

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LE LIEN ENTRE LA FORCE DE PRÉHENSION ET LE MANIEMENT DU  
BÂTON CHEZ LES JEUNES JOUEURS DE HOCKEY

MÉMOIRE  
PRÉSENTÉ  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
MAÎTRISE EN KINANTHROPOLOGIE

PAR  
PHILIPPE ROY

DÉCEMBRE 2023

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL  
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.04-2020). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier les personnes de mon entourage qui m'ont influencé dans mon parcours scolaire et qui m'ont soutenu du début à la fin.

À mes parents qui sans eux je ne serais jamais là où je suis présentement dans ma vie tant personnelle, académique et professionnelle.

À ma conjointe, pour ne jamais avoir cessé de m'encourager pendant ces longues années, au travers de la pandémie. Sans son appui, ce projet ne serait pas venu à terme.

À mes beaux-parents qui m'ont soutenu, encouragé et m'ont poussé à dépasser mes limites ainsi que persévérer dans mon cheminement académique et professionnel. Sans vous je ne serais tout simplement pas la personne que je suis aujourd'hui.

À mes amis qui me donnent la motivation nécessaire pour continuer de progresser et d'atteindre mes objectifs.

Finalement, à mon jury qui a su faire de ce projet un succès avec leur révision et leur support.

## DÉDICACE

À mes parents, pour leur support, leur  
encouragement ainsi que pour leurs  
sacrifices.

À ma petite bête de poils, Enzo,  
toujours fidèle au poste pour me  
déconcentrer.

À ma charmante conjointe, pour son  
support, son amour et sa patience.

À mon petit coco Noah-James, qui me  
donne chaque jour le désir de devenir  
la meilleure version de moi-même.

Merci d'être toujours présent pour  
moi.

## AVANT-PROPOS

Lors de mes dernières années d'université, j'ai eu la chance de côtoyer plusieurs sommités dans le monde de la préparation physique. C'est à ce moment que j'ai compris l'importance de la préparation physique au hockey et de la complexité derrière la planification. Malheureusement pour moi, il était trop tard, puisque j'avais déjà accroché mes patins après 15 ans dans l'élite au Québec. Quand j'étais joueur, je ne voulais pas m'entraîner pendant l'été puisque je ne voyais pas l'importance et les effets d'une bonne préparation physique. Pourtant, même en jouant seulement les dimanches soir contrairement à presque tous les jours auparavant, je vois que je suis plus fort, plus vite et que mes lancers sont plus puissants que jamais.

Est-ce parce que je m'entraîne quatre fois plus qu'avant ? Je crois personnellement que oui et la science peut également appuyer ce changement. C'est principalement pour cette raison que je souhaite transmettre aux athlètes l'importance de bien s'entraîner pour se développer à son plein potentiel.

J'ai également remarqué récemment l'augmentation de la vitesse de mes lancers avec l'augmentation de ma force du haut du corps, plus précisément de ma force de préhension qui a eu une progression ahurissante. Les recherches démontrent une relation positive sur l'implication de la force de préhension sur la performance au hockey, mais pas toujours démontrée rigoureusement avec une approche scientifique. La raison de ce mémoire est de voir quelles composantes de la performance sont affectées par la force de préhension.

## TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS .....	iv
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
RÉSUMÉ .....	x
CHAPITRE I PROBLÉMATIQUE .....	4
1.1.1 Justification et importance de la recherche .....	4
1.2 Énoncé du problème .....	5
1.2.1 Pertinence pratique.....	5
1.2.2 Objectif de la recherche .....	6
1.2.3 Hypothèse spécifique de recherche .....	6
1.2.4 Variables .....	6
1.2.5 Limites .....	8
CHAPITRE II REVUE DE LA LITTÉRATURE .....	9
2.1 Analyse physiologique du hockey sur glace.....	9
2.2 Analyse des lancers au hockey sur glace.....	11
2.3 La force de préhension.....	12
2.3.1 Dans les sports .....	14
2.3.2 Relation entre force de préhension et maniement de rondelle/agilité .....	15
2.3.3 Relation entre force de préhension et vélocité des lancers .....	15
2.3.4 Relation entre force de préhension et précision des lancers .....	17
2.3.5 Outils de mesures .....	17
2.3.6 Protocoles de la mesure de la force de préhension .....	17
CHAPITRE III MÉTHODOLOGIE .....	19
3.1 Participants .....	19
3.1.1 Population et méthode de recrutement.....	19

3.1.2	Critères d'inclusion et d'exclusion.....	19
3.1.3	Déontologie et consentement .....	20
3.2	Les tests .....	20
3.2.1	Les mesures anthropométriques et informations générales .....	20
3.2.2	Le saut en hauteur .....	21
3.2.3	Le saut en hauteur avec élan .....	23
3.2.4	Le saut en longueur .....	24
3.2.5	La force de préhension .....	26
3.2.6	Maniements de rondelles sur place .....	29
3.2.7	Test Illinois .....	30
3.2.8	Vélocité des lancers.....	32
3.2.9	Précision des lancers .....	32
3.3	Déroulement des tests .....	33
3.4	Analyses et statistiques .....	36
CHAPITRE IV RÉSULTATS .....		37
4.1	Résultats.....	37
4.2	Mesures anthropométriques.....	37
4.3	Caractéristiques des évaluations hors glace des participants.....	38
4.4	Caractéristiques des évaluations sur glace des participants.....	39
4.5	Résultats des corrélations entre les évaluations sur glace et hors glace .....	40
4.6	Résultats des équations de régressions entre les évaluations sur glace et hors glace 41	
CHAPITRE V DISCUSSION.....		46
5.1	Les mesures anthropométriques sur la performance .....	46
5.2	L'impact de la force de préhension sur la performance .....	47
5.2.1	Évaluation de la force de préhension au hockey .....	48
5.2.2	La précision des lancers .....	48
5.2.3	La vélocité des lancers .....	49
5.2.4	Le maniement de rondelle.....	51
CHAPITRE VI CONCLUSION .....		52
6.1	Implication future .....	53

APPENDICE A CONSENTEMENT .....	54
APPENDICE B APPROBATION DU COMITÉ ÉTHIQUE.....	57
APPENDICE C GRILLE DE COLLECTE DE DONNÉES .....	58
BIBLIOGRAPHIE .....	59

## LISTE DES FIGURES

Figure 3.1 Appareil GFlight de Exsurgo.....	22
Figure 3.2 Saut en hauteur .....	23
Figure 3.3 Saut en hauteur avec élan .....	24
Figure 3.4 Saut en longueur .....	26
Figure 3.5 Position 1 : L'humérus en adduction (0 degré) le long du tronc .....	27
Figure 3.6 Position 2 : L'humérus en abduction à 90 degrés du tronc .....	27
Figure 3.7 Position 3 : L'humérus en abduction à 180 degrés du tronc (paume de la main face au plan sagittal).....	28
Figure 3.8 Maniements de rondelle sur place .....	30
Figure 3.9 Test d'Illinois. Trois départs (Start) étaient exécutés du côté gauche et ensuite du côté droit .....	31
Figure 3.10 Positionnement de la caméra pour les évaluations de la vitesse des lancers ainsi que la précision des lancers .....	33

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 Sommaire des études faites sur la force de préhension au hockey.....	13
Tableau 4.2 Caractéristiques anthropométriques des participants .....	38
Tableau 4.3 Caractéristique d'évaluations hors glace des participants .....	38
Tableau 4.4 Caractéristique d'évaluations sur glace des participants .....	39
Tableau 4.5 Corrélations entre les évaluations sur glace et hors glace (r de Pearson)	40
Tableau 4.6 Équations de prédiction entre les évaluations sur glace et hors glace.....	41
Tableau 4.7 Équations de prédiction entre la précision du lancer et la force de préhension et autres variables d'intérêts .....	44
Tableau 4.8 Équations de régressions multiples de la vitesse du lancer maximale à retenir .....	45
Tableau 4.9 Équations de régressions multiples de la vitesse du lancer moyen à retenir .....	45

## RÉSUMÉ

Le hockey exige plusieurs habiletés motrices afin de manier la rondelle lors de dribble ou les lancers, le patinage, le freinage, effectuer des passes ou encore de repérer ses coéquipiers et les adversaires sur la patinoire. De plus, le hockey exige d'avoir une bonne endurance musculaire de type anaérobie (Cox *et al.*, 1995; Montgomery, 1988). Le maniement du bâton au hockey est utilisé pour diverses tâches telles que le dribble, les lancers, les réceptions de passes, ainsi que la précision des passes (Roy et Delisle, 1984). Plusieurs auteurs ont montré un lien entre la force de préhension et la vélocité de tir (Alexander, 2013; Zane, 2012). Toutefois, aucune étude scientifique n'a été répertoriée démontrant le rôle de la force de préhension sur les diverses autres habiletés requises sur le maniement du bâton et la précision des tirs tel qu'évalué lors de cette étude. Donc, le but de la présente étude était de mesurer l'impact de la force de préhension sur le maniement de la rondelle à l'aide d'un bâton de hockey.

Méthode : Seize joueurs de hockey âgé entre 14 à 15 ans ont participé à l'étude. Les joueurs recrutés ont évolué dans le M15 AAA Élite. Un total de 10 tests (90 min au total, 5 tests hors glace et 5 tests sur glace) ont été réalisés. De plus, avant le début des tests, les mesures anthropométriques suivantes ont été prises : le poids, la grandeur, l'âge, la composition corporelle par bio-impédance et d'autres caractéristiques comprenant la latéralité et le type de bâton des participants. Les variables indépendantes suivantes (tests hors glace) ont été mesurées : saut en hauteur (SH), saut en hauteur avec contre-mouvement (SHC), saut en hauteur avec contre-mouvement avec oscillement des bras (SHCB) (Heishman *et al.*, 2020), saut en

longueur (SL) et le test de force de préhension prise dans 3 positions différentes (180 degrés d'abduction à l'épaule (FP180), 90 degrés d'abduction à l'épaule (FP90) et 0 degré d'abduction à l'épaule (FP0)). Les mesures de hauteur des tests de sauts verticaux ont été mesurées avec l'appareil gFlight. Un dynamomètre hydraulique a été utilisé pour mesurer la force de préhension. Les mesures (temps d'exécution des tests sur glace, le pourcentage de réussite sur le maniement de la rondelle, de la précision et de la vitesse des lancers) sur les variables dépendantes suivantes ont été exécutées avec les joueurs portant leur uniforme de hockey complet et utilisant leur bâton habituel : maniement de rondelle sur place, Illinois avec et sans maniement de la rondelle ainsi que la précision du lancer du poignet. La précision des lancers a été mesurée à l'aide de 4 cibles (20 cm sur 20 cm) à une distance de 5 mètres des participants. Les lancers ont été filmés à la normale (latéralement) au champ d'action à l'aide d'un téléphone intelligent en mode ralenti 120 images par seconde (placé à 10 mètres des participants et à une hauteur de 1 mètre du sol) afin de mesurer la vitesse des lancers sur chacune des cibles. Aucune correction pour un potentiel effet parallaxe des vidéos n'a été appliquée. Le temps de parcours au test Illinois a été mesuré au centième de seconde à l'aide de portes-photocellules. Le test de maniement de la rondelle sur place a également été filmé afin de s'assurer des coups réussis et échoués. Trois essais par test ont été réalisés. L'analyse statistique comportait le calcul de valeurs moyennes  $\pm$  écart-type, des régressions simples et multiples.

Résultats : Les forces de préhension moyenne (somme main gauche et droite du meilleur essai de chaque main) étaient à 180° ( $92,50 \pm 13,62$  kg), 90° ( $87,25 \pm 14,84$  kg) et 0° ( $88,63 \pm 12,72$  kg). La vitesse moyenne des lancers était de  $24,23 \pm 2,51$  mètres par seconde. Le coefficient de détermination ( $R^2$ ) était de 0,443 ( $r=0,666$ ,  $p=0,137$ ) pour la vitesse des lancers en fonction de la force de préhension à 180°, l'âge, la taille et le poids. Le coefficient de détermination ( $R^2$ ) était de 0,588 ( $r= 0,767$ ,  $p=0,032$ ) pour la vitesse des lancers en fonction de la force de préhension à 90°, l'âge, la taille et le poids. Le coefficient de détermination ( $R^2$ ) était de 0,608 ( $r=0,780$ ,

$p=0,025$ ) pour la vitesse des lancers en fonction de la force de préhension à  $0^\circ$ , l'âge, la taille et le poids.

Conclusion : La force de préhension explique en partie la vitesse des lancers des joueurs et montre qu'il s'agit d'une composante de la condition physique qui ne peut être négligée pour les entraîneurs de force musculaire et de conditionnement physique au hockey sur glace. Des équations de régressions multiples ont été créées afin d'estimer la vitesse des lancers basée sur des variables indépendantes. Nos résultats indiquent que la force de préhension mesurée à  $0^\circ$  présente la meilleure corrélation que les autres modalités pour la mesure de la force de préhension. Le maniement du bâton ainsi que la précision des lancers n'ont pas démontré de corrélations significatives avec la force de préhension.

Mots clés : Hockey sur glace, Force de préhension, Maniement du bâton, Performance

## INTRODUCTION

Le hockey est un sport extrêmement complexe qui demande de grandes habiletés, motrices, physiques et physiologiques afin d'effectuer les tâches de patinage, de maniement de la rondelle, et de la capacité à effectuer des sprints répétés. Le hockey devenu avec les années un sport de plus en plus rapide, une masse corporelle de plus en plus imposante et une augmentation de la force physique des joueurs (Cox *et al.*, 1995; Montgomery, 1988). De plus, les joueurs passent la majorité de leur temps à s'entraîner pour atteindre des niveaux de performance supérieurs et les préparateurs physiques sont en constante recherche de méthodes efficaces pour entraîner leurs athlètes. Il ne fait aucun doute que la préparation physique des athlètes est importante, mais il est aussi important d'évaluer les joueurs/athlètes afin de voir les progressions et les impacts de l'entraînement sur les performances sur glace. En effet, l'objectif final de l'entraînement est d'améliorer les capacités et les déterminants importants de la performance des joueurs sur la glace.

En fait, il y a trois principaux déterminants (facteurs) que les joueurs doivent posséder s'ils veulent augmenter leur chance de performer à leur plein potentiel. Ces trois facteurs sont la force, la vitesse et l'endurance. Bien entendu, il existe d'autres facteurs influençant les performances au hockey ou autres sports, tels que la coordination, le développement moteur, la nutrition, le sommeil, la récupération, les habiletés individuelles et collectives et la génétique, pour en nommer quelques-uns.

Plusieurs études ont démontré des corrélations entre divers tests physiques et les différentes composantes de la performance au hockey. Cependant, les démarches utilisées ne sont pas toujours cohérentes ou n'utilisent pas les mêmes protocoles,

spécifiquement les recherches qui portent sur la force de préhension. La force de préhension est une mesure qui nous informe sur la force des avant-bras, mais également sur la force générale des athlètes (Bežák et Přidal, 2017; Cronin *et al.*, 2017; Peterson *et al.*, 2015; Toong *et al.*, 2018; Wu *et al.*, 2003). Dans les diverses recherches, il a été démontré que la force de préhension est corrélée avec l'âge, le sexe, la masse corporelle et le niveau au hockey sur glace dans lequel l'athlète évolue (Cronin *et al.*, 2017; Peterson *et al.*, 2015; Toong *et al.*, 2018; Vescovi *et al.*, 2006). Cependant très peu d'études ont exploré en détail quels aspects spécifiques de la performance sont affectés par la force de préhension telles que la précision des lancers ou encore la vitesse de ceux-ci (Alexander *et al.*, 2013; Bežák et Přidal, 2017; Cronin *et al.*, 2017; Pan *et al.*, 1998; Toong *et al.*, 2018; Vescovi *et al.*, 2006; Wu *et al.*, 2003). La présente recherche dans ce mémoire a pour but de déterminer l'importance de la force de préhension en lien avec des déterminants d'habileté de la performance au hockey. La performance au hockey ne se détermine pas seulement par le nombre de buts marqués, le hockey comprend une multitude d'autres qualités à posséder par le joueur de hockey. Ces qualités comprennent la précision dans les passes, posséder une bonne exécution des aspects tactiques du jeu, être habile sur ses patins et avec son bâton et bien évidemment avoir une bonne puissance et précision lors des lancers. Quelques études ont démontré que la force de préhension est en lien avec l'âge et le niveau dans lequel les joueurs performant (Bežák et Přidal, 2017; Cronin *et al.*, 2017; Michaud-Paquette, Y. *et al.*, 2009; Peterson *et al.*, 2015), mais aucune étude ne s'est questionnée sur les variables de la performance réellement influencées par la force de préhension au hockey sur glace. L'objectif spécifique dans ce mémoire est donc de déterminer plus précisément les facteurs potentiellement influencés par la force de préhension au hockey sur glace. Il est donc possible de se poser plusieurs questions. Est-ce que la force de préhension est un facteur important dans la précision et la vitesse des lancers ? Est-ce qu'elle est importante dans tous les types de lancer ? Est-ce qu'elle joue un rôle seulement sur les lancers en position statique ou également sur ceux en mouvement ? Est-ce que la force de préhension est un facteur sur l'habileté de maniement de rondelle ? Toutes ces

interrogations seront présentées au travers des chapitres suivants. De même pour la méthodologie des protocoles d'évaluations qui seront utilisés.

