

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

PHYSIOLOGIE ET TESTS PHYSIQUES DU GARDIEN DE BUT AU HOCKEY  
SUR GLACE : UNE APPROCHE SYSTÉMATIQUE ET MÉTA-ANALYSE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN KINANTHROPOLOGIE

PAR

VIVIANE MARCOTTE-L'HEUREUX

DÉCEMBRE 2021

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 souhaite exprimer ma reconnaissance à mon directeur Alain-Steve Comtois, pour m'avoir partagé son expertise et m'avoir guidé dans ce projet. Je souhaite remercier Jérémie Charron pour sa patience et son soutien incroyable tout au long de mon cheminement à la maîtrise. Merci également au bibliothécaire Jean-Jacques Rondeau pour son aide dans la méthodologie de ma revue systématique. Aussi, merci à Jill Vandermerschen de m'avoir assisté dans l'analyse statistique des données. Je tiens à remercier Kelsey Needham-Dancause pour les connaissances qu'elle m'a enseignées sur les méthodes de recherches. Je tiens à remercier particulièrement les entraîneurs et gardiens de but qui m'ont accordé du temps pour des entrevues téléphoniques. Un grand merci à Marie-Anne Landry Duval et Célia Kingsbury, mes deux *partner in crime* avec qui j'ai navigué dans ce monde particulier de la recherche, et qui étaient capable de me ramener les pieds sur terre. Je tiens à remercier ma sœur, mes amies et mes coloc de m'avoir enduré *chialer* pendant 2 ans. Finalement, je remercie mes parents pour leur soutien, les nombreuses petites attentions, leur encouragement et nos activités familiales qui me rappelaient qu'un mémoire, ce n'est pas le travail d'une vie, juste une étape qu'on s'impose soit même.

## DÉDICACE

À mes parents et ma sœur, qui m'ont donné  
du soutien inconditionnel et œuvré pour ma  
réussite scolaire depuis le tout début.

## AVANT-PROPOS

L'article résultant de ce mémoire a été accepté le 20 juin 2021 dans le *International Journal of Exercise Science*. Les informations concernant l'article et son résumé (en anglais) ont été jointes ci-dessous.



*Review Article*

---

### **Ice Hockey Goaltender Physiology Profile and Physical Testing: A Systematic Review and Meta-Analysis**

VIVIANE MARCOTTE-L'HEUREUX<sup>†1</sup>, JEREMIE CHARRON<sup>†1</sup>, ROBERT PANENIC<sup>‡2</sup>, and ALAIN STEVE COMTOIS<sup>†1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Activity Sciences, University of Quebec-Montreal, Montreal, Quebec, CANADA; <sup>2</sup>Department of Health, Kinesiology, and Applied Physiology, Concordia University, Montreal, Quebec, CANADA

<sup>†</sup>Denotes graduate student author, <sup>‡</sup>Denotes professional author

---

#### ABSTRACT

*International Journal of Exercise Science* 14(6): 855-875, 2021. This review aims to 1) be the first systematic review and meta-analysis of the literature examining the physiology and assessment of goaltenders, and 2) present a physiological profile of ice-hockey goaltenders. It will 1) highlight physiological differences between goaltenders and players at other positions, 2) determine strengths and weaknesses of ice hockey goaltenders, and 3) offer possible guidelines for strength and conditioning coaches. Six electronic databases were systematically searched in October 2019 using the PRISMA model. A total of twelve scientific articles published in peer-reviewed journals were included. Professional male (PM) goaltenders had the following profile for age (A) 26.8 ± 2.5 years, body weight (BW) 85.64 ± 3.79 kg, height (H) 184.38 ± 2.79 cm, body fat % (BF%) 11.9 ± 2.22, VO<sub>2</sub>max 49.9 ± 4.45 ml/kg/min, anaerobic power (AP) 12.78 ± 1.63 W/kg, and combined hand grip strength (GS) 120.7 ± 15 kg. Amateur male (AM) goaltenders presented the following: A: 18.2 ± 0.75, BW: 83.85 ± 4.51, H: 184.96 ± 2.06, BF%: 10.51 ± 1.61, VO<sub>2</sub>max: 55.73 ± 4.57, AP: 10.9 ± 1.2 and GS: 109.08 ± 14.06. Amateur female (AF) goaltenders presented the following: A: 21.04 ± 1.84, BW: 63.4 ± 5.14, H: 164.86 ± 5.73, BF%: 22.12 ± 2.27 and VO<sub>2</sub>max: 42.84 ± 3.59. Overall, PM goaltenders are heavier, have a higher BF%, and exhibit greater GS and abdominal muscular endurance than AM, while AM goaltenders are heavier, taller, leaner, and can generate greater lower-body muscular power than AF goaltenders. In the current literature, there were a small number of studies on women players and a lack of distinction between player position in reported results. Specific physiological assessments during NHL Combines should be developed for goaltenders in accordance with their specific positional demands.

**KEY WORDS:** Assessment, fitness, performance, goalkeeper

## TABLES DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES .....	x
LISTES DES SYMBOLES ET DES UNITÉS .....	xiii
RÉSUMÉ .....	xv
INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	1
CHAPITRE I PROBLÉMATIQUE .....	4
1.1 Introduction spécifique .....	4
1.2 Justification de la recherche.....	6
1.3 Pertinence pratique de la recherche .....	7
1.4 Objectif de la recherche .....	8
1.4.1 Objectifs spécifiques .....	8
1.5 Questions de recherche .....	9
1.6 Hypothèses de recherche .....	9
1.7 Limites .....	9
CHAPITRE II RECENSION DES ÉCRITS.....	11
2.1 Tests physiques au Combine de la LNH.....	11
2.2 Description générale du gardien de but de hockey sur glace.....	15
2.2.1 Règlements généraux du hockey sur glace .....	15
2.2.2 Dimensions de l'espace de jeu du gardien de but .....	16
2.2.3 Le rôle du gardien de but .....	17

2.2.4	Blessures et équipements .....	17
2.3	Demande biomécanique du jeu du gardien de but.....	19
2.3.1	Positions de base .....	19
2.3.2	Techniques de patinage .....	22
2.3.3	Manipulation de la rondelle et du bâton.....	28
2.3.4	Zone de tirs et techniques utilisées.....	29
2.4	Profil du gardien de but .....	30
2.4.1	Facteurs physiologiques .....	31
2.4.2	Système nerveux .....	37
2.4.2	Facteurs psychologiques .....	43
CHAPITRE III MÉTHODOLOGIE .....		50
3.1	Stratégie de recherche.....	50
3.2	Recherche manuelle.....	51
3.3	Critères d'inclusion et d'exclusion .....	52
3.3.1	Type de documents .....	52
3.3.2	Doublons .....	52
3.3.3	Titres et résumés .....	52
3.3.4	Langues .....	52
3.3.5	Texte.....	52
3.3.6	Données.....	53
3.3.7	Méthode de vérification .....	53
3.4	Classification et extraction des données .....	53
3.5	Analyses.....	53
CHAPITRE IV RÉSULTATS .....		55
4.1	Profil physiologique des gardiens de but.....	57
4.2	Différences des résultats entre les tests physiques et les positions au hockey sur glace.....	60
CHAPITRE V DISCUSSION.....		64
5.1	Profil physiologique des gardiens de but.....	65
5.1.1	Description .....	65
5.1.2	Anthropométrie .....	65
5.1.3	Capacité aérobie .....	67
5.1.4	Puissance et capacité anaérobie .....	69

5.1.5	Force et endurance musculaire .....	70
5.1.6	Puissance musculaire .....	73
5.1.7	Flexibilité .....	74
5.1.8	Évaluation physique sur glace.....	75
5.2	Applications pratiques .....	76
5.3	Limites .....	77
CHAPITRE VI CONCLUSION .....		78
BIBLIOGRAPHIE .....		81

## LISTE DES FIGURES

Figure	Page
Figure 2.1 Position de base debout .....	21
Figure 2.2 Position de base en papillon .....	22
Figure 2.3 Illustration en pourcentage du total des différentes actions durant une partie .....	23
Figure 2.4 Technique du demi-papillon ( <i>half butterfly</i> ).....	24
Figure 2.5 Technique du shuffle en direction vers la droite .....	25
Figure 2.6 Technique du <i>t-push</i> .....	26
Figure 2.7 Technique du <i>c-cut</i> vers l'arrière.....	27
Figure 2.8 Techniques d'arrêt pour les tirs en hauteur .....	28
Figure 2.9 Illustration en pourcentage des emplacements des tirs marqués .....	29
Figure 2.10 Illustration du pourcentage d'arrêt selon la technique et l'équipement utilisé.....	30
Figure 2.11 Illustration en pourcentage de l'intensité et la durée des actions du gardien de but de hockey sur glace .....	36
Figure 4.1 Représentation schématique de la sélection d'articles. ....	56

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
Tableau 2.1 Perception de chaque position envers eux-mêmes selon le Modèle des cinq traits.....	45
Tableau 2.2 Perception des positions l'un envers l'autre selon le Modèle des cinq traits.....	46
Tableau 4.1 Profile anthropométrique, de la capacité aérobie et de la puissance anaérobie chez le gardien de but de hockey sur glace.....	58
Tableau 4.2 Profile physique des tests hors et sur glace chez le gardien de but de hockey sur glace.....	59
Tableau 4.3 Différences de résultats et des tests utilisés pour la capacité aérobie et la puissance anaérobie entre les attaquants, les défenseurs et les gardiens.....	61
Tableau 4.4 Différences de résultats et des tests utilisés pour la force, la puissance et la flexibilité entre les attaquants, les défenseurs et les gardiens.....	63

## LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

A : Âge

A : Amateur

AM : Amateur Men

AF : Amateur Female

ATP : Adénosine Triphosphate

BLa : Blood lactate

BPTT : Bruce Protocol Treadmill Test

CIAU : Canadian Intercollegiate Athletic Union

CMJ : Countermovement Jump

CSTA : Cornering S-Turn Agility

D : Defenders

F : Female

F : Forwards

FCmax : fréquence cardiaque maximale

FCmoyenne : fréquence cardiaque moyenne

FP : Force de préhension (kg)

G : Goaltenders

HR<sub>mean</sub> : Mean Heart Rate

HR<sub>max</sub> : Heart Rate max

Isometric PetP : Push and Pull

LJ : Long Jump

LNH : Ligue National de Hockey

M : Male

MG% : Pourcentage de la masse grasse

MG CET : Maximal Graded Cycle Ergometer

MKPT : Margaria-Kalamen Power Test

MSRT : 20-m Multistage Shuttle Run Test

NHL : National Hockey League

NHLED : National Hockey League Entry Draft

NS : No significant

P : Poids corporel (Kg)

P : Professional

PA : Puissance anaérobie (W/Kg)

PCr : Phosphocréatine

PM : Professional Men

PRISMA : Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis

SCS : Strength and Conditioning Specialist

SR : Sit and Reach

T : Taille (m)

UQAM : Université du Québec à Montréal

VJ : Vertical Jump

VO<sub>2</sub>max : Volume d'oxygène maximal

WG : 30-s Wingate Test

6.1mAS : 6.10 m acceleration sprint test

40-YD : 40-YD Dash

## LISTES DES SYMBOLES ET DES UNITÉS

% : pourcentage

bpm : battement par minute

cm : centimètres

kg : kilogramme

La : lactate

Lb : livre

n: number of goaltender

m : mètre

min : minute

ml/kg/min : millilitre par kilogramme par minute

mm : millimètre

reps : répétitions

SD : Standard Deviation

sec : seconde

W/kg : watts par kilogramme

x: combined mean

yrs : years

## RÉSUMÉ

**Objectif :** Réaliser une revue systématique regroupant les données physiologiques de gardiens de but de hockey pour bâtir un profil athlétique spécifique à leur niveau et à leur sexe. De plus, l'objectif secondaire était de présenter les tests physiques effectués chez les gardiens et la différence des résultats entre les positions d'attaquant, de défenseur et de gardien.

**Méthodes :** Six bases de données (PudMed, GoogleScholar, SportDiscus, Scopus, SpringerLink and ScienceDirect) ont fait l'issue d'une recherche systématique inspirée du modèle PRISMA avec les mots-clés : *ice hockey goaltender physiology* en octobre 2019. Une recherche manuelle a été réalisée à partir de la liste bibliographique des articles retenus. Le processus de sélection d'articles a été entièrement répété par un deuxième auteur pour assurer la fiabilité de la recherche systématique.

**Résultats :** 12 articles ont été retenus suite à la recherche systématique. Ces articles regroupent au total 322 gardiens de but, dont 282 hommes et 40 femmes issues de niveaux amateurs et professionnel. Le profil physiologique des gardiens de niveau professionnel et amateur, de sexe masculin et féminin, est présenté aux tableaux 4.1 et 4.2. Les tests physiques et la différence de résultats entre les positions sont présentés aux tableaux 4.3 et 4.4.

**Conclusion :** Les recherches futures devraient informer le nombre de joueurs de chaque position et inclure plus de détail quant aux protocoles de tests utilisés. D'autre part, la littérature actuelle présente peu d'étude sur les athlètes féminines. Enfin, des évaluations spécifiques devraient être élaborées pour les gardiens de but, car leurs exigences sont différentes de celles de leurs coéquipiers.

**Mots-clés :** Hockey sur glace, gardien de but, physiologie, tests physiques, performance physique.

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le hockey sur glace est considéré comme étant le sport national d'hiver du Canada (Gouvernement du Canada, 2020). La formation de la Ligue nationale de hockey (LNH) a été créée en hiver 1917 (Marsh et Marshall, 2016). Au cours des 25 années qui ont suivi, la LNH connut de multiples changements administratifs. Depuis 1942, cette association sportive est passée de six équipes originales à 31 équipes actuelles, et passera à 32 en 2021 (Klein, 2016). L'engouement et l'attachement autour du hockey sur glace furent croissants au sein de la population nord-américaine. Un des événements annuels de la LNH est le Camp de dépistage, connu sous le nom du «*Combine*». Cet événement se déroule en même temps que la finale de la Coupe Stanley. Le Camp de dépistage de la LNH est la dernière étape pour les quelque 100 meilleurs joueurs juniors avant la sélection finale du recrutement pour la prochaine saison. Le camp dure environ une semaine et il est consacré à des entrevues, une évaluation psychologique et à des tests physiques afin de donner aux équipes un portrait complet des espoirs admissibles au repêchage. Néanmoins, il est connu que les résultats physiques sont utilisés modestement par les recruteurs. Enfin, pourquoi n'y a-t-il pas de Combine pour les athlètes de hockey sur glace de sexe féminin ?

À ce jour, les tests physiques utilisés par le Camp de dépistage de la LNH comprennent généralement ceux-ci: le test de puissance anaérobie par le Wingate 30 secondes, le test d'agilité Pro (5-10-5), le test de la capacité aérobie sur ergocycle, les tests de sauts (long, contermovement, squat), le test de pompe, le test du développé couché, le test de la poussée et du tirage isométrique, le test de tractions, le test de redressements assis, le test de préhension et le test de flexion du tronc en position

assise (National Hockey League, 2019; National Hockey League et Vanderveer, 2019). Les tests physiques des Combines sont les mêmes pour tous les joueurs malgré la reconnaissance des différences physiologiques entre les gardiens de but et les autres positions dans la littérature scientifique (Burr *et al.*, 2008; Twist et Rhodes, 1993; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). La spécificité de certains tests physiques des Combines a déjà été critiquée (Durocher *et al.*, 2010). Les gardiens de but ont généralement des résultats inférieurs pour les tests qui évaluent les capacités anaérobies, aérobies, la force, l'endurance et la puissance musculaire. Ils se démarquent seulement dans les tests de flexibilité (Agre *et al.*, 1988; Bell *et al.*, 2008; Burr *et al.*, 2008; Quinney *et al.*, 2008; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). C'est ce qui expliquerait pourquoi les résultats du Camp de dépistage de la LNH sont faiblement pris en considération par les directeurs à l'égard des gardiens. Cependant, si les tests étaient plus spécifiques à leur position, est-ce que les directeurs prendraient plus en compte les résultats? Est-ce que les cotes d'écoute des *Combine* augmenteraient si les joueurs étaient confrontés à une batterie de tests spécifique à leur position et à leur sport, par exemple par des tests sur glace?

Pierre Allard, Directeur en Science du sport et performance des Canadiens de Montréal, cite : « Prenez un gars comme Shea Weber devant le filet. Si vous voulez un défenseur fort devant le filet capable de pousser quelqu'un, vous allez jeter un coup d'œil aux résultats du *bench press*. Les défenseurs ont tendance à être plus performants que les attaquants et les gardiens lors de ce test » (Braverman et Deneufbourg, 2019). Il a également souligné qu'il « ne serait pas très logique pour un gardien d'être le meilleur dans cet exercice, étant donné les exigences de son poste » (Braverman et Deneufbourg, 2019). Cette citation est un exemple mettant de l'avant la disparité de la position du gardien de but comparativement aux autres joueurs. Donc, pourquoi retrouvons-nous encore à ce jour des tests non spécifiques chez les gardiens de but dans un événement aussi important que le *Combine*?

Ainsi, ce présent mémoire étudie la physiologie et les tests physiques administrés chez les gardiens de but afin de construire un portrait éclairé aux entraîneurs, préparateurs physiques et aux athlètes.

## CHAPITRE I

### PROBLÉMATIQUE

#### 1.1 Introduction spécifique

Les attaquants, les défenseurs et les gardiens de but ont tous des rôles différents à jouer. Chaque position nécessite des exigences physiques, physiologiques et neuropsychologiques distinctes qui doivent être entraînées en conséquence (Quinney *et al.*, 2008; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Les différences entre les joueurs de hockey sur glace en fonction de leur position ont été étudiées plusieurs fois au fil des ans en utilisant un large éventail de protocoles. En effet, il a été démontré que les attaquants et les défenseurs ont des exigences physiologiques différentes en raison de leur distance de patinage, de leur temps sur glace et du nombre de sprints à haute intensité par minute jouée (Dengel *et al.*, 2021). Durant une partie complète, le temps passé sur la glace est approximativement de 15 à 25 minutes dépendamment de la position jouée, excluant les gardiens (Cox *et al.*, 1995; Lignell *et al.*, 2018; Montgomery, 1988; Quinney *et al.*, 2008). Ces joueurs patinent au total entre 2300 et 6800 m et jouent environ  $6,8 \pm 1,1$  phases de 30 à 85 sec suivies de 2 à 5 min de repos (Noonan, 2010; Peterson *et al.*, 2015; Quinney *et al.*, 2008). À l'opposé, les exigences physiologiques du gardien de but sont reconnues comme étant nettement différente au niveau physiologique et neurologique que les autres joueurs (attaquants, centres et défenseurs) (Agre *et al.*, 1988; Allard, 2018; Allisse *et al.*, 2017; Bracko et

Fellingham, 2001; Buck, 2013). Considérés comme une composante essentielle au succès de l'équipe, les gardiens de but nécessitent des compétences techniques, physiques et mentales qui incluent la rapidité, l'agilité, la vitesse, l'explosivité, la flexibilité, un temps de réaction court, une forte coordination œil-main et une capacité de prise de décision rapide (Agré *et al.*, 1988; Bell *et al.*, 2008; Burr *et al.*, 2008; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006).

