirmée puisque l'âge était un prédicteur de la vitesse de la balle pour les trois types de lancers évalués dans notre étude. De plus, nous avions posé l'hypothèse que les caractéristiques anthropométriques prédiraient plus la vitesse de la balle que les caractéristiques physiques. Cette hypothèse est infirmée puisqu'aucune caractéristique anthropométrique n'est prédictive de la vitesse de la balle pour les types de lancers étudiés chez nos participantes.

L'âge

L'âge s'avère être le facteur prédisant le plus la vitesse de la balle pour les lancers avec élan complet et les relais avec pas chassés au sein de notre échantillon. Il était également un des prédicteurs significatifs de la vitesse de la balle pour les lancers à genoux. Les corrélations effectuées dans le cadre de cette étude ont montré que presque toutes les caractéristiques anthropométriques étaient corrélées avec l'âge et donc que plus les joueuses étaient âgées, plus leur taille, leur masse et leurs circonférences de bras et d'avant-bras augmentaient. Nos résultats sont similaires à ceux de Sgroi et al. (2015), qui semblent également suggérer que chez les joueurs adolescents, plus les joueurs sont âgés, plus la vitesse de la balle augmente. Nos résultats sont également similaires à ceux rapportés par Nakata et al. (2013), qui ont étudié l'effet de certaines caractéristiques (physiques et anthropométriques), chez des joueurs âgés de 6 à 15 ans, sur la performance au lancer. Dans leur étude, l'âge était un prédicteur significatif de l'énergie cinétique de la balle, un indicateur de la vitesse de la balle. Cependant, pour le groupe d'âge « moyen » (moyenne d'âge de 137,9 mois = 11,5 ans), groupe qui correspond le plus à notre échantillon, l'âge n'était pas un prédicteur de la performance. Nonobstant, il se peut que cela soit dû au niveau d'expertise des participants. Ainsi, les études en cinématique et en cinétique étudiant la technique des lancers ont souligné l'importance de l'enchaînement des évènements et des phases du lancer (avec élan et de receveur) afin de générer le plus de vitesse de balle possible (Plummer & Oliver, 2013b, 2016; Thompson et al., 2018). Cet enchaînement technique est généralement maîtrisé chez les joueurs experts (universitaires ou professionnels). Les jeunes n'ayant pas encore développé de force ou

de puissance musculaire, ou ayant des caractéristiques anthropométriques (taille, masse) désavantageuses, devraient donc tenter d'imiter la technique de joueurs professionnels afin d'améliorer leur performance au lancer (Fleisig et al., 1999; Fleisig, Diffendaffer, Ivey, Aune, et al., 2018). Toutes les joueuses de notre échantillon étant du même niveau (B), nous n'avons pas pu observer si le niveau d'expertise pouvait favoriser la performance lors des trois types de lancers évalués. De plus, les années d'expérience n'étaient corrélées significativement avec aucune variable au sein de notre échantillon. Étant donné que plusieurs participantes étaient au début de leur carrière (années d'expérience moyennes : 2), il est probable qu'elles n'aient pas eu assez d'années d'expérience pour que cela affecte positivement la performance lors des différents types de lancers.

Katsumata et al. (2018) ont étudié l'effet relatif de l'âge chez 4464 joueurs de baseball de 9 à 17 ans de niveau récréatif et élite. Leurs résultats montrent qu'un effet relatif de l'âge existe, du moins chez les jeunes joueurs élites, mais qu'il s'atténue quand les joueurs atteignent leur maturité physique. Cet effet de l'âge n'était cependant pas présent chez les joueurs de niveau récréatif, qui correspondent le plus aux joueuses ayant participé à la présente étude. Comme nous n'avons pas étudié l'effet relatif de l'âge, il n'est pas possible de dire si, au sein de notre échantillon, cet effet est présent. De plus, comme toutes nos participantes étaient du même niveau d'expertise, il n'était pas possible d'évaluer la relation entre celui-ci et la performance lors des différents types de lancers. Dans le futur, il serait intéressant d'examiner de plus près l'effet relatif de l'âge chez les jeunes joueuses de baseball de différents niveaux d'expertise.

Par ailleurs, l'âge s'est également avéré être un prédicteur significatif de la vitesse de la balle pour les lancers à genoux dans notre échantillon. Cependant, comme le mouvement était isolé, il semblerait que des caractéristiques physiques spécifiques (la force de préhension) favorisent également la vitesse de la balle dans ce type de lancer et que le rôle des autres caractéristiques associées à l'âge (taille, masse) soit atténué dans cette situation.