## CHAPITRE I

### PROBLÉMATIQUE

Dans ce chapitre, il sera question de cerner la problématique, de préciser l'importance de la recherche et de déceler les pertinences pratiques.

#### 1.1.1 Justification et importance de la recherche

En tant que préparateur physique, il est de notre devoir d'améliorer les capacités de nos athlètes afin d'augmenter leur performance sur la glace. Aucun détail ne doit être laissé de côté. Pour ces raisons, le rôle de la force de préhension a intérêt à être mieux connu pour son importance sur la performance au hockey. En sachant sur quels facteurs la force de préhension joue un rôle important, il sera possible de créer des protocoles et des entraînements qui visent à améliorer ce déterminant. De plus, les préparateurs physiques seront même en mesure d'estimer les performances de leurs athlètes sur glace avec un test de force de préhension qui est simple d'administration et peu coûteux par l'entremise des résultats dans ce mémoire (Bežák et Přidal, 2017; Cronin *et al.*, 2017; Vescovi *et al.*, 2006). Des outils tels que des équations de régression seront fournis afin de faciliter le travail des préparateurs physiques. Les conclusions apportées dans cette étude permettront l'avancement des connaissances et des impacts de la force de préhension chez les joueurs de hockey.

## 1.2 Énoncé du problème

### 1.2.1 Pertinence pratique

Comme mentionné préalablement, le hockey est un jeu qui est de plus en plus rapide et les joueurs sont de plus en plus gros et puissants sur la glace (Cox *et al.*, 1995; Montgomery, 1988; Quinney *et al.*, 2008). La préparation physique lors des périodes estivales est maintenant beaucoup plus importante qu'auparavant. Plusieurs déterminants de la performance est importante dans la planification annuelle d'un athlète pour optimiser son développement. Cependant plusieurs déterminants sont évalués initialement avec des évaluations qui ne sont pas toujours validées, fidèles ou qui n'ont pas une grande corrélation avec la performance sur glace. Par exemple, Hockey Québec utilise dans leur batterie de tests la course navette sur 20 mètres (Tomkinson *et al.*, 2017) pour l'évaluation de la composante cardiovasculaire d'un joueur de hockey alors qu'une étude a démontré que l'utilisation du test navette chez les joueurs de hockey n'est pas optimale (SMAT). D'un autre côté, les évaluations non spécifiques à un sport sont souvent utilisées à des fins de renseignements généraux sur l'athlète, comme la capacité aérobie qui est bien souvent chez le joueur de hockey évalué à l'extérieur de la glace. Les préparateurs physiques dans le domaine de la performance au hockey cherchent à comprendre les effets et les répercussions exactes des évaluations hors glace sur la performance sur glace afin d'utiliser des évaluations pertinentes et valables pour le suivi des athlètes. Aucune étude n'a été réalisée pour comprendre l'impact de la force de préhension chez les joueurs de hockey. Comme soulevé par Tong *et al.* (2018), la force de préhension pourrait avoir une importance au hockey (Toong *et al.*, 2018). Donc, si une corrélation significative entre la force de préhension, le maniement de la rondelle, la précision des lancers et la vitesse des lancers existe, il serait intéressant de démontrer cette relation et l'importance de la force de préhension, et par le fait même pour les préparateurs physiques d'ajouter cette mesure simple et rapide du suivi de la force de préhension dans une planification annuelle pour obtenir un retour

sur l'efficacité de leur planification. L'ajout de méthodes d'entraînement ou d'accessoires pour venir améliorer davantage la force de préhension serait alors pertinent. De plus, l'évaluation de la force de préhension est rapide, simple à réaliser et peu coûteuse (Bežák et Přidal, 2017; Cronin *et al.*, 2017; Vescovi *et al.*, 2006).

### 1.2.2 Objectif de la recherche

L'objectif des travaux dans ce mémoire est d'évaluer l'impact de la force de préhension sur le maniement de rondelle statique et en mouvement, la vitesse et la précision de différents types de lancers statiques et en mouvement ainsi que d'autres évaluations couramment utilisées chez les joueurs de hockey.

### 1.2.3 Hypothèse spécifique de recherche

La force de préhension aura un impact positif sur le maniement de rondelle, la précision des lancers et la vitesse des lancers chez les jeunes joueurs de hockey.

### 1.2.4 Variables

Les variables indépendantes (VI) suivantes (tests hors glace) ont été mesurées : saut en hauteur (Burr *et al.*, 2008), saut en contre-mouvement sans oscillation des bras (Heishman *et al.*, 2020), saut en contre-mouvement avec oscillation des bras (Heishman *et al.*, 2020), saut en longueur (Burr *et al.*, 2008) et le test de force de préhension a été pris dans 3 positions différentes (180 degrés d'abduction à l'épaule, 90 degrés d'abduction à l'épaule et 0 degré d'abduction à l'épaule) (Cronin *et al.*, 2017) (voir les figures 3.5, 3.6 et 3.7 pour plus de détail). La hauteur durant les tests de sauts verticaux a été mesurée avec l'appareil gFlight (V2, Sterling, États-Unis). La comparaison entre la hauteur atteinte avec les sauts SHC et SHCB (hauteur atteinte avec et sans oscillation des bras, respectivement) a permis de mesurer la composante d'habileté motrice de coordination entre le haut et le bas du corps (Heishman *et al.*, 2020). Les variables dépendantes (VD) suivantes ont été mesurées : maniement de la

rondelle, la vitesse et précision des tirs. Les VI et VD sont expliqués en détail dans la section méthodologie. Un dynamomètre hydraulique (Jamar, Bolingbrook, États-Unis) a été utilisé pour mesurer la force de préhension. Les variables dépendantes suivantes (tests sur glace) sont : maniement de rondelle sur place où le joueur doit déplacer la rondelle latéralement de gauche à droite vers des carrés (24x24 cm) sur une distance de 1 mètre (Leone *et al.*, 2014), Illinois avec et sans maniement de la rondelle (Hermiston *et al.*, 1979) ainsi que la précision du lancer du poignet (Michaud-Paquette, Yannick *et al.*, 2009). Les évaluations sur glace ont été exécutées avec les joueurs portant l'uniforme de hockey complet incluant leur bâton habituel. Le temps (secondes) d'exécution de la tâche pour le test d'Illinois ainsi que le pourcentage de maniement réussi dans les carrés pour le test de maniement de rondelle est la mesure pour les évaluations sur glace. La précision des lancers a été mesurée à l'aide de 4 cibles (20 cm x 20 cm) placées dans les 4 coins du filet selon Michaud-Paquette et al (2009). Les participants ont eu 5 lancers à réaliser sur chacune des cibles en débutant par la cible supérieure gauche. Lorsque les 5 lancers ont été terminés sur la cible #1, sans période de repos, les participants ont enchaîné sur la cible #2 et ainsi de suite. La précision des lancers a été analysée en pourcentage en fonction du nombre de cibles atteintes. Les lancers ont été filmés à la normale (latéralement) au champ d'action à l'aide d'un téléphone intelligent (iPhone 12 Pro) en mode ralenti 120 images par seconde afin de mesurer la vitesse des lancers sur chacune des cibles. L'utilisation d'une caméra de téléphone intelligent a déjà été utilisée dans notre laboratoire pour l'analyse biomécanique au vélo (Garzon *et al.*, 2015). Toutefois, ce protocole n'a jamais été réalisé au hockey sur glace à ce jour. Le temps de parcours au test Illinois a été mesuré au centième de seconde à l'aide de portes-photocellules (Brower, Draper, États-Unis). Le test de maniement de rondelle sur place a également été filmé de la même façon que la précision des lancers afin de s'assurer des coups réussis et échoués. Ce test est une variante adaptée au contrôle moteur au hockey de la batterie de tests proposée par Leone et al (2013). Trois essais par test ont été réalisés lors de la collecte de données à l'exception des tirs de précisions des lancers. Le meilleur résultat ainsi que la moyenne

ont été maintenus à des fins d'analyse pour vérifier laquelle des deux mesures offrent des analyses plus précises. De plus, dans un contexte d'une partie de hockey, ce ne sont pas toujours les performances maximales qui sont réalisées, il est donc intéressant d'obtenir des valeurs moyennes. Les résultats sont présentés dans la section résultats sous forme de moyenne  $\pm$  écart-types.

### 1.2.5 Limites

Les résultats de ce projet peuvent être affectés par différentes variables indépendantes qu'il n'est pas possible de contrôler entièrement. La première limite est en lien avec les composantes du bâton utilisé par les joueurs de hockey qui sont des préférences personnelles. En fait, chaque joueur choisit son bâton selon différentes caractéristiques qui sont pour lui d'apparence avantageuse. Par exemple, chaque bâton possède des caractéristiques telles que le niveau de flexibilité (flex), les matériaux qui le composent telles que la fibre de carbone, la longueur du bâton, la courbe de la palette ainsi que son angle au sol. Ces caractéristiques peuvent venir influencer les variables dépendantes telles que la vitesse de la rondelle lors d'un lancer du poignet et également au niveau de la précision des lancers. Une autre limite potentielle est l'hétérogénéité des participants. Afin de contrôler l'hétérogénéité des caractéristiques physiques des participants, il a été important de s'assurer que l'âge des participants et leur expérience de joueurs soient similaires lors des expérimentations. Le but était d'obtenir une homogénéité des participants afin de contrôler strictement l'aspect technique des lancers. Une autre limite apparente est la masse corporelle des participants, car la force de préhension est corrélée avec celle-ci (Cronin *et al.*, 2017), donc il a été nécessaire de normaliser en fonction de la masse corporelle afin de voir l'influence de celle-ci sur les variables dépendantes que nous avons mesurées. L'utilisation de la normalisation à la masse corporelle de la force de préhension a permis de créer de nouvelles variables pour en mesurer l'effet sur les variables dépendantes.

## CHAPITRE II

### REVUE DE LA LITTÉRATURE

Dans ce chapitre, le fondement scientifique en lien avec les objectifs de la recherche dans ce mémoire sera présenté, soit l'analyse physiologique du hockey, l'analyse biomécanique des lancers au hockey et la force de préhension.

#### 2.1 Analyse physiologique du hockey sur glace

Le hockey est un sport de haute intensité impliquant beaucoup de changements de direction et de contacts physiques qui requièrent une bonne aptitude anaérobie et d'endurance (aérobie) pour maintenir une haute intensité sur de longues périodes de temps tout en gardant l'aspect technique excellent (Stanula et Rocznio, 2014). Le hockey est un sport où la condition physique est extrêmement importante pour les joueurs. Une présence sur la glace correspond à 30 à 60 secondes d'efforts répétés à très haute intensité (Cox *et al.*, 1995; Montgomery, 1988). De plus, la moyenne de temps de glace total durant un match chez les joueurs se situe entre 15 à 20 minutes lors d'une partie de 60 minutes séparée en 3 périodes de 20 minutes chacune (Cox *et al.*, 1995; Montgomery, 1988). Le profil physiologique diffère selon les différentes positions (attaquant (A), défenseur (D) et gardien de but (G)) des joueurs de hockey. Les défenseurs sont généralement plus grands (D :  $178,2 \pm 4,2$  cm; A :  $176,2 \pm 4,3$  cm ; G :  $174,4 \pm 5,5$  cm), plus gros (D :  $82,6 \pm 7,4$  kg; A :  $76,4 \pm 6,6$  kg ; G :  $74,8 \pm 8,9$  kg) et plus fort physiquement, selon la force de préhension comme indice global de la force

(Main gauche : D :  $67,3 \pm 7,3$  kg; A :  $65,5 \pm 7,1$  kg ; G :  $53,6 \pm 3,8$  kg; Main droite : D :  $68,4 \pm 7,5$  kg; A :  $66,5 \pm 8,0$  kg ; G :  $56,6 \pm 4,1$  kg) que les joueurs des autres positions (Cox *et al.*, 1995; Montgomery, 1988; Quinney *et al.*, 2008; Triplett *et al.*, 2018).

D'un autre côté, en lien avec l'aptitude aérobie, les études sont partagées et aucun résultat concluant ne peut déterminer la position du joueur ayant la meilleure puissance aérobie (Burr *et al.*, 2008; Geithner *et al.*, 2006). La VO<sub>2</sub>max absolue ne permet pas de distinguer entre les positions d'attaquants et de défenseurs (aucune différence significative) (Quinney *et al.*, 2008). Cependant, lorsque le VO<sub>2</sub>max est normalisé à la masse corporelle, les attaquants ont un VO<sub>2</sub>max relatif supérieur comparativement aux défenseurs et aux gardiens de but (D :  $52,5 \pm 4,9$  ml/kg/min; A :  $54,0 \pm 5,4$  ml/kg/min ; G :  $49,8 \pm 5,5$  ml/kg/min,  $p < 0,05$ ) (Quinney *et al.*, 2008). Toutefois, le test de VO<sub>2</sub>max réalisé par Quinney (Sjostrand, 1947) a été fait à l'aide d'un vélo stationnaire (Monark) où la résistance a été augmentée de 37 W chaque minute jusqu'à épuisement. Cependant, les détails sur la période d'échauffement et de récupération ne sont pas mentionnés. Nonobstant, les auteurs ont démontré que des différences significatives de VO<sub>2</sub>max étaient présentes entre chaque position. Malgré que les attaquants aient un VO<sub>2</sub>max plus élevé, les défenseurs ont plus de temps de glace par partie, leurs présences sur la glace sont plus longues, les repos entre les présences sont plus courts et ils ont une vitesse de patinage inférieure aux attaquants (Green *et al.*, 1976).

L'équipe de Rocznio (Rocznio *et al.*, 2016), basée sur leur régression multiple afin de prédire le succès des joueurs en lien avec les épreuves sur glace durant le camp d'entraînement, a conclu que le temps pour atteindre le pic de puissance et le pic de puissance relatif lors du test Wingate 30 secs, le VO<sub>2</sub>max ainsi que le sprint de 30 mètres sur glace sont les meilleurs prédicteurs de réussite lors des camps d'entraînement pour les joueurs de hockey. En se basant sur les observations de Cox (Cox *et al.*, 1995), les programmes d'entraînement ont considérablement évolués

depuis les 10-15 dernières années (année de référence 1995), ce qui peut expliquer en partie l'augmentation de la vitesse de jeu au hockey. Cependant, Cox *et al* mentionnent que les recherches sur les caractéristiques de force physique sont manquantes (Cox *et al.*, 1995). Il en vient donc à dire que la présente étude a le potentiel de combler cette lacune et contribuer à l'état d'avancement de la recherche pour le hockey sur glace.

## 2.2 Analyse des lancers au hockey sur glace

Le lancer du poignet, le lancer frappé, le lancer semi-frappé et le lancer du revers sont les lancers les plus couramment utilisés au hockey sur glace toutes catégories et sexe confondus (Michaud-Paquette, Y. *et al.*, 2009). Le lancer du poignet est le type de lancer le plus utilisé (23% à 37%) parmi tous les lancers pendant les parties en plus d'être le type de lancer le plus précis (Montgomery *et al.*, 2004).

La précision des lancers est une compétence extrêmement importante au hockey puisque la précision du tir augmente les chances de marquer un but et du coup, si les chances de marquer sont augmentées, les chances de gagner la partie le sont également. Peu d'études ont étudié l'impact de la force de préhension sur la précision des lancers au hockey. La seule étude qui a étudié le sujet a été menée en 1963 et a démontré une tendance positive sans être significative entre la force de préhension et les précisions des lancers (lancer du poignet,  $p=0,16$  et lancer frappé,  $p=0,09$ ) (Alexander *et al.*, 2013). Par la suite, ont découlé d'autres études qui ont effectué l'analyse des lancers au hockey, plus précisément le lancer du poignet et le lancer frappé. Les études se sont principalement attardées sur la vitesse des lancers et ont laissé de côté plusieurs facteurs influençant la précision des lancers (Alexander *et al.*, 2013; Worobets *et al.*, 2006; Wu *et al.*, 2003).