Malheureusement, la plupart des recherches se sont concentrées sur les différences entre les attaquants et défenseurs en écartant les gardiens de but. Les raisons premières de leur exclusion sont dues à leur rôle et leurs exigences nettement différentes des autres positions et certaines études ne mentionnent tout simplement pas la position des participants (Akermark *et al.*, 1996; Besson *et al.*, 2013; Boland *et al.*, 2019; Brocherie *et al.*, 2005; Buchheit *et al.*, 2011; Buck, 2013; Delisle-Houde *et al.*, 2018; Dreger et Quinney, 1999; Durocher *et al.*, 2008a; Durocher *et al.*, 2008b; Gilenstam et Geithner, 2019; Gilenstam *et al.*, 2011; Green *et al.*, 1976; Heller *et al.*, 2019; Hoff *et al.*, 2005; Mascaro *et al.*, 1992; Montgomery, 2006; Montgomery, 1982; Nightingale *et al.*, 2013; Noonan, 2010; Palmer *et al.*, 2010; Petrella *et al.*, 2007; Power *et al.*, 2012; Prokop *et al.*, 2016; Ransdell *et al.*, 2011; Ransdell et Murray, 2011; Rocznik *et al.*, 2014; Šiška et Kováčiková, 2017; Spiering *et al.*, 2003; Szmatlan-Gabryś *et al.*, 2014; Vigh-Larsen *et al.*, 2019; Wilson *et al.*, 2010). Cette discrimination, présente encore à ce jour, est peut-être la raison des données peu exhaustives sur les gardiens de but de hockey sur glace. Par conséquent, l'objectif de ce projet est de regrouper les données physiologiques et les tests physiques qui ont été administrés chez les gardiens de but de hockey sur glace, afin de mettre de l'avant un profil athlétique spécifique à leur sexe et leur niveau, tout en ciblant les différents paramètres reliés à la performance de ce sport. Les chapitres de ce travail de recherche présenteront : la problématique, la revue de la littérature, la méthodologie, les résultats, la discussion et la conclusion.

## 1.2 Justification de la recherche

Plusieurs raisons incitent l'approfondissement des connaissances reliées à la performance physique chez les gardiens de but de hockey sur glace. Étant préparatrice physique pour une équipe de hockey collégiale, un de mes rôles est d'améliorer les performances physiques des joueuses en dehors de la glace et que celles-ci soient transférables au jeu. Dans cet ordre d'idée, pour un sport d'équipe, il est important de connaître et de distinguer les demandes physiques, biomécaniques, physiologiques et neurologiques entre les positions. À la suite de cette analyse du sport, le kinésologue est mieux outillé pour choisir les méthodes d'entraînements et les exercices physiques adéquats pour les joueurs. Par la suite, le kinésologue peut mesurer la progression des athlètes à l'aide de tests physiques afin de vérifier si les entraînements sont optimaux et bien périodisés. Également, il est crucial que le kinésologue discute avec l'entraîneur-chef et l'entraîneur des gardiens de but afin de bien cibler les aspects qui doivent être améliorés. Ainsi, les choix des tests physiques concorderont avec les efforts les plus importants que chaque athlète doit fournir sur la glace. Dans cette optique, il est donc important d'avoir des tests physiques fiables, valides et spécifiques.

Au moment où cette recherche théorique a été lancée, aucune revue scientifique n'avait été publiée auparavant sur la physiologie et l'évaluation physique chez les gardiens de but de hockey. La stratégie de recherche visait des articles publiés de 1972 à 2019. Cet espace de temps a été choisi puisqu'à partir de 1972, après la série Summit (Canada-URSS), l'intérêt pour le hockey sur glace a augmenté de façon spectaculaire au Canada (Helleu et Durand, 2007; Watson, 2017). Ainsi, dans les années qui ont suivi, une effervescence sur ce sport s'est vue dans le milieu de la recherche scientifique (Lapierre, 2013). Le but de cette étude est de présenter les connaissances actuelles du profil physiologique du gardien de but, ainsi que les tests

physiques utilisés mettant en évidence la disparité entre le gardien de but et les attaquants et les défenseurs. Cette étude apportera des lignes directrices possibles pour les entraîneurs et les préparateurs physiques.

### 1.3 Pertinence pratique de la recherche

La préparation et les évaluations physiques sont des parties intégrantes de la périodisation annuelle des programmes pour les joueurs de hockey sur glace. Dépendamment du niveau joué, la saison morte peut durer de 2 à 5 mois par années. Pour les professionnelles, cette période dure généralement entre 10 à 12 semaines. Afin d'optimiser cette période, il est davantage important d'identifier et de développer des stratégies d'entraînement qui permettent un développement maximal des capacités physiques chez les joueurs (Game et Bell, 2006; Green *et al.*, 2010; Rønnestad *et al.*, 2019). Or, pendant leur saison durant 8 à 10 mois par année, l'entraînement physique et technique est réduit. Les effets d'une saison de hockey ont déjà été étudiés (Allisse *et al.*, 2017; Avery *et al.*, 2018; Delisle-Houde *et al.*, 2018; Green et Houston, 1975; Green *et al.*, 2010; Kuzuhara *et al.*, 2011; Montgomery, 1988). Dépendamment du niveau jouer, les joueurs ont majoritairement une condition physique moins bonne à la fin de la saison qu'au début (Avery *et al.*, 2018; Buck, 2013; Cox *et al.*, 1995; Delisle-Houde, Reid, Insogna, Chiarlitti, *et al.*, 2019; Durocher *et al.*, 2008b; Green et Houston, 1975). Néanmoins, une étude récente n'a trouvé aucun changement pour la composition corporelle des joueurs de hockey universitaire durant une saison sauf pour les hockeuses (Dengel *et al.*, 2021). Malgré tout, il est important que l'entraînement fait soit efficace et spécifique.

De plus, les joueurs effectuent généralement des tests physiques avant et après la saison morte afin d'évaluer leur conditionnement physique et progression. Suite à des entrevues téléphoniques auprès d'entraîneurs et gardiens, j'ai appris que ces athlètes

sont rarement testés durant la saison (A. Cousineau, M. Dopus, O. Gervais, D. Graham, L.-P. Guindon, J.-P. Hamel, O. Lacroix, M. Ouellette, E. Salvail, conversation téléphonique, 6 novembre 2019). En effet, durant cette période, la charge de travail est importante et les objectifs principaux sont de maintenir leur conditionnement physique et de réduire les risques de blessures. Certains entraîneurs de gardiens ont élaboré des tests physiques d'agilités et de rapidité sur glace spécifiquement pour leurs gardiens. Malheureusement, aucun de ces tests n'a été scientifiquement validé. Dû à ce constat, il sera intéressant de regrouper tous les tests physiques présentés dans la littérature scientifique qui sont effectués chez les gardiens. Grâce aux résultats obtenus, cette recherche souhaite présenter aux entraîneurs un répertoire de tests et de résultats spécifiques aux gardiens de but de hockey sur glace.

#### 1.4 Objectif de la recherche

L'objectif de cette recherche est d'effectuer une recension systématique des différents paramètres physiologiques mesurés chez les gardiens de but au hockey afin de bâtir un profil athlétique spécifique à leur sexe et à leur niveau à l'aide d'une méta-analyse. De plus, cette étude présentera tous les tests physiques faits chez les gardiens de but et la comparaison de leurs résultats avec ceux de l'attaquant et du défenseur.

##### 1.4.1 Objectifs spécifiques

- Réaliser une revue systématique pour recenser les écrits scientifiques portant sur les aspects physiologiques du gardien de but au hockey sur glace.
- Compiler les résultats des différents tests effectués sur les gardiens afin de définir le profil athlétique de ceux-ci selon leur sexe et leur niveau à l'aide d'une méta-analyse.

- Passer en revue les différents tests physiques effectués sur les gardiens de but.
- Comparer les performances physiques des gardiens avec les attaquants et les défenseurs.

### 1.5 Questions de recherche

Quel est le profil athlétique d'un gardien de but au hockey sur glace selon son sexe et son niveau? Quels sont les tests physiques utilisés et quels sont les résultats des gardiens comparés aux attaquants et défenseurs?

### 1.6 Hypothèses de recherche

L'hypothèse générale est qu'un profil athlétique spécifique au sexe et au niveau joué des gardiens de but au hockey sur glace sera établi et des relations entre les tests physiques utilisés et leurs résultats seront émis.

### 1.7 Limites

Une première limite de cette recherche est l'accessibilité des articles potentiellement appropriés à inclure. Lors de la recherche systématique, il est possible que la quantité de données pouvant être obtenues soit réduite due à l'incapacité de trouver l'article complet. Dans ces situations, il faut alors contacter l'auteur et espérer une réponse de celui-ci afin d'avoir accès à l'article et vérifier son admissibilité. Autrement, l'article ne sera pas retenu et cette exclusion pourrait éliminer des résultats intéressants.

Une seconde limite est la qualité de la méthodologie des recherches incluses à la suite du PRISMA. Certaines diffèrent dans l'homogénéité de la mise en œuvre des interventions, par exemple les protocoles des tests et les équipements utilisés. Ainsi, cette limite peut rendre la compilation et la comparaison des résultats plus difficiles et moins précises. Ensuite, le délai entre la recherche systématique et la publication peut être long dû à la période de rédaction et de révision. Cet écart pourrait rendre la revue non valable lors de sa publication due à de nouveaux articles parus dans la période de rédaction et de révision.

Finalement, le projet de recherche comprend des limites spécifiques à la méthodologie utilisée et par rapport au groupe d'athlète étudié. Le sport de hockey sur glace professionnel en Europe et celui en Amérique du Nord n'est pas du même calibre (Helleu et Durand, 2007). Les pays définissent leur équipe nationale d'élite selon le bassin des gardiens de but disponibles, engendrant ainsi une hétérogénéité dans les niveaux sur la scène internationale. Dans ce travail, les données sont regroupées seulement en deux catégories (professionnel et amateur). Donc, la catégorisation du niveau des gardiens de but peut affecter la précision des données regroupées. Enfin, la population des gardiens de but de hockey sur glace est une seconde limite à considérer. En effet, une équipe de hockey comprend 3 à 5 gardiens tandis que les attaquants, centres et défenseurs sont beaucoup plus nombreux. Cette réalité est une des limites affectant le nombre de participants dans les études.

## CHAPITRE II

### RECENSION DES ÉCRITS

Dans ce chapitre, nous aborderons des thèmes spécifiques afin d'éclairer mon sujet de recherche. Premièrement, la description des tests physiques utilisés au *Combine* sera recensée. Deuxièmement, l'analyse de la présence sur glace du gardien sera présentée selon le rôle du gardien de but, les blessures et équipements, ainsi que sur les positions et les techniques de blocage. Troisièmement, le profil du gardien sera résumé par les facteurs physiologiques, leur système nerveux et les facteurs psychologiques.

#### 2.1 Tests physiques au Combine de la LNH

Il est connu que les tests physiques des *Combines* ne peuvent pas prédire l'ordre de sélection des athlètes élités (Burr *et al.*, 2008). Le manque de spécificité des tests en est l'une des principales raisons (Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Depuis la création des *Combines draft scouting* en 1994, la batterie des tests physiques a été modifiée. Généralement, les *Combines* regroupaient des évaluations englobant 4 principales catégories : l'anthropométrie et la composition corporelle, le système musculo-squelettique (force maximale, force endurance, puissance), la capacité aérobie et la puissance anaérobie. Voici toutes les mesures et les tests qui ont été

utilisés pour chacune de ces catégories depuis 2014 (Chiarlitti *et al.*, 2018; Gledhill et Jamnik, 2007; National Hockey League, 2019; Rowan *et al.*, 2015).

Anthropométrie et composition corporelle:

- La hauteur (cm)
- La masse corporelle (kg)
- Le pourcentage de graisse corporelle utilisant la somme de 6 plis cutanés de Yugas (mm)
- La hauteur de portée debout (nommer le *standing reach height*)
- La distance entre le bout du majeur et de l'autre, dans une position où l'athlète allonge les deux bras parallèles au sol sans flexion en gardant le dos au mur (cm) (nommé le *Wingspan*).

Système musculo-squelettique:

- La force de préhension est prise à l'aide d'un dynamomètre, 2 essais sont pris et la moyenne des deux mains en kg en comptabilisé (Chiarlitti *et al.*, 2018)
- La force de pousser et tirer du haut du corps en kg (*Gledhill Force Meter*)
- Le test de *pull-up* se réalise en tenant une barre en pronation avec les mains positionnées à la largeur des épaules. L'athlète doit se descendre jusqu'à arriver proche d'une pleine extension des bras. Le maximum de répétition est comptabilisé (Chiarlitti *et al.*, 2018).
- Le test de pompe est comptabilisé par le nombre maximal de répétitions en suivant la cadence d'un métronome de 50 b.min<sup>-1</sup>.
- Le test du développé couché est fait sur un banc parallèle au sol. L'athlète doit soulever une barre olympique de 150 lb, mais d'autres années, le poids soulevé devait représenter 75% du poids de l'athlète. Ils devaient réaliser le nombre maximal de répétitions en suivant la cadence d'un métronome à 50 b.min<sup>-1</sup>.

- La puissance du haut du corps est testée à l'aide d'un lancer d'un ballon médical (*medball*) de 4kg à deux mains. L'athlète est assis dos au mur avec les jambes allongées.
- La puissance du bas du corps est testée en utilisant un saut horizontal (*standing long jump*, pris en cm ou en m) et par des sauts verticale : le squat jump (Vertek), le countermovement jump (Vertec ou avec plateforme de force) et la hauteur de 4-jump en utilisant une plateforme de force (cm).
- La vitesse et l'agilité est testé à l'aide du *Proagility test* (nommé aussi le *5-10-5 yard shuttle*) en utilisant des *timing gates* (Chiarlitti *et al.*, 2018).
- Le test de redressement assis (curl-ups) se fait avec les jambes fléchies à 90 degrés et à l'aide d'un métronome fixé à 50 b.min<sup>-1</sup>. Le nombre maximal de répétitions est comptabilisé.

Puissance anaérobie et le pourcentage de l'index de fatigue :

- Le test du *30-second Wingate* est réalisé sur un vélo stationnaire (Monark 894<sup>E</sup>). La charge de travail est fixée à 9% du poids de l'athlète. Pour commencer le test, l'athlète pédale à une cadence progressive pour atteindre 190 rpm. Lorsque la vitesse est atteinte, la charge est relâchée et l'athlète doit pédaler à sa capacité maximale pendant 30 secondes. Le pique de puissance (*peak power*) représente la valeur la plus élevée sur une période de 5 secondes sur l'ensemble du test (en Watt). La puissance moyenne est une variable qui reflète la capacité anaérobie sur le test de 30 secondes et l'indice de fatigue est exprimé en pourcentage de la puissance maximale qui a chuté tout au long de l'essai (Chiarlitti *et al.*, 2018).

Capacité aérobie :

- Le test de VO<sub>2</sub>max (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) utilisé est fait sur un vélo stationnaire (Monark 874<sup>E</sup>) et à l'aide d'un analyseur gazeux direct (Tissot gasometer).

Pendant les 6 premières minutes du test, la cadence est à 70 rpm tandis que la résistance augmente de 1 unité (kilopascal) par intervalle de 2 minutes. L'athlète doit maintenir cette cadence même si la charge augmente durant le test. À la fin du 6 minutes, la résistance augmente de 0,5 unité par intervalle de 2 minutes et le rpm doit maintenant être à 80 (Chiarlitti *et al.*, 2018). Le test se finit lorsque la valeur du VO<sub>2</sub> est stabilisée avec des cadences de travail croissantes ou lorsque l'athlète n'est plus capable de maintenir constamment une cadence de pédalage supérieure à 70 rpm. Les résultats comptabilisés sont la durée du test en seconde et la fréquence cardiaque maximale b.min<sup>-1</sup>. Les athlètes ont droit à un repos de 30 min entre le Wingate et le test de VO<sub>2</sub>max.

#### Flexibilité :

- Le test du *sit and reach* (flexion du tronc) est réalisé en gardant les jambes allongées et les genoux en extension. Les bras sont en extension et les paumes des mains sont l'une par-dessus l'autre. À l'aide d'un flexomètre, l'athlète doit faire une flexion du tronc en glissant le marqueur avec ses majeurs le plus loin possible. La mesure comptabilisée est prise à l'aide de l'échelle du flexomètre en cm (Gledhill et Jamnik, 2007).

Pour les *Combines* de 2019, certains des tests cités ci-haut ont été modifiés (National Hockey League, 2019; National Hockey League et Vanderveer, 2019). Voici les tests que les espoirs de la LNH de 2019 ont dû faire pour se démarquer :

- La hauteur debout et le *Wingspan*.
- Le VO<sub>2</sub>max sur ergocycle.
- Le *Pro-agility shuttle run* (5-10-5 yard).
- Le *Wingate test* de 30 secondes.
- Le développé couché. Nouveau protocole : à l'aide du *Gym Aware*, la vitesse de la barre en (watts/kg) est mesurée pour déterminer leur habileté à produire

de la puissance du haut du corps. Ils doivent soulever 50% de leur poids. Ils commencent avec la barre proche de la poitrine et la soulèvent le plus rapidement pour finir avec une extension complète des bras. Ils font 3 répétitions à vitesse maximale.

- Le saut horizontal est effectué par la technique du *Standing long jump*.
- Les sauts verticaux sont mesurés par le *AccuPower Dual Force Plate System*. Ils exécutent trois types de sauts: saut vertical (avec balancement des bras), saut sans les bras (mains sur les hanches), et un squat jump (départ accroupi, main sur les hanches). Chaque test comprend 3 sauts à effort maximal séparé de 10 secondes de pauses. Le meilleur résultat pour chacun des tests est enregistré.
- La force de préhension est mesurée à l'aide d'un dynamomètre et avec les bras en extension proche du tronc (lb).
- Et finalement, les *pull ups* dont le protocole n'a pas changé.

Le *Combine* de la LNH de 2021 sera la 59<sup>e</sup> édition et se déroulera le 23 et 24 juillet si la situation pandémique le permet. En effet, les *Combines* de 2020 se sont déroulées virtuellement à cause de la COVID-19 et les tests physiques n'ont pas eu lieu.

## 2.2 Description générale du gardien de but de hockey sur glace

Pour bien comprendre l'importance du gardien de but, les règlements généraux, les dimensions de l'espace de jeu pour le gardien, son rôle dans l'équipe, les blessures courantes et l'équipement principal seront présentés dans les prochaines sections.