La force de préhension

Dans notre étude, la force de préhension était prédictive de la vitesse de la balle pour les lancers à genoux. Pour ce type de lancer, les participantes devaient garder les deux genoux au sol et ne pouvaient pas soulever le genou ipsilatéral au bras dominant pour augmenter la rotation du tronc. Les lancers à genoux étaient donc majoritairement effectués avec le haut du tronc et le bras. De ce fait, la force de préhension maximale de la main droite et de la main gauche était corrélée significativement positivement avec la vitesse de la balle. Cependant ces résultats étaient également significativement corrélés entre eux. Conséquemment, la force de préhension maximale totale a été utilisée dans les analyses de régression et elle s'est avérée être un prédicteur significatif de la vitesse de la balle pour les lancers à genoux. Les lancers à genoux sont spécifiques aux receveurs devant lancer une balle au deuxième but sans avoir le temps de revenir dans une position debout (Fortenbaugh et al., 2010). Quelques études se sont précédemment intéressées aux lancers de receveurs (Oliver et al., 2015; Peng et al., 2015; Plummer & Oliver, 2013a, 2013b) et une seule s'est intéressée à la cinématique et à la cinétique des lancers à genoux

(Plummer & Oliver, 2016). Cette étude a souligné que, lors des lancers à genoux, la capacité à générer de la force à l'aide des membres inférieurs est probablement affectée et que les receveurs doivent compenser cette perte de force avec d'autres segments. Cette observation semble expliquer nos résultats puisqu'en éliminant l'apport des jambes, les participantes ayant obtenu de meilleurs résultats au test de force de préhension semblent avoir été capables de générer plus de vitesse de balle en utilisant seulement leur tronc et leur membre supérieur.

Par ailleurs, d'autres études ont associé la force de préhension à la performance au lancer au baseball, que ce soit en termes de vitesse de balle ou de statistiques de saison. Nos résultats vont dans le même sens que ce qu'a rapporté Spaniol (2009) dans son article recensant différents tests à utiliser pour l'évaluation de la performance au lancer au baseball et qui rapporte que la force de préhension a une relation positive avec la vitesse de la balle, que ce soit au lancer ou à la frappe. Chez des jeunes lanceurs de 6 à 15 ans, Nakata et al. (2013) ont trouvé que la force de préhension prédit significativement l'énergie cinétique de la balle et s'améliore progressivement avec l'âge. Mangine et al. (2013) ont souligné qu'il y avait également une augmentation progressive de la force de préhension chez des joueurs professionnels et que le maintien de cette caractéristique physique est proportionnel à leur habileté à rester productifs au cours de leur carrière. De plus, chez des professionnels, Hoffman et al. (2009) ont souligné que la force de préhension maximale était corrélée significativement positivement avec le nombre de coups de circuit, le nombre de buts total et le pourcentage de puissance. Cependant, cette caractéristique n'ajoutait rien au modèle de régression pour la prédiction de la

performance, ce qui a amené les auteurs à dire que la variance de la force de préhension pouvait être expliquée par la variance de la puissance du bas du corps au sein de cette population. Chez des joueuses professionnelles japonaises, Watanabe et al. (2017) n'ont pas trouvé de corrélation entre la force de préhension et la performance mesurée par les statistiques de saison. Il se peut donc que l'effet de la force de préhension soit différent en fonction du sexe et du niveau d'expertise entre les joueurs et les joueuses professionnels.

La force de préhension semble donc être une qualité physique importante pour générer une vitesse de balle rapide sans l'apport des membres inférieurs. Par ailleurs, comme les jambes ne sont pas utilisées dans les lancers à genoux, il semble cohérent qu'aucune mesure de la puissance des membres inférieurs (saut en longueur sans élan, sprint) n'ait été corrélée avec la vitesse de la balle pour ce type de lancer.

Facteurs ne prédisant pas la vitesse de la balle

Les tests physiques

Certaines études ont suggéré l'importance des membres inférieurs pour la performance au lancer au baseball (Nakata et al., 2013; Spaniol, 2009). Plusieurs tests ont été utilisés pour évaluer indirectement la puissance des membres inférieurs, généralement des tests de saut (vertical, horizontal, latéral à médial), mais aussi de sprint. En ce qui a trait au saut en longueur sans élan, les résultats de notre étude sont en contradiction avec ceux de Nakata et al. (2013), qui avaient déterminé que les résultats à ce test étaient un

facteur prédicteur de l'énergie cinétique de la balle (indicateur de la vitesse) chez des garçons (âge : 6,4 - 15,7 ans). Nos résultats montrent que le saut en longueur sans élan n'est pas un prédicteur de la vitesse de la balle chez les joueuses de baseball de 9 à 14 ans évaluées dans notre étude. Par ailleurs, le départ du sprint nécessite de déployer beaucoup de force en un minimum de temps pour générer le plus de puissance possible. Il semblerait que la capacité à sprinter rapidement ne permette pas d'expliquer une partie de la performance pour les différents types de lancers au sein de notre échantillon. Ainsi, contrairement à Nakata et al. (2013) nos résultats ne démontrent pas que le temps au sprint de 10 mètres est un prédicteur de la vitesse de la balle pour les lancers avec élan complet. Au sein de notre échantillon, les résultats de sprint (0-10 m, 10-27 m et 0-27 m) n'étaient pas significativement corrélés avec la vitesse de balle lors des trois types de lancers.