Deux récentes études réalisées à l'Université McGill ont décortiqué la biomécanique des lancers du poignet au hockey et la précision de ceux-ci (Michaud-Paquette *et al.*,

2011; Michaud-Paquette, Y. *et al.*, 2009). Ils en ont déduit que les avant-bras sont impliqués et sont importants sur la précision des lancers dans trois des quatre cibles (Michaud-Paquette *et al.*, 2011). De plus, leur résultat affirme que la précision des lancers est corrélée avec une meilleure implication des poignets (Michaud-Paquette *et al.*, 2011; Michaud-Paquette, Y. *et al.*, 2009). Pour avoir une bonne implication des poignets, il faut avoir un bon contrôle moteur des muscles associés à cette articulation, c'est-à-dire, les muscles des avant-bras responsables d'agir sur la force de préhension (Cronin *et al.*, 2017).

### 2.3 La force de préhension

La force de préhension est une mesure couramment utilisée pour l'évaluation de la force musculaire globale de la population générale, des personnes âgées et des sportifs (Cronin *et al.*, 2017). La main est un segment du corps qui est très complexe comptant 27 os, 15 articulations et un grand degré de liberté de mouvement en rotation et translation (Cronin *et al.*, 2017). Les mains sont les segments les plus souvent utilisés au cours d'une journée pour attraper, prendre, lancer et exécuter tous mouvements fins (Cronin *et al.*, 2017). Donc, il est possible de retenir que la force de préhension joue un rôle important sur la représentation de la force globale chez une personne. Davantage, en lien direct avec le hockey, il est possible de voir que quelques études ont été effectuées sur la force de préhension chez les joueurs de hockey. Les résultats de ses recherches sont présentés dans le tableau 2.1.

Tableau 2.1 Sommaire des études faites sur la force de préhension au hockey

Auteurs	Année	Variables	Résultats	Conclusion
Ebben et al	2004	Questionnaire NHL S&C coaches (n=23)	4/23 utilisent la FP	Important pour la force et de la puissance au hockey
Vescovi et al	2006	Combine vs Statut au draft (n=252)	113,6 ± 14,2 kg	Facile à faire, tendent à montrer des corrélations
Burr et al	2008	FP vs Position (n=853)	D : 121,4 ± 13,2 kg A : 116,8 ± 13,2 kg G : 110 ± 14,1 kg	D > A D > G A > G P ≤ 0,05
Stark et al	2009	FP vs Abilités maniement (n=48)	-	Tendance observable entre la force de préhension, l'endurance de la force de préhension et le maniement de rondelle
Peterson et al	2015	NCAA DI vs DIII vs Junior (n=45)	-	La force de préhension est significativement supérieure avec le niveau joué
Reed et al	2016	Commotion cérébrale et FP (3 ans)(n=178)	F=La FP diminue significativement avec le degré des effets des commotions cérébrales	Joue un rôle sur le SNC. Le test de force de préhension est celui qui permet de mesurer le plus efficacement la forme physique chez les jeunes.
Cronin et al	2017	Revue systématique sur la FP	-	Le protocole et le choix d'équipement de cet article appuient le choix du protocole et de l'équipement utilisé dans le présent mémoire.  Composantes importantes au hockey.  Élite vs Sous-Élite.

Bezak & Pridal	2017	Vélocité des lancers et FP (n=20)	Il existe des tendances, mais non significative	Relation significative entre la force et la puissance du haut du corps sur la vélocité des lancers. Plus de recherche doit être faite sur la force de préhension au hockey.
Toong et al	2018	Valeur normale et prédicteur de performance (n=690)	-	La force de préhension est influencée par l'âge, le sexe, le poids et le niveau de compétition des joueurs.
Cordingley et al	2019	FP et âge (n= 101)	13 ans : 40,4 ± 7,4 kg 14 ans : 48,1 ± 8,3 kg 15 ans : 52,5 ± 9,3 kg	La force de préhension augmente de façon significative avec l'âge.

---

### 2.3.1 Dans les sports

La force de préhension a été indiquée comme importante dans un très grand nombre de sports tels que le hockey, le baseball, le golf, l'escalade et le tennis (Cronin *et al.*, 2017).

Au hockey, très peu d'études ont été menées en comparaison, par exemple, au baseball et au golf. Toutefois, n'empêche pas d'observer qu'une tendance se dessine entre la force de préhension et la performance au hockey. Généralement, la force de préhension varie en fonction des mouvements dans les sports de terrain impliquant un objet dans les mains comme un bâton, une raquette et autres (Cronin *et al.*, 2017). Effectivement, lors d'un lancer ou du maniement de rondelle, la force de préhension augmente considérablement afin d'exécuter les mouvements. Autrement, la force de préhension est moindre lors des autres mouvements au hockey (Cronin *et al.*, 2017). Il est donc important de voir que l'aspect endurance et l'aspect force semblent être primordiaux dans les sports impliquant des bâtons comme le hockey sur glace. Néanmoins, ce qui n'est pas réellement démontré est sur quels aspects de la performance la force de préhension agit.

### 2.3.2 Relation entre force de préhension et maniement de rondelle/agilité

Les habiletés techniques telles que le maniement de rondelles sont très importantes dans une partie de hockey. L'objectif principal au hockey est d'avoir la possession de la rondelle plus longtemps que l'adversaire, ce qui laisse à l'adversaire moins de temps d'attaque et du coup moins de chance de marquer. Être à l'aise avec la rondelle en mouvement afin de contourner les adversaires et exécuter de bonnes passes est un aspect très regardé chez les dirigeants d'équipes. Le maniement de la rondelle se fait majoritairement avec le contrôle des avant-bras et des poignets. Une étude menée par Stark et son équipe (Stark *et al.*, 2009) a vérifié l'effet d'un entraînement d'agilité sur glace avec une rondelle plus lourde sur la force de préhension et les habiletés de maniement de rondelle. Les résultats qui ressortent de cette étude sont qu'il y a une amélioration de l'endurance de la force de préhension de 33% du côté droit et de 44% du côté gauche pour les participants qui ont utilisé la rondelle plus lourde pendant 6 semaines d'entraînement comparativement à -2% et 7% respectivement pour les participants du groupe témoin (Stark *et al.*, 2009). De plus, une amélioration significative ( $p=0,02$ ) de -12,3% a été observée sur le temps du trajet de maniement de rondelle exécuté lors des évaluations pour le groupe expérimental comparativement à une amélioration de -7,1% ( $p=0,16$ ) pour le groupe témoin (Stark *et al.*, 2009). Il est donc possible de voir la relation entre l'endurance de la force de préhension et le maniement de rondelle sur glace. Néanmoins, existe-t-il un seuil à atteindre où l'amélioration de la force de préhension n'a plus d'effet sur le maniement de rondelle ?

### 2.3.3 Relation entre force de préhension et vitesse des lancers

La vitesse des lancers est un aspect important au hockey afin d'augmenter ses chances de marquer. Quatre études ont étudié la relation entre la force de préhension et la vitesse des lancers. La première démontre que la vitesse des lancers est plus corrélée avec le poids du corps ( $r = 0,48$ ) qu'avec la force de préhension ( $r = 0,25$ ) chez des hockeyeurs masculins élités (Alexander *et al.*, 2013). D'un autre côté, Zane a observé

que les joueurs ayant une forte vélocité des lancers frappés ont notamment des résultats plus élevés sur le test de force de préhension (Zane, 2012). La force appliquée sur le bâton diffère en fonction de la demande du mouvement, du type de lancer et de la phase lors des lancers (Cronin *et al.*, 2017; Zane, 2012). En fait, la modulation de la force de préhension s'effectue selon la séquence suivante durant un lancer frappé :

1. La force de préhension sur le bâton est faible lors de l'élan vers l'arrière.
2. Augmentation de la force appliquée sur le bâton lors de la phase d'accélération.
3. Diminution de la force appliquée lors de l'impact.
4. Un pic de force immédiatement avant et un autre après l'impact (Cronin *et al.*, 2017; Zane, 2012).

Une autre étude démontre des corrélations non significatives entre la force de préhension gauche et droite et la vélocité des lancers du poignet et des lancers frappés (Bežák et Přidal, 2017). Cependant, la recherche démontre des relations significatives entre le 1 RM au développé couché (Bench Press) ainsi que la puissance moyenne lors du Bench Press avec la vélocité des lancers du poignet et des lancers frappés. L'auteur conclut qu'il faut faire d'autre recherche plus approfondie sur l'impact de la force de préhension au hockey et sur la vélocité des lancers et que plus l'athlète est fort et puissant, plus les lancers seront rapides, ce qui n'est pas surprenant (Bežák et Přidal, 2017).

Finalement, une dernière étude a démontré qu'il existait une corrélation significative entre le lancer du poignet et le lancer frappé avec le 1 RM au Bench Press, la force de préhension ainsi que le poids corporel des participants (Wu *et al.*, 2003).

Les conclusions à retenir sont extrêmement difficiles puisque très peu d'étude a été réalisée sur la force de préhension et les impacts sur le maniement du bâton au hockey,

sauf qu'il est possible de souligner que la vitesse d'un tir est directement proportionnelle avec la force de préhension.

#### 2.3.4 Relation entre force de préhension et précision des lancers

La précision d'un tir est un critère très important lors d'un lancer, peu importe le type (poignet, frappé, revers). La précision des lancers permet d'augmenter les chances de marquer un but considérablement. Malheureusement, peu d'études ont étudié le sujet. Seulement un groupe de chercheur a analysé la force de préhension avec la précision des lancers du poignet et des lancers frappés. Les recherches n'ont démontré aucune corrélation significative entre la force de préhension et la précision des lancers statique ou en mouvement (Alexander *et al.*, 2013). Cependant, ils ont mesuré seulement la force de préhension de la main dominante et non la combinaison des deux mains, ce qui peut venir influencer les résultats. Sans parler du fait que l'étude a été faite en 1962 et que le hockey a évolué grandement depuis ce temps tant d'un point de vue technique, physiologique, mais également du côté de l'équipement.

#### 2.3.5 Outils de mesures

Il existe plusieurs appareils pour mesurer la force de préhension telle que des dynamomètres à ressort, à jauge de contrainte, pneumatique ou hydraulique. Il a été démontré que le « Gold Standard » est le dynamomètre hydraulique Jamar qui a moins de 4% d'erreur systématique, parfois due à la force initiale rapide appliquée sur celui-ci (Bellace *et al.*, 2000; Cadenas-Sanchez *et al.*, 2016). Toutefois, pour avoir des résultats qui sont valides et reproductibles, les dynamomètres doivent être calibrés tous les 4 à 6 mois (Schreuders *et al.*, 2003).

#### 2.3.6 Protocoles de la mesure de la force de préhension

Le protocole retenu, et qui sera décrit en détail plus loin, pour l'enregistrement de la force de préhension consistait à prendre la force de préhension dans 3 positions

différentes afin de comparer nos résultats aux diverses recherches, mais également pour mieux représenter les demandes du sport de hockey sur glace.

Il a été démontré que les mesures enregistrées lorsque les participants sont en position debout sont plus élevées que lorsqu'ils sont assis (Cronin *et al.*, 2017). De plus, les mesures enregistrées sont meilleures lorsque le coude est en plein extension que lorsque le coude est en flexion (Beaton *et al.*, 1995; Cadenas-Sanchez *et al.*, 2016; España-Romero *et al.*, 2010; Pereira *et al.*, 2011). La position du poignet est également importante. Lorsque le poignet est en position neutre ou est en extension, la force de préhension enregistrée est plus grande qu'en pronation. La position optimale est donc d'une extension de 35° et d'une déviation ulnaire de 7° (Richards *et al.*, 1996). Finalement, la position de l'épaule influence également la force de préhension. Lorsque le bras est au-dessus de la tête (flexion de 180°), les mesures sont plus élevées (Su *et al.*, 1994).

## CHAPITRE III

### MÉTHODOLOGIE

Le présent chapitre a pour objectif de décrire la méthodologie utilisée pour mener la recherche dans le présent mémoire, ainsi que les critères de sélection des participants et d'évaluation utilisés. L'étude expérimentale de ce projet a eu pour but d'explorer l'impact de la force de préhension sur différents aspects de la performance physique des joueurs de hockey.

#### 3.1 Participants

##### 3.1.1 Population et méthode de recrutement

La population choisie pour cette étude était des joueurs de hockey âgés entre 14 à 16 ans évoluant au niveau M15 AAA Élite. La taille de l'échantillon était de 16 joueurs afin d'avoir des résultats statistiquement significatifs (Gpower, alpha = 0,05 et beta = 0,80). Le mode de recrutement a été fait par sollicitation avec les entraîneurs/responsables des équipes, par l'entremise de contact et par l'envoi de courriel directement aux équipes.

##### 3.1.2 Critères d'inclusion et d'exclusion

Les critères d'inclusions étaient les suivants :

- Être âgé entre 13 et 16 ans.

- Évoluer dans le M15 AAA Élite.
- Ne pas être à sa première année en tant que joueur de hockey.

Les critères d'exclusions étaient les suivants :

- Présence de pathologie ou de blessures musculosquelettique impliquant une restriction de performance.
- Évoluer à la position de gardien de but.

### 3.1.3 Déontologie et consentement

Avant de débiter l'étude, un formulaire de consentement éclairé a été signé par les joueurs et leur tuteur légal pour ceux âgés de moins de 18 ans. Ce formulaire décrivait les procédures expérimentales et la liste complète des tests qui seraient effectués (voir Annexe B). Les participants ont eu l'occasion de poser des questions et de discuter des risques et des bénéfices de l'étude avec les chercheurs. Une approbation éthique a également été obtenue avant le début de la collecte de données (numéro de certificat : 4924, voir appendice B). Il est important de noter que les risques de blessures liés aux évaluations étaient moindres que ceux couramment associés à une saison de hockey normale.

## 3.2 Les tests

### 3.2.1 Les mesures anthropométriques et informations générales

Les mesures anthropométriques prises comprenaient la masse corporelle (kg), la grandeur (cm), l'âge (années), l'IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) et la masse musculaire (kg) et adipeuse (kg) mesurée à l'aide d'une balance bio-impédance (InBody). La position du joueur, les caractéristiques du bâton utilisé et la latéralité du joueur hors glace et sur glace ont

été prises en note comme informations générales. Donc, l'ensemble de ces variables ont été recueillies afin d'avoir un portrait général de la composition corporelle des participants. De plus, ceci permettait d'analyser leurs effets sur la performance des tests effectués.

### 3.2.2 Le saut en hauteur

Le saut en hauteur sans élan est un test qui permettait de voir la puissance des membres inférieurs, c'est-à-dire sans l'aide de l'énergie élastique des muscles préalablement en phase d'étirement avant la portion concentrique du saut. C'est un test couramment utilisé chez les joueurs de hockey notamment durant les « *combines* » de la LNH (Vescovi *et al.*, 2006). Les « *combines* » étant une journée d'évaluation des meilleurs athlètes et espoirs en vue du prochain repêchage. Pour notre expérimentation, l'appareil utilisé lors de ce test était le gFlight de ExSurgo (figure 3.1).



Figure 3.1 Appareil GFlight de Exsurgo

Cet appareil est relié à l'aide d'un laser entre les deux modules et mesure le temps d'interruption des pieds lorsqu'il quitte le sol. Il mesure donc le temps d'envol qui nous permettait d'avoir la hauteur du saut en centimètre. L'exécution du mouvement était assez simple et très rapide (figure 3.2). Le protocole du test allait comme suit : l'athlète positionnait le bout de ces orteils entre les deux modules gFLight afin d'interrompre le faisceau laser. Lorsqu'il était prêt, l'athlète se positionnait en squat (genoux à 90 degrés) et restait statique durant 3 secondes, donc sans la contribution de la composante élastique des muscles des jambes. À la fin de ces 3 secondes, l'athlète sautait le plus haut possible, avec les mains sur les hanches en tout temps et en s'assurant de retomber entre les deux modules gFLight. Trois essais ont été enregistrés. Le meilleur résultat des trois sauts ainsi que la moyenne des trois sauts ont été utilisés pour les analyses et permettant aussi de vérifier laquelle des deux mesures offrent une meilleure précision

lors des analyses. Considérant que dans un contexte d'une partie de hockey, ce ne sont pas toujours les performances maximales qui sont réalisées, il est donc intéressant d'obtenir des valeurs moyennes ainsi que les valeurs maximales.