### 2.2.1 Règlements généraux du hockey sur glace

Dans la Ligue nationale de hockey, on compte maintenant 31 équipes. Une saison habituelle compte 82 *matches*. Une équipe de la LNH est composée de 20 joueurs en

uniforme, soit 18 joueurs et deux gardiens de but (Allard, 2018). Elles peuvent compter 23 joueurs au maximum. Depuis l'existence de la LNH en 1917, certains règlements du jeu ont changé. Les exigences du sport ont aussi évolué. Les statistiques des joueurs sont de plus en plus étudiées et analysées. La saison 2005-06 est connue pour avoir apporté des changements importants sur certains règlements. Les principaux changements furent : le renforcement des règles concernant l'accrochage et les bagarres, l'abolition du hors-jeu de deux lignes en zone centrale, l'obligation de garder les mêmes joueurs sur la glace lors d'un dégagement interdit, ainsi que la réduction du gardien de but de jouer la rondelle. En effet, le gardien n'a plus le droit de sortir de son filet pour jouer la rondelle, mise à part une zone en forme de trapèze derrière le filet. Ces changements apportés ont contribué à accélérer le jeu et ainsi, influencer la demande énergétique et physique des joueurs (Ligue National de Hockey, 2020). En effet, depuis 2005-06, il y aurait une tendance à la baisse de la masse et de la taille des joueurs qui composent les équipes de la LNH, à l'exception de la taille des gardiens de but (Allard, 2018). En effet, pour contrer l'accroissement du corps des gardiens, ils ont imposé une limite de la taille des équipements de protection en la réduisant d'environ 11% en 2004-05 (International Ice Hockey Federation, 2018; Ligue National de Hockey, 2020).

### 2.2.2 Dimensions de l'espace de jeu du gardien de but

L'espace de jeu du gardien de but comporte des mesures très claires. Voici les principales mesures : le filet est à une distance de 11 pieds à partir de la bande. Le demi-cercle débute 1 pied de chaque côté des poteaux du but. La hauteur de la cage est de 1,22 m et la largeur est de 1,83m. Le placement de la cage est situé à 4,57 m de chaque extrémité de la glace. Le rayon de l'enceinte du but est de 1,83m. Le rebord de l'aréna et de la ligne des buts a une distance de 3,35m. La distance entre la ligne des buts et de la ligne bleue mesure 19,51m et la ligne du centre se retrouve à 27,13 cm (sans comptabiliser la largeur des lignes de 30,48cm) (Hockey Canada, 2011,

2020). Ces mesures pourraient permettre l'élaboration de tests physiques plus spécifique pour les gardiens de but.

### 2.2.3 Le rôle du gardien de but

Pour évaluer la performance d'un gardien, les statistiques les plus utilisées sont la moyenne de buts accordés et le pourcentage d'arrêts (Allard, 2018). Le rôle du gardien n'est pas seulement d'empêcher la rondelle de rentrer dans le but. Étant le seul à avoir une vision périphérique du jeu constante, il doit avoir une forte compréhension du jeu afin d'anticiper celui de son adversaire et de le communiquer à ses coéquipiers. Les gardiens de but doivent être en mesure de bien placer la rondelle pour les défenseurs et la placer hors de la zone lorsque la situation l'exige (Niemelä, 2011). Ils doivent également pouvoir la passer rapidement et contrôler efficacement les rebonds de la rondelle pour la rediriger correctement (Niemelä, 2011). Les gardiens jouent généralement les trois périodes de 20 minutes avec des heures supplémentaires occasionnelles. Les gardiens obtiennent environ 15 à 18 minutes de pauses entre chaque période et quelque temps de repos lorsque le jeu se déplace vers la zone offensive (Kilpivaara et Häkkinen, 2012). À l'opposé, les demandes physiques et neurologiques du gardien de but s'avèrent plus longues et soutenues lorsqu'une équipe est en désavantage numérique de deux, quatre ou cinq minutes à 4 vs 5 joueurs selon la pénalité reçue (Douglas et Kennedy, 2020). Plus précisément, les actions de haute intensité du gardien de but durent de 0,5 à 3 sec, mais peuvent atteindre 8 sec dans des fenêtres de temps à intensité modérée (Kilpivaara et Häkkinen, 2012).

### 2.2.4 Blessures et équipements

Les commotions cérébrales font partie des blessures courantes chez les gardiens de but au hockey. Les principales causes sont dues aux collisions, aux chutes et aux

impacts de la rondelle ou des joueurs (Clark *et al.*, 2018a; Clark *et al.*, 2018b; Degen *et al.*, 2017; Richards *et al.*, 2016). Les blessures aux niveaux oculaires, orbitaires et faciales peuvent aussi arriver. Une des principales causes est due à l'insertion accidentelle des palettes dans une brèche de la grille du casque (Keshen *et al.*, 2019). C'est pourquoi plusieurs études se sont concentrées sur l'amélioration des casques des gardiens de but afin d'assurer une protection faciale et cervicale. Également, les casques doivent être légers et non obstruant pour un confort optimal et minimiser les possibles distractions (Clark *et al.*, 2017, 2018; Horváth et Tamásová, 2010; Nur *et al.*, 2015).

Par la suite, plusieurs études se sont attardées sur les jambières des gardiens de but. Elles doivent leur assurer une protection et être non contraignantes pour la cinématique de la hanche. La longueur maximale des jambières mesure 38 pouces, les coussins doivent amortir la force d'impact sur la glace et être flexibles (Frayne, 2016; Frayne *et al.*, 2015; MacIntyre *et al.*, 2015; Pierce *et al.*, 2013; Tramer *et al.*, 2015; Whiteside *et al.*, 2015; Wijdicks *et al.*, 2011; Wijdicks *et al.*, 2014). Les blessures intra-articulaires au niveau de l'articulation coxo-fémorale sont récurrentes chez les gardiens de but. La technique du papillon est l'une des plus utilisées pour arrêter la rondelle. Néanmoins, elle occasionne des rotations internes dépassant la limite du degré d'amplitude chez 64% des gardiens (Epstein, 2009; Epstein *et al.*, 2013; Frayne *et al.*, 2015; Mehta *et al.*, 2019). Le conflit fémoro-acétabulaire est alors la blessure intra-articulaire la plus répandue chez ces athlètes (Epstein *et al.*, 2013; Frayne *et al.*, 2015; Mehta *et al.*, 2019). Également, les blessures au genou telles qu'au ménisque latéral et aux ligaments croisés (Bizzini *et al.*, 2006) sont communes dues à la technique du gardien. Pour terminer, le bâton du gardien a aussi été étudié. Les bâtons sont principalement composés de fibre de carbone, fibre de verre et de polyuréthane. Ils doivent être solides pour bloquer les rondelles pouvant arriver à des vitesses supérieures de 100 mi/h. De plus, les propriétés des bâtons doivent réduire les vibrations transmises aux mains des gardiens tout en étant légères et facilement

malléables (Hunt et Garcia, 2012; Hunt et Russell, 2011). Finalement, le gardien de but s'avère être le moins blessé parmi toutes les positions (3,5%) malgré le fait qu'il soit sur la glace pendant toute la partie (Tuominen *et al.*, 2015).

Pour terminer cette section, la description générale du gardien de but résume les règlements généraux du hockey sur glace, les dimensions de l'espace de jeu du gardien de but, son rôle, les blessures courantes et son équipement.

### 2.3 Demande biomécanique du jeu du gardien de but

Les compétences techniques font référence à la position de base, aux déplacements, aux transitions entre les techniques de sauvegarde, aux types d'arrêts et aux techniques de manipulation du bâton (Niemelä, 2011). Le gardien de but choisit sa technique de sauvegarde en fonction de la situation tactique du jeu et de son propre style de jeu. Les types de déplacement principaux des gardiens de but se font; verticalement, latéralement et horizontalement (Bell *et al.*, 2008; Kilpivaara et Häkkinen, 2012). Le gardien de but doit être endurant et rapide pour aller au sol et pour se relever. Il doit être physiquement explosif et agile dans les mouvements techniques autant pour les membres inférieurs et supérieurs (Niemelä, 2011). Dans cette section-ci, les principales positions de base du gardien de but et les groupes musculaires sollicités par celles-ci seront décrits. Les techniques de patinage, la manipulation de la rondelle et du bâton et les zones de tire seront présentées dans les sections précédentes.

#### 2.3.1 Positions de base

Les deux principales positions de base chez le gardien de hockey sur glace sont la position debout, «stand-up» et la position du papillon, «butterfly». Ces positions ont pour objectif de permettre au gardien d'être stable, mobile, confortable et de réagir vite dans ces déplacements.

#### 2.3.1.1 Position de base debout

Le gardien se tient avec les pieds un peu plus large que les épaules. L'articulation subtalaire est en éversion et l'articulation talocrurale est en pronation. Le poids du corps est réparti également sur les deux patins. Les genoux sont fléchis et en rotation internes. L'articulation de la hanche est légèrement en bascule antérieure, en flexion, en adduction et en légère rotation médiale. Le tronc, soit l'articulation rachidienne thoracolombal est légèrement fléchi vers l'avant en maintenant le dos droit. Dans la position de base, les gants sont positionnés légèrement devant le corps et du côté latéral des genoux. Le bâton est tenu fermement d'une main et la lame du bâton est à environ 25-30 cm devant les patins (Figure 2.1). Les épaules, les genoux et l'avant des pieds doivent être alignés en une ligne verticale imaginaire (Guay, 2014; Niemelä, 2011; Wilson et Vliet, 2018). Ainsi, les principaux groupes musculaires sollicités sont; les quadriceps, les fessiers et les érecteurs du rachis.



Figure 2.1 Position de base debout

### 2.3.1.2 Position de base en papillon

Cette technique est utilisée pour couvrir une plus grande surface de glace et lorsque les tirs sont sur la surface de la glace. L'exécution demande une meilleure flexibilité et force musculaire que la position debout. Elle permet de se baisser et de se remonter rapidement. L'articulation de la cheville est en flexion dorsale et en éversion. Les patins sont à plat sur la glace. Les articulations des pieds, soit les articulations subtalaire et talocrurale, sont en pronation et en rotation latérale. Les genoux sont en rotation interne sur la glace derrière le bâton. Le bâton est environ entre 25 et 30 cm devant les jambières. Tout le côté interne des deux jambières est sur la glace. L'articulation coxo-fémorale est en adduction et en rotation médiale. Le bassin est en bascule antérieur et le tronc est en légère flexion. Les gants sont à la hauteur de la taille et légèrement devant le corps. Les coudes sont proches du tronc afin de réduire les espaces entre les bras et le tronc (voir Figure 2.2) (Guay, 2014; Niemelä, 2011; Wilson et Vliet, 2018). Les principaux groupes musculaires sont semblables à la

position debout par contre les adducteurs sont davantage sollicités. Pour terminer, les deux positions de base expliquées ci-haut sont les plus communes, mais de légères différences peuvent subvenir selon la posture, la mobilité et la préférence du gardien.



Figure 2.2 Position de base en papillon

### 2.3.2 Techniques de patinage

En raison de la position jouée et de l'équipement porté, les habiletés de patinage du gardien de but sont très spécifiques. Dans une partie de hockey, les mouvements les plus exécutés sont de type vertical, latéral et ensuite, horizontal (Bell *et al.*, 2008). Les gardiens de but se déplacent principalement en utilisant ces techniques : le *full butterfly* le *c-cut*, le *shuffle*, le *t-push* (Bell *et al.*, 2008; Guay, 2014; Kilpivaara et Häkkinen, 2012; Niemelä, 2011; Wilson et Vliet, 2018). Kilpivaara (Kilpivaara et Häkkinen, 2012) a étudié les mouvements de 9 gardiens de but lors d'un *match* (n=4 ligue élite de Finlande, n=3 deuxième plus haute ligue senior «Mestis» et n=2 meilleure ligue junior de Finlande «A-SM-liiga»). Selon les résultats, les actions

prédominantes du gardien de but durant une partie sont : le *c-cut* à 36%, mouvement vertical à 17%, le *shuffle latéral* à 14%, le *full butterfly* à 11% et les autres actions compteraient pour 0-4% du total des mouvements (voir Figure 2.3) (Kilpivaara et Häkkinen, 2012). Enfin, cette section présente les techniques pour les mouvements verticaux, latéraux et horizontaux.

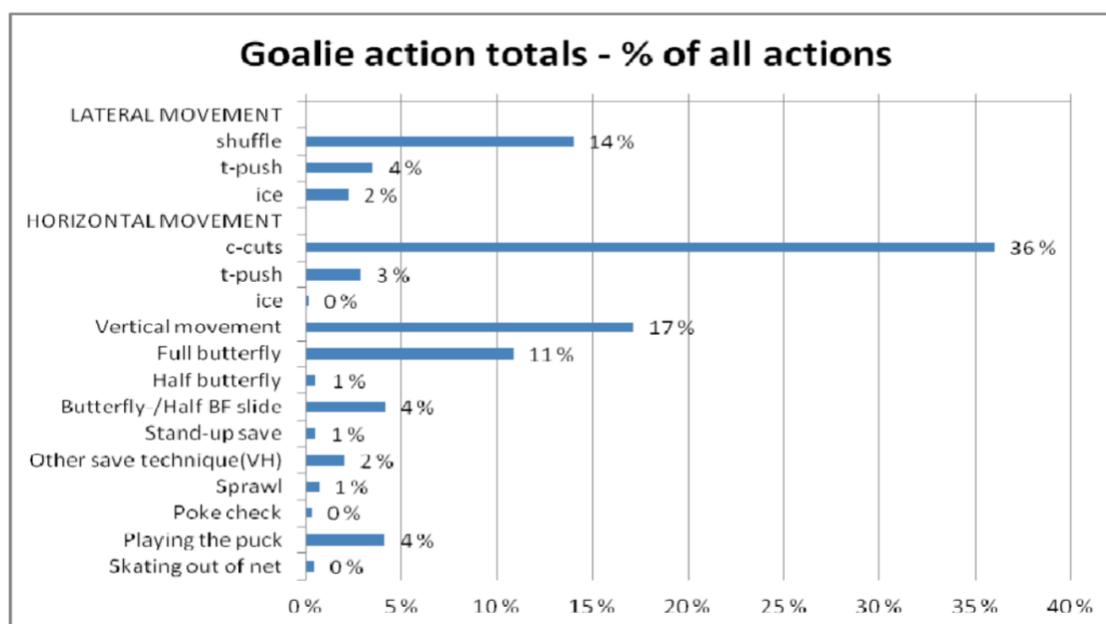


Figure 2.3 Illustration en pourcentage du total des différentes actions durant une partie

### 2.3.2.1 Technique pour les mouvements verticaux

Le gardien de but doit souvent se baisser et se remonter soit à une ou à deux jambes, afin de bloquer la rondelle à différente hauteur. Les mouvements verticaux sont généralement faits par la technique du papillon ou du demi-papillon (voir Figure 2.4) (Bell *et al.*, 2008; Kilpivaara et Häkkinen, 2012). L'avantage principal de ces deux techniques comparativement à celle debout est qu'une grande superficie de glace peut être protégée. Lorsque la passe de la rondelle n'est pas au sol, la technique du demi-

papillon permet une meilleure portée que la technique du papillon. En effet, le tronc est un peu plus haut puisqu'une seule jambière est au sol tandis que l'autre est perpendiculaire à la glace (Guay, 2014; Kontsas et Lehtola, 2014; Niemelä, 2011; Wilson et Vliet, 2018). De plus, le technique du demi-papillon est plus optimal afin de se déplacer sur une plus large surface ou d'actionner un deuxième mouvement (Guay, 2014; Niemelä, 2011).



Figure 2.4 Technique du demi-papillon (*half butterfly*)

### 2.3.2.2 Technique de mouvements latéraux

Le *shuffle* est une technique utilisée pour les courts déplacements latéraux. Généralement, le *shuffle* se fait par des poussées latérales d'environ 25 à 30 cm (Guay, 2014; Niemelä, 2011; Wilson et Vliet, 2018). Le poids du gardien de but se trouve sur la jambe contraire du côté où le gardien se dirige. Les orteils des deux pieds font face à la rondelle pendant le mouvement. La représentation à la Figure 2.5 montre que le pied droit du gardien est en flexion plantaire et en inversion. Les articulations subtalaire et talocrurale sont en supination. Les articulations

métatarsophalangiennes et interphalangiennes sont en légère extension. La hanche droite effectue une abduction tandis que la hanche gauche du gardien fait une adduction. L'articulation de la cheville gauche est également en flexion plantaire. Par contre, l'articulation subtalaire et talocrurale gauche est en éversion et en pronation. Enfin, les groupes musculaires des membres inférieurs primordiaux pour réaliser le *shuffle* sont : les fessiers, les quadriceps, les ischiojambiers et le groupe triceps sural. De plus, afin de maintenir le tronc stable pendant ce type de déplacement, les muscles érecteurs du rachis et les muscles de la paroi antérieure de l'abdomen sont sollicités (Guay, 2014; Niemelä, 2011; Wilson et Vliet, 2018).



Figure 2.5 Technique du shuffle en direction vers la droite

Le *t-push* est une technique utilisée pour les plus longs déplacements latéraux par exemple, lorsque la rondelle passe rapidement d'un côté à l'autre du filet. Il peut aussi être catégorisé dans les mouvements horizontaux. Pendant la poussée en «T», la jambe du côté où le gardien veut aller est en rotation latérale (jambe droite du gardien sur l'image). Le pied est perpendiculaire à celui qui déploie la poussée latérale (jambe gauche du gardien sur l'image). La jambe ouverte doit faire une rotation médiale et ainsi, ramener le pied parallèle à l'autre afin d'arrêter le mouvement (Figure 2.6). Le tronc doit rester face à la rondelle (Guay, 2014; Niemelä, 2011; Wilson et Vliet, 2018). Les principaux groupes musculaires sollicités pour effectuer cette technique sont : les fessiers (surtout pour l'abduction de la hanche, la rotation latérale et médiale de la hanche) et les quadriceps fémoraux (surtout pour les actions d'extensions de la jambe). Les érecteurs du rachis et les muscles de la paroi antérieure de l'abdomen sont engagés afin de stabiliser le tronc.