Il se peut que l'âge des participantes soit en cause. Étant donné que les joueuses étaient âgées en moyenne de 11,08 ans, il est possible que peu d'entre elles avaient atteint la puberté et il est donc probable que leur force et leur puissance musculaire n'aient pas été suffisamment développées pour avoir un impact sur la vitesse de la balle. Dans le futur, il serait intéressant d'explorer les différences entre les facteurs affectant la performance dans différents types de lancers chez des joueuses avant, pendant et après la puberté.

Par ailleurs, Lehman et al. (2013) ont souligné l'importance de la spécificité des tests pour évaluer la puissance des membres inférieurs en lien avec les lancers au baseball. Le test de saut que nous avons utilisé ne fait pas partie des tests qui permettaient de prédire la vitesse de la balle dans l'étude de Lehman et al. (2013). Il est donc possible que

l’absence de relation entre la vitesse de la balle et le test de saut en longueur sans élan soit due au manque de spécificité de ce test avec les différents types de lancers étudiés dans notre étude. Des études futures devraient évaluer la spécificité des tests de sauts pour mesurer indirectement la puissance des membres inférieurs à différents types de lancers au baseball et plus spécifiquement chez les jeunes filles.

La masse

En ce qui a trait à la masse corporelle, nos résultats diffèrent de ceux trouvés précédemment. En effet, la masse corporelle des participantes de notre étude était corrélée significativement positivement avec la vitesse de la balle pour les trois types de lancers mais n’était pas prédictive de la performance. Nos résultats sont similaires à ceux de Sgroi et al. (2015), qui ont noté une corrélation significativement positive ($r = 0,732$, $p < 0,001$) entre la masse et la vitesse de la balle lors de lancers avec élan complet, mais pas de relation prédictive entre ces deux variables. Par ailleurs, Lehman et al. (2013) ont observé que la masse corporelle était un facteur prédicteur de la vitesse de la balle lors de lancers avec élan partiel et de relais chez des joueurs de niveau universitaire. Ils soulignent que si l’augmentation de masse corporelle était due uniquement à la prise de masse grasse, cette augmentation serait délétère à la performance. Les auteurs concluent donc que, pour que la masse ait une influence positive sur la vitesse de la balle, il faut qu’elle soit associée à une prise de masse maigre. C’est aussi le constat auquel Mangine et al. (2013) arrivent. Ces auteurs notent que la masse corporelle des athlètes professionnels continue à augmenter au cours de leur carrière, et plus particulièrement leur masse maigre, même si

cette augmentation ralentit avec le temps. Hoffman et al. (2009) ont conclu similairement que la masse musculaire maigre était corrélée significativement positivement à la vitesse de la balle chez des athlètes professionnels de différents niveaux (recrues, A, AA, AAA et MLB), mais que ce facteur n'influait pas la régression prédisant la vitesse de la balle. Dans notre étude, les participantes ayant une masse supérieure n'avaient peut-être pas une masse maigre supérieure à celle des autres participantes, ce qui explique que la masse n'ait pas été un facteur significatif dans la production de vitesse de balle pour les différents types de lancers. De plus, leur âge, leur niveau d'expertise et leur expérience diffèrent grandement des populations étudiées dans les études mentionnées ci-haut. Il semble donc cohérent que les facteurs influençant la performance soient différents en fonction de la population étudiée.

La taille

Au sein de notre échantillon, la taille était corrélée significativement positivement avec la vitesse de la balle dans les trois types de lancers et avec d'autres variables (ex : force de préhension). Elle ne s'est cependant pas avérée être prédictive de cette mesure de la performance. L'absence de relation prédictive entre la taille et la vitesse de la balle lors des différents types de lancers est possiblement due à la relation entre la taille et d'autres facteurs, tels que l'âge et la masse, au sein de notre échantillon.

Dans leur étude sur les caractéristiques de la performance chez des jeunes joueurs de baseball japonais, (Nakata et al., 2013) ont exclu la taille de leurs analyses de régression à cause d'une trop grande multicolinéarité ($FIV = 13,911$) entre cette variable et les autres

variables à l'étude. Ils n'ont pas présenté les corrélations entre les variables étudiées mais quand ils ont effectué les analyses de régression pour l'ensemble des participant, ils ont remplacé la taille par l'indice de masse corporelle. L'indice de masse corporelle était un prédicteur significativement positif de l'énergie cinétique de la balle pour l'ensemble des participants. Les auteurs ont également effectué des analyses de régression en sous-groupes (trois groupes [âge moyen] : 9,45 ans, 11,49 ans et 13,6 ans). Dans ces analyses, la taille n'était pas un prédicteur de l'énergie cinétique de la balle. Bien que nous n'ayons pas eu de problème de colinéarité lors de nos analyses de régression (tous les FIV étaient inférieurs à cinq), la taille des participantes était significativement positivement corrélée avec l'âge et la masse et il est possible que la relation entre la vitesse de la balle et la taille ait été mitigée par la relation entre la taille et ces autres variables. Il semblerait donc que la relation entre la taille et la performance à différents types de lancers soit reliée à d'autres variables.