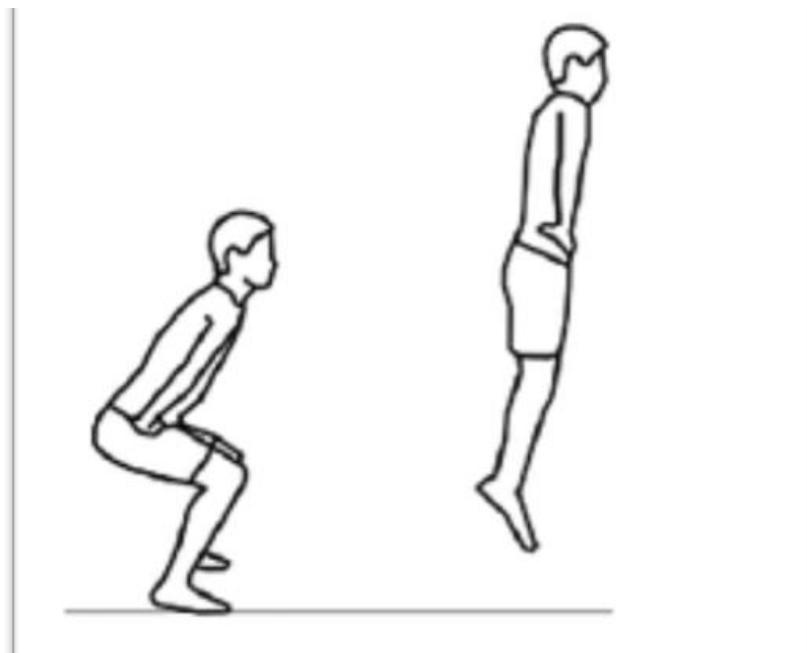


Figure 3.2 Saut en hauteur

([https://www.researchgate.net/figure/Examples-of-vertical-jump-modalities-a-SJ-squat-jump-b-CMJ-counter-movement\\_fig1\\_261748225](https://www.researchgate.net/figure/Examples-of-vertical-jump-modalities-a-SJ-squat-jump-b-CMJ-counter-movement_fig1_261748225))

### 3.2.3 Le saut en hauteur avec élan

Le saut en hauteur avec élan (figure 3.3) consistait à faire exactement le même saut que celui sans élan à l'exception que l'athlète ne s'arrêterait pas 3 secondes en position squat (dans le bas du mouvement). L'athlète devait donc descendre à la hauteur qu'il souhaitait et sauter le plus haut possible, et le plus rapidement possible afin d'utiliser l'énergie élastique emmagasinée dans les muscles lors de la descente. Théoriquement, les athlètes devaient sauter plus haut lors de ce test que lors du saut décrit dans la figure 3.2 (saut sans élan). Un ratio était alors déterminé entre le saut en hauteur avec élan et celui sans élan. Ce ratio de performance pliométrique était rapide et efficace à

déterminer. Ce rapport indiquait la capacité et l'efficacité à utiliser la composante élastique des muscles. Trois essais ont été enregistrés. Le meilleur résultat ainsi que la moyenne ont été maintenus à des fins d'analyse pour vérifier laquelle des deux mesures offre une meilleure précision lors des analyses. De plus, dans un contexte d'une partie de hockey, ce ne sont pas toujours les performances maximales qui sont réalisées, il est donc intéressant d'obtenir des valeurs moyennes.

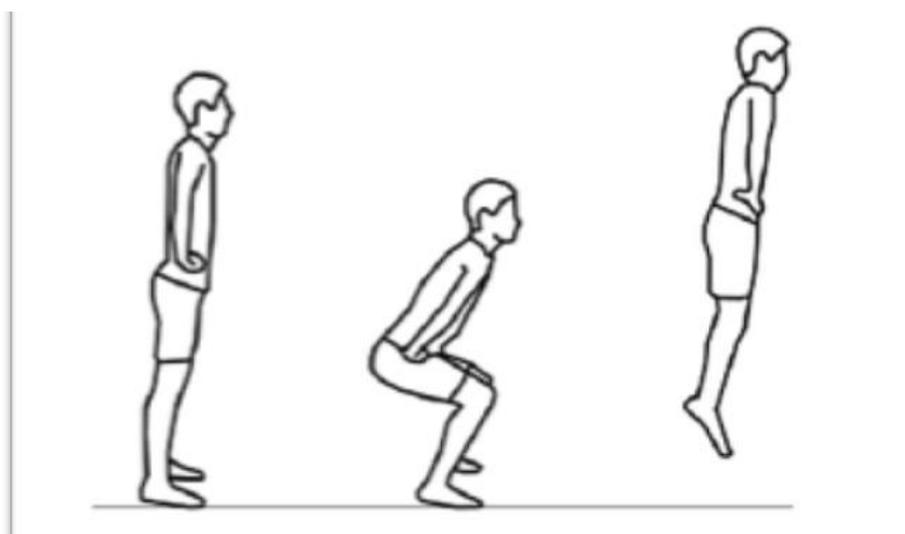


Figure 3.3 Saut en hauteur avec élan

([https://www.researchgate.net/figure/Examples-of-vertical-jump-modalities-a-SJ-squat-jump-b-CMJ-counter-movement\\_fig1\\_261748225](https://www.researchgate.net/figure/Examples-of-vertical-jump-modalities-a-SJ-squat-jump-b-CMJ-counter-movement_fig1_261748225)).

#### 3.2.4 Le saut en longueur

Le saut en longueur (figure 3.4) a permis de mesurer la puissance des membres inférieurs hors glace. Sans compter qu'il était un test facile à exécuter. D'un point de vue biomécanique, le saut en longueur est un saut qui demandait de faire une triple extension des membres inférieurs, et cela, vers l'avant et qui demandait une grande

implication des quadriceps, des ischiojambiers ainsi que des fessiers. Ce sont trois muscles principalement utilisés au hockey sur glace (Hay, 1986). Les mesures recueillies lors de ce test ont été démontrés fiables et valides pour l'analyse de nos résultats (Fernandez-Santos *et al.*, 2015). De plus, ce test a été démontré comme prédicteur potentiel d'accélération sur glace chez les joueurs de hockey (Burr *et al.*, 2008; Mascaro *et al.*, 1992). Le matériel nécessaire pour administrer le test de saut en longueur requérait seulement un ruban à mesurer. Pour ce qui était du protocole du saut en longueur, l'athlète se tenait derrière une ligne marquée au sol avec les pieds légèrement écartés. Lorsqu'il était prêt, il exécutait le saut. Le décollage et l'atterrissage se faisaient à deux pieds. Le saut s'effectuait à l'aide du balancement des bras et d'une flexion des genoux pour permettre de transférer le poids vers l'avant. L'athlète tentait de sauter le plus loin possible. Trois tentatives étaient autorisées avec un repos de deux minutes entre chacune des tentatives. Le meilleur résultat des trois sauts ainsi que la moyenne des trois sauts ont été utilisés pour les analyses. Le meilleur résultat ainsi que la moyenne ont été maintenus à des fins d'analyse pour vérifier laquelle des deux mesures offrent des analyses plus précises. De plus, dans un contexte d'une partie de hockey, ce ne sont pas toujours les performances maximales qui sont réalisées, il est donc intéressant d'obtenir des valeurs moyennes.

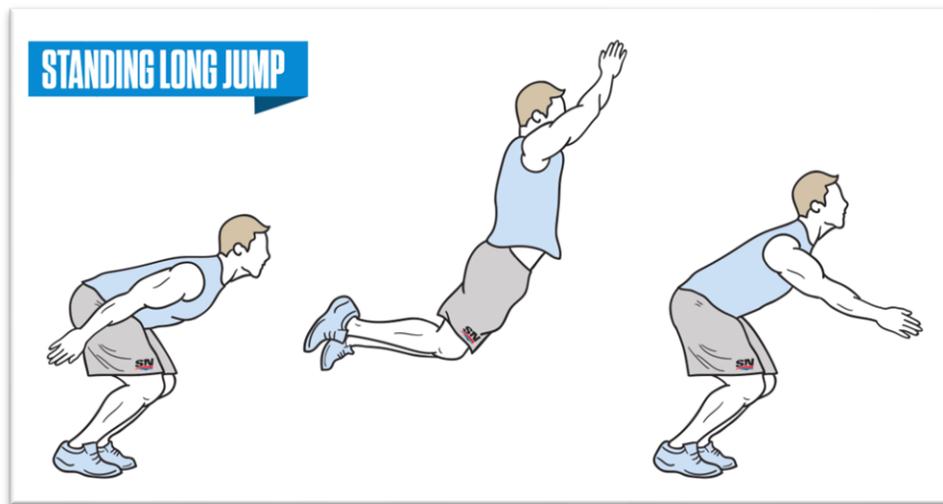


Figure 3.4 Saut en longueur

(<https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/>)

### 3.2.5 La force de préhension

Le protocole de la force de préhension a été réalisé en trois parties. Le protocole était le même entre les trois parties, la seule différence était la position de l'humérus par rapport au tronc (figure 3.5 à 3.7, inclusivement).



Figure 3.5 Position 1 : L'humérus en adduction (0 degré) le long du tronc



Figure 3.6 Position 2 : L'humérus en abduction à 90 degrés du tronc



Figure 3.7 Position 3 : L'humérus en abduction à 180 degrés du tronc (paume de la main face au plan sagittal)

Le fait de mesurer la force de préhension chez l'athlète dans 3 positions différentes a permis de comparer les résultats de la présente étude avec d'autres études, mais également d'être spécifique aux exigences et à la mécanique du sport. L'athlète tenait le dynamomètre dans la main qui était testée en position debout. Le coude était en extension complète pour les trois positions. La poignée du dynamomètre était ajustée à la longueur nécessaire - la base devait reposer sur le premier métacarpien (talon de la paume), tandis que la poignée devait reposer sur le milieu des quatre doigts. Lorsque prêt, l'athlète serrait le dynamomètre avec un effort isométrique maximal, qui était maintenu pendant 5 secondes. Aucun autre mouvement corporel n'était autorisé. L'athlète devait être fortement encouragé à fournir un effort maximal. L'athlète avait trois essais par côté et par position. Le meilleur résultat des 3 essais ainsi que la moyenne de ceux-ci ont été maintenus pour les analyses de chacune des positions. Les résultats présentés sont la somme de la force obtenue avec la main gauche et la main droite. Le meilleur résultat ainsi que la moyenne ont été maintenus à des fins d'analyse pour vérifier laquelle des deux mesures offrent des analyses plus précises. De plus,

dans un contexte d'une partie de hockey, ce ne sont pas toujours les performances maximales qui sont réalisées, il est donc intéressant d'obtenir des valeurs moyennes.

### 3.2.6 Maniements de rondelles sur place

Le test de maniement de rondelle dans ce projet était très simple et nous permettait de déterminer une valeur de base de la qualité du maniement de rondelle. Le test consistait à manier la rondelle entre deux zones dessinées sur la glace. L'athlète (en uniforme complet de hockey) était positionné face à deux zones rectangulaires (0,3 mètre sur 0,3 mètre) étant côte à côte à une distance de 0,6 mètre l'une de l'autre (figure 3.8). Au commencement du test, l'athlète avait en sa possession une rondelle se situant sur la palette de son bâton et dans la zone rectangulaire se situant du côté de sa latéralité (zone de droite pour un droitier, zone de gauche pour un gaucher). Au signal de l'évaluateur, l'athlète devait manier la rondelle afin de la faire traverser le plus souvent possible entre les deux zones durant 30 secondes. Si la rondelle était perdue, l'athlète devait la récupérer et continuer le maniement comme prévu pour le restant du temps alloué au test. L'évaluateur était positionné devant la zone de maniement de rondelle et compilait le nombre d'échanges réussis entre les deux zones. Le participant avait droit à trois essais et le meilleur résultat ainsi que la moyenne ont été maintenus à des fins d'analyse pour vérifier laquelle des deux mesures offrent des analyses plus précises. De plus, dans un contexte d'une partie de hockey, ce ne sont pas toujours les performances maximales qui sont réalisées, il est donc intéressant d'obtenir des valeurs moyennes.

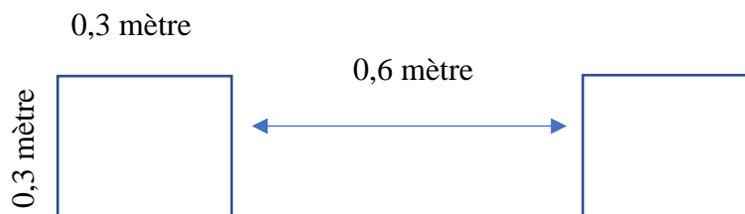


Figure 3.8 Maniements de rondelle sur place

### 3.2.7 Test Illinois

L'Illinois (figure 3.9) est un test qui se fait avec et sans rondelle et qui permet de regarder l'habileté des joueurs de hockey (Hermiston *et al.*, 1979). Il fait également partie de la batterie de tests de Hockey Canada. Le fait de le faire sans rondelle et avec rondelle permet d'obtenir un ratio comparatif du temps d'exécution supplémentaire avec la rondelle. Plus le ratio se rapproche de 1, plus le joueur est agile avec la rondelle. Pour commencer, les évaluateurs devaient placer 8 cônes sur la patinoire. La disposition des cônes se retrouve sur la figure 3.9. La longueur du parcours était de 10 mètres, la largeur de 5 mètres et celui-ci était séparée en 3 couloirs. L'athlète était en appui sur sa jambe dominante (celle-ci se trouve à l'avant) et était positionné de côté sur la ligne de départ. L'athlète avait son bâton en main (main au choix). Le chronomètre et les « timing gates » étaient déclenchés lorsque le signal de départ était donné par l'évaluateur. Le premier couloir était en ligne droite, l'athlète devait exécuter un virage brusque une fois rendu à l'extrémité afin d'effectuer un virage de 180 degrés et se diriger vers la ligne de départ du second couloir. Au deuxième couloir, l'athlète devait contourner les cônes en effectuant un mouvement de « slalom ». Une fois l'autre extrémité du deuxième couloir atteinte, l'athlète effectuait un virage à 180 degrés afin d'effectuer le parcours en « slalom » à contresens. L'athlète effectuait un virage à 180 degrés afin d'effectuer un parcours en ligne droite jusqu'à l'atteinte de l'extrémité distale du troisième couloir. L'athlète effectuait un dernier virage à 180 degrés afin



### 3.2.8 Vitesse des lancers

Le mouvement des lancers était filmé à l'aide d'un iPhone 12 Pro. L'objectif de cette mesure était de voir si la force de préhension avait un impact sur la vitesse des lancers, une mesure possiblement d'intérêt les préparateurs physiques. Comme mentionné plus haut, quelques études démontraient une relation positive entre la force de préhension et la puissance des lancers (Bežák et Přidal, 2017; Cronin *et al.*, 2017), mais les études ne s'entendaient pas sur cette relation où les protocoles utilisés étaient différents ainsi que des différences entre les mesures récoltées. Le facteur qui influençait le plus la vitesse des lancers était les habiletés des joueurs (Kays et Smith, 2014; Lomond *et al.*, 2007; Villaseñor *et al.*, 2006; Worobets *et al.*, 2006). Le mouvement des lancers a été filmé à l'aide d'un iPhone 12 Pro (placer à une distance de 10 mètres normale au milieu de la distance séparant le participant du filet et à une hauteur de 1 mètre du sol, voir figure 3.10) à 120 images par seconde. La caméra a été placée à une distance la plus éloignée afin de réduire le plus possible l'effet parallaxe. L'emplacement de la caméra a été la même pour tous les participants. L'enregistrement vidéo des tirs de chaque participant a été analysé avec un logiciel vidéo pour extraire la vitesse des lancers. L'enregistrement vidéo pour la précision des lancers et avec les distances connues, il a donc été possible de mesurer la vitesse des tirs. La moyenne de la vitesse des tirs pour chacune des cibles a été maintenue pour les analyses.