Figure 2.6 Technique du *t-push*

### 2.3.2.3 Technique de mouvements horizontaux (antérieur-postérieur)

Le *c-cut* est la technique la plus utilisée pour se déplacer vers l'avant ou vers l'arrière. À titre d'exemple, pour se déplacer vers l'arrière, le gardien maintient la position de base et le talon du patin avant revient vers le corps en coupant à travers la glace en forme de «C». Le mouvement en «C» se fait en alternance lorsque le patin «actif» arrive parallèle à l'autre (Guay, 2014; Niemelä, 2011; Wilson et Vliet, 2018). Les muscles principaux pour exécuter cette technique (Figure 2.7) se composent des rotateurs, des abducteurs et des extenseurs de la hanche. Également, les quadriceps fémoraux maintiennent la flexion des cuisses. La rotation médiale du genou sollicite davantage les muscles satorius et le gracile. Les pieds doivent transférer le poids sur la lame en inversion (groupe des muscles postérieurs profonds) et en éversion (groupe des fibulaires) pour que le mouvement soit fluide



Figure 2.7 Technique du *c-cut* vers l'arrière

### 2.3.3 Manipulation de la rondelle et du bâton

Le gardien de but doit être à l'aise à manœuvrer la rondelle avec son bâton afin de faire des passes précises à ses coéquipiers, intercepter des passes, jouer les rebonds et tirer la rondelle à l'extérieur de la zone défensive. Les yeux du gardien doivent toujours suivre la rondelle. Le gardien a deux gants, celui dans sa main libre a une courbure concave et est nommé «receveur». Le second, le «gant bloqueur», protège la main tenant le bâton de hockey (Hockey Canada, 2020). Le gardien de but doit avoir une forte préhension afin de tenir et manœuvrer son bâton, et ce, peu importe la puissance des tirs pouvant arriver, à 160km/h (Haché, 2002). De plus, il doit maintenir le bon angle de la palette afin d'éviter que la rondelle d'évrie dans le but ou proche d'un adversaire. Il y aurait environ 10 manières différentes de marquer un but pendant une partie (Figure 2.8) (Niemelä, 2011). Les tirs en hauteur sont généralement arrêtés par la mitaine et ceux arrivant sur la glace, sont souvent arrêtés par le bâton du gardien ou par les jambières (Niemelä, 2011).



Figure 2.8 Techniques d'arrêt pour les tirs en hauteur

### 2.3.4 Zone de tirs et techniques utilisées

Les zones du filet où il y a eu le plus de buts marqués ont été étudiées dans des parties de la Ligue nationale de hockey, des Championnats du monde et aux Jeux olympiques (Garbe et Salvolainen, 2013; Guay, 2014). La représentation ci-dessous (Figure 2.9) présente les pourcentages des tirs réussis par zones de but.

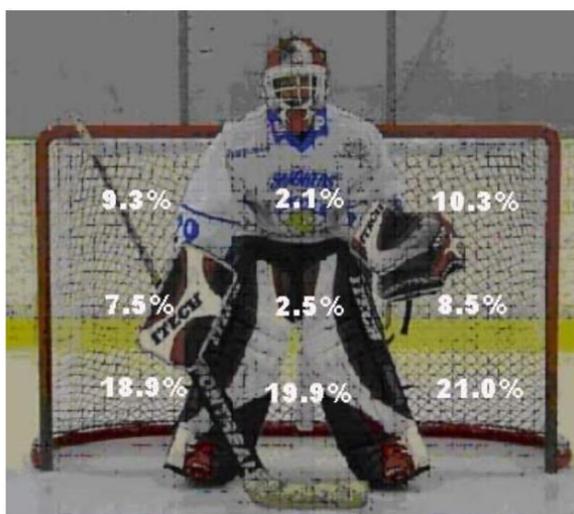


Figure 2.9 Illustration en pourcentage des emplacements des tirs marqués

On peut noter une prédominance de but marqué en zone basse pour un total de 59,8% (Garbe et Salvolainen, 2013). Ce constat explique peut-être la prédominance d'exercices et tests physiques ciblant les membres inférieurs chez les gardiens (Guay, 2014; Wilson et Vliet, 2018). Selon la recherche de Kilpivaara analysant 9 gardiens durant des parties (Figure 2.10), 28% des arrêts de buts se sont fait à l'aide du bâton, 23% à l'aide des jambières et 17% ont été arrêtés par la mitaine (Kilpivaara et Häkkinen, 2012). Enfin, la coordination œil-main et la rapidité des membres supérieurs du tronc doivent aussi être entraînées afin de réagir optimalement aux rondelles arrivant à différentes hauteurs, à partir de différents angles et à différentes

puissances (Bell *et al.*, 2008; Kilpivaara et Häkkinen, 2012; Kontsas et Lehtola, 2014).

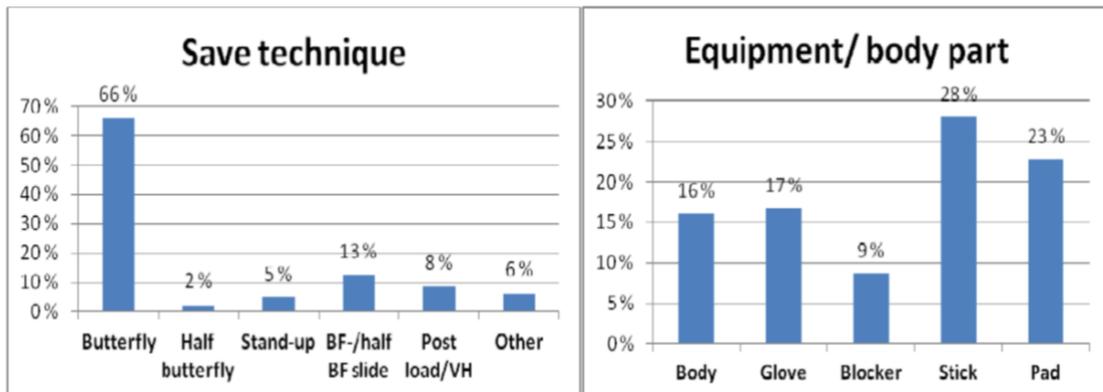


Figure 2.10 Illustration du pourcentage d'arrêt selon la technique et l'équipement utilisé

Pour terminer, la demande biomécanique de la position du gardien de but demande des techniques de patinage et de blocage précis. C'est pourquoi les positions de base, les techniques de patinage, la manipulation de la rondelle et du bâton et les zones de tirs ont été présentées.

#### 2.4 Profil du gardien de but

Dans le but de bien pouvoir cerner les paramètres qui seraient pertinents à évaluer chez le gardien de but, les éléments physiologiques, neurologiques et psychologiques spécifiques à ces athlètes seront présentés dans les prochaines sections.

## 2.4.1 Facteurs physiologiques

### 2.4.1.1 Fonctionnement musculaire

Durant une partie, les actions du gardien de but sont puissantes et de courtes durées. Elles sont généralement alternées avec des périodes d'intensité faible à modérer (Twist et Rhodes, 1993; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). La typologie musculaire spécifique chez les gardiens de but n'est pas étudiée à ce jour. En effet, les études antérieures sur le sujet ont exclu les gardiens de but lors de leur échantillonnage (Akermark *et al.*, 1996; Green *et al.*, 1978; Vigh-Larsen *et al.*, 2020). Néanmoins, pour les attaquants et défenseurs, malgré la distance et les efforts différents de ceux du gardien, une biopsie faite sur leur vaste latérale a indiqué que 50% des fibres étaient de type lent (Akermark *et al.*, 1996; Green *et al.*, 1978; Vigh-Larsen *et al.*, 2020). Dans cet ordre d'idée, on peut présumer que les gardiens de but auraient également une prédominance pour les types de fibres à contraction lente due à l'intensité majoritairement faible à modérer durant une partie (Kilpivaara et Häkkinen, 2012). On peut aussi présumer cette hypothèse due au très faible changement du taux de lactate pré- et post-*game* (Green *et al.*, 1976; Kilpivaara et Häkkinen, 2012; Montgomery, 1988; Twist et Rhodes, 1993). Les contractions musculaires prédominantes pour cette position sont de type excentrique au niveau des membres inférieurs et supérieurs et, de type isométrique au niveau du tronc.

### 2.4.1.2 Habiletés motrices

Afin d'être performant, le gardien de but a besoin des attributs physiques suivants : la puissance, la vitesse, l'endurance, l'équilibre, l'agilité, la mobilité et la flexibilité (Bell *et al.*, 2008; Kilpivaara et Häkkinen, 2012; Niemelä, 2011). Dans les sections suivantes, ces termes seront expliqués en lien avec la demande de la position du gardien de but.

#### 2.4.1.2.1 Puissance

La puissance peut être définie par l'intensité de la contraction musculaire et de la vitesse à laquelle l'adénosine triphosphate (ATP) est utilisée. Le gardien doit pouvoir produire de la force rapidement pour protéger son but le mieux possible et aider ses coéquipiers dans un court délai. De plus, le gardien est le joueur le plus vulnérable sur la glace dû à sa position. Une force maximale élevée serait un attribut intéressant afin de repousser ces adversaires et de se protéger lors de collision entre joueur(s) (Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006).

#### 2.4.1.2.2 Endurance

Les gardiens de but doivent être musculairement endurants afin de maintenir une position de garde pendant les trois périodes complètes. De plus, lors d'une phase d'attaque, ils doivent répéter à multiple reprise de courts et d'explosifs mouvements sans perdre de vitesse. La fatigue peut être une conséquence d'un manque d'ATP pour le couplage actine-myosine, de pompage  $Na^+/K^+$  et d'absorption de  $Ca^{2+}$  par le réticulum sarcoplasmique. L'accumulation du phosphate intracellulaire (Pi) peut interférer avec la fonction musculaire en inhibant la libération de  $Ca^{2+}$  par le réticulum sarcoplasmique, contrôler les interactions entre l'actine et la myosine, et ainsi réguler la production de force (Gaitanos *et al.*, 1993). Le rôle prédominant du système aérobie lors des sprints répétés (effort max d'une durée égale et/ou inférieure à 6sec) est le retour à l'homéostasie au repos (Gaitanos *et al.*, 1993). Ainsi, l'entraînement en endurance aérobie, en raison de l'augmentation du  $VO_2$  max, améliorerait le taux de récupération et améliorerait l'habileté à répéter des sprints. Bref, afin d'améliorer l'habileté à répéter des sprints (effort court et maximal), les gardiens doivent améliorer leur puissance aérobie ( $VO_2$ max) et leur puissance anaérobie (vitesse, force, puissance) (Turner et Stewart, 2013).

#### 2.4.1.2.3 Équilibre et agilité

Ces athlètes doivent posséder un équilibre statique et dynamique supérieur afin d'être stables et précis dans leur déplacement (Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). L'entraînement proprioceptif peut améliorer la stabilité des gardiens lors de changement de direction rapide. En effet, les actions des gardiens de but sont réalisées dans un espace restreint et requièrent une coordination élevée et des mouvements unidirectionnels, bidirectionnels et multidirectionnels (Niemelä, 2011). Le déséquilibre peut se retrouver dans n'importe quel mouvement spécifique au gardien de but. C'est pourquoi le gardien de but doit être capable de réagir en utilisant différentes stratégies telles que le transfert latéral du poids et la rotation du tronc. De plus, les gardiens de but transitionnent rapidement entre l'accélération et la décélération lors d'un changement de direction ou de vitesse en réponse à un stimulus (Bell *et al.*, 2008; Kilpivaara et Häkkinen, 2012). Pour performer dans ces mouvements, une agilité supérieure leur permet d'augmenter la capacité de contrôler leur corps et la coordination intramusculaire, et améliorer leur réflexe neuromusculaire dû à un processus perceptuel et une prise de décision efficace (Bell *et al.*, 2008; Kilpivaara et Häkkinen, 2012).

#### 2.4.1.2.4 Flexibilité et mobilité

La flexibilité est une composante importante chez les gardiens de but de hockey (Burr *et al.*, 2008; Twist et Rhodes, 1993; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Les gardiens sont ceux ayant les meilleurs résultats dans les tests de flexibilité, tels que le test de flexion du tronc en position assise, comparé aux autres positions (Agre *et al.*, 1988; Burr *et al.*, 2008; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). En effet, leur position demande des amplitudes de mouvements afin de couvrir la plus grande surface possible (Twist et Rhodes, 1993; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Pour empêcher la rondelle d'entrer dans le filet, les mouvements des gardiens de but

dépassent souvent le degré de liberté de certaines insertions osseuses, telles que l'articulation coxo-fémorale (Epstein *et al.*, 2013; Frayne *et al.*, 2015; Mehta *et al.*, 2019). L'entraînement à la mobilité devrait être joint aux entraînements musculaires afin de maintenir une amplitude articulaire optimale, de réduire les risques de blessures et effectuer les mouvements souhaités.

#### 2.4.1.3 Métabolisme et filières énergétiques

Pour mieux comprendre le rôle de la capacité cardiovasculaire chez le gardien de but, la dépense énergétique, le métabolisme énergétique et les filières énergétiques propres à sa position seront présentés.

##### 2.4.1.3.1 Dépense énergétique chez le gardien de but

Tout d'abord, dans le meilleur de nos connaissances, la dépense énergétique a été étudiée sur un seul gardien (Seliger *et al.*, 1972). Elle a été mesurée par la méthode de la calorimétrie indirecte durant une période d'entraînement sur glace simulant une partie de 30 min. La dépense énergétique totale du gardien de l'équipe nationale de Tchécoslovaquie fut de 564 kcal (Seliger *et al.*, 1972). De nombreux facteurs peuvent influencer leur demande énergétique tels que : le niveau joué, le nombre et le type de pénalités, les prolongations de 5 min à 3 joueurs offensifs contre 3 joueurs défensifs en plus des gardiens, les prolongations de 20 min en série éliminatoire ou les tirs de barrage (Hockey Canada, 2020). Une situation courante lors d'une partie est le «*power play*». Cette pénalité implique qu'une équipe est moins nombreuse sur la glace que l'autre pour une durée de 2, 4 ou 5 minutes. Ainsi, elle exige des efforts physiques et mentaux prolongés chez le gardien. Ces éléments influencent donc la durée et l'intensité des mouvements du gardien et, le temps de repos entre leurs actions.

#### 2.4.1.3.2 Métabolisme énergétique chez le gardien de but

Malgré les contraintes énumérées ci-haut, tout au long d'un match, l'intensité de jeu du gardien de but est généralement à un niveau qui nécessite principalement la contribution du métabolisme aérobie (Kilpivaara et Häkkinen, 2012; Richard *et al.*, 1995). En effet, Montgomery *et al.* ont montré que la fréquence cardiaque moyenne (FCmoyenne) chez 9 gardiens de but récréatifs était de 143 battements par minute (bpm). Cette valeur représentait environ 64% de leur fréquence cardiaque maximale (FCmax), soit une valeur qui s'apparente à la filière aérobie (D. L. Montgomery, 1988). De plus, Richard *et al.* ont quantifié l'intensité des actions sur de jeunes gardiens de but non élites (Richard *et al.*, 1995). Selon leur étude, les actions d'intensité faible, modérée et élevée représenteraient respectivement 75,2%, 21,6% et 3,2% du temps de jeu total (Richard *et al.*, 1995). Selon la représentation ci-dessous (Figure 2.11), durant les périodes à faible intensité d'une partie, l'étude de Kilpivaara a trouvé que 34% des mouvements du gardien duraient de 0,5 à 3 sec et 27% duraient de 3 à 8 sec (Kilpivaara et Häkkinen, 2012). Les actions explosives (0,5 à 8 sec) reposent sur le renouvellement rapide et constant de l'ATP, alimenté par le système PCr et la glycolyse anaérobie (Gaitanos *et al.*, 1993). Néanmoins, elles représenteraient qu'environ 38% d'une partie complète chez le gardien de but de hockey sur glace (International Ice Hockey Federation, 2018) (Figure 2.11).

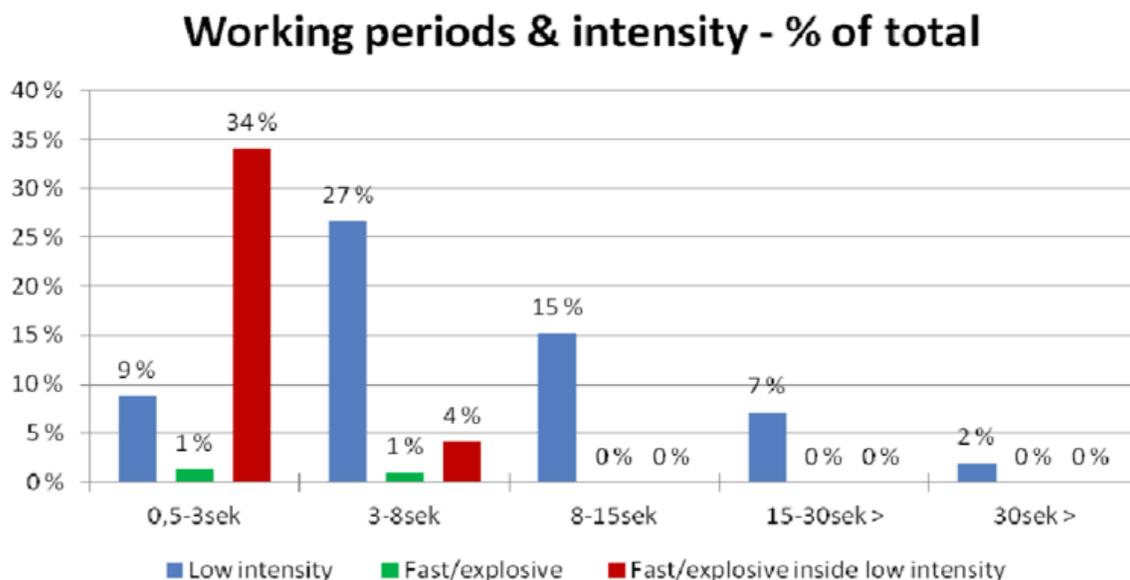


Figure 2.11 Illustration en pourcentage de l'intensité et la durée des actions du gardien de but de hockey sur glace

#### 2.4.1.3.3 Filière énergétique du métabolisme aérobie

Les fluctuations d'intensités permettent au gardien de resynthétiser la PCr par le système aérobie. Le réservoir de PCr est environ resynthétisé à 84% en 2 minutes, 89% en 4 minutes et complètement synthétisés en 8 minutes (Harris *et al.*, 1976). De plus, plusieurs études ont noté des élévations non significatives de taux de lactate sanguin chez le gardien de but de hockey après une partie comparée à celui au repos (Green *et al.*, 1976; Kilpivaara et Häkkinen, 2012; Montgomery, 1988; Twist et Rhodes, 1993). Ainsi, dû à une intensité majoritairement faible pour la position du gardien de but, le système aérobie est suffisamment en mesure de resynthétiser l'ATP et la PCr, d'éliminer le phosphate inorganique intracellulaire accumulé (Pi) et d'oxyder le lactate pendant les intervalles à faible intensité (Kilpivaara et Häkkinen, 2012; Turner et Stewart, 2013; Twist et Rhodes, 1993). Donc, leur réserve en glycogène est leur principale source d'énergie puisqu'ils ont une accumulation de

lactate à l'effort sous le seuil anaérobie (Billat *et al.*, 2003). Finalement, les intervalles d'intensité basse enregistrés dans le jeu du gardien de but pourraient être considérés comme une récupération active. Ainsi, l'action continue du gardien pourrait contribuer à diminuer l'acidose musculaire en accélérant l'utilisation du lactate des muscles engagés (Signorile *et al.*, 1993). La puissance générée proviendrait donc principalement de la dégradation de PCr et par l'augmentation du métabolisme aérobie (Gaitanos *et al.*, 1993). Pour terminer, une capacité aérobie supérieure serait essentielle au gardien afin de récupérer rapidement entre ces efforts et de maintenir son intensité durant les trois périodes (Thébault *et al.*, 2011).