Nos résultats sont similaires à ceux de Sgroi et al. (2015) qui ont également trouvé une corrélation significativement positive entre la taille et la vitesse de la balle lors de lancers avec élan chez des jeunes. Cependant, ils ont également trouvé que la taille était un prédicteur significativement positif de la vitesse de la balle. En ce sens, nos résultats diffèrent. Il se peut que cela soit dû à la taille des échantillons étudiés. Sgroi et al. (2015) ont en effet évalué 420 lanceurs alors que nous n'avons évalué que 28 joueuses. De plus, les participants de l'étude de Sgroi et al. (2015) étaient somme toute plus âgés (âge moyen : 14,7 ans vs 11,18 ans) et plus grands (taille moyenne : 171,5 cm vs 145,55 cm) que les participantes de notre étude. Les auteurs ont souligné que les joueurs plus âgés ont

probablement une meilleure technique et qu'ils ont certainement une force musculaire plus développée que les joueurs plus jeunes. Cela pourrait expliquer les différences entre leurs résultats et les nôtres.

Nos résultats suggèrent donc que l'âge est un facteur important permettant de prédire la vitesse de la balle dans trois types de lancers chez des joueuses de baseball de 9 à 14 ans et que la force de préhension semblent être nécessaire pour augmenter la vitesse de la balle lors des lancers qui isolent les membres supérieurs. Cependant, les résultats des régressions réalisées dans le cadre de ce projet n'expliquent pas toute la variance observée dans les vitesses de balle pour les lancers. Ainsi, l'âge explique 43,5% de la variance de la vitesse de la balle lors des lancers avec élan complet, 38,7% de celle lors des relais avec pas chassés et l'âge et la force de préhension maximale totale expliquent 52,6% de la variance lors des lancers à genoux. Il semble donc qu'une importante partie de la variance de la vitesse de la balle lors de ces trois types de lancers soit due à d'autres facteurs. Ces facteurs pourraient être des qualités physiques qui n'ont pas été évaluées lors de ce projet (ex : coordination, flexibilité), des facteurs qu'il faudrait évaluer autrement (ex : puissance des membres inférieurs) ou encore des composantes techniques qui n'ont pas été prises en compte dans cette recherche (ex : cinématique, cinétique).

CHAPITRE 8

LIMITES

Il existe plusieurs limites à cette étude. D'abord, l'échantillon étudié était relativement petit et homogène. Les résultats ne sont donc pas généralisables à des athlètes possédant des caractéristiques différentes (ex : âge, sexe, niveau d'expertise, années d'expérience). Il se pourrait que des différences ne soient pas ressorties, car la majorité des joueuses était âgée de 10 ou 11 ans et qu'elles jouaient toutes au même niveau de compétition (niveau B). De plus, le nombre d'années d'expérience, de parties et de pratique par semaine était très similaire entre les joueuses. Il n'y avait donc pas de disparités au niveau de l'expertise au sein de notre échantillon. Un échantillon plus grand et plus diversifié nous aurait probablement permis d'observer des différences telles que celles présentées par l'étude de Katsumata et al. (2018). Ces auteurs ont observé des différences significatives entre des joueurs ($n = 4464$, âge : 9-18 ans) de niveaux élite et récréatif pour certaines mesures anthropométriques. Il serait intéressant que les études futures étudient l'effet du niveau d'expertise sur la vitesse de la balle chez les jeunes joueuses de baseball du même âge.

Par ailleurs, il se peut que les tests utilisés n'aient pas été assez représentatifs de l'activité. Lehman et al. (2013) ont souligné que le manque de données associant la puissance des membres inférieurs avec la vitesse de la balle lors des lancers dans la littérature était probablement dû à l'utilisation de tests non spécifiques aux lancers au baseball. En effet, plusieurs études ont utilisé des sauts verticaux ou des sauts en longueur

sans élan pour évaluer la puissance du membre inférieur (Hoffman et al., 2009; Lehman et al., 2013; Mangine et al., 2013; Nakata et al., 2013; Watanabe et al., 2017) sans trouver de lien ou d'influence de la puissance des membres inférieurs sur la performance. L'étude de Lehman et al. (2013) a cependant démontré que les tests réalisés dans le plan frontal (le plan dans lequel les lancers sont réalisés) permettaient de prédire la vitesse de la balle chez des joueurs de niveau universitaire, mais pas les tests effectués dans le plan sagittal (ex : sauts horizontaux). Dans notre étude, les résultats des tests physiques mesurant indirectement la puissance des membres inférieurs (sprint, saut en longueur sans élan) n'étaient pas corrélés avec la vitesse de la balle lors des trois types de lancers. Il est possible que ces tests n'aient pas été assez spécifiques dans le cadre de l'évaluation de la performance pour les lancers avec élan complet et les relais avec pas chassés. Il serait par ailleurs intéressant que les études futures se penchent sur les tests pouvant être spécifiques pour les lancers à genoux puisque ceux-ci semblent nécessiter des qualités physiques spécifiques et différentes des autres lancers.