### 3.2.9 Précision des lancers

L'athlète était positionné dans une zone rectangulaire se situant entre les deux cercles de mises en jeu (à 5 mètres du filet). La précision des lancers était mesurée à l'aide de 4 cibles (20 cm x 20 cm) placées dans les 4 coins du filet selon Michaud-Paquette et al (2009). Les participants avaient 5 lancers à réaliser sur chaque cible en débutant selon leur préférence et latéralité. Lorsque les 5 lancers étaient terminés sur la cible #1, sans période de repos, les participants enchaînaient sur la cible #2 et ainsi de suite. Les lancers ont été filmés latéralement au champ d'action à l'aide d'un téléphone intelligent

(iPhone 12 Pro) en mode ralenti 120 images par seconde afin de mesurer la vélocité des lancers sur chacune des cibles. Le positionnement de la caméra était exactement la même que pour la mesure de la vélocité des lancers décrit plus haut (figure 3.10). L'utilisation d'une caméra de téléphone intelligent a déjà été utilisée dans notre laboratoire pour l'analyse biomécanique sur vélo stationnaire (Garzon et al, 2015).

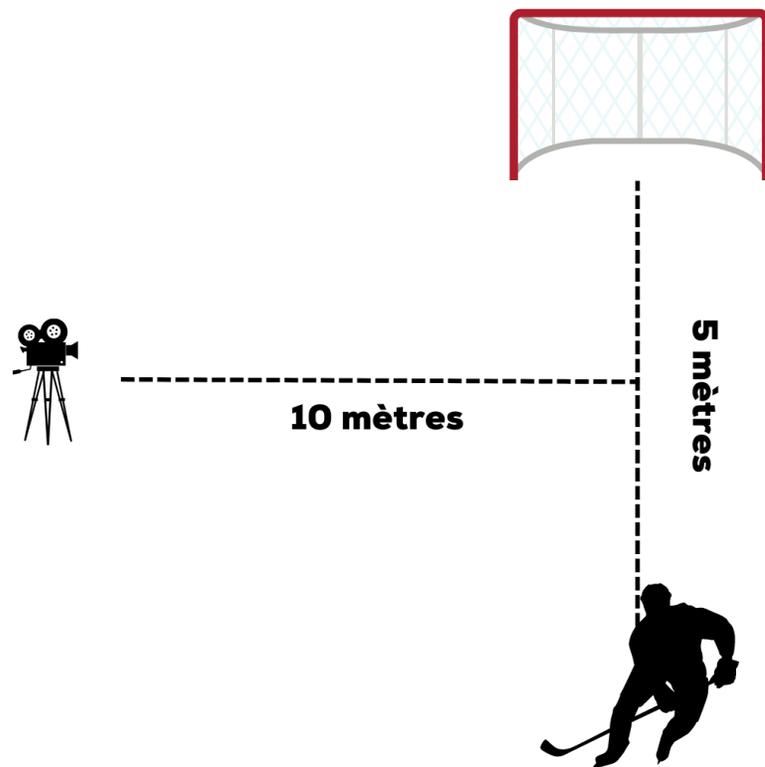


Figure 3.10 Positionnement de la caméra pour les évaluations de la vélocité des lancers ainsi que la précision des lancers

### 3.3 Déroulement des tests

Le déroulement des tests a été fait en 3 séquences consécutives, à l'aréna, pour évaluer 16 participants durant la même journée en avant-midi à partir de 08h00. La pré-évaluation et la première partie étaient effectuées hors glace où deux heures étaient

accordées et la deuxième partie était sur la glace où deux heures étaient aussi accordées. La pré-évaluation était consacrée à la collecte d'informations générales et des mesures anthropométriques (voir Tableau 3.1). Par la suite, la première partie comprenait l'exécution de trois tests de sauts ainsi que le test de force de préhension administré dans l'ordre suivant : le saut en hauteur, le saut en hauteur avec élan et le saut en longueur suivi du test de force de préhension. L'ordre de passation était le même pour tous les tests hors glace afin d'équilibrer les temps de repos entre chacun des participants et ainsi minimiser l'influence d'une fatigue accumulée possible pour les derniers tests. Les joueurs ont été répartis en groupe de 5. Chaque participant du groupe passait à tour de rôle sur les tests afin d'exécuter leur premier essai. Lorsque tous les membres du groupe avaient complété leur premier essai, le premier recommençait le même test pour faire son deuxième essai. Le même principe s'appliquait à tous les tests. En utilisant cette procédure, les temps de repos entre les essais étaient les mêmes et variaient entre 2 à 3 minutes. Lorsque le premier groupe avait terminé le premier test, ils enchaînaient sur le suivant et le deuxième groupe commençait le premier test. Un ordre de passation des tests sur glace était également important. L'ordre des tests allait comme suit ; le maniement de rondelle sur place, l'Illinois sans rondelle, l'Illinois avec rondelle, la précision des lancers. Le temps estimé pour une équipe complète de 15-18 joueurs était de 4h incluant les pauses et le temps d'installation d'équipements. Le nombre de tests apparaît élevé, toutefois ils étaient essentiels puisqu'ils servaient soit pour faire une analyse statistique en lien avec l'objectif de recherche ou encore à des fins de mesures d'ordre général pour avoir une idée globale de la condition physique des participants.

Tableau 3.1 Horaire de passation des évaluations

*Pré-évaluation – Mesures anthropométriques – 8H00*

1	Caractéristique initiale (latéralité, position, informations sur le bâton)
2	Poids
3	Grandeur
4	Âge
5	Composition corporelle par bio-impédance

*Partie 1 – Tests physiques – 8H30*

1	Squat Jump
2	Counter-Mouvement Jump – Sans oscillement des bras
3	Counter-Mouvement Jump – Avec oscillement des bras
4	Broad Jump
5	Force de préhension

*Partie 2 – Tests sur glace – 10H30*

1	Maniement de rondelle sur place
2	Illinois sans rondelle
3	Illinois avec rondelle
4	Précision des lancers

### 3.4 Analyses et statistiques

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes et d'écart-type ainsi que par meilleur résultat selon les tests. La distribution normale des données a été vérifiée à l'aide du test Shapiro-Wilk. L'ensemble des variables a démontré une distribution normale sauf pour la variable pourcentage de gras. Néanmoins, une approche d'analyse paramétrique des données a été retenue pour l'ensemble des variables. Les résultats sont aussi présentés en valeurs absolues et relatives au poids corporel. Des analyses de corrélation de Pearson ont été effectuées entre les variables. Des régressions linéaires (simples ou multiples) ont également été utilisées afin de créer des équations de prédiction incluant la force de préhension (VI primaire) sur la prédiction du maniement de la rondelle (la mesure primaire, Illinois et le test sur place) et de la puissance et de la précision du tir. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SPSS (Ver. 28.0). La taille de l'échantillon a été calculée avec GPower (Ver. 3.1.7.8) en utilisant l'option corrélation bivariable. Le calcul a révélé une taille d'échantillon à 16 participants (n=16).

## CHAPITRE IV

### RÉSULTATS

#### 4.1 Résultats

Les données recueillies pour les diverses variables sont présentées sous forme de tableaux indiquant les valeurs moyennes  $\pm$  écart-types. Les corrélations de Pearson ( $r$ ) et les coefficients de détermination ( $r^2$ ) entre diverses variables sont présentées tout au long de cette sections ainsi que des équations de régression simple et multiple. Au cours de la collecte de données, les gardiens ont été exclus des évaluations puisque la demande de leur position ne cadre pas avec les objectifs de cette recherche. Au total, seize athlètes ont participé à la collecte de données.

#### 4.2 Mesures anthropométriques

Les caractéristiques anthropométriques des participants sont présentées dans le tableau 4.2. Bref, l'âge moyen des participants était de  $14,50 \pm 0,52$  ans ayant une masse corporelle de  $64,96 \pm 7,17$  kg et une taille de  $172,69 \pm 6,49$  cm.

Tableau 4.2 Caractéristiques anthropométriques des participants

Variabes	Moyenne $\pm$ écart-type (n=16)
Âge (ans)	14,50 $\pm$ 0,52
Grandeur/taille (cm)	172,69 $\pm$ 6,49
Masse corporelle (kg)	64,96 $\pm$ 7,17
Masse grasse (kg)	8,94 $\pm$ 5,22
Masse musculaire squelettique (kg)	14,97 $\pm$ 1,90
Pourcentage de masse grasse (%)	13,63 $\pm$ 7,40

Les valeurs sont moyenne  $\pm$  écart-type.

### 4.3 Caractéristiques des évaluations hors glace des participants

Les résultats des évaluations hors glace des participants sont présentés dans le tableau 4.3. Les valeurs des meilleurs essais représentent la meilleure valeur des trois essais des participants tandis que la valeur des moyennes des essais représente la moyenne des trois essais des participants. À noter que la force de préhension (somme des deux mains) à 180° (main au-dessus de la tête, voir Fig. 3.7) est plus élevée que les autres positions (90° et 0°).

Tableau 4.3 Caractéristique d'évaluations hors glace des participants

Variabes	Meilleur essai (n=16)	Moyennes des trois essais (n=16)
Saut en hauteur (cm)	35,05 $\pm$ 4,70	33,25 $\pm$ 5,03
Saut en hauteur avec contre-mouvement (cm)	38,13 $\pm$ 6,07	35,59 $\pm$ 6,55
Saut en hauteur avec contre-mouvement avec les bras (cm)	41,63 $\pm$ 5,79	39,73 $\pm$ 6,33
Saut en longueur (cm)	224,74 $\pm$ 17,88	218,44 $\pm$ 17,81
Force de préhension 180° (kg)	92,50 $\pm$ 13,67	88,58 $\pm$ 12,91
Force de préhension 90° (kg)	87,25 $\pm$ 14,84	83,34 $\pm$ 14,27
Force de préhension 0° (kg)	88,63 $\pm$ 12,72	85,00 $\pm$ 13,19

Les valeurs sont moyenne  $\pm$  écart-type. Les résultats de la force de préhension représentent la somme des deux mains.

#### 4.4 Caractéristiques des évaluations sur glace des participants

Les résultats des évaluations sur glace des participants sont présentés dans le tableau 4.4. Les valeurs des meilleurs essais représentent la meilleure valeur des trois essais des participants tandis que la valeur des moyennes des essais représente la moyenne des trois essais des participants. Aucune analyse statistique n'a été fait entre les différentes conditions du test Illinois (exécution gauche vs droite et avec vs sans rondelle) car ce n'était pas pertinent pour l'objectif global de cette recherche, Toutefois, les différences entre les diverses conditions sont indiquées au tableau 4.4 comme différence de temps (s) pour le lecteur à titre d'information. Il est possible de remarquer que le temps pour exécuter le test Illinois avec rondelle est prolongé par rapport à l'exécution sans rondelle.

Tableau 4.4 Caractéristique d'évaluations sur glace des participants

<b>Variables</b>	<b>Meilleur essai (n=16)</b>	<b>Moyennes des essais (n=16)</b>
Illinois à gauche (s)	15,26 ± 0,65	15,49 ± 0,55
Illinois à droite (s)	15,10 ± 0,48	15,48 ± 0,72
Illinois à gauche avec rondelle (s)	15,24 ± 0,56	15,83 ± 0,57
Illinois à droite avec rondelle (s)	16,17 ± 0,83	16,73 ± 1,00
Delta Illinois Gauche Rondelle/sans rondelle (s)	0,35 ± 0,33	
Delta Illinois Droite Rondelle/sans rondelle (s)	1,25 ± 0,98	
Vélocité du lancer (m/s)	24,23 ± 2,51	22,32 ± 2,91
Précision du lancer (%)	35,94 ± 13,07	
Maniement sur place (nombre de dribbles)	89,53 ± 13,78	
Maniement sur place (%)	93,11 ± 4,51	

Les valeurs sont moyenne ± écart-type.

#### 4.5 Résultats des corrélations entre les évaluations sur glace et hors glace

Dans le tableau 4.5, les résultats des corrélations de Pearson (r) sont présentés entre les évaluations hors glace et les évaluations sur glace. Les résultats en caractère gras représentent des coefficients de corrélations significatifs à  $p < 0.05$  alors que ceux en caractère gras avec un astérisque représentent des coefficients de corrélation significatifs à  $p < 0,01$ . Il ressort que le saut en longueur (SL) et la force de préhension (FP) sont corrélés avec la vitesse des tirs (VL).

Tableau 4.5 Corrélations entre les évaluations sur glace et hors glace (r de Pearson)

	VL <sub>Mo</sub>	VL <sub>Me</sub>	IDR <sub>Me</sub>	DIG <sub>Me</sub>	IDR <sub>Mo</sub>	DIG <sub>Mo</sub>	IGSEM <sub>o</sub>	IDSEM <sub>o</sub>	IGSERM <sub>o</sub>	IDSERM <sub>o</sub>
Flex bâton	0,340	0,411	0,153	0,112	-0,044	-0,270	0,287	0,238	0,244	0,179
Poids	0,328	0,329	0,010	0,334	-0,105	0,179	0,021	0,019	0,037	0,054
Grandeur	0,454	0,474	-0,147	0,080	-0,406	-0,395	0,007	-0,045	-0,048	-0,169
%MG	<b>-0,502</b>	<b>-0,534</b>	0,351	-0,154	<b>0,645*</b>	0,219	0,275	0,204	0,261	0,422
MG	-0,437	-0,470	0,342	-0,079	<b>0,586</b>	0,242	0,256	0,199	0,253	0,411
MMS	<b>0,644*</b>	<b>,666*</b>	-0,224	0,389	<b>-0,507</b>	-0,007	-0,144	-0,112	-0,134	-0,226
SHMe	0,524	0,534	-0,064	0,351	-0,396	<b>0,638*</b>	-0,252	-0,001	-0,028	-0,129
SHCMe	0,531	0,492	-0,243	0,255	-0,459	0,159	-0,261	-0,111	-0,136	-0,322
SHCBMe	0,623	0,608	-0,498	0,370	-0,479	<b>0,513</b>	-0,362	-0,389	-0,138	<b>-0,521</b>
SLMe	<b>0,766*</b>	<b>0,746*</b>	-0,413	0,453	<b>-0,623</b>	0,194	-0,340	-0,314	-0,169	-0,452
FP180Me	0,583	0,586	-0,260	<b>0,561</b>	-0,209	0,008	-0,139	-0,231	0,050	-0,175
FP90Me	<b>0,708*</b>	<b>0,710*</b>	-0,334	<b>0,561</b>	-0,122	-0,065	-0,081	-0,205	0,114	-0,255
FP0Me	<b>0,676*</b>	<b>0,743*</b>	-0,370	0,369	-0,338	-0,108	-0,136	-0,256	0,013	-0,297
SHMo	<b>0,616</b>	<b>0,630*</b>	-0,118	0,352	-0,438	<b>0,567</b>	-0,284	-0,056	-0,046	-0,163
SHCMo	0,587	0,552	-0,211	0,286	<b>-0,526</b>	0,199	-0,254	-0,095	-0,124	-0,289
SHCBMo	0,618	0,591	-0,472	0,362	<b>-0,498</b>	0,420	-0,341	-0,376	-0,132	-0,493
SLMo	<b>0,744*</b>	<b>0,734*</b>	-0,399	0,388	<b>-0,611</b>	0,175	-0,309	-0,319	-0,163	-0,429
FP180Mo	0,581	0,592	-0,299	<b>0,567</b>	-0,215	-0,016	-0,151	-0,262	0,048	-0,204
FP90Mo	<b>0,729*</b>	<b>0,732*</b>	-0,402	<b>0,532</b>	-0,154	-0,101	-0,099	-0,250	0,098	-0,321
FP0Mo	<b>0,726*</b>	<b>0,777*</b>	-0,380	0,417	-0,286	-0,134	-0,121	-0,259	0,065	-0,300

**Gras** . Corrélation significative à  $p < 0.05$

**Gras\***. Corrélation significative à  $p < 0.01$

%MF: % masse grasse, DIGMe: Delta Illinois rondelle vs pas de rondelle à gauche meilleur, DIGMo: Delta Illinois rondelle vs pas de rondelle à gauche moyenne, FP0Me: force de préhension à 0° meilleur, FP0Mo: force de préhension à 0° moyenne, FP90Me: force de préhension à 90° meilleur, FP90Mo: force de préhension à 90° moyenne, FP180Me: force de préhension à 180° meilleur,

FP180Mo: force de préhension à 180° moyenne, IDRMe: Illinois droit avec rondelle meilleure, IDRMo: Illinois droit avec rondelle moyenne, IDSEMo: Illinois à droite sans échec moyen, IDSERMo: Illinois à droite sans échec avec rondelle moyenne IGRMe: Illinois gauche avec rondelle meilleure, IGRMo: Illinois gauche avec rondelle moyenne, IGSEMo: Illinois à gauche sans échec moyen, IGSEMo: Illinois à gauche sans échec avec rondelle moyenne, MG: masse grasse, MMS: masse musculaire squelettique, SHCBMe saut en hauteur avec contre-mouvement avec bras meilleur, SHCBMo saut en hauteur avec contre-mouvement avec bras moyen, SHCMe: saut en hauteur avec contre-mouvement meilleur, SHCMo: saut en hauteur avec contre-mouvement moyen, SHMe: saut en hauteur meilleure, SHMo: saut en hauteur moyenne, SLMe : saut en longueur meilleure, SLMo : saut en longueur moyenne, VLMe: vitesse lancer moyen, VLMo: vitesse lancer moyen

#### 4.6 Résultats des équations de régressions entre les évaluations sur glace et hors glace

Les équations de régression sont présentées dans les tableaux 4.6 et 4.7. Plusieurs équations de régressions indiquent que certaines variables indépendantes (prédicatives) sont associées significativement à la variable dépendante qui est la vitesse du lancer (maximale et moyen). Dans les tableaux 4.6 et 4.7, les coefficients de détermination ( $r^2$ ) et l'erreur de l'estimer (SEE) y sont présentés. Des équations de régressions multiples malgré une taille d'échantillon de participant faible ( $n=16$ ) ont néanmoins été explorées pour des possibilités de recherche plus avancée pouvant s'effectuer par exemple dans le cadre d'étude doctorale. Néanmoins, malgré la petite taille de l'échantillon, la variance commune expliquant l'association entre les variables prédictives et la variable dépendante et selon la complexité du modèle (nombre de variables prédictives) se dispersait entre 52,7% ( $r^2=0,527$ ) et 87,8% ( $r^2=0,878$ ), respectivement.