#### 2.4.2 Système nerveux

Le gardien de but au hockey sur glace doit avoir un temps de réaction court, une coordination œil-main efficace et prendre des décisions rapidement (Bell *et al.*, 2008; Sinclair et Moyls, 1979; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Dans les prochaines sections, la définition du temps de réaction, les facteurs influençant le temps de réaction du gardien de but et le système visuel chez le gardien de but seront présentés.

##### 2.4.2.1 Définition du temps de réaction

Le traitement de l'information se fait en trois étapes : l'identification du stimulus, la sélection de la réponse et la programmation de la réponse (Schmidt, 1993). La durée accumulée de ces trois étapes représente le temps de réaction (TR). Autrement dit, le temps de réaction est défini comme étant la durée entre l'application à un stimulus et le début de la réponse (Solanki *et al.*, 2012). Selon la Loi de Hick, un TR augmente de façon linéaire avec la quantité d'informations que l'athlète doit traiter pour résoudre l'incertitude des diverses alternatives de stimulus-réponse (Schmidt, 1993). En effet, le TR simple peut augmenter d'une valeur de 190 ms à plus de 300 ms pour

un TR avec deux possibilités (Schmidt, 1993). À chaque choix de réponse ajouter, le TR augmenterait d'environ 40 ms (Sternberg, 1969).

Le TR du gardien de but est toujours plus long lorsqu'il doit réagir à un second stimulus dans un court intervalle de temps dû à la période réfractaire psychologique (Schmidt, 1993). Par contre, lorsque les deux stimuli sont présentés à 40ms d'intervalle ou moins, les stimuli sont perçus et traités comme un stimulus unique pour le déclenchement de la réponse. Une seule action peut être organisée et initiée à la fois (Schmidt, 1993). À titre d'exemple, si le premier tir est fait dans le coin inférieur droit du but et que le second tir est espacé de 60 à 100 ms d'intervalle au coin supérieur gauche, il sera difficile pour le gardien de bloquer la rondelle (Schmidt, 1993). Cependant, si le deuxième tir est espacé de 150 ms, le gardien aura le temps de le traiter comme un deuxième stimulus et d'y répondre (Schmidt, 1993). En effet, lorsque le gardien déclenche un mouvement, mais qu'il doit finalement l'inhiber ou modifier sa technique, cela requiert 150 à 200 ms avant de provoquer les premières modifications (Schmidt, 1993). De plus, les premiers muscles à se contracter prendraient 80ms avant la mise en action du mouvement (Schmidt, 1993).

#### 2.4.2.2 Facteur influençant le temps de réaction du gardien de but

##### 2.4.2.2.1 Stimulus simple et à choix multiples

Dans une partie, le gardien traite plus souvent plusieurs stimulus qu'un seul à la fois. À titre d'exemple, il est moins fréquent que le gardien soit seul contre un joueur (ex : un échappé ou un tir de barrage) comparativement à plusieurs joueurs devant lui (ex : en zone offensive, 4 contre 5, 3 contre 5, etc.). Au Championnat du monde de l'*International Ice Hockey Federation* en 2005 et aux Jeux olympiques de 2006, ils ont enregistré 40,5% des tirs au but était de type «unique» (one-timers) et 24% étaient dus à une passe et un tir (pass-and-shoot) (Guay, 2014). «*Si une rondelle est tirée*

*depuis la ligne bleue qui est à 18 mètres du but, à 161 km/h, la rondelle atteindra le gardien en 0,4 seconde» (Guay, 2014).*

Sinclair *et al.* ont étudié le temps de réaction chez 12 gardiens de but de hockey de division différente (CIAU, Junior, Midget, Bantam et Peewee) (Sinclair et Moyls, 1979). Ils ont utilisé des exercices mesurant le temps de réaction simple et à choix multiples. Les cellules photoélectriques étaient disposées dans les 4 coins du but et les lumières étaient situées à 15 pieds en face du gardien disposé de la même manière (Sinclair et Moyls, 1979). Pour l'exercice de TR simple, une lumière s'allumait 5 fois dans l'ordre suivant : haut du corps droit, haut du corps gauche, bas du corps droit, bas du corps gauche, pour un total de 20 fois. Le TR moyen était de 324 ms pour la main droite, 376 ms pour la main gauche, 426 ms pour la jambe droite et de 294 ms pour la jambe gauche (Sinclair et Moyls, 1979). Pour l'exercice de TR à choix, les lumières s'allumaient aléatoirement dans les quatre coins pour 20 fois. Finalement, le temps de réaction à un stimulus simple était plus rapide que celui à plusieurs choix de réponse. Au niveau bantam, les membres du haut du corps semblaient réagir plus rapidement que les membres inférieurs (Sinclair et Moyls, 1979). Ce même résultat a été trouvé également chez une autre étude faite sur 8 gardiens de plus haut calibre (niveau junior et universitaire) (Moisan, 1981). Les divisions plus fortes (CIAU, Junior et Midget) avaient un TR plus court que celles de moins haut calibre (bantam et peewee). Par contre, à partir du niveau Midget-junior, le TR semblait se stabiliser (Sinclair et Moyls, 1979). Ce résultat peut être expliqué par la limite du TR humain (Schmidt, 1993). L'utilisation des lumières comme stimuli donnait généralement des temps de réaction d'environ 340 ms (Moisan, 1981; Salmela et Fiorito, 1979; Sinclair et Moyls, 1979). Néanmoins, dans une situation réelle de jeu, le gardien initie sa réponse plus rapidement grâce aux indices visuels de la situation (Moisan, 1981).

#### 2.4.2.2.2 Traitement de l'information et la distance du tir

Le temps d'analyse du gardien est souvent réduit par l'obstruction devant le filet, la déviation de la rondelle par les palettes ou par les membres des joueurs. De plus, un tireur peut changer avec succès la direction d'un tir jusqu'à 773 ms avant la sortie et en moins de 174 ms (Panchuk et Vickers, 2006). Ces situations rendent l'arrêt de la rondelle un défi neurologique et physique très complexe (Panchuk *et al.*, 2017). Garbe et al ont étudié l'influence de la durée d'une attaque avec tir sur le pourcentage de but marqué. Les résultats montrent que les attaques d'une durée de 0 à 5 sec sont plus efficaces pour faire un but, soit 38,8% comparativement à ceux de 5 à 10 sec (35,2%), 10 à 15 sec (4,1%), 15 à 20 sec (0,3%) et supérieur à 20 sec, aucun but n'a été compté (Garbe et Salvolainen, 2013; Guay, 2014). Également, la distance du tir influence aussi le TR du gardien. Un tir proche retarde le premier mouvement d'action du gardien comparativement à ceux plus éloignés (Panchuk et Vickers, 2006). L'anticipation de la trajectoire de la rondelle et de l'action à prendre est alors plus difficile (Schmidt, 1993). Le gardien de but ne pourra pas faire un arrêt que s'il est capable de déterminer l'endroit et le moment d'interception de la rondelle (Moisan, 1981).

#### 2.4.2.3 Système visuel chez le gardien de but

##### 2.4.2.3.1 Description du système visuel en générale

La vision joue un rôle très important chez le gardien de but au hockey sur glace. Deux systèmes visuels permettent le transport d'information; le système focal spécialisé dans l'identification des objets (vision centrale, contrôle plus lent) et le système ambiant, spécialisé dans le contrôle du mouvement (vision centrale et périphérique, contrôle plus rapide) (Schmidt, 1993). La position du gardien de but est souvent caractérisée par une incertitude perceptuelle et temporelle. Ces deux éléments obligent cet athlète à traiter les informations visuelles dans un espace de temps très

limité (Hüttermann *et al.*, 2018; Kredel *et al.*, 2017; Panchuk et Vickers, 2006). Les indices visuels qui précèdent un tir auraient également une influence sur la précision de l'arrêt du gardien (Salmela et Fiorito, 1979). Ainsi, la disponibilité de ces informations permettrait de diminuer le TR par rapport au moment de départ de la rondelle (Moisan, 1981).

#### 2.4.2.3.2 Mouvements oculaires et temps de réaction visuel

La rapidité de la rondelle peut parfois dépasser la capacité des mouvements oculaires à diriger l'oeil (Panchuk et Vickers, 2006). Lorsque le vol de l'objet est prévisible, le suivi de poursuite visuel est dirigé tôt vers l'objet et sur la première partie du vol. Cette première partie est généralement perceptible du regard, mais due à la vitesse de la rondelle, le suivie d'information visuelle sur sa direction peu être intermittente (Panchuk et Vickers, 2006). Cependant, lorsque le mouvement de l'objet est imprévisible, le regard peut s'adapter pour faire face aux changements tardifs dans son vol (Panchuk et Vickers, 2006). Malgré les limites de la capacité du suivi de la poursuite oculaire, les gardiens de but de hockey sur glace arrêtent en moyenne 90% des tirs qu'ils font face (National Hockey League, 2020; Panchuk et Vickers, 2006). Possiblement que les gardiens utilisent aussi davantage leur ouïe pour réagir autant rapidement. Le temps de réaction visuelle est de 180 à 200 ms pour une nouvelle tâche et aussi bas que 100 ms pour les tâches déjà apprises (Carlton, 1992). Le temps de réaction visuelle est plus lent que le temps de réaction sonore, environ 190ms comparativement à 160ms respectivement (Solanki *et al.*, 2012). Le nombre de synapses dans la voie visuelle par rapport à celle auditive en est peut-être la cause. La vision prend 20 à 40 ms pour parcourir la voie visuelle tandis que le son ne prend que 8 à 10 ms pour se déplacer dans la voie auditive (Marshall *et al.*, 1943; Solanki *et al.*, 2012).

#### 2.4.2.3.3 L'attention visuelle

Panchuk et Vickers (Panchuk et Vickers, 2006) ont étudié 8 gardiens de but de hockey sur glace de niveau collégial et universitaire. Ils ont utilisé un système installé dans leur casque afin de suivre les mouvements des yeux. Les gardiens devaient arrêter des tirs provenant de 5m et de 10m. La vitesse des tirs était entre 115,00 et 178,54 ms. Finalement, le temps de réaction moyen était significativement différent pour les tirs à partir de 5m et de 10m (20,21 ms et 46,04 ms respectivement). Pour réagir aussi rapidement, les gardiens de but ont utilisé des informations survenues plus tôt dans le tir pour anticiper la direction de la rondelle (Panchuk et Vickers, 2006). Lors d'un but, l'attention visuelle des gardiens était d'une durée de 826,1ms comparativement à 952,3ms lors de buts sauvés (Panchuk et Vickers, 2006). Peu importe la distance du tir, les buts sauvés sont reliés avec une attention visuelle précoce et soutenue : 5m (sauvé :935,83ms; marqués :774,17ms) et 10m (sauvé :968,75ms; marqués :878,13ms) (Panchuk et Vickers, 2006). Après que la rondelle soit tirée, les gardiens la bloquent lorsqu'ils sont en mesure de la suivre pour une plus longue période de temps, soit environ pour 60 ms (Panchuk et Vickers, 2006). Pour le total des tirs de l'étude, l'attention visuelle des gardiens était dirigée à 70,53% sur la préparation et l'exécution du tir, 25,68% sur la glace juste à l'avant de la rondelle et 2,1% sur le corps du tireur (Panchuk et Vickers, 2006). L'attention visuelle du gardien était fixée à 96,20% sur le suivi de la rondelle ou du bâton, ou sur la zone de glace juste avant le dégagement de la rondelle (Panchuk et Vickers, 2006).

Un extrait tiré du livre de Hache (2002) explique pourquoi centraliser son attention sur la rondelle sur une longue période de temps est essentiel au hockey sur glace :

*Along with anticipating a shot, concentration is also very important in stopping pucks. A quick reaction time is useless unless it is backed up by a relentless focus on the puck. Just a blink of the eye or a moment of distraction, and the next thing you will notice is the other team celebrating a goal. This is why NHL goaltenders try to focus on the puck itself rather than the puck carrier or other players. Sure, knowing where potential puck receivers are being helpful (peripheral vision is useful for this*

*purpose), but the small black dot is what the goalie is interested in.* (p. 135) (Haché, 2002).

Pour terminer, plusieurs études soutiennent l'importance de l'entraînement neurologique chez les gardiens de but afin de maintenir une concentration visuelle durant toute une attaque et d'améliorer la localisation de la rondelle le plus tôt possible (Moisan, 1981; Panchuk et Vickers, 2006; Panchuk *et al.*, 2017). Un gardien de niveau élite se distingue par ces éléments-ci : une facilité à lire le jeu, à rester concentrer sur l'action, à avoir une concentration visuelle plus longue (puisque leur *focus* est fait plus tôt), la dirigée leur attention vers un seul endroit (malgré les mouvements des joueurs ou de la rondelle) et à initier la réaction avec la fin de l'action de l'adversaire (Kontsas et Lehtola, 2014; Martell et Vickers, 2004). L'utilisation des lumières peut être un outil intéressant pour pratiquer la concentration visuelle, entraîner le *focus* visuel soutenu et la coordination oeil-main (Moisan, 1981). Les jeunes gardiens devraient retrouver ce type d'entraînement dans leur cheminement. Au niveau professionnel, ils pourraient utiliser cet outil en saison morte ou lors d'une période qu'ils ne peuvent pas pratiquer leur sport (ex : lorsqu'ils sont en réhabilitations ou lors d'une pandémie).

#### 2.4.2 Facteurs psychologiques

Le gardien de but est considéré comme la position la plus exigeante à jouer pour tout sport d'équipe confondu dû au niveau élevé de pression et de stress (Guay, 2014). Dans les prochaines sections, l'image sociale, les traits de personnalités, les compétences psychologiques et les méthodes d'entraînement cognitif chez le gardien de but seront abordées.

#### 2.4.2.1 Stéréotype du gardien de but

François Allair a créé le poste d'entraîneur des gardiens et entraîné Patrick Roy dans ses premières années dans la LNH. Il souligne le fait qu'un jeune gardien doit bien grandir psychologiquement et physiquement (Lepage, 2019). Les extraits partagés ci-bas datent des années 1983 et 1994 néanmoins, ces stéréotypes à l'égard du gardien de but semblent encore présents.

Jacques Plante a été un gardien de but pour les Canadiens de Montréal entre 1953 à 1963, remportant six coupes Stanley et sept trophées de Vézina, il a partagé :  
*«Imagine a job where every time you make a mistake a red light flashes and 15,000 people stand up and cheer»* (Guay, 2014).

Un propos d'un allier gauche et ayant été capitaine pour les Black Hawks de Chicago dans les années 1935, Johnny Gottselig a également dit : *«goalies are probably the loneliest guys in the world»* (Cameron *et al.*, 2012).

Selon Ken Dryden, un gardien de but historique pour les Canadiens de Montréal et ayant remporté le prestigieux trophée Conn Smythe, a dit : *«goalies are different», «predictably, a goalie is more introverted than his teammates, more serious...more sensitive and moody, more insecure»* (Cameron *et al.*, 2012).

#### 2.4.3.2 Traits de personnalités chez le gardien de but

Une recherche de 2012 a étudié les traits de personnalités associés aux positions de hockey sur glace à l'aide du Modèle en cinq facteurs (Tableau 2.1 et 2.2) (Cameron *et al.*, 2012). En résumé, ce modèle met de l'avant les différences interindividuelles selon cinq traits principaux. Tous les humains présentent ces cinq traits, mais, à des niveaux différents (Cameron *et al.*, 2012). Les traits composant le Modèle en cinq

facteurs sont; ouverture aux expériences, consciencieux, extraversion, agréabilité et le névrosisme (Cameron *et al.*, 2012). Enfin, l'étude a récolté des données sur 163 défenseurs, 305 attaquants et 110 gardiens. Chaque joueur s'identifiait et identifiait les autres positions par un trait (Tableau 2.1 et 2.2, respectivement). Les résultats de l'étude ont montré que les gardiens s'identifient le plus au trait consciencieux et qu'ils étaient également perçus plus consciencieux<sup>1</sup> par leurs coéquipiers (Cameron *et al.*, 2012). Les gardiens se perçoivent moins névrosés<sup>2</sup> et plus ouverts aux expériences contrairement à l'évaluation respective des attaquants et des défenseurs (Cameron *et al.*, 2012). Ces évaluations projettent toujours une image conservatrice des gardiens de but. En terminant, sans le support, la confiance et l'entraide de ses coéquipiers, l'un ne pourrait réussir à gagner une partie sans l'autre (Ditmars, 2013).

Tableau 2.1 Perception de chaque position envers eux-mêmes selon le Modèle des cinq traits

*Descriptive Statistics for Self-Reported Personality and Self-Concept Variables by Position*

Variable	Participant's Position					
	Defense		Forward		Goaltender	
	M	SD	M	SD	M	SD
Extraversion	4.56	1.41	4.83	1.47	4.73	1.52
Agreeableness	4.88	1.36	4.69	1.28	4.83	1.28
Conscientiousness	5.82	1.00	5.77	1.09	5.81	1.00
Neuroticism	2.66	1.13	2.94	1.31	2.78	1.40
Openness to experience	5.15	1.05	5.39	1.11	5.43	0.99
Team identification	5.70 <sub>a</sub>	1.56	5.51 <sub>a</sub>	1.61	4.88 <sub>b</sub>	1.92
Global self-esteem	5.62	1.27	5.85	1.18	5.88	1.08

*Note.* Means not sharing a subscript differ at  $p < .05$  with a Bonferroni adjustment.

<sup>1</sup> Consciencieux : Un haut niveau de ce trait est associé à une disposition d'être organisé, discipliné, persévérant et perfectionniste (Costa et McCrae, 2003; Stoeber *et al.*, 2009).

<sup>2</sup> Névroisme : Trait se définissant par une instabilité émotionnelle, une prédisposition à ressentir souvent et intensément diverses émotions négatives (Canli *et al.*, 2001; Costa et McCrae, 2003).

Tableau 2.2 Perception des positions l'un envers l'autre selon le Modèle des cinq traits

Trait	Target					
	Defensemen		Forwards		Goalies	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Extraversion	4.07 <sub>a</sub>	1.18	5.32 <sub>b</sub>	0.97	4.05 <sub>a</sub>	1.49
Agreeableness	3.96 <sub>a</sub>	1.10	3.23 <sub>b</sub>	1.02	3.96 <sub>a</sub>	1.27
Conscientiousness	5.22 <sub>a</sub>	1.04	4.21 <sub>b</sub>	1.17	5.37 <sub>c</sub>	1.21
Neuroticism	3.41 <sub>a</sub>	1.20	4.30 <sub>b</sub>	1.13	4.00 <sub>c</sub>	1.51
Openness to experience	4.07 <sub>a</sub>	1.12	4.93 <sub>b</sub>	1.07	4.40 <sub>c</sub>	1.24

*Note.* Means in the same row with different subscripts are significantly different at  $p < .05$  with a Bonferroni adjustment.