De plus, dans notre étude, certaines habiletés physiques n'ont pas été évaluées. Ainsi, aucun test n'a été effectué pour mesurer la puissance ou la flexibilité des membres supérieurs ou encore la coordination. Nos résultats laissent croire que, pour les lancers à genoux du moins, la force musculaire est un facteur important pour pouvoir générer de la vitesse de balle. Clements, Ginn, and Henley (2001) ont souligné que 71% de la variance de la vitesse de la balle lors des lancers chez des adolescents de 13 à 16 ans de niveau élite pouvait être expliqué par le ratio du couple maximal de la rotation interne isométrique de l'épaule et de l'extension concentrique du coude sur la masse corporelle.

Malgré tout, les autrices ont souligné que la force musculaire du haut du corps ne pouvait expliquer entièrement l'augmentation de la vitesse de la balle et que la coordination entre le haut et le bas du corps était certainement nécessaire pour lancer efficacement, précisément et rapidement chez les joueurs de baseball adolescents. De plus, la coordination permet possiblement une meilleure transmission des forces entre les membres inférieurs, les membres supérieurs et la balle (Lehman et al., 2013) et pourrait être un indicateur intéressant à évaluer lors de tests de sélection pour les joueur.euse.s de baseball. Il serait intéressant, dans le futur, de voir si l'apport des membres supérieurs permet de mieux expliquer la performance au lancer avec élan complet ou au relais avec pas chassés au sein d'un échantillon similaire à celui étudié ici et si la coordination peut jouer un rôle dans la production de vitesse de la balle dans différents types de lancers.

Certaines données étaient manquantes dû à la non-complétion des questionnaires d'informations générales par les parents ou au mauvais fonctionnement du matériel de collecte de données. Cependant, les données manquantes ont été imputées avec la moyenne et puisque notre échantillon était très homogène, il est peu probable que les données manquantes aient été très différentes de celles recueillies. Cela peut par contre avoir affecté la qualité des résultats en diminuant la chance que des différences apparaissent entre les participantes.

Par ailleurs, pour des raisons de logistiques, l'ordre des tests n'a pas été randomisé et certaines participantes ont réalisé les tests à différents moments de leurs activités régulières (au début ou pendant leur pratique). Il se pourrait donc que la fatigue ait influencé les résultats des tests réalisés à la fin de la collecte de données (ex : tests de

lancers). De plus, bien que les participantes aient reçu des encouragements verbaux de la part des assistant.e.s de recherche, elles étaient évaluées en petits groupes et il se peut que la présence d'autres participantes ait pu influencer (positivement ou négativement) leur performance.

En ce qui concerne les analyses statistiques, certaines variables étaient corrélées significativement entre elles mais elles ont quand même été intégrées dans les régressions. Bien que les facteurs d'inflation de la variance aient été calculés et n'aient pas été problématiques (aucune valeur n'était supérieure à cinq), il se peut que certaines variables, telle l'âge, ait caché l'apport significatif d'autres variables (taille, masse, circonférences des bras et des avant-bras) aux analyses de régression.

De plus, puisque les participantes faisaient majoritairement partie du groupe d'âge auquel les jeunes apprennent normalement à effectuer des lancers avec élan complet, il se peut que leur performance à ce type de lancer n'ait pas été optimale parce qu'elles n'avaient pas la technique adéquate pour générer une vitesse de balle très rapide. Plusieurs auteurs ont noté qu'il était préférable que les jeunes maîtrisent la technique des lancers avant de développer de la force et de la puissance musculaire (Dun et al., 2007; Fleisig et al., 1999; Thompson et al., 2018). Similairement, les lancers à genoux sont utilisés spécifiquement par les receveur.euse.s dans des situations de jeux particulières. Il est donc possible que les participantes n'aient pas pratiqué spécifiquement cette habileté et que cela ait eu un impact sur la vitesse de la balle générée lors de ce type de lancers.

CHAPITRE 9

CONCLUSION

Les résultats de cette étude s'ajoutent à ceux déjà existants sur l'évaluation de la performance au baseball. Plus spécifiquement, ils apportent de nouvelles connaissances sur les facteurs physiques et anthropométriques affectant la vitesse de la balle dans trois types de lancers chez des joueuses de baseball de 9 à 14 ans.

Les prédicteurs de la performance changent en fonction du type de lancer effectué. Ainsi, l'âge est un prédicteur positif significatif de la performance pour tous les types de lancers. En ce qui a trait aux lancers à genoux, la force de préhension maximale totale est également un prédicteur positif significatif de la vitesse de la balle. L'âge et la force de préhension maximale totale permettent donc de prédire la performance, telle que mesurée par la vitesse de la balle, dans trois types de lancers chez des joueuses de baseball de moins de 18 ans. Plus l'âge ou la force de préhension augmentent, plus la vitesse de la balle augmente.