Tableau 4.6 Équations de prédiction entre les évaluations sur glace et hors glace

Variables dépendantes	Variables indépendantes	R <sup>2</sup>	B	β	Constante	SEE	Valeur p
Vitesse du lancer maximal (m/s)		<b>0,590</b>			28,520	1,794	0,011
	Force de préhension à 0° (kg)		0,202	-0,092			0,009
	Masse corporelle (kg)		-0,032	-0,302			0,677
	Grandeur (cm)		-0,117	1,027			0,336
Vitesse du lancer maximal (m/s)		0,623			12,307	1,720	0,070
	Force de préhension à 0° (kg)		0,212	-0,003			0,003
	Masse corporelle (kg)		-0,001	1,075			0,990

	Flex du bâton	-0,102	-0,424		0,168
Vélocité du lancer maximal (m/s)		<b>0,652*</b>		10,778	1,651
	Force de préhension à 0° (kg)	0,172	0,874		0,023
	Flex du bâton	-0,12	-0,501		0,101
	Masse musculaire squelettique (kg)	0,414	0,314		0,335
Vélocité du lancer maximal (m/s)		<b>0,620*</b>		32,475	1,726
	Force de préhension à 0° (kg)	0,153	0,776		0,041
	Masse musculaire squelettique (kg)	0,497	0,377		0,303
	Grandeur (cm)	-0,169	-0,439		0,196
Vélocité du lancer moyen (m/s)		<b>0,527</b>		28,626	1,739
	Force de préhension à 0° (kg)	0,108	0,605		0,135
	Masse musculaire squelettique (kg)	0,54	0,454		0,268
	Grandeur (cm)	-0,135	-0,386		0,301
Vélocité du lancer moyen (m/s)		<b>0,475</b>		22,869	1,832
	Force de préhension à 0° (kg)	0,153	0,861		0,039
	Grandeur (cm)	-0,073	-0,21		0,550
	Masse corporelle (kg)	-0,013	-0,04		0,874
Vélocité du lancer moyen (m/s)		<b>0,548</b>		12,754	1,699
	Force de préhension à 0° (kg)	0,183	1,031		0,007
	Masse corporelle (kg)	0,016	0,051		0,827
	Flex du bâton	-0,106	-0,489		0,148
Vélocité du lancer moyen (m/s)		<b>0,604*</b>		11,487	1,591
	Force de préhension à 0° (kg)	0,136	0,766		0,054
	Flex du bâton	-0,126	-0,581		0,077
	Masse musculaire squelettique (kg)	0,524	0,44		0,211
Vélocité du lancer maximal (m/s)		<b>0,560*</b>		10,380	1,783
	Force de préhension à 0° (kg)	0,119	0,607		0,085
	Masse musculaire squelettique (kg)	0,218	0,165		0,619
Vélocité du lancer maximal (m/s)		<b>0,552*</b>		11,255	1,735
	Force de préhension à 0° (kg)	0,146	0,743		0,003
Vélocité du lancer maximal (m/s)		<b>0,878</b>		16,754	1,280
	Force de préhension à 0° (kg)	0,188	0,990		0,007
	Flex du bâton	-0,045	-0,189		0,566
	Masse corporelle (kg)	-0,082	-0,235		0,281
	Grandeur (cm)	-0,088	-0,228		0,616
	Saut en hauteur maximal (cm)	0,245	0,461		0,169
	Saut en hauteur avec contre-mouvement maximal (cm)	-0,086	-0,209		0,478

Saut en hauteur avec contre-mouvement avec bras maximal (cm)	-0,041	-0,094			0,757
Saut en longueur maximal (cm)	0,054	0,383			0,363
Vélocité du lancer maximal (m/s)	<b>0,859</b>		12,401	1,379	0,020
Force de préhension à 0° (kg)	0,189	0,998			0,012
Flex du bâton	-0,056	-0,233			0,510
Grandeur (cm)	-0,085	-0,219			0,693
Saut en hauteur maximal (cm)	0,198	0,372			0,325
Saut en hauteur avec contre-mouvement maximal (cm)	-0,048	-0,115			0,712
Saut en hauteur avec contre-mouvement avec bras maximal (cm)	-0,082	-0,189			0,552
Saut en longueur maximal (cm)	0,071	0,509			0,257
Masse musculaire squelettique (kg) (Baekgaard <i>et al.</i> )	-0,246	-0,186			0,661
Vélocité du lancer maximal (m/s)	<b>0,828</b>		-1,431	1,424	0,014
Force de préhension à 0° (kg)	0,196	1,030			0,010
Flex du bâton	-0,105	-0,438			0,185
Grandeur (cm)	0,063	0,163			0,726
Saut en hauteur maximal (cm)	0,280	0,526			0,159
Saut en hauteur avec contre-mouvement maximal (cm)	-0,058	-0,141			0,659
Saut en hauteur avec contre-mouvement avec bras maximal (cm)	0,011	0,025			0,925
Masse musculaire squelettique (kg) (Baekgaard <i>et al.</i> )	-0,191	-0,145			0,739
Vélocité du lancer maximal (m/s)	<b>0,851</b>		6,972	1,325	0,008
Force de préhension à 0° (kg)	0,179	0,941			0,009
Flex du bâton	-0,059	-0,243			0,473
Grandeur (cm)	-0,035	-0,091			0,852
Saut en hauteur maximal (cm)	0,203	0,381			0,292
Saut en hauteur avec contre-mouvement maximal (cm)	-0,075	-0,181			0,521
Saut en longueur maximal (cm)	0,051	0,361			0,298
Masse musculaire squelettique (kg) (Baekgaard <i>et al.</i> )	-0,240	-0,182			0,654
Vélocité du lancer maximal (m/s)	<b>0,842</b>		15,902	1,284	0,003
Force de préhension à 0° (kg)	0,173	0,913			0,007
Flex du bâton	-0,049	-0,202			0,527
Grandeur (cm)	-0,097	-0,252			0,539

Saut en hauteur maximal (cm)	0,123	0,231	0,372
Saut en longueur maximal (cm)	0,115	0,324	0,323
Masse musculaire squelettique (Baekgaard <i>et al.</i> )	-0,059	-0,045	0,893

**Gras.** Corrélation significative à  $p < 0.05$

**Gras\*.** Corrélation significative à  $p < 0.01$

Dans le tableau 4.7, il est possible de constater que la composition corporelle soit la masse corporelle et la masse musculaire squelettique lorsque placée en relation avec les résultats de force de préhension permettent d'obtenir des équations de régression significative sur la précision du lancer. Les coefficients de détermination ( $r^2$ ) ne sont pas présentés pour le côté controlatéral, car aucune association significative avec des variables indépendantes n'a été détectée.

Tableau 4.7 Équations de prédiction entre la précision du lancer et la force de préhension et autres variables d'intérêts

Variables dépendantes	Variables indépendantes	R <sup>2</sup>	B	β	Constante	SEE	Valeur p
Précision du lancer du côté ipsilatéral en haut (%)		<b>0,265</b>			1,543	0,178	0,041
	Force de préhension maximale à 0° / masse musculaire squelettique		-0,218	-0,514			0,041
Précision du lancer du côté ipsilatéral en bas (%)		<b>0,248</b>			1,644	0,235	0,050
	Force de préhension maximale à 180° (Baekgaard <i>et al.</i> ) / masse corporelle (Baekgaard <i>et al.</i> )		-0,856	-0,498			0,050

**Gras .** Corrélation significative à  $p < 0.05$

**Gras\*.** Corrélation significative à  $p < 0.01$

Des tableaux 4,6 et 4,7, il est possible de créer des équations de prédictions sur les variables dépendantes vitesse du tir et précision du tir. Le tableau 8 présente une

équation simple (facilité de collecte de données pour le préparateur physique) et une équation complexe (collecte de données plus laborieuse pour le préparateur physique).

Tableau 4.8 Équations de régressions multiples de la vitesse du lancer maximale à retenir

Équation simple	R <sup>2</sup>	SEE	Valeur p
Vitesse du lancer maximale (m/s) = (Force de préhension à 0° x 0,202) - (Masse corporelle x 0,032) - (Grandeur x 0,117) + 28,520	<b>0,590</b>	1,794	0,011
Équation complexe	R <sup>2</sup>	SEE	Valeur p
Vitesse du lancer maximale (m/s) = (Force de préhension à 0° x 0,188) - (Flex du bâton x 0,045) - (Masse corporelle x 0,082) - (Grandeur x 0,088) + (Saut en hauteur maximal x 0,245) - (Saut en hauteur avec contre mouvement maximal x 0,086) - (Saut en hauteur avec contre mouvement avec bras maximal x 0,041) + (Saut en longueur maximal x 0,054)	<b>0,878</b>	1,28	0,013

**Gras** . Coefficient de détermination significatif à p< 0.05

Le tableau 4.9 présente deux équations de régressions simples pour estimer la vitesse moyenne du lancer, malgré que la mesure de la masse musculaire squelettique n'est pas accessible à tous les préparateurs physiques.

Tableau 4.9 Équations de régressions multiples de la vitesse du lancer moyen à retenir

Équations simples	R <sup>2</sup>	SEE	Valeur p
Vitesse du lancer moyen (m/s) = (Force de préhension à 0° x 0,183) + (Masse corporelle x 0,016) - (Flex du bâton x 0,106) + 12,754	<b>0,548</b>	1,699	0,020
Vitesse du lancer moyen (m/s) = (Force de préhension à 0° x 0,136) - (Flex du bâton x 0,126) - (Masse musculaire squelettique x 0,524) + 11,487	<b>0,604*</b>	1,591	0,009

**Gras** . Coefficient de détermination significatif à p< 0.05

**Gras\***. Coefficient de détermination significatif à p< 0.01

## CHAPITRE V

### DISCUSSION

La question de recherche et l'objectif qui a motivé cette étude étaient d'analyser l'impact de la force de préhension sur divers paramètres du maniement de bâton chez les joueurs de hockey.

Le résultat principal ressortant de cette étude est que la force de préhension est corrélée avec la vitesse du tir (lancer du poignet) de façon significative alors que les paramètres de précision des lancers ainsi que du maniement de la rondelle à l'aide du bâton de hockey ne sont pas corrélés avec la force de préhension. Une explication sera apportée dans cette section de discussion.

#### 5.1 Les mesures anthropométriques sur la performance

La composition corporelle et les mesures anthropométriques ont un grand impact sur les performances des joueurs de hockey (Geithner *et al.*, 2006; Potteiger *et al.*, 2010). Dans le tableau 4.5, les mesures de pourcentage de masse grasse, la masse grasse exprimée en kg ainsi que la masse musculaire squelettique (kg) démontrent plusieurs corrélations avec les évaluations sur glace à telle que la vitesse des lancers ainsi que le test Illinois avec rondelle à droite. Le test d'Illinois départ à gauche n'a pas démontré de corrélation significative contrairement à celui de départ à droite. Une explication est que la majorité des participants (n=9/16) étaient gaucher ce qui signifie que les virages

effectués du côté dominant lors du test avec un départ à droite permettraient aux patineurs d'être plus habile durant le test Illinois et d'obtenir une meilleure performance au test constante menant à de meilleurs résultats au test (plus performant). À retenir que le test d'Illinois est un test d'agilité (James *et al.*, 2022; Raya *et al.*, 2013).

Les résultats de la présente recherche concernant les caractéristiques anthropométriques des participants sont positivement corrélés avec la force de préhension comme la littérature le mentionne (Burr *et al.*, 2008; Cronin *et al.*, 2017; Dulac *et al.*, 2016; Montgomery, 1988; Peterson *et al.*, 2015; Toong *et al.*, 2018; Zane, 2012). Il a été remarqué dans la présente étude qu'une masse adipeuse élevée affectait inversement proportionnel (négativement) la vitesse des lancers ainsi que les tests de maniement de la rondelle en mouvement (test Illinois). Cette observation semble indiquer que la masse adipeuse nuit aux performances et aux capacités fonctionnelles comme soulevé par d'autres auteurs (McLeod *et al.*, 1983). Ces résultats ne sont pas surprenants. De plus, la mesure du pourcentage de gras chez les athlètes permet d'obtenir un ensemble global de leur composition corporelle incluant une estimation de leur masse maigre (comprenant muscles squelettiques). L'inverse est cependant aussi vrai, où il semble avoir un certain juste milieu à atteindre comme « poids idéal » puisque les deux extrêmes (masse adipeuse ou masse maigre trop élevée) affectent négativement les performances sportives (McLeod *et al.*, 1983; Quinney *et al.*, 2008; Rocznio *et al.*, 2016). Il est rassurant d'observer une concordance entre la littérature scientifique et la présente étude par rapport aux caractéristiques corporelles des athlètes sur leur performance à divers tests.

## 5.2 L'impact de la force de préhension sur la performance

Lors de la présente recherche, la force de préhension a été corrélée avec divers facteurs du maniement du bâton au hockey. La vitesse du lancer a été la variable la mieux corrélée avec la force de préhension et similairement comparable avec d'autres études

(Peterson *et al.*, 2015; Stark *et al.*, 2009; Toong *et al.*, 2018; Zane, 2012). D'un autre côté, la précision du lancer n'a pas été corrélée de manière aussi convaincante avec la force de préhension et comme observée par d'autres auteurs (Alexander *et al.*, 2013; Cronin *et al.*, 2017; Michaud-Paquette *et al.*, 2011; Michaud-Paquette, Y. *et al.*, 2009). La dernière variable étant le maniement du bâton, une faible corrélation significative est ressortie contrairement à ce que la littérature soulève jusqu'à ce jour (Stark *et al.*, 2009). Il est cependant essentiel de noter que la force de préhension a un impact sur la vitesse du lancer, mais ce n'est pas le seul élément à considérer lors de l'estimation de la vitesse de lancer au hockey.

### 5.2.1 Évaluation de la force de préhension au hockey

Dans la littérature, plusieurs tests de force de préhension existent, principalement en fonction de l'angle du bras par rapport au tronc (Richards *et al.*, 1996; Su *et al.*, 1994). Lors de la présente étude, les évaluations de la force de préhension à l'angle de 0° démontrent de meilleures corrélations et équations de régressions avec les évaluations sur glace comparativement aux évaluations à 90° et à 180°. Ce phénomène peut s'expliquer par la prise du bâton au hockey qui est similaire à l'évaluation de la force de préhension à l'angle de 0° (Cronin *et al.*, 2017; Su *et al.*, 1994). Il est donc intéressant pour les préparateurs physiques d'introduire dans leur batterie de tests la force de préhension à 0° afin de pouvoir profiter des équations de régressions présentées dans le tableau 4.6 pour estimer la vitesse des lancers de leurs athlètes lorsque l'accès à une glace n'est pas possible durant une longue période, par exemple, l'été.