#### 2.4.3.3 Compétences psychologiques pour la position du gardien de but

La position du gardien de but au hockey sur glace requiert une forte concentration et un niveau d'éveil optimal (Gelinas et Munroe-Chandler, 2006; Nideffer, 1976; Weinberg et Gould, 2014). Tout d'abord, selon Robert M. Nideffer, la concentration est l'habileté à centraliser son attention envers une tâche tout en ignorant les distractions possibles (Nideffer, 1976). L'attention varierait selon deux dimensions, soit : par son ampleur (large ou étroite) et par sa direction (interne ou externe) (Nideffer, 1976). Pour le gardien de but, l'attention large fait référence aux moments où il doit gérer plusieurs stimuli, tels qu'un 5 contre 3. L'attention étroite se définit lorsqu'il n'y a qu'un ou deux stimuli, par exemple lors d'un échappé, le gardien se retrouve face et seul devant le joueur. En ce qui concerne la direction, l'attention externe est dirigée vers un objet, tel qu'en se concentrant uniquement sur la rondelle. Finalement, l'attention interne est dirigée vers les pensées et les sentiments par exemple, repenser au but qui vient de compter (Gelinas et Munroe-Chandler, 2006;

Nideffer, 1976). Enfin, les compétences à se concentrer d'un individu sont dépendantes également de sa propre motivation à les maintenir (Porter, 2003).

Ensuite, le niveau d'éveil est défini comme étant une activation générale physiologique et psychologique (Weinberg et Gould, 2014). Un niveau d'éveil trop bas ou trop élevé peut affecter négativement les performances sportives. Chaque athlète a besoin d'un niveau d'éveil spécifique à lui afin de performer optimalement (Gelinias et Munroe-Chandler, 2006). Ils doivent être capables d'identifier l'état mental et émotionnel qui lui est bénéfique pour performer (Gelinias et Munroe-Chandler, 2006; Weinberg et Gould, 2014). À titre d'exemple d'émotions nuisibles, l'anxiété peut causer des tensions musculaires, réduire la flexibilité et la mobilité chez l'athlète. Également, l'anxiété peut même venir jusqu'à gravement affecter la coordination, la concentration et l'attention étroite (Hanin, 2010, 2012). De plus, une confiance en soi faible ralentirait la vitesse et l'exactitude de la prise de décision, et de l'action du gardien due aux hésitations (Hardy *et al.*, 2001; Moisan, 1981; Park *et al.*, 2020). Il est alors important que le gardien se développe des stratégies pour agir le mieux possible selon la situation. Ainsi, trouver des méthodes efficaces de gestion du stress permettrait de contrôler le niveau d'excitation, éviter des récidives comportementales négatives et optimiser leur temps de réaction.

#### 2.4.3.4 Entraînement cognitif

Dans le contexte du sport, l'imagerie est définie comme étant un processus cognitif d'une création mentale déjà vécue ou non. L'imagerie est utilisée dans le domaine sportif pour mieux contrôler les émotions (Hallman et Munroe-Chandler, 2009). Elle peut également être utilisée afin d'améliorer les compétences et les stratégies sportives, atteindre des objectifs et renforcer la confiance (Munroe *et al.*, 2000; Munroe-Chandler *et al.*, 2007). Par la mémoire et les souvenirs, l'athlète peut aller chercher des informations impliquant des caractéristiques presque sensorielles,

perceptuelles et affectives (Morris *et al.*, 2005; Ruiz et Robazza, 2020). Ainsi, les gardiens de but peuvent se remémorer une situation où ils auraient perdu le contrôle de leurs émotions ou une erreur commise et ensuite, la remplacer en s'imaginant la même situation, mais réagir par le comportement optimal (Wilson et Vliet, 2018). À titre d'exemple, après qu'un but soit marqué, l'entraînement à l'imagerie peut aider le gardien à ignorer des émotions perturbatrices et à se recentrer plus rapidement sur le jeu (Gelinas et Munroe-Chandler, 2006; Morris *et al.*, 2005; Ruiz et Robazza, 2020). D'un autre côté, le gardien peut s'imaginer faire un bel arrêt et augmenter ainsi le niveau de confiance chez celui-ci (Gelinas et Munroe-Chandler, 2006; Munroe *et al.*, 2000; Munroe-Chandler *et al.*, 2007). Bref, l'imagerie est une méthode qui doit être pratiquée afin qu'elle puisse avoir des répercussions concrètes.

Pour terminer, le dialogue interne, aussi appelé discours intérieur, est une autre méthode que les athlètes utilisent afin de contrôler leurs émotions et leurs pensées (Boucher, 2013; Gelinas et Munroe-Chandler, 2006). Le discours interne peut être défini comme un dialogue à voix haute ou sans son (dans la tête) qui s'adresse à soi-même et sert d'instruction ou de motivation pour les athlètes (Hardy *et al.*, 2001). Il doit dicter des critiques constructives ou des déclarations positives afin d'améliorer la confiance chez le gardien de hockey avant et durant une partie (Candra *et al.*, 2020; De Muynck *et al.*, 2020). Cette technique a pour but de réduire le contrôle conscient et de travailler vers des actions automatiques. Enfin, une étude faite chez des gardiens de but junior A ont constaté que plusieurs compétences mentales, dont le dialogue interne, amélioreraient le pourcentage d'arrêts (Rogerson et Hrycaiko, 2002).

En conclusion, il est clair que le mental du gardien influence sa capacité à arrêter la rondelle. L'imagerie et le discours interne sont deux méthodes ayant des répercussions mentales positives sur la performance. Afin de compétitionner à un haut niveau, il est très bénéfique pour le gardien de but de développer des

compétences psychologiques afin de réguler leur émotion, d'optimiser leur concentration et leur prise de décision (Guay, 2014; Hanin, 2012; Peck, 1998).

## CHAPITRE III

### MÉTHODOLOGIE

Dans ce chapitre, la méthodologie de la revue systématique et méta-analyse sera élaborée. L'objectif principal de l'utilisation de ce type de méthodologie était de regrouper toutes les données physiologiques disponibles chez les gardiens de but de hockey pour bâtir un profil athlétique spécifique à leur niveau et à leur sexe. De plus, le but était également de présenter les tests physiques effectués chez les gardiens et la différence des résultats entre les positions (attaquants, défenseurs et gardiens).

#### 3.1 Stratégie de recherche

Cette revue systématique a été menée conformément par le modèle PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) (Liberati *et al.*, 2009). Six bases de données électroniques (PudMed, GoogleScholar, SportDiscus, Scopus, SpringerLink et ScienceDirect) suggérées par l'Université du Québec à Montréal, l'Université de Montréal, l'Université Concordia, l'Université McGill, l'Université Laval et l'Université du Québec à Trois-Rivières ont été systématiquement recherchées en octobre 2019. Dans SportDiscus et Scopus, le caractère en étoile « \* » a été utilisé pour le mot *goal* \* et *test* \*. Dans ScienceDirect et GoogleScholar, la liste de mots-clés a été séparée en plusieurs groupes de mots, car

le nombre de mots autorisé atteignait le maximum. Dans Scopus, SportDiscus, PubMed et GoogleScholar, tous les mots-clés ont également été traduits en français. La revue a été réalisée conformément aux normes éthiques de l'*International Journal of Exercise Science* (Navalta *et al.*, 2019).

Les mots-clés utilisés pour la stratégie de recherche sont présentés dans la figure 4.1. Nous avons inclus les articles publiés entre 1972 à 2019. Ces années ont été choisies puisqu'à partir de la série du siècle, en 1972, l'enthousiasme pour le hockey sur glace a augmenté de façon spectaculaire (Helleu et Durand, 2007; Watson, 2017). En pleine guerre froide, la série du siècle est le nom d'une série de huit parties de hockey, dont quatre au Canada et quatre à Moscou. Après 9 ans de domination par les URSS dans le hockey international, le Canada a remporté cette série (Marsh et Marshall, 2016). Lister comme le 8e évènement le plus important au 20<sup>e</sup> siècle pour le Canada, l'intérêt pour la science du hockey a explosé par la suite. De plus, les articles publiés avant 1972 auraient davantage biaisé nos résultats. Tout d'abord, la différenciation entre les positions et la physiologie des joueurs étaient peu étudiées. Ensuite, la plupart des équipements des laboratoires étaient munis de technologies moins avancées. Enfin, les protocoles des tests étaient différents et moins précis à l'époque comparativement à ceux qu'on retrouve plus récemment.

### 3.2 Recherche manuelle

Une recherche manuelle a été effectuée à l'aide de la liste de références de tous les articles retenus à la suite du processus de sélection du modèle PRISMA.

### 3.3 Critères d'inclusion et d'exclusion

#### 3.3.1 Type de documents

Les articles originaux provenant de journaux scientifiques incluant un processus de révision par les pairs étaient acceptés. Par conséquent, les documents de conférence, les livres, les thèses et d'autres types étaient exclus.

#### 3.3.2 Doublons

Tous les articles dupliqués ont été supprimés manuellement en plaçant les titres par ordre alphabétique en utilisant la version 5.0.95.3 de Zotero. Si un article était présenté deux fois, mais avec une année de publication différente ou dans une autre revue, il était considéré comme différent et non rejeté.

#### 3.3.3 Titres et résumés

Si, en lisant le titre ou le résumé, les auteurs pouvaient clairement identifier que les groupes présentés dans l'étude n'étaient pas des joueurs de hockey sur glace ou que l'article portait clairement sur les blessures et l'équipement, l'article était rejeté.

#### 3.3.4 Langues

Les articles étaient rejetés s'ils n'étaient pas rédigés en français ou en anglais.

#### 3.3.5 Texte

Si le texte de l'article ne présentait pas de données sur la physiologie des gardiens de but de hockey sur glace ou sur les tests physiques exécutés par ceux-ci, l'article était exclu. Si une précision sur le contenu d'une étude était nécessaire, l'auteur de correspondance était contacté à deux reprises par courriel à une semaine d'intervalle. Si aucune réponse n'était obtenue, les coauteurs étaient alors contactés par courriel trouvé par une recherche sur Google et sur ResearchGate. Si aucune réponse n'a été reçue après deux semaines, l'article était rejeté.

### 3.3.6 Données

Les données des articles sélectionnés devaient présenter les moyennes des groupes et le nombre (n) de gardiens de but. De plus, les données relatives aux gardiens de but devaient être séparées selon le sexe et le niveau du joueur.

### 3.3.7 Méthode de vérification

La méthode du PRISMA a été répétée par un deuxième auteur pour valider les articles inclus. Tout désaccord entre les deux examinateurs sur l'éligibilité de certaines études a été résolu par une discussion avec un troisième auteur.

## 3.4 Classification et extraction des données

Toutes les données issues des articles sélectionnés ont été enregistrées vers un classeur Excel. L'auteur a organisé les données en les séparant par le sexe et le niveau des gardiens de but de hockey sur glace.

## 3.5 Analyses

La combinaison de moyenne de chaque évaluation a été menée sur les gardiens de but du même sexe et du même niveau. Chaque résultat est présenté comme une moyenne combinée (X) avec un écart-type combiné (ET). Les moyennes combinées et les écarts-types ont été normalisés à leur  $n$  respectif et au  $n$  total en suivant la méthode de la moyenne pondérée (Liberati *et al.*, 2009). Les hommes professionnels (PM), les hommes amateurs (AM), et les femmes amateurs (AF) ont été comparés à des tests-t indépendants sur GraphPad entre leurs résultats (moyenne pondérée) afin de déterminer s'il y avait une différence significative ( $p < 0.05$ ) entre chacun des trois profils (Liberati *et al.*, 2009).

Si nécessaire, le poids corporel, la taille, la force de préhension combinée et les résultats des sauts verticaux et en longueur ont été convertis en kilogrammes (kg), centimètres (cm) respectivement, pour faciliter les comparaisons. Étant donné que différentes méthodes ont été utilisées pour déterminer la capacité aérobie, les auteurs ont utilisé les données du VO<sub>2</sub>peak ou du VO<sub>2</sub>max pour représenter la capacité aérobie maximale puisque ces deux variables sont considérées comme similaires (Fairshter *et al.*, 1983). Les valeurs de puissance anaérobie du tableau 4.1 proviennent du test d'ergomètre Wingate de 30 secondes (Quinney *et al.*, 2008; Twist et Rhodes, 1993; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Trois autres articles (Burr *et al.*, 2008; Geithner *et al.*, 2006; Houston et Green, 1976), n'ont pas été inclus dans l'analyse en raison de différentes méthodologies et mesures.

## CHAPITRE IV

### RÉSULTATS

Au total, nous avons inclus 12 articles scientifiques révisés par les pairs de 1972 à 2019. La recherche systématique a résulté d'un total de huit articles ( Agre *et al.*, 1988; Burr *et al.*, 2008; Geithner, Lee et Bracko, 2006; Quinney *et al.*, 2008; Randsell, Murray et Gao, 2013; Seliger *et al.*, 1972; Sigmund, Kohn et Sigmundova, 2016; Vescovi, Murray et Vanheest, 2006), et quatre autres articles ont été inclus grâce à la recherche manuelle (Houston et Green, 1976; Sidhu, Grewal et Verma, 1984; Sigmund, Sigmundova et Kvintova, 2015; Twist et Rhodes, 1993). La présentation schématique du PRISMA est présentée ci-dessous (Figure 4.1).

Ce regroupement d'articles a permis de compiler les résultats de 322 gardiens de but (282 hommes et 40 femmes) de niveau amateur et professionnel. Les gardiens de but professionnels masculins, ceux de niveaux amateurs masculins et féminins sont respectivement présentés par ces auteurs: PM (Agré *et al.*, 1988; Quinney *et al.*, 2008; Sigmund, Kohn et Sigmundova, 2016; Sigmund, Sigmundova et Kvintova, 2015; Twist et Rhodes, 1993), AM (Burr *et al.*, 2008; Houston et Green, 1976; Seliger *et al.*, 1972; Vescovi, Murray et Vanheest, 2006) et pour AF, (Geithner, Lee et Bracko, 2006; Randsell, Murray et Gao, 2013; Sidhu, Grewal et Verma, 1984). Les résultats sont classés classés selon le sexe et le niveau joué et présentés dans les tableaux 4.1, 4.2, 4.3 et 4.4.

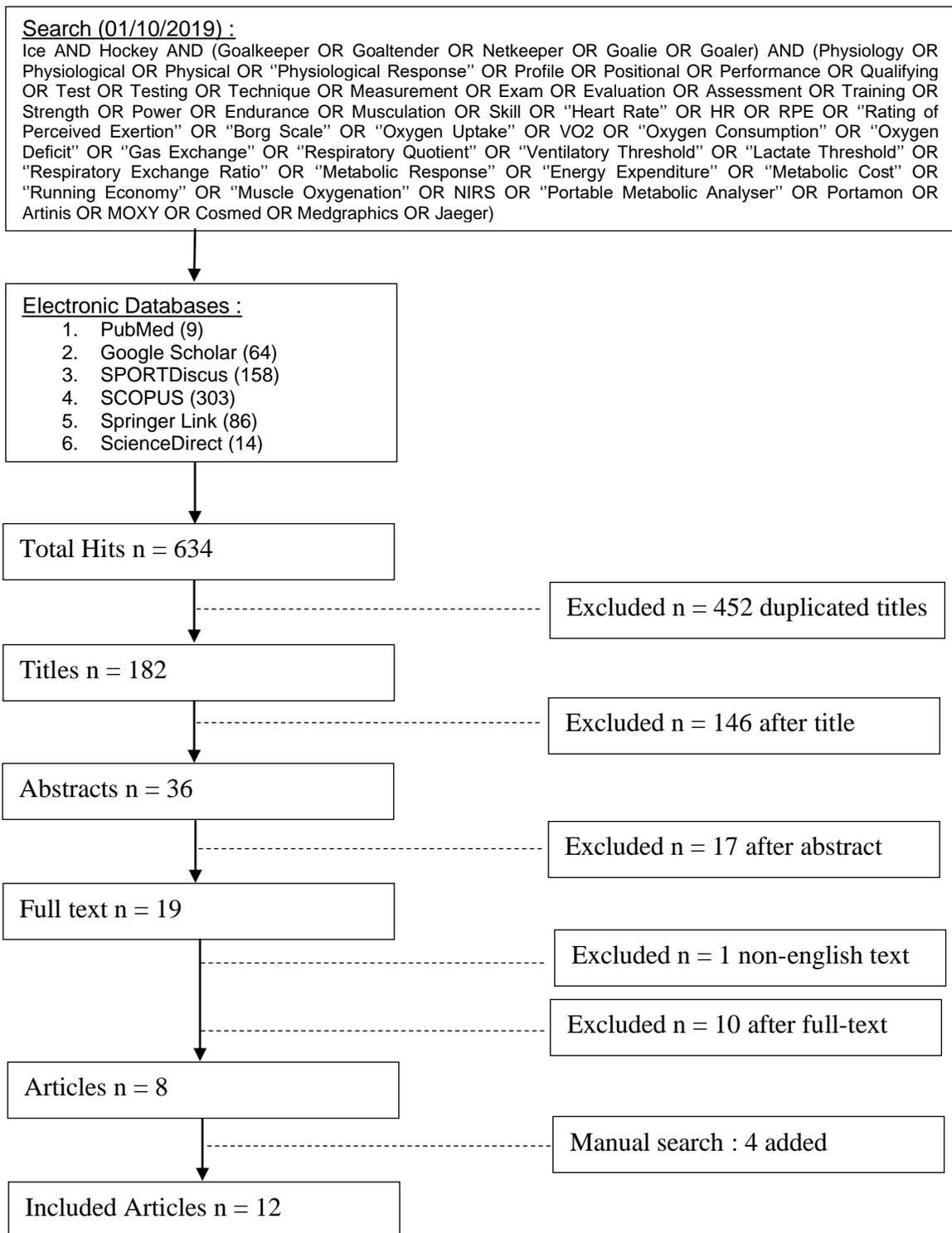


Figure 4.1 Représentation schématique de la sélection d'articles.

#### 4.1 Profile physiologique des gardiens de but

Le tableau 4.1 présente les résultats anthropométriques, la capacité aérobie et la puissance anaérobie des gardiens de but de hockey sur glace. On constate que les gardiens de but professionnels masculins (PM) ont un poids corporel et un pourcentage de graisse corporelle significativement plus élevés que les gardiens de but masculins de niveau amateur (AM). Cependant, la taille moyenne des gardiens de but PM et AM est similaire. Les gardiens de but AM sont significativement plus lourds et plus grands que les gardiens de but AF. Les gardiens de but AF ont un pourcentage de graisse corporelle plus élevé que les gardiens AM et PM. Enfin, la consommation maximale d'oxygène varie en fonction des niveaux joués (professionnel ou amateur) et du sexe. Par contre, la puissance anaérobie est significativement différente entre les gardiens de but PM et AM.