Cette étude est la première, à notre connaissance, à avoir rapporté des mesures anthropométriques et physiques pour des joueuses de baseball de moins de 18 ans et à avoir analysé les relations entre ces caractéristiques et la vitesse de la balle dans trois types de lancers spécifiques à différentes positions (lanceur.euse.s, receveur.euse.s, joueur.euse.s de champ). Nos résultats suggèrent que l'âge est un des facteurs les plus importants pour la vitesse de la balle et que sans l'apport de membres inférieurs, la force

de préhension permet de prédire la performance lors des lancers à genoux au sein de cet échantillon.

Ces résultats indiquent que la vitesse de la balle est majoritairement influencée par l'âge et que celui-ci est fortement corrélé avec l'ensemble des caractéristiques physiques et anthropométriques chez les joueuses au sein de notre échantillon. De plus, il se peut que les joueuses plus âgées aient plus d'expérience et puissent donc compenser des caractéristiques physiques désavantageuses par une meilleure technique. Les tests de sélection et l'évaluation de la performance au baseball, chez des populations féminines, jeunes et de niveau récréatif, devraient être adaptés à cette population. Les tests de force de préhension sont des tests spécifiques à certaines situations de jeu (lancers à genoux) qui semblent efficaces pour prédire la performance chez des joueuses de baseball de moins de 18 ans pour ce type de lancer. Même si les autres tests physiques réalisés dans le cadre de cette étude n'étaient pas corrélés (et donc prédicteurs) avec la vitesse de la balle, d'autres tests pourraient correctement évaluer d'autres aspects importants de la performance. Les associations de baseball mineur devraient donc valoriser l'inclusion de toutes les joueuses d'un même groupe d'âge au sein des équipes d'un même niveau puisque les caractéristiques physiques qui permettent de prédire la performance sont toutes reliées significativement à l'âge. Nos résultats ne nous permettent cependant pas de dire si l'âge et la force de préhension permettent de prédire la performance à des niveaux de compétitions plus élevés. Les études futures devraient se pencher sur les différences potentielles entre les niveaux d'expertise chez les jeunes joueuses de baseball.

BIBLIOGRAPHIE

- Allard, P., Dalleau, G., Begon, M., & Blanchi, J.-P. (2011). *Analyse du mouvement humain par la biomécanique* (3e édition ed.). Anjou: Fides Éducation.
- Baseball Canada. (2011). *Règlements officiels du baseball*.
<https://www.baseball.ca/files/regs.pdf>
- Baseball Mauricie. (2019). *Rapport annuel : Saison 2019*.
https://www.publicationsports.com/ressources/files/279/Rapport_annuel_BM_2019.pdf?t=1583513941
- Baseball Québec. (2018). *Rêvez grand : Rapport annuel 2018*.
https://www.publicationsports.com/ressources/files/289/rapport_2018_site.pdf?t=1543502453
- Baseball Québec. (2019). *Plan stratégique 2019-2023*.
https://www.publicationsports.com/ressources/files/289/Plan_Strategique.pdf
- Campbell, B. M., Stodden, D. F., & Nixon, M. K. (2010). Lower Extremity Muscle Activation During Baseball Pitching. *J Strength Cond Res*, 24(4), 964-971.
- Chen, H. H., Liu, C., & Yang, W. W. (2016). Coordination pattern of baseball pitching among young pitchers of various ages and velocity levels. *J Sports Sci*, 34(17), 1682-1690. doi:10.1080/02640414.2015.1133923
- Chu, Y., Fleisig, G., Simpson, K. J., & Andrews, J. (2009). Biomechanical Comparison Between Elite Female and Male Baseball Pitchers. *Journal of Applied Biomechanics*, 25, 22-31.

- Clements, A. S., Ginn, K. A., & Henley, E. (2001). Correlation between muscle strength and throwing speed in adolescent baseball players. *Physical Therapy in Sport*, 2(3), 123-131. doi:10.1054/ptsp.2000.0025
- Debraux, P., & Manolova, A. (n.d.). *Lexique*. Retrieved from <https://www.sci-sport.com/lexique/puissance.php>
- Diffendaffer, A. Z., Slowik, J. S., Lo, N. J., Drogosz, M., & Fleisig, G. S. (2019). The influence of mound height on baseball movement and pitching biomechanics. *J Sci Med Sport*, 22(7), 858-861. doi:10.1016/j.jsams.2019.01.012
- Dun, S., Fleisig, G. S., Loftice, J., Kingsley, D., & Andrews, J. R. (2007). The relationship between age and baseball pitching kinematics in professional baseball pitchers. *J Biomech*, 40(2), 265-270.
doi:10.1016/j.jbiomech.2006.01.008
- Dun, S., Kingsley, D., Fleisig, G. S., Loftice, J., & Andrews, J. R. (2008). Biomechanical comparison of the fastball from wind-up and the fastball from stretch in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med*, 36(1), 137-141.
doi:10.1177/0363546507308938
- Escamilla, R. F., Ionno, M., deMahy, M. S., Fleisig, G. S., Wilk, K. E., Yamashiro, K., . . . Andrews, J. R. (2012). Comparison of Three Baseball-Specific 6-Week Training Programs on Throwing Velocity in High School Baseball Players. *J Strength Cond Res*, 26(7), 1767–1781. doi:doi: 10.1519/JSC.0b013e3182578301

- Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Escamilla, R. F., & Andrews, J. R. (1996). Biomechanics of Overhand Throwing with Implication for Injuries. *Sports Med*, 21(6), 421-437.
- Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Zheng, N., Escamilla, R. F., & Andrews, J. R. (1999). Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. *J Biomech*, 32, 1371-1375.
- Fleisig, G. S., Bolt, B., Fortenbaugh, D., Wilk, K. E., & Andrews, J. R. (2011). Biomechanical comparison of baseball pitching and long-toss: implications for training and rehabilitation. *J Orthop Sports Phys Ther*, 41(5), 296-303.
doi:10.2519/jospt.2011.3568
- Fleisig, G. S., Diffendaffer, A. Z., Ivey, B., Aune, K. T., Laughlin, T., Fortenbaugh, D., . . . Dugas, J. R. (2018). Changes in Youth Baseball Pitching Biomechanics: A 7-Year Longitudinal Study. *Am J Sports Med*, 46(1), 44-51.
doi:10.1177/0363546517732034
- Fleisig, G. S., Diffendaffer, A. Z., Ivey, B., & Oi, T. (2018). Do Mound Height and Pitching Distance Affect Youth Baseball Pitching Biomechanics? *Am J Sports Med*, 46(12), 2996-3001. doi:10.1177/0363546518795890
- Fortenbaugh, D., Fleisig, G., & Bolt, B. (2010). Coming down : Throwing mechanics of baseball catchers. *Engineering*.
- Hoffman, J. R., Vazquez, J., Pichardo, N., & Tenenbaum, G. (2009). Anthropometric and Performance Comparisons in Professional Baseball Players. *J Strength Cond Res*, 23(8), 2173-2178.

- Katsumata, Y., Omuro, K., Mitsukawa, N., & Nakata, H. (2018). Characteristics of Relative Age Effects and Anthropometric Data in Japanese Recreational and Elite Male Junior Baseball Players. *Sports Med Open*, 4(1), 52. doi:10.1186/s40798-018-0165-9
- Kohmura, Y., Aoki, K., Yoshigi, H., Sakuraba, K., & Yanagiya, T. (2008). Development of a Baseball-Specific Battery of Tests and a Testing Protocol for College Baseball Players. *J Strength Cond Res*, 22(4), 1051-1058.
- Lehman, G., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2013). Correlation of Throwing Velocity to the Results of Lower-Body Field Tests in Male College Baseball Players. *J Strength Cond Res*, 27(4), 902-908.
- Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Fragala, M. S., Vazquez, J., Krause, M. C., Gillett, J., & Pichardo, N. (2013). Effect of Age on Anthropometric and Physical Performance Measures in Professional Baseball Players. *J Strength Cond Res*, 27(2), 375-381.
- Mercier, M. A., Tremblay, M., Daneau, C., & Descarreaux, M. (2020). Individual factors associated with baseball pitching performance: scoping review. *BMJ Open Sport Exerc Med*, 6(1), e000704. doi:10.1136/bmjssem-2019-000704
- Naito, K., Takagi, T., Kubota, H., & Maruyama, T. (2017). Multi-body dynamic coupling mechanism for generating throwing arm velocity during baseball pitching. *Hum Mov Sci*, 54, 363-376. doi:10.1016/j.humov.2017.05.013
- Nakata, H., Nagami, T., Higuchi, T., Sakamoto, K., & Kanosue, K. (2013). Relationship Between Performance Variables and Baseball Ability in Youth Baseball Players. *J Strength Cond Res*, 27(10), 2887-2897.

- Oliver, G., Lohse, K., & Gascon, S. (2015). Kinematics and Kinetics of Youth Baseball Catchers and Pitchers. *Sports*, 3(3), 246-257. doi:10.3390/sports3030246
- Peng, Y.-C., Lo, K.-C., & Wang, L.-H. (2015). Lower Extremity Muscle Activation and Kinematics of Catchers When Throwing Using Various Squatting and Throwing Postures. *Journal of Sports Sciences and Medicine*, 14, 484-493.
- Plummer, H., & Oliver, G. D. (2013a). Activation and Throwing Kinematics in Baseball and Softball Catchers. *J Strength Cond Res*, 28(1), 87-96.
- Plummer, H., & Oliver, G. D. (2013b). Quantitative analysis of kinematics and kinetics of catchers throwing to second base. *J Sports Sci*, 31(10), 1108-1116. doi:10.1080/02640414.2013.770907
- Plummer, H., & Oliver, G. D. (2016). Descriptive analysis of kinematics and kinetics of catchers throwing to second base from their knees. *J Electromyogr Kinesiol*, 29, 107-112. doi:10.1016/j.jelekin.2015.08.005
- Reinold, M. M., Macrina, L. C., Fleisig, G. S., Aune, K., & Andrews, J. R. (2018). Effect of a 6-Week Weighted Baseball Throwing Program on Pitch Velocity, Pitching Arm Biomechanics, Passive Range of Motion, and Injury Rates. *Sports Health*, 10(4), 327-333. doi:10.1177/1941738118779909
- Sgroi, T., Chalmers, P. N., Riff, A. J., Lesniak, M., Sayegh, E. T., Wimmer, M. A., . . . Romeo, A. A. (2015). Predictors of throwing velocity in youth and adolescent pitchers. *J Shoulder Elbow Surg*, 24(9), 1339-1345. doi:10.1016/j.jse.2015.02.015