### 5.2.2 La précision des lancers

Il est possible, dans le cadre de cette étude, que le protocole expérimental soit venu brimer les résultats des précisions des lancers de façon générale. De plus, il est possible que l'âge des participants soit également une des raisons qui a perturbé les résultats par la grande variabilité dans la qualité technique de lancer des participants. Il est donc

impossible de conclure de façon significative que la force de préhension joue un rôle majeur dans la précision des lancers en général comme il a été démontré dans l'étude (Alexander *et al.*, 2013). Toutefois, dans notre étude, deux équations pour prédire la précision des tirs utilisant comme variables prédictives la force de préhension et la masse soit musculaire ou corporelle sont ressorties (Talbeau 4,7). Néanmoins, l'explication de la variance commune est petite (24,8 à 26,5%). Donc, il est apparent que d'autres facteurs contribuent à la précision des tirs, par exemple, le niveau de compétence du hockeyeur (triple A vs double B). Il serait cependant intéressant de faire d'autres études plus approfondies avec un plus grand nombre de participants sur ces deux facteurs isolés étant donné la forte implication des avant-bras dans ce type de lancer (lancer du poignet) ainsi que les tendances des corrélations observées dans notre étude et par d'autres (Alexander *et al.*, 2013; Michaud-Paquette *et al.*, 2011; Michaud-Paquette, Y. *et al.*, 2009).

### 5.2.3 La vitesse des lancers

Lors de la présente recherche, il a été possible de démontrer une forte relation entre la force de préhension et la vitesse des lancers. Que ce soit dans les trois différents angles d'évaluations de la force de préhension, le degré d'association est bon (corrélations). Cependant l'angle de 0° démontre les facteurs de corrélations plus élevés (voir tableau 4.5) et permet également d'avoir des équations de régressions (prédiction) sur le paramètre de vitesse des lancers. Comme démontré dans le tableau 4.6, plusieurs équations de régressions sont ressorties tant simples que complexes (peu ou beaucoup de variables indépendantes prédictives). Plusieurs études ont démontré la relation entre la force de préhension et la vitesse des lancers (Alexander *et al.*, 2013; Cronin *et al.*, 2017; Zane, 2012), mais aucune n'a établi des régressions linéaires. Les régressions linéaires obtenues avec la présente étude, malgré le faible nombre de participants, permettent quand même aux préparateurs physiques d'évaluer quelques paramètres chez les joueurs et estimer par la suite la vitesse des lancers sans même

devoir mesurer avec radar les lancers et louer des glaces à des sommes astronomiques. Comme mentionné plus haut, les régressions linéaires sont présentées dans le tableau 4.6, 4.7, 4.8 et 4.9 en ordre croissant de complexité. La complexité a été déterminée principalement par le nombre de variables indépendantes prédictives impliqué dans la formule. Lorsque plusieurs variables indépendantes sont impliquées dans la formule, le coefficient de détermination ( $r^2$ ) est augmenté et offre une meilleure explication des variables indépendantes retenues pour estimer la vitesse du lancer. L'erreur de l'estimé (SSE) est aussi améliorée avec le niveau de complexité des équations de régressions (voir Tableau 4.6). Les diverses équations de prédictions, malgré le petit nombre de participants, indiquent une erreur de prédiction autour de 7% (SEE/par la VD\*100, respectivement). L'erreur relative dans la présente étude est raisonnable, malgré qu'il aurait été préférable de se trouver en dessous de 5%. Néanmoins, pour le préparateur physique cela permet une appréciation raisonnable du développement de l'athlète. Plusieurs études ont évalué la force de préhension chez les joueurs de hockey (Alexander *et al.*, 2013; Bežák et Přidal, 2017; Burr *et al.*, 2008; Cox *et al.*, 1995; Cronin *et al.*, 2017; Ebben *et al.*, 2004; Geithner *et al.*, 2006; Montgomery, 1988; Peterson *et al.*, 2015; Quinney *et al.*, 2008; Vescovi *et al.*, 2006; Zane, 2012), cependant aucune n'a mis en relation la force de préhension et d'autres variables indépendantes telle que les sauts, la composition corporelle ou même les caractéristiques des bâtons utilisés sur la vitesse du tir.

Finalement, avec l'aide de ces équations de régressions, il est également possible d'isoler une autre variable comme le Flex du bâton, par exemple, et y faire des essais erreurs afin de voir quel serait le meilleur Flex à utiliser en fonction des autres paramètres de l'athlète. Cette façon de procéder peut également être utilisée pour la composition corporelle ou autres ce qui donne aux préparateurs physiques beaucoup d'information sur les différentes façons d'améliorer la vitesse des lancers de leurs athlètes.

#### 5.2.4 Le maniement de rondelle

Le maniement de rondelle n'a pas été concluant lors des analyses statistiques et ne va malheureusement pas dans le sens de l'étude de (Stark *et al.*, 2009). Le manque d'expérience et la rigueur des participants à effectuer le test Illinois (dernière évaluation de la journée) peuvent avoir joué un rôle sur l'impact des résultats. De plus, la surutilisation de la patinoire est venu brimer les résultats du maniement de rondelle en mouvement. Les 16 participants ont pris part au projet où trois essais par côté étaient alloués par participants pour le test d'Illinois avec et sans rondelle. Ceci représente 12 essais par participant pour un total de 192 essais. Trois stations d'Illinois ont été mises en place afin de minimiser la surutilisation de la patinoire. Cela représente une moyenne de 64 essais par station. Ce qui est venu affecter l'efficacité des virages et du maniement de la rondelle pour les derniers participants à s'exécuter dû à la surutilisation de la patinoire. Lors des analyses, il a été possible de voir une tendance presque significative lorsque les essais manqués (chute ou perte de rondelle) ont été enlevés des analyses. Une corrélation significative qui explique moins de 25% de la variance commune a été observée, signifiant que la relation entre les deux variables est statistiquement significative, mais n'est pas très robuste. Néanmoins, cela signifie que les deux variables varient ensemble dans une certaine mesure, mais la plupart de la variation dans l'une des variables est due à d'autres facteurs. Cela peut être considéré comme peu pratique, car il est peu probable que cette corrélation puisse être utilisée pour prédire ou expliquer les résultats ou prendre des décisions pratiques pour développement de l'hockeyeur. Cependant, malgré une corrélation faible, cela peut être un point de départ pour des recherches ultérieures et des investigations plus approfondies pour comprendre les causes sous-jacentes de la corrélation.

## CHAPITRE VI

### CONCLUSION

Ce projet de recherche suggère que la force de préhension peut jouer un rôle significatif dans l'évaluation et l'amélioration des performances des joueurs de hockey, bien que d'autres facteurs puissent également contribuer de manière importante à leur compétence globale. Les résultats présentés dans ce mémoire démontrent que la force de préhension est corrélée positivement avec la vitesse de la rondelle lors de lancers frappés ou du poignet. De plus, il existe des tendances sur d'autres aspects tels que le maniement du bâton ainsi que la précision des lancers. Cependant, il convient de souligner que bien que la force de préhension influence la vitesse du lancer, elle n'est pas le seul facteur à prendre en compte pour évaluer ce paramètre.

Finalement, il est suggéré, en accord avec les résultats de cette recherche, d'évaluer périodiquement la force de préhension au cours de l'année afin d'obtenir un aperçu de la progression des joueurs, en gardant à l'esprit que cela pourrait potentiellement contribuer à estimer des améliorations éventuelles de la vitesse du lancer, tout en reconnaissant que d'autres facteurs pourraient également influencer ces performances.

## 6.1 Implication future

Suite à l'analyse des résultats, il est possible de proposer aux joueurs qu'il serait bénéfique d'améliorer leur force de préhension afin d'augmenter la vitesse de leur lancer et potentiellement améliorer la précision de celui-ci. Il serait alors intéressant d'ajouter dans la planification annuelle des exercices plus axés sur le développement de la force de préhension. Le deadlift est-il la solution ou l'approche? À explorer. Néanmoins, il existe plusieurs exercices tels que les Chin Ups, les Pull Ups, le Farmer's Walk et tous ces types d'exercices de tirades sont des exercices pouvant améliorer la certaine force de préhension afin de progresser comme athlète et aussi peu exigeant sur la dépense énergétique et rapide à exécuter. Toutefois, il demeure important d'avoir une bonne planification afin d'optimiser les performances des joueurs. Il est malheureusement possible de risquer une diminution des performances en cas de mauvaise gestion des paramètres d'entraînements. Par exemple, exécuter des mouvements de musculation de haute intensité (85% et plus ; 5 répétitions et moins) lorsque les athlètes sont fatigués n'aideront pas à leur développement et viendront même augmenter les risques de blessure et de surentraînement (Hartmann *et al.*, 2015; Kenneally *et al.*, 2018; Mujika *et al.*, 2018). Le même exemple s'applique pour tous les autres paramètres d'entraînement (Hartmann *et al.*, 2015; Kenneally *et al.*, 2018; Mujika *et al.*, 2018).

# APPENDICE A

## CONSENTEMENT



### FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

#### Titre du projet de recherche

Le lien entre la force de préhension et le maniement du bâton chez les jeunes joueurs de hockey.

#### Étudiant-chercheur

Philippe Roy, maîtrise en kinanthropologie  
[roy.philippe.9@courrier.uqam.ca](mailto:roy.philippe.9@courrier.uqam.ca)

#### Direction de recherche

Alain-Steve Comtois  
Département des sciences de l'activité physique.  
[comtois.alain-steve@uqam.ca](mailto:comtois.alain-steve@uqam.ca)

#### Préambule

Nous vous demandons de participer à un projet de recherche qui implique l'exécution d'une batterie de test hors glace et sur glace. Avant d'accepter de participer à ce projet de recherche, veuillez prendre le temps de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire de consentement vous explique le but de cette étude, les procédures, les avantages, les risques et inconvénients, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin.

Le présent formulaire de consentement peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles.

#### Description du projet et de ses objectifs

- *Breve description du projet : Est-ce que la force de préhension est relié au maniement du bâton au hockey ?*
- *Durée prévue du déroulement du projet; Printemps 2021*
- *Nombre de participants impliqués; 15 participants*
- *Population ciblée; Joueur de hockey Midget Espoir.*
- *Objectifs poursuivis : Être en mesure d'utiliser la force de préhension pour mesurer différents paramètres de performance sur glace.*

#### Nature et durée de votre participation

Le projet de recherche consiste à exécuter une batterie de test sur glace et hors glace. Vous aurez droit à un repos de entre chaque essais d'environ 2 minutes ainsi qu'un repos d'environ 5 minutes entre les différents tests. Trois essais par tests sera enregistrés par l'équipe de chercheur. La collecte de donnée se déroulera dans à l'aréna.

- *Une seule rencontre d'une durée de 120-150 minutes.*
- *Le lieu : Aréna (à déterminer).*

#### Liste des tests :

##### Hors glace :

- *Renseignements de base du joueur.*
- *Composition Corporelle par bio-impédance*
- *Saut en hauteur sans élan (Squat Jump)*
- *Saut en hauteur avec élan (Counter-Movement Jump)*
- *Saut en hauteur avec élan sans bras (Counter-Movement Jump sans bras)*
- *Saut en longueur sans élan (Broad Jump)*
- *Force de préhension dans 3 positions différentes.*

##### Sur glace :

- *Maniement de rondelle sur place*
- *Tests d'Illinois avec et sans rondelle*
- *Précision des lancers (4 cibles)*

### Avantages liés à la participation

*Vous aurez accès à vos résultats et permettra de vous situer sur vos compétences au hockey. De plus, vous aurez contribué à l'avancement de la science.*

### Risques liés à la participation

*En principe, aucun risque n'est lié à la participation à cette recherche.*

### Confidentialité

*Vos informations personnelles ne seront connues que des chercheurs et ne seront pas dévoilées lors de la diffusion des résultats. L'ensemble des documents seront détruits cinq ans après la dernière communication scientifique.*

### Participation volontaire et retrait

Votre participation est entièrement libre et volontaire. Vous pouvez refuser d'y participer ou vous retirer en tout temps sans devoir justifier votre décision. Si vous décidez de vous retirer de l'étude, vous n'avez qu'à aviser Alain-Steve Comtois verbalement; toutes les données vous concernant seront détruites.

### Indemnité compensatoire

*Aucune indemnité compensatoire n'est prévue.*

### Des questions sur le projet?

Pour toute question additionnelle sur le projet et sur votre participation vous pouvez communiquer avec les responsables du projet.

Philippe Roy, maîtrise en kinanthropologie

[roy.philippe.9@courrier.uqam.ca](mailto:roy.philippe.9@courrier.uqam.ca)

Alain-Steve Comtois

Département des sciences de l'activité physique.

[comtois.alain-steve@uqam.ca](mailto:comtois.alain-steve@uqam.ca) - 514-987-3000 ; 514-792-8578

L'ombudsman de l'UQAM

[ombudsman@uqam.ca](mailto:ombudsman@uqam.ca) - 514-987-3151

Des questions sur vos droits? Le Comité institutionnel de la recherche avec des êtres humains (CIEREH) a approuvé le projet de recherche auquel vous allez participer. Pour des informations concernant les responsabilités de l'équipe de recherche au plan de l'éthique de la recherche avec des êtres humains ou pour formuler une plainte, vous pouvez contacter la coordination du CIEREH:

[cierreh@uqam.ca](mailto:cierreh@uqam.ca)

514 987-3000, poste 7753.

### Remerciements

Votre collaboration est essentielle à la réalisation de notre projet et l'équipe de recherche tient à vous en remercier.

### Consentement

Je déclare avoir lu et compris le présent projet, la nature et l'ampleur de ma participation, ainsi que les risques et les inconvénients auxquels je m'expose tels que présentés dans le présent formulaire. J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions concernant les différents aspects de l'étude et de recevoir des réponses à ma satisfaction.

Je, soussigné(e), accepte volontairement de participer à cette étude. Je peux me retirer en tout temps sans préjudice d'aucune sorte. Je certifie qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre ma décision.

Une copie signée de ce formulaire d'information et de consentement doit m'être remise.

\_\_\_\_\_  
Prénom Nom

\_\_\_\_\_  
Signature

\_\_\_\_\_  
Date

### Engagement du chercheur

Je, soussigné(e) certifie

- (a) avoir expliqué au signataire les termes du présent formulaire; (b) avoir répondu aux questions qu'il m'a posées à cet égard;
- (c) lui avoir clairement indiqué qu'il reste, à tout moment, libre de mettre un terme à sa participation au projet de recherche décrit ci-dessus;
- (d) que je lui remettrai une copie signée et datée du présent formulaire.

\_\_\_\_\_  
Prénom Nom

\_\_\_\_\_  
Signature

\_\_\_\_\_  
Date

### *Personnes mineures ou incapables à consentir*

*Dans le cas de personnes mineures ou incapables à consentir, le formulaire doit aussi contenir les éléments suivants :*

- *Le droit de retrait de la personne mineure ou incapable à consentir en tout temps sans justification et sans pénalité d'aucune forme et ce même après avoir obtenu le consentement du tiers autorisé;*
- *Le droit, pour le tiers autorisé, de retirer la personne mineure ou incapable à consentir en tout temps sans justification et sans pénalité d'aucune forme;*
- *L'identification de la personne mineure ou incapable à consentir et, dans la mesure du possible, sa signature;*
- *L'identification et la signature du tiers autorisé (parent, tuteur, etc.), de même que la confirmation que ce tiers a discuté du projet de recherche avec la personne mineure ou incapable à consentir et que cette dernière accepte d'y participer volontairement.]*

\_\_\_\_\_  
Prénom Nom (tuteur ou parent)

\_\_\_\_\_  
Signature

\_\_\_\_\_  
Date

## APPENDICE B

### APPROBATION DU COMITÉ ÉTHIQUE

#### CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE

Le Comité d'éthique de la recherche pour les projets étudiants impliquant des êtres humains (CERPE plurifacultaire) a examiné le projet de recherche suivant et le juge conforme aux pratiques habituelles ainsi qu'aux normes établies par la *Politique No 54 sur l'éthique de la recherche avec des êtres humains* (Janvier 2016) de l'UQAM.

Titre du projet:	Le lien entre la force de préhension et le maniement du bâton chez les jeunes joueurs de hockey
Nom de l'étudiant:	Philippe ROY
Programme d'études:	Maîtrise en kinanthropologie
Direction de recherche:	Alain Steve COMTOIS

#### Modalités d'application

Toute modification au protocole de recherche en cours de même que tout événement ou renseignement pouvant affecter l'intégrité de la recherche doivent être communiqués rapidement au comité.

La suspension ou la cessation du protocole, temporaire ou définitive, doit être communiquée au comité dans les meilleurs délais.