Tableau 4.1 Profile anthropométrique, de la capacité aérobie et de la puissance anaérobie chez le gardien de but de hockey sur glace

DESCRIPTION				ANTHROPOMETRICS			AEROBIC CAPACITY	ANAEROBIC POWER
Level	Sex	Data	Age (yrs.)	Body weight (kg)	Height (cm)	Body fat (%)	VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	Power peak 5s (W/kg)
P	M	Mean	26.8**	85.64**	184.38	11.9**	49.9**	12.78**
		SD	2.5	3.79	2.79	2.22	4.45	1.63
		N	124	168	168	12	57	53
A	M	Mean	18.12	83.95	184.96	10.51	55.73	10.9
		SD	0.75	4.51	2.06	1.61	4.57	1.2
		N	114	113	113	114	113	24
A	F	Mean	21.04*	63.4*	164.86*	22.12*	42.84*	
		SD	1.84	5.14†	5.73†	2.27†	3.59	
		N	13	40	16	40	37	

\*Significant difference between amateur (A) males (M) and females (F) at  $p < 0.001$ .  
\*\*Significant difference between professional (P) and amateur (A) males at  $p < 0.001$ .  
†The study by Sidhu *et al.* (Sidhu *et al.*, 1984) was not taken into consideration for this calculation because it did not include any standard deviations.

Le tableau 4.2 présente les résultats de leur condition physique pour la force, l'endurance et la puissance musculaire, la vitesse et l'agilité sur glace et finalement, la flexibilité. Les gardiens de but PM présentent une force de préhension isométrique et une endurance musculaire abdominale significativement plus élevées que les gardiens de but AM. Par contre, les gardiens de but AM ont la capacité de générer une plus grande force et puissance musculaire dynamiques du bas du corps que les gardiens de but AF en raison de leur performance supérieure au test VJ. Aucune différence significative n'a été observée au niveau de la flexibilité entre les PM et AM.

Tableau 4.2 Profile physique des tests hors et sur glace chez le gardien de but de hockey sur glace

Level	Sex	Data	MUSCULAR STRENGTH AND ENDURANCE						MUSCULAR POWER		ON-ICE SA		FLEXIBILITY
			Bench press (reps)	Curl-ups (reps)	Push-ups (reps)	Combined hand grip (kg)	Isometric push (kg)	Isometric pull (kg)	VJ (cm)	LJ (cm)	6.1mAS (s)	CSTA (s)	SR (cm)
		Mean		60.5**		120.7**							44.8
P	M	SD		25.16		15							8.43
		N		53		53							57
		Mean	4.62	24.67	21.38	109.08	109.41	110.03	58.99	244.19			44.66
A	M	SD	3.98	8.79	4.82	14.06	25.11	12.79	4.23	14.55			5.7
		N	107	107	107	83	107	107	107	107			107
		Mean							46.88*		1.58	12.68	
A	F	SD							5		0.07	0.42	
		N							37		13	13	

**P:** Professional, **A:** Amateur, **M:** Male, **F:** Female, **VJ:** Vertical Jump, **LJ:** Long Jump, **6.1mAS:** 6.10 m acceleration sprint test, **CSTA:** Cornering S-Turn Agility, **SR:** Sit et Reach

\*Significant difference between amateur (A) males (M) and females (F) at  $p < 0.001$ .

\*\*Significant difference between professional (P) and amateur (A) males at  $p < 0.001$ .

#### 4.2 Différences des résultats entre les tests physiques et les positions au hockey sur glace

Le tableau 4.3 présente les différences de résultats entre les gardiens de but, les attaquants et les défenseurs pour les évaluations testant la capacité aérobie et la puissance anaérobie. Les attaquants et les défenseurs professionnels de sexe masculin affichent de meilleures performances au Bruce Protocol Treadmill Test (BPTT) que les gardiens de but (Twist et Rhodes, 1993). Le même schéma est observé sur le test d'ergomètre gradué maximal (MGCET) et le 30-s Wingate test (WG) chez les gardiens PM et AM (Burr *et al.*, 2008; Quinney *et al.*, 2008; Twist et Rhodes, 1993; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Malheureusement, Twist et Rhodes (Twist et Rhodes, 1993) n'ont pas mentionné si les résultats des gardiens PM sur le BPTT et le WG sont significativement inférieurs à ceux de leurs coéquipiers. Aucune différence n'a été observée au MGCET entre les positions chez les AF (Burr *et al.*, 2008; Quinney *et al.*, 2008).

Tableau 4.3 Différences de résultats et des tests utilisés pour la capacité aérobie et la puissance anaérobie entre les attaquants, les défenseurs et les gardiens

Authors	Level/sex	AEROBIC			ANAEROBIC			
		BPTT	MGCET	MSRT	WG	CF Test	MKPT	40-YD
Agre <i>et al.</i> , 1988	PM	NS						
Twist and Rhodes, 1993	PM	F, D>G*			F, D>G*			
Quinney <i>et al.</i> , 2008	PM		F, D>G		NS			
Houston <i>et al.</i> , 1976	AM	NS				NS		NS
Vescovi <i>et al.</i> , 2006	AM		NS		F, D>G			
Burr <i>et al.</i> , 2008	AM		F, D>G		F, D>G			
Geithner <i>et al.</i> , 2006	AF			NS				NS
Ransdell <i>et al.</i> , 2013	AF							NS

NS: No significant differences. \* The authors did not indicate if the differences were significant, and a *p*-value was not indicated either. **F**: Forwards, **D**: Defenders, **G**: Goaltenders, **PM**: Professional Male, **AM**: Amateur Male, **AF**: Amateur Female, **BPTT**: Bruce Protocol Treadmill Test, **MGCET**: Maximal Graded Cycle Ergometer Test, **MSRT**: 20-m Multistage Shuttle Run Test, **WG**: Wingate Test on Cycle ergometer, **CF Test**: Cunningham and Faulkner Test, **MKPT**: Margaria-Kalamen Power Test, **40-YD**: 40-YD Dash.

Le tableau 4.4 présente les différences de résultats entre les positions de hockey sur glace pour les six composantes suivantes: l'endurance musculaire, la force isométrique, la puissance musculaire, la vitesse et l'agilité sur glace et la flexibilité. Les attaquants présentaient des résultats significativement plus performants pour toutes les composantes à l'exception de la flexibilité, suivi des défenseurs. Toutefois, malgré les performances plus faibles des gardiens de but, ces derniers présentaient les meilleurs résultats en matière de flexibilité. Comparativement aux autres positions, les gardiens de but AM ont des résultats significativement moins élevés pour les tests d'endurances du développé couché et des pompes (Burr *et al.*, 2008; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). La force musculaire isométrique diffère entre les positions. En effet, les gardiens PM et AM ont significativement des résultats inférieurs pour le test de pousser et tirer en isométrie et pour le test de préhension que ceux qu'on retrouve chez les attaquants et défenseurs (Burr *et al.*, 2008; Quinney *et al.*, 2008; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Une seule étude (Burr *et al.*, 2008) a montré des différences de position significatives pour la puissance musculaire lors des sauts verticaux et en longueur. Les gardiens PM et AM ont les résultats les plus élevés dans le test de flexion du tronc en position assise comparativement aux défenseurs et aux attaquants (Agre *et al.*, 1988; Burr *et al.*, 2008; Quinney *et al.*, 2008; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Enfin, une seule étude a examiné les différences de position à l'aide de tests sur glace, et les sujets de l'étude étaient des AF (Geithner *et al.*, 2006). Selon cette étude, des différences significatives ont été observées entre les positions pour le test CSTA, mais pas pour le test 6,1mAS.

Tableau 4.4 Différences de résultats et des tests utilisés pour la force, la puissance et la flexibilité entre les attaquants, les défenseurs et les gardiens

Authors	Level Sex	MUSCULAR ENDURANCE AND ISOMETRIC STRENGTH						MUSCULAR POWER			ON-ICE TESTING		FLEXIBILITY	
		Curl-ups	Bench press	Push-ups	Pull-ups	Inverted rows	Isometric P&P	Combined hand grip	VJ	LJ	6.1mAS	CSTA	SR	SR
Agre <i>et al.</i> , 1988	PM													F, D<G*
Quinney <i>et al.</i> , 2008	PM	NS					F, D>G							F, D>G
Vescovi <i>et al.</i> , 2006	AM	NS	F, D>G	F, D>G			F, D>G	NS	NS					F, D<G
Burr <i>et al.</i> , 2008	AM	NS	F, D>G	F, D>G			F, D>G	F, D>G	F, D>G	F, D>G				F, D<G
Geithner <i>et al.</i> , 2006	AF							NS	NS				NS	F, D<G
Ransdell <i>et al.</i> , 2013	AF				NS	NS		NS	NS					

\* The authors did not indicate if the differences were significant, and a *p*-value was not indicated either.  
NS: No significant differences, F: Forwards, D: Defenders, PM: Professional Male, AM: Amateur Male, AF: Amateur Female, Isometric P&P: Push et Pull, VJ: Vertical Jump, LJ: Long Jump, 6.1mAS: 6.10m Acceleration Sprint, CSTA: Cornering S-Turn Agility Test, SR: Sit et Reach

## CHAPITRE V

### DISCUSSION

Le présent travail visait à regrouper et analyser, d'un point de vue quantitatif la littérature scientifique relative au profil physiologique des gardiens de but de hockey sur glace, aux évaluations physiques utilisées pour les évaluer, et de comparer leurs différences de performance avec les attaquants et les défenseurs. L'une des principales conclusions du travail est qu'un bon nombre d'articles publiés excluaient les gardiens de but ou ne précisaient pas la position des joueurs dans leurs méthodologies. De plus, un seul article (Geithner *et al.*, 2006) a effectué une évaluation sur la glace qui incluait des gardiens de but (Vigh-Larsen *et al.*, 2020). Les évaluations sur glace seraient plus spécifiques pour ces athlètes que celles hors glace (Leone *et al.*, 2007; Petrella *et al.*, 2007). Néanmoins, cette revue nous a permis de rassembler les résultats de tous les articles publiés sur la physiologie et les tests physiques des gardiens de but de hockey sur glace et de les comparer aux attaquants et défenseurs.

La condition physique d'un gardien de but professionnel a changé au fil des ans. Elle a été influencée par les tendances séculaires, les changements de règles et les nouveaux critères de sélection au fil des ans (Bell *et al.*, 2008; Montgomery, 2006; Sigmund *et al.*, 2016; Sigmund *et al.*, 2015). Par exemple, plusieurs changements de règles de la LNH ont amélioré le déroulement du jeu, augmenté le jeu offensif et réduit la capacité du gardien de but à jouer la rondelle dans certaines zones de glace.

En effet, lors de la saison 2003-2004, les équipes ont réalisé en moyenne 348 avantages numériques alors que ce nombre est passé à 480 en 2005-2006 (Bell *et al.*, 2008). En conséquence, une augmentation du nombre d'avantages numériques a augmenté la demande physique des gardiens de but les obligeant ainsi, à développer un niveau de forme physique plus élevé que les années précédentes. Par conséquent, un gardien de but doit être en meilleure forme physique pour supporter de telles exigences d'activité physique.

## 5.1 Profil physiologique des gardiens de but

### 5.1.1 Description

Tout d'abord, les gardiens de but PM sont beaucoup plus âgés que les AM. En effet, la maturité biologique est un prédicteur de sélection dans des camps de hockey pour déterminer quels joueurs accéderont à des niveaux de jeu plus élevés (Sherak *et al.*, 2007). Les écarts d'âge observés entre les gardiens de but AM et AF peuvent s'expliquer par la différenciation de la structure des niveaux de hockey entre les hommes et les femmes (Weir *et al.*, 2010). Les femmes restent plus longtemps au niveau amateur parce qu'il existe moins de ligues féminines que de ligues masculines et elles ont moins d'occasions de participer au niveau élite (Weir *et al.*, 2010).

### 5.1.2 Anthropométrie

La taille entre les gardiens de but PM et AM ne diffère pas significativement (Tableau 4.1). Selon une étude de Sigmund *et al.* (Sigmund *et al.*, 2016), il a été observé que la taille des gardiens de but professionnels a augmenté récemment. La longueur des membres leur permet de couvrir une plus grande surface du but. Avant que la LNH n'apporte plusieurs changements aux règles en 2005-06, les défenseurs étaient les joueurs les plus grands et les plus lourds, suivis des attaquants et enfin des

gardiens (Agre *et al.*, 1988; Quinney *et al.*, 2008; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Depuis environ une dizaine d'années, les gardiens de but sont les plus grands par rapport à leurs coéquipiers avec une taille moyenne de 188,98 cm (Kutáč et Kopecký, 2015; Martin Sigmund *et al.*, 2015). Cependant, après notre recherche initiale, une étude publiée en 2020 de Vigh-Larsen *et al.* n'a trouvé aucune différence de taille entre les attaquants, défenseurs et gardiens professionnels finlandais et danois (Vigh-Larsen *et al.*, 2020). La taille des gardiens de but de l'étude est similaire à celle du tableau 4.1 avec  $189,1 \pm 5,2$  cm pour les gardiens finlandais et  $185,2 \pm 7$  cm pour les danois (Vigh-Larsen *et al.*, 2020).

Les gardiens de but PM sont significativement plus lourds que les gardiens de but AM. Ce constat peut s'expliquer par les nombreuses heures consacrées aux entraînements en force et en aérobie chez les PM comparativement au AM (Hoff *et al.*, 2005; Ransdell et Murray, 2011). Selon la littérature scientifique, des différences de poids existent entre les attaquants, les défenseurs et les gardiens de but. La plupart des études ont montré que les gardiens de but sont tout aussi lourds que les attaquants et plus légers que les défenseurs (Agre *et al.*, 1988; Delisle-Houde, Reid, Insogna, Chiarlitti, *et al.*, 2019; Quinney *et al.*, 2008; Sigmund *et al.*, 2016; Martin Sigmund *et al.*, 2015; Twist et Rhodes, 1993). Cependant, une étude de Vigh-Larsen *et al.* (Vigh-Larsen *et al.*, 2020) n'a trouvé aucune différence chez les joueurs finlandais (F :  $86,1 \pm 8,4$  kg, D :  $86,2 \pm 6,8$  kg, G :  $86,5 \pm 6,9$  kg) et danois (F :  $84,1 \pm 7,8$  kg, D :  $84,5 \pm 9,0$  kg, G :  $82,6 \pm 6,1$  kg). De plus, peu importe le niveau de jeu ou du sexe, le pourcentage de masse grasse (%MG) plus élevé chez les gardiens de but peut s'expliquer par les exigences cardiovasculaires plus faibles de cette position (Agre *et al.*, 1988; Burr *et al.*, 2008; Houston et Green, 1976; Quinney *et al.*, 2008; Sidhu *et al.*, 1984; Stanzione *et al.*, 2020; Szmatlan-Gabryś *et al.*, 2014; Twist et Rhodes, 1993; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Stanzione, Dardarian et ses collègues (Stanzione *et al.*, 2020) ont également observé un MG% plus élevé chez les gardiens de but ( $19,2 \pm 4,4$  %) par rapport aux attaquants ( $15,3 \pm 2,3$  %) et aux défenseurs

( $14,4 \pm 2,6$  %) (Stanzione *et al.*, 2020). Le MG% influence la performance de patinage. En effet, une masse corporelle plus élevée augmente la résistance de friction entre la lame du patin et la glace, ce qui nécessite une plus grande quantité d'énergie pour patiner à une vitesse spécifique (Green *et al.*, 2006). Les gardiens de but ne patinent pas sur de grandes distances, comme le font les défenseurs et les attaquants. Un %MG plus élevé chez les gardiens ne devrait pas être un critère de sélection, car son impact sur son patinage n'est pas prioritaire à des fins de performance (Delisle-Houde, Reid, Insogna, Prokop, *et al.*, 2019; Green *et al.*, 2006; Potteiger *et al.*, 2010). En plus, le MG% supplémentaire chez les gardiens peut agir comme une barrière protectrice contre les contacts physiques et les blessures subséquentes (Delisle-Houde, Reid, Insogna, Prokop, *et al.*, 2019).

### 5.1.3 Capacité aérobie

Le métabolisme aérobie est une composante essentielle chez les gardiens de but afin de récupérer entre les périodes d'intensité courte et élevée, maintenir une position d'alerte pendant de longues périodes et effectuer de nombreux arrêts pendant de courtes périodes d'intensité (Kilpivaara et Häkkinen, 2012). Il est surprenant que les gardiens de but AM aient un  $VO_2\text{max}$  significativement plus élevé que les PM (tableaux 4.1 et 4.3). Cette différence peut s'expliquer par le fait que les gardiens de but PM passent plus de temps en pratique, à développer des tactiques et des stratégies, contrairement au temps que les AM consacrent à l'entraînement aérobie. De plus, des études antérieures ont observé que les gardiens de but AF (Geithner, 2009), AM (Kilpivaara et Häkkinen, 2012; Montgomery, 1988) et PM (Montgomery, 1988; Twist et Rhodes, 1993) ne subissent aucune ou seulement une petite élévation de BLA par rapport à leurs niveaux de repos. Il montre que les gardiens de but ont suffisamment de temps pour resynthétiser l'ATP et la PCr pour récupérer entre leurs actions rapides et explosives (Kilpivaara et Häkkinen, 2012; Richard *et al.*, 1995; Twist et Rhodes, 1993). En effet, selon une étude menée par Richard *et al.* (Richard

*et al.*, 1995), les actions d'intensité faible, modérée et élevée représentaient 75,2 %, 21,6 % et 3,2 % du temps de jeu, respectivement, chez les jeunes gardiens de but non élites. De plus, Montgomery (Montgomery, 1988; Montgomery, 1979) a montré que la fréquence cardiaque moyenne (FCmoyenne) de 9 gardiens de but récréatifs était de 143 battements par minute (bpm), soit environ 64 % de leur fréquence cardiaque maximale (FCmax). Tout au long d'un match de hockey, l'intensité de jeu d'un gardien de but est généralement à un niveau qui nécessite une grande contribution du métabolisme aérobie (Kilpivaara et Häkkinen, 2012).

Selon nos résultats, les comparaisons entre les évaluations de la capacité aérobie maximale sur glace et hors glace chez les gardiens de but sont manquantes. Par conséquent, la littérature se compose principalement d'essais hors glace. Des tests sur glace fourniraient des évaluations plus précises du VO<sub>2</sub>max et du seuil de lactate, puisqu'ils nécessitent une activation de la masse musculaire plus élevée que la course ou le cyclisme, et ils correspondent plus étroitement aux exigences du hockey sur glace (Janot *et al.*, 2015; Nightingale *et al.*, 2013). Sur les huit articles qui ont évalué la VO<sub>2</sub>max hors glace, cinq ont conclu qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les attaquants, les défenseurs et les gardiens de but (Agre *et al.*, 1988; Geithner *et al.*, 2006; Houston et Green, 1976; Ransdell *et al.*, 2013; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Les résultats de cette revue montrent que les gardiens de but ont des capacités aérobiques maximales similaires à celles des défenseurs et des attaquants lorsque la VO<sub>2</sub>max est évaluée en courant (voir le tableau 4.3). Une explication potentielle de cette similitude est que la biomécanique de la course est plus proche du patinage que du cyclisme, car, le patinage repose davantage sur les impulsions que sur le cycle étirement-raccourcissement (Nightingale *et al.*, 2013). De plus, les mouvements verticaux et latéraux sont fréquemment effectués par les gardiens de but et peuvent être reproduits plus facilement en courant plutôt qu'en vélo (Bell *et al.*, 2008; Janot *et al.*, 2015). Ainsi, la course à pied est une option plus transférable que le cyclisme si les tests sur glace ne sont pas possibles. Enfin, la variété des tests hors

glace utilisés pour évaluer la capacité aérobie peut avoir influencé les résultats du Vo<sub>2</sub>max entre le hors glace et sur glace dans la littérature (Peterson *et al.*, 2015; Peyer *et al.*, 2011).