- Solesky, L., Cain, J. T., Meacham, R., & Curtis, B. (2011). *The physics of baseball : learn the mechanics, science, and psychology of pitching to success* (First Edition ed.). Minneapolis: MVP Books.
- Spaniol, F. J. (2009). Baseball Athletic Test : A Baseball-Specific Test Battery. *Strength and Conditioning Journal*, 31(2), 26-29.
- Thompson, S. F., Guess, T. M., Plackis, A. C., Sherman, S. L., & Gray, A. D. (2018). Youth Baseball Pitching Mechanics: A Systematic Review. *Sports Health*, 10(2).
- Watanabe, Y., Yamada, Y., Yoshida, T., Matsui, T., Seo, K., Azuma, Y., . . . Morihara, T. (2017). Relationship Between Physical Fitness at the End of Preseason and the Inseason Game Performance in Japanese Female Professional Baseball Players. *J Strength Cond Res*, 33(6), 1580-1588.
doi:10.1519/JSC.0000000000002024
- Werner, S. L., Guido, J. A., McNeice, R. P., Richardson, J. L., Delude, N. A., & Stewart, G. W. (2005). Biomechanics of youth windmill softball pitching. *Am J Sports Med*, 33(4), 552-560. doi:10.1177/0363546504269253
- Werner, S. L., Suri, M., Guido, J. A., Jr., Meister, K., & Jones, D. G. (2008). Relationships between ball velocity and throwing mechanics in collegiate baseball pitchers. *J Shoulder Elbow Surg*, 17(6), 905-908.
doi:10.1016/j.jse.2008.04.002
- Wong, S. L. (2016, 2017-07-12). Valeurs de référence pour la force de préhension des Canadiens de 6 à 79 ans : Enquête canadienne sur les mesures de la santé, 2007 à

2013. Retrieved from <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/82-003-x/2016010/article/14665-fra.htm>

ANNEXE A

Certificat éthique

2019-2020



CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC DES ÊTRES HUMAINS

En vertu du mandat qui lui a été confié par l'Université, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains a analysé et approuvé pour certification éthique le protocole de recherche suivant :

Titre : Relations entre les caractéristiques anthropométriques et physiques et la vitesse de la balle dans trois types de lancers chez des joueuses de baseball de moins de 18 ans

Chercheur(s) : Camille Ménard-Lebel
Département des sciences de l'activité physique

Organisme(s) : Aucun financement

N° DU CERTIFICAT : CER-19-257-07.22

PÉRIODE DE VALIDITÉ : Du 06 juin 2019 au 06 juin 2020

En acceptant le certificat éthique, le chercheur s'engage à :

- Aviser le CER par écrit des changements apportés à son protocole de recherche avant leur entrée en vigueur;
- Procéder au renouvellement annuel du certificat tant et aussi longtemps que la recherche ne sera pas terminée;
- Aviser par écrit le CER de l'abandon ou de l'interruption prématurée de la recherche;
- Faire parvenir par écrit au CER un rapport final dans le mois suivant la fin de la recherche.

Bruce Maxwell
Président du comité

Fanny Longpré
Secrétaire du comité

Décanat de la recherche et de la création Date d'émission : 06 juin 2019

Certificat éthique

2020-2021

3053



CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC DES ÉTRES HUMAINS

En vertu du mandat qui lui a été confié par l'Université, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains a analysé et approuvé pour certification éthique le protocole de recherche suivant :

Titre : Relations entre les caractéristiques anthropométriques et physiques et la vitesse de la balle dans trois types de lancers chez des joueuses de baseball de moins de 18 ans

Chercheur(s) : Camille Ménard-Lebel
Département des sciences de l'activité physique

Organisme(s) : Aucun financement

N° DU CERTIFICAT : CER-19-257-07.22

PÉRIODE DE VALIDITÉ : Du 06 juin 2020 au 06 juin 2021

En acceptant le certificat éthique, le chercheur s'engage à :

- Aviser le CER par écrit des changements apportés à son protocole de recherche avant leur entrée en vigueur;
- Procéder au renouvellement annuel du certificat tant et aussi longtemps que la recherche ne sera pas terminée;
- Aviser par écrit le CER de l'abandon ou de l'interruption prématurée de la recherche;
- Faire parvenir par écrit au CER un rapport final dans le mois suivant la fin de la recherche.

Bruce Maxwell
Président du comité

Fanny Longpré
Secrétaire du comité

Décanat de la recherche et de la création

Date d'émission : 10 juillet 2020