**Le présent certificat est valide pour une durée d'un an à partir de la date d'émission.** Au terme de ce délai, un rapport d'avancement de projet doit être soumis au comité, en guise de rapport final si le projet est réalisé en moins d'un an, et en guise de rapport annuel pour le projet se poursuivant sur plus d'une année. Dans ce dernier cas, le rapport annuel permettra au comité de se prononcer sur le renouvellement du certificat d'approbation éthique.



Raoul Graf  
Président du CERPE plurifacultaire  
Professeur, Département de marketing

## APPENDICE C

### GRILLE DE COLLECTE DE DONNÉES

Nom : \_\_\_\_\_ Date de naissance : \_\_\_\_\_  
 Latéralité : \_\_\_\_\_ Latéralité hockey : \_\_\_\_\_ Position : \_\_\_\_\_

#### Caractéristique bâton

Marque	Modèle	Flex	Curve

#### Composition corporelle

Poids	
Grandeur	
% de gras	
Masse adipeuse	
Masse maigre	

#### Hors glace

	1 <sup>ère</sup> essaie	2 <sup>e</sup> essaie	3 <sup>e</sup> essaie
Squat Jump			
CMJ			
CMJ avec bras			
Broad Jump			
GS Gauche 180			
GS Droit 180			
GS Gauche 90			
GS Droit 90			
GS Gauche 0			
GS Droit 0			

#### Sur glace

	1 <sup>ère</sup> essaie	2 <sup>e</sup> essaie	3 <sup>e</sup> essaie
Maniement 30 sec			
Illinois Gauche			
Illinois Droit			
Illinois Gauche Puck			
Illinois Droit Puck			
Précision Ipsi Haut	/5		
Précision Contro Haut	/5		
Précision Ipsi Bas	/5		
Précision Contro Bas	/5		

## BIBLIOGRAPHIE

- Alexander, J., Haddow, J. et Schultz, G. (2013, 03/17). Comparison of the Ice Hockey Wrist and Slap Shots for Speed and Accuracy. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 34, 259-266. doi: 10.1080/10671188.1963.10613232
- Baekgaard, J. S., Eskesen, T. G., Sillesen, M., Rasmussen, L. S. et Steinmetz, J. (2019, Mar). Ketamine as a Rapid Sequence Induction Agent in the Trauma Population: A Systematic Review. *Anesth Analg*, 128(3), 504-510. doi: 10.1213/ane.0000000000003568
- Beaton, D. E., O'Driscoll, S. W. et Richards, R. R. (1995, Mar). Grip strength testing using the BTE work simulator and the Jamar dynamometer: a comparative study. Baltimore Therapeutic Equipment. *J Hand Surg Am*, 20(2), 293-298. doi: 10.1016/s0363-5023(05)80029-2
- Bellace, J. V., Healy, D., Besser, M. P., Byron, T. et Hohman, L. (2000, Jan-Mar). Validity of the Dexter Evaluation System's Jamar dynamometer attachment for assessment of hand grip strength in a normal population. *J Hand Ther*, 13(1), 46-51. doi: 10.1016/s0894-1130(00)80052-6
- Bežák, J. et Přidal, V. (2017). Upper body strength and power are associated with shot speed in men's ice hockey. *Acta Gymnica*, 47(2), 78-83.
- Burr, J. F., Jamnik, R. K., Baker, J., Macpherson, A., Gledhill, N. et McGuire, E. J. (2008, Sep). Relationship of physical fitness test results and hockey playing potential in elite-level ice hockey players. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1535-1543. doi: 10.1519/JSC.0b013e318181ac20

- Cadenas-Sanchez, C., Sanchez-Delgado, G., Martinez-Tellez, B., Mora-Gonzalez, J., Löf, M., España-Romero, V., . . . Ortega, F. B. (2016, Jul-Aug). Reliability and Validity of Different Models of TKK Hand Dynamometers. *Am J Occup Ther*, 70(4), 7004300010. doi: 10.5014/ajot.2016.019117
- Cox, M. H., Miles, D. S., Verde, T. J. et Rhodes, E. C. (1995). Applied Physiology of Ice Hockey. *Sports Medicine*, 19(3), 184-201. doi: 10.2165/00007256-199519030-00004
- Cronin, J., Lawton, T., Harris, N., Kilding, A. et McMaster, D. T. (2017). A brief review of handgrip strength and sport performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3187-3217. doi: 10.1519/JSC.0000000000002149
- Dulac, M., Boutros, G. E., Pion, C., Barbat-Artigas, S., Gouspillou, G. et Aubertin-Leheudre, M. (2016, Nov-Dec). Is handgrip strength normalized to body weight a useful tool to identify dynapenia and functional incapacity in postmenopausal women? *Braz J Phys Ther*, 20(6), 510-516. doi: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0184
- Ebben, W. P., Carroll, R. M. et Simenz, C. J. (2004). Strength and conditioning practices of national hockey league strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 889-897. doi: 10.1519/14133.1
- España-Romero, V., Ortega, F. B., Vicente-Rodríguez, G., Artero, E. G., Rey, J. P. et Ruiz, J. R. (2010, Jan). Elbow position affects handgrip strength in adolescents: validity and reliability of Jamar, DynEx, and TKK dynamometers. *J Strength Cond Res*, 24(1), 272-277. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b296a5
- Fernandez-Santos, J. R., Ruiz, J. R., Cohen, D. D., Gonzalez-Montesinos, J. L. et Castro-Pinero, J. (2015, Aug). Reliability and Validity of Tests to Assess Lower-Body Muscular Power in Children. *J Strength Cond Res*, 29(8), 2277-2285. doi: 10.1519/jsc.0000000000000864

- Garzon, M., Gayda, M., Garzon, L., Juneau, M., Nigam, A., Leone, M. et Comtois, A. S. (2015). Biomechanical analysis to determine the external power output on an immersible ergocycle. *Eur J Sport Sci*, 15(4), 271-278. doi: 10.1080/17461391.2014.932015
- Geithner, C. A., Lee, A. M. et Bracko, M. R. (2006). Physical and performance differences among forwards, defensemen, and goalies in elite women's ice hockey. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 500-505. doi: 10.1519/17375.1
- Green, H., Bishop, P., Houston, M., McKillop, R., Norman, R. et Stothart, P. (1976). Time-motion and physiological assessments of ice hockey performance. *Journal of Applied Physiology*, 40(2), 159-163. doi: 10.1152/jappl.1976.40.2.159
- Hartmann, H., Wirth, K., Keiner, M., Mickel, C., Sander, A. et Szilvas, E. (2015, Oct). Short-term Periodization Models: Effects on Strength and Speed-strength Performance. *Sports Med*, 45(10), 1373-1386. doi: 10.1007/s40279-015-0355-2
- Hay, J. G. (1986). The biomechanics of the long jump. *Exerc Sport Sci Rev*, 14, 401-446.
- Heishman, A. D., Daub, B. D., Miller, R. M., Freitas, E. D. S., Frantz, B. A. et Bembem, M. G. (2020, Feb). Countermovement Jump Reliability Performed With and Without an Arm Swing in NCAA Division 1 Intercollegiate Basketball Players. *J Strength Cond Res*, 34(2), 546-558. doi: 10.1519/jsc.0000000000002812
- Hermiston, R. T., Gratto, J. et Teno, T. (1979, Mar). Three hockey skills tests as predictors of hockey playing ability. *Can J Appl Sport Sci*, 4(1), 95-97.

- James, N. D., Clarke, N. W., Cook, A., Ali, A., Hoyle, A. P., Attard, G., . . . Sydes, M. R. (2022, Aug 1). Abiraterone acetate plus prednisolone for metastatic patients starting hormone therapy: 5-year follow-up results from the STAMPEDE randomised trial (NCT00268476). *Int J Cancer*, *151*(3), 422-434. doi: 10.1002/ijc.34018
- Kays, B. et Smith, L. (2014, 2014/01/01/). Field Measurements of Ice Hockey Stick Performance and Player Motion. *Procedia Engineering*, *72*, 563-568. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.06.071>
- Kenneally, M., Casado, A. et Santos-Concejero, J. (2018, Oct 1). The Effect of Periodization and Training Intensity Distribution on Middle- and Long-Distance Running Performance: A Systematic Review. *Int J Sports Physiol Perform*, *13*(9), 1114-1121. doi: 10.1123/ijsp.2017-0327
- Leone, M., Viret, P., Bui, H. T., Laverdière, C., Kalinova, É. et Comtois, A. S. (2014, Jan). Assessment of gross motor skills and phenotype profile in children 9-11 years of age in survivors of acute lymphoblastic leukemia. *Pediatr Blood Cancer*, *61*(1), 46-52. doi: 10.1002/pbc.24731
- Lomond, K. V., Turcotte, R. A. et Pearsall, D. J. (2007, 2007/06/01). Three-dimensional analysis of blade contact in an ice hockey slap shot, in relation to player skill. *Sports Engineering*, *10*(2), 87-100. doi: 10.1007/BF02844206
- Mascaro, T., Seaver, B. L. et Swanson, L. (1992). Prediction of skating speed with off-ice testing in professional hockey players. *J Orthop Sports Phys Ther*, *15*(2), 92-98. doi: 10.2519/jospt.1992.15.2.92
- McLeod, W. D., Hunter, S. C. et Etchison, B. (1983, Nov-Dec). Performance measurement and percent body fat in the high school athlete. *Am J Sports Med*, *11*(6), 390-397. doi: 10.1177/036354658301100603

- Michaud-Paquette, Y., Magee, P., Pearsall, D. et Turcotte, R. (2011). Whole-body predictors of wrist shot accuracy in ice hockey: A kinematic analysis. *Sports Biomechanics*, 10(1), 12-21. doi: 10.1080/14763141.2011.557085
- Michaud-Paquette, Y., Pearsall, D. J. et Turcotte, R. A. (2009). Predictors of scoring accuracy: ice hockey wrist shot mechanics. *Sports Engineering (Springer Science & Business Media B.V.)*, 11(2), 75-84.
- Michaud-Paquette, Y., Pearsall, D. J. et Turcotte, R. A. (2009). Predictors of scoring accuracy: Ice hockey wrist shot mechanics. *Sports Engineering*, 11(2), 75-84. doi: 10.1007/s12283-008-0009-9
- Montgomery, D. L. (1988, Feb). Physiology of ice hockey. *Sports Med*, 5(2), 99-126. doi: 10.2165/00007256-198805020-00003
- Montgomery, D. L., Nobes, K., Pearsall, D. J. et Turcotte, R. A. (2004). Task Analysis (Hitting, Shooting, Passing, and Skating) of Professional Hockey Players. Dans A. B. Ashare et D. J. Pearsall (dir.), (p. 288-295). West Conshohocken, PA : ASTM International.
- Mujika, I., Halson, S., Burke, L. M., Balagué, G. et Farrow, D. (2018, May 1). An Integrated, Multifactorial Approach to Periodization for Optimal Performance in Individual and Team Sports. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(5), 538-561. doi: 10.1123/ijsp.2018-0093
- Pan, W., Campbell, D., Richards, J., Bartolozzi, A., Ciccotti, M., Snyder-Mackler, L. et Waninger, K. (1998, 05/01). Effect of Upper Extremity Strength Training on Puck Speed in Collegiate Ice Hockey Players. *Medicine and Science in Sports and Exercise - MED SCI SPORT EXERCISE*, 30. doi: 10.1097/00005768-199805001-00203

- Pereira, H. M., Menacho, M. d. O., Takahashi, R. H. et Cardoso, J. R. (2011). Força de preensão manual de atletas tenistas avaliada por diferentes recomendações de teste. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 17, 184-188.
- Peterson, B. J., Fitzgerald, J. S., Dietz, C. C., Ziegler, K. S., Ingraham, S. J., Baker, S. E. et Snyder, E. M. (2015, May). Division I Hockey Players Generate More Power Than Division III Players During on- and Off-Ice Performance Tests. *J Strength Cond Res*, 29(5), 1191-1196. doi: 10.1519/jsc.0000000000000754
- Potteiger, J. A., Smith, D. L., Maier, M. L. et Foster, T. S. (2010). Relationship between body composition, leg strength, anaerobic power, and on-ice skating performance in division I men's hockey athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1755-1762. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e06cfb
- Quinney, H. A., Dewart, R., Game, A., Snyder, G., Warburton, D. et Bell, G. (2008). A 26 year physiological description of a National Hockey League team. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism*, 33(4), 753-760.
- Raya, M. A., Gailey, R. S., Gaunaud, I. A., Jayne, D. M., Campbell, S. M., Gagne, E., . . . Tucker, C. (2013). Comparison of three agility tests with male servicemembers: Edgren Side Step Test, T-Test, and Illinois Agility Test. *J Rehabil Res Dev*, 50(7), 951-960. doi: 10.1682/jrrd.2012.05.0096
- Richards, L. G., Olson, B. et Palmiter-Thomas, P. (1996, Feb). How forearm position affects grip strength. *Am J Occup Ther*, 50(2), 133-138. doi: 10.5014/ajot.50.2.133
- Roczniok, R., Stanula, A., Maszczyk, A., Mostowik, A., Kowalczyk, M., Fidos-Czuba, O. et Zajac, A. (2016, Mar). Physiological, physical and on-ice performance criteria for selection of elite ice hockey teams. *Biol Sport*, 33(1), 43-48. doi: 10.5604/20831862.1180175

- Roy, B. et Delisle, G. (1984, Dec). [Geometric and dynamic characteristics of hockey sticks in regard to their performance]. *Can J Appl Sport Sci*, 9(4), 214-219.
- Schreuders, T. A., Roebroek, M. E., Goumans, J., van Nieuwenhuijzen, J. F., Stijnen, T. H. et Stam, H. J. (2003, Sep). Measurement error in grip and pinch force measurements in patients with hand injuries. *Phys Ther*, 83(9), 806-815.
- Stanula, A. et Rocznik, R. (2014). Game Intensity Analysis of Elite Adolescent Ice Hockey Players. *Journal of Human Kinetics*, 44, 211-221.
- Stark, T. W., Tvoric, B., Walker, B., Noonan, D. et Sibla, J. (2009). Ice Hockey Players Using a Weighted Implement When Training on the Ice: A Randomized Control Trial. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 80(1), 54-61.
- Su, C. Y., Lin, J. H., Chien, T. H., Cheng, K. F. et Sung, Y. T. (1994, Jul). Grip strength in different positions of elbow and shoulder. *Arch Phys Med Rehabil*, 75(7), 812-815.
- Tomkinson, G. R., Lang, J. J., Tremblay, M. S., Dale, M., LeBlanc, A. G., Belanger, K., . . . Léger, L. (2017, Nov). International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. *Br J Sports Med*, 51(21), 1545-1554. doi: 10.1136/bjsports-2016-095987
- Toong, T., Wilson, K. E., Urban, K., Paniccia, M., Hunt, A. W., Keightley, M. et Reed, N. (2018). Grip strength in youth ice hockey players: Normative values and predictors of performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(12), 3494-3502.
- Triplett, A. N., Ebbing, A. C., Green, M. R., Connolly, C. P., Carrier, D. P. et Pivarnik, J. M. (2018, Sep). Changes in collegiate ice hockey player anthropometrics and aerobic fitness over 3 decades. *Appl Physiol Nutr Metab*, 43(9), 950-955. doi: 10.1139/apnm-2017-0789

- Vescovi, J. D., Murray, T. M., Fiala, K. A. et VanHeest, J. L. (2006, Sep). Off-ice performance and draft status of elite ice hockey players. *Int J Sports Physiol Perform*, 1(3), 207-221.
- Villaseñor, A., Turcotte, R. A. et Pearsall, D. J. (2006, Aug). Recoil effect of the ice hockey stick during a slap shot. *J Appl Biomech*, 22(3), 202-211. doi: 10.1123/jab.22.3.202
- Worobets, J., Fairbairn, J. et Stefanyshyn, D. (2006, 12/01). The influence of shaft stiffness on potential energy and puck speed during wrist and slap shots in ice hockey. *Sports Engineering*, 9, 191-200. doi: 10.1007/BF02866057
- Wu, T., Pearsall, D., Hodges, A., Turcotte, R., Lefebvre, R., Montgomery, D. et Bateni, H. (2003, 01/03). The performance of the ice hockey slap and wrist shots: The effects of stick construction and player skill. *Sports Engineering*, 6, 31-39. doi: 10.1007/BF02844158
- Zane, L. (2012). *Force Measures at the Hand-Stick Interface during Ice Hockey Slap and Wrist Shots*. McGill University, Montreal, Canada.