#### 5.1.4 Puissance et capacité anaérobie

La puissance et la capacité anaérobie sont deux composantes bien connues pour leur importance cruciale afin de performer dans le hockey (Montgomery, 1988). Les actions du gardien de but sont caractérisées par des mouvements rapides, répétitifs, explosifs et de courtes durées espacées de période d'action de moindre intensité ou de repos (Twist et Rhodes, 1993). Les gardiens de but PM produisent significativement un plus haut pic de puissance relative que les gardiens de but AM pour le WG de 30 s (tableau 4.1). Des recherches antérieures ont montré que les joueurs universitaires américains de Division I présentent une capacité anaérobie plus élevée que les joueurs de niveau inférieur de Division III (Peterson *et al.*, 2015). De plus, la capacité anaérobie s'avère un prédicteur important pour la sélection de l'équipe (Roczniok *et al.*, 2013).

Chez les attaquants et les défenseurs, il a été démontré que le 30-s WG est le test le plus couramment utilisé pour évaluer la puissance et la capacité anaérobie en raison de sa corrélation avec les performances de sprint sur glace (Cox *et al.*, 1995; Ebben *et al.*, 2004; Montgomery, 1988; Roczniok *et al.*, 2014). Néanmoins, selon le meilleur de nos connaissances, aucune étude n'a été menée sur les gardiens de but pour comparer les tests anaérobies hors glace et sur glace. Selon le tableau 4.3, la performance des gardiens de but PM et AM lors de l'exécution du test 30-s WG est inférieure à celle de leurs coéquipiers à d'autres positions (Burr *et al.*, 2008; Twist et Rhodes, 1993; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Mascaro *et al.* ont suggéré que la performance inférieure des gardiens de but au test WG 30-s peut s'expliquer par le fait qu'ils ne reçoivent aucun entraînement dédié à l'augmentation de la performance

de vitesse comme c'est le cas chez les attaquants et les défenseurs (Mascaro *et al.*, 1992). En revanche, une étude de Cox *et al.*, utilisant un protocole de 45 sec plutôt que l'approche courante de 30 sec pour le test WG, n'a trouvé aucune différence de performance significative entre les gardiens de but et les joueurs des autres positions (Cox *et al.*, 1995). Ce résultat peut s'expliquer par le fait qu'un test WG de 45 sec engage une intensité plus faible (% VO<sub>2</sub>peak), et un recrutement plus important du métabolisme aérobie qui sont plus proches des exigences positionnelles d'un gardien de but que le test WG de 30 s (Calbet *et al.*, 1997).

Selon le tableau 4.3, les évaluations de la capacité anaérobie par la course à pied ne montrent pas de différences entre les positions des joueurs. Par contre, celles utilisant le vélo provoquent un résultat significativement plus faible chez les gardiens de but. La mécanique de course est peut être davantage similaire aux actions de poussée du gardien que celle du vélo. Les joueurs de hockey qui courent vite seront davantage capables de patiner rapidement et de maintenir un rendement d'effort élevé pendant leur temps de glace (Bracko et George, 2001). Le 40-YD est un bon prédicteur de la vitesse de patinage chez les joueuses de hockey sur glace (Bracko et George, 2001). Les résultats du 40 verges peuvent être utilisés pour prédire la capacité anaérobie avec la formule développée par Watson et Sargeant (Bracko et George, 2001; Krause *et al.*, 2012). Enfin, le sprint de 40 verges pourrait être une bonne option pour l'évaluation hors glace si l'évaluation sur glace n'est pas possible, car les résultats de ce test sont considérés comme de bons prédicteurs de la performance en patinage (Bracko et George, 2001).

#### 5.1.5 Force et endurance musculaire

Nos analyses ont montré que les gardiens de but ont des résultats de force dynamique et isométrique inférieurs à ceux de leurs coéquipiers (Burr *et al.*, 2008; Quinney *et al.*, 2008; Twist et Rhodes, 1993; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Toutes les

évaluations de la force du haut du corps réalisé par Vescovi *et al.* et Burr *et al.* montrent que les gardiens de but ont moins de force et d'endurance que les attaquants et les défenseurs (Burr *et al.*, 2008; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Cette différence ne doit pas être considérée comme une faiblesse pour les gardiens de but, car la force du haut du corps n'est pas la composante essentielle pour remplir leur rôle adéquatement (Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). Néanmoins, en raison de leur position vulnérable, une force du haut du corps minimal est tout de même nécessaire pour les protéger des contacts et tenir fermement leur bâton (Kilpivaara et Häkkinen, 2012). Une seule étude a présenté des résultats sur la force du haut du corps avec les AF : Ransdell *et al.* (Ransdell *et al.*, 2013) ont évalué des joueuses sur des *pull-up*. Par contre, si les joueuses n'étaient pas capables de faire un *pull-up*, elles se faisaient tester sur le *inverted row*. Aucune différence significative n'a été notée entre les attaquants, les défenseurs et les gardiens de but AF.

Selon une étude de Quinney *et al.*, les équipes qui ont le plus de succès dans la LNH ont une force de préhension combinée supérieure à celles qui en ont moins (Quinney *et al.*, 2008). Ce constat suggère que la force de préhension isométrique est importante pour la performance au hockey. Le tableau 4.2 indique que la force de préhension isométrique combinée des gardiens de but PM est significativement plus élevée que celle des gardiens AM (Quinney *et al.*, 2008; Twist et Rhodes, 1993). Cependant, nos résultats montrent que les gardiens de but ont une force de préhension inférieure à celle de leurs coéquipiers. Ce résultat est surprenant puisque les gardiens doivent résister aux forces de rotation au niveau de leurs poignets afin d'attraper et d'arrêter avec leur bâton des tirs atteignant des vitesses allant jusqu'à 50-70 mph et même jusqu'à 70 à 90 mph (Alexander *et al.*, 1963; Brenner, 2013). De plus, les gardiens de but ont besoin d'une force de préhension adéquate pour contrôler et manœuvrer leur bâton (Brenner, 2013). Quoi qu'il en soit, il semble que la force de préhension soit un facteur plus important pour les attaquants et les défenseurs pour effectuer des tirs du poignet et des tirs frappés que pour les gardiens de but afin de

résister aux forces de rotation des tirs puissants (Haché, 2002; Laliberte, 2009). Finalement, bien que les tests de développé couché, le test de pompes et le test de poussée et tiré en isométrie soient généralement effectués pendant le NHLED Combine (Nightingale *et al.*, 2013), il existe peu de données provenant de ces évaluations chez les gardiens de but.

La position d'un gardien de but implique des exigences physiques et biomécaniques uniques, telles que : 1) un recrutement élevé des muscles adducteurs, fléchisseurs et rotateurs de la hanche qui sont cruciales dans les poussées des mouvements latéraux, 2) des membres inférieurs forts pour répéter la descente en position papillon, 3) une bonne endurance et force abdominale, qui sont nécessaires lors de brusques changements de direction pour effectuer des arrêts, et pour passer et dégager la rondelle avec leur bâton (Kilpivaara et Häkkinen, 2012; Mehta *et al.*, 2019). Par exemple, le tableau 4.2 démontre que les gardiens de but PM ont une endurance abdominale significativement plus élevée que les gardiens de but AM. Notre revue suggère que l'endurance abdominale est plus importante chez les gardiens de but PM. Au niveau national, les gardiens de but masculins doivent effectuer un minimum de 35 répétitions de redressements assis, ce qui est plus élevé que ceux effectués par les joueurs amateurs de l'étude de Quinney *et al.* (Quinney *et al.*, 1984). Comme indiqué dans le tableau 4.4, il n'existe aucune différence significative entre les positions des joueurs masculins aux niveaux professionnel et amateur lorsque l'endurance musculaire abdominale est évaluée à l'aide de redressements assis (Burr *et al.*, 2008; Quinney *et al.*, 2008; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). L'endurance abdominale est fondamentale pour tous les joueurs, quelle que soit la position qu'ils jouent, car elle permet une bonne stabilité pour effectuer des actions rapides (Quinney *et al.*, 2008). Il a été démontré qu'une forte stabilité du tronc améliore la puissance musculaire et la vitesse de mouvement des membres périphériques, ainsi que la force musculaire des membres inférieurs (Butcher *et al.*, 2007). De plus, une forte stabilité abdominale permet aux gardiens de but de garder un bon équilibre et de les protéger

contre les contacts (Mehta *et al.*, 2019). Un niveau élevé d'endurance abdominale peut réduire le risque de blessure et de lombalgie (Albert *et al.*, 2001; Quinney *et al.*, 1984, 2008). Par conséquent, l'évaluation de la stabilité abdominale serait pertinente chez les gardiens de but, car la stabilité abdominale peut avoir un impact sur la vitesse du mouvement vertical (Butcher *et al.*, 2007).

#### 5.1.6 Puissance musculaire

Dans le NHLED Combine, le VJ et le LJ sont utilisés pour mesurer la puissance des membres inférieurs (Burr *et al.*, 2008; Nightingale *et al.*, 2013; Vescovi, Murray, Fiala, *et al.*, 2006). Étonnamment, aucune étude examinant la puissance musculaire sur le VJ et le LJ n'a été trouvée chez les gardiens PM. Cependant, en 2020, Vigh-Larsen *et al.* (Vigh-Larsen *et al.*, 2020) n'ont montré aucune différence de performance significative entre la position des joueurs d'élite danois et finlandais pour le saut vertical de type *countermovement jump* (Vigh-Larsen *et al.*, 2020). Le VJ s'est avéré être un prédicteur très cohérent de l'accélération et de la vitesse chez les joueurs masculins et féminins de hockey sur glace (Bracko et George, 2001; Farlinger *et al.*, 2007; Haukali et Tjelta, 2015; Janot *et al.*, 2015; Krause *et al.*, 2012; Mascaro *et al.*, 1992; Runner *et al.*, 2016). De plus, il a été démontré que le VJ est fortement corrélé avec la puissance d'extension du genou à 180 degrés (Mascaro *et al.*, 1992), une action biomécanique fréquemment utilisée par les gardiens de but (Bell *et al.*, 2008; Kilpivaara et Häkkinen, 2012). Le temps de réaction et la rapidité à bouger sont des qualités cruciales pour un gardien de but (Bell *et al.*, 2008). De même, les tests neuromusculaires sont reconnus comme l'un des paramètres les plus importants à tester chez ces joueurs (Bell *et al.*, 2008; Kilpivaara et Häkkinen, 2012; Sinclair et Moyls, 1979; Twist et Rhodes, 1993; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006). En excluant l'étude de Burr *et al.*, 2008, la plupart des études n'ont trouvé aucune différence statistique entre les positions pour le VJ (Geithner *et al.*, 2006; Ransdell *et al.*, 2013; Vescovi, Murray, et Vanheest, 2006) et LJ (Ransdell *et al.*, 2013; Vescovi,

Murray, et Vanheest, 2006) au niveau amateur, qu'il soit effectué par des hommes ou femmes (tableau 4.4). Le même résultat a été observé dans l'étude de Vigh-Larsen *et al.* sur les joueurs d'élite finlandais et danois (Vigh-Larsen *et al.*, 2020). Il y a plusieurs explications à ces résultats. Premièrement, le VJ nécessite l'activation des mêmes groupes musculaires que l'une des actions les plus exécutées par les gardiens de but, qui consiste à descendre dans la position du papillon à partir de la position de base et à se relever à une ou deux jambières (Bell *et al.*, 2008; Kilpivaara et Häkkinen, 2012). Deuxièmement, contrairement au VJ, le LJ est associé à un plus grand recrutement des muscles du tronc (Okubo *et al.*, 2013) et du haut du corps (Castro-Piñero *et al.*, 2010), ce qui est similaire au recrutement musculaire lors de la propulsion d'une action sur glace d'avant en arrière (Bell *et al.*, 2008; Kilpivaara et Häkkinen, 2012). Meylan *et al.* (Meylan *et al.*, 2009) ont également constaté que ces types de sauts mesuraient différentes qualités de puissance des jambes et ne devraient pas être utilisés de manière interchangeable. Finalement, l'absence de différences entre les positions peut refléter le fait que la puissance du bas du corps est tout aussi importante pour les joueurs de hockey sur glace, quelle que soit la position dans laquelle ils jouent, car elle leur permet de générer de puissantes contractions musculaires en peu de temps (Bracko et Fellingham, 2001).

#### 5.1.7 Flexibilité

La flexibilité et la mobilité sont des éléments importants pour la condition physique des gardiens de but. L'articulation de la hanche du gardien doit bouger dans les trois axes de mouvements soient antéro-postérieur, transversal et longitudinal, pour réagir correctement aux changements soudains de jeu, effectuer des arrêts et réduire le risque de blessure (Bell *et al.*, 2008; Kilpivaara et Häkkinen, 2012; MacIntyre *et al.*, 2015; Mehta *et al.*, 2019). En effet, la rotation interne maximale de la hanche du gardien arrive 32,6% du temps en patinant et 21,2% en maintenant la position du papillon (Tramer *et al.*, 2015). La position du papillon nécessite des degrés de

mouvement important au niveau de la hanche pour bien récupérer les arrêts et décélérer pendant le patinage (Durocher *et al.*, 2010; Haukali et Tjelta, 2015). Le maintien de cette position pendant de longues périodes peut être un précurseur d'un conflit fémoro-acétabulaire symptomatique (FAI), fréquemment observé chez les gardiens de but (Kuhn *et al.*, 2016; Pierce *et al.*, 2013; Tramer *et al.*, 2015). Pour diminuer les risques d'une telle blessure, il serait important de conscientiser les jeunes gardiens sur le FAI et d'être attentif aux degrés de rotation interne de leur hanche qu'ils exécutent. L'absence de différences significatives entre les niveaux de ligue peut potentiellement s'expliquer par le fait que les gardiens de but ont besoin d'une bonne mobilité des hanches et d'une bonne flexibilité pour remplir leur rôle indépendamment de leur niveau de jeu.

#### 5.1.8 Évaluation physique sur glace

Les tests CSTA et 6.10-mAS sont des tests sur glace couramment utilisés pour évaluer l'agilité et la vitesse du patinage, respectivement, chez les joueurs de hockey sur glace (Bracko et Fellingham, 2001; Geithner, 2009; Geithner *et al.*, 2006; Henriksson *et al.*, 2016). Selon les résultats de notre revue systématique, la plupart des études (Bracko et Fellingham, 2001; Geithner, 2009; Henriksson *et al.*, 2016) ont utilisé ces deux tests sur glace pour évaluer les joueurs de hockey, mais elles n'ont pas précisé les résultats des tests pour les gardiens de but. Cependant, une étude de Geithner *et al.* (Geithner *et al.*, 2006) ont utilisé ces 2 mêmes tests sur glace pour évaluer les gardiens de but, les défenseurs et les attaquants. Dans leur étude, la performance des gardiens de but au test CSTA était inférieure à celle des défenseurs et des attaquants. En revanche, la performance des gardiens de but au test 6.10-mAS n'a pas montré de différence significative par rapport à la performance des défenseurs et des attaquants. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que le CSTA représente

fidèlement la biomécanique du patinage de jeu des attaquants et des défenseurs, mais pas celle des actions du gardien (Bracko et Fellingham, 2001).

Une étude récente a récolté sur 17 ans le VO<sub>2</sub>max relatif de joueurs de hockey sur glace professionnels à l'aide du *Skating Multistage Aerobic Test* (SMAT) et le test de glace intermittent 30-15 (30-15 IIT). Le VO<sub>2</sub>max relatif était mesuré lors de camps d'entraînement pré-saison d'une organisation de la LNH (Ferland *et al.*, 2021). Finalement, le VO<sub>2</sub>max relatif n'a montré aucune différence significative entre les générations, le niveau de jeu et la position de jeu (excluant les gardiens), seulement la East Coast Hockey League (ECHL) avait des résultats plus faibles. L'étude n'a également montré aucune relation entre les valeurs de VO<sub>2</sub>max et les statistiques de carrière de la LNH (Ferland *et al.*, 2021). Enfin, notre revue n'a trouvé aucune étude ayant effectué des évaluations sur glace spécialement conçues pour les gardiens de but. Ce domaine mérite une plus grande attention de la part des scientifiques du sport.

## 5.2 Applications pratiques

En comprenant la relation entre les variables examinées dans notre revue systématique, il est possible d'établir une gamme de réponses physiologiques qui sont souhaitables pour déterminer la performance physique des gardiens de but de hockey sur glace. Les résultats des tableaux 4.1 et 4.2 pourraient servir de valeurs de référence pour les préparateurs physiques (SCS) lorsqu'ils travaillent avec des gardiens de but de différents niveaux. Nos résultats montrent que des tests aérobies et anaérobies sont effectués, mais on ne sait toujours pas quels tests sont les plus pertinents pour évaluer la performance des gardiens de but. Le *30-15 IIT*, le *5-10-5 Pro-Agility* test et le *Maximal Yo-Yo Intermittent Recovery Level 1 Ice Hockey Test* seraient intéressants pour évaluer la capacité aérobique des gardiens de but en raison de la nature intermittente du hockey (Ferland *et al.*, 2021; Vigh-Larsen *et al.*, 2020).

Par conséquent, SCS devrait se concentrer sur le test de redressements assis et de préhension, de la puissance des membres inférieurs et de la flexibilité avec les gardiens de but. Enfin, il est clair que les gardiens de but nécessitent des entraînements et des tests spécifiques adaptés à leur position.

### 5.3 Limites

De manière générale, notre revue comportait plusieurs limites. Tout d'abord, certaines études avaient un nombre faible de participants, ce qui a potentiellement affecté la représentativité des résultats. Deuxièmement, certaines études différaient dans l'homogénéité de leurs participants (c'est-à-dire l'âge et le niveau de jeu) et dans la mise en œuvre de leurs interventions, certaines ne mentionnaient pas non plus la position des joueurs.es. Troisièmement, l'équipement et les tests utilisés pour évaluer des composantes spécifiques de la condition physique n'étaient pas les mêmes dans toutes les études. Ainsi, sur la base de ces facteurs, nous devons supposer que les tailles d'effet variaient dans les différentes études.

## CHAPITRE VI

### CONCLUSION

L'objectif de cette revue était de présenter toutes les recherches scientifiques originales publiées sur la physiologie et les tests physiques des gardiens de but de hockey sur glace. La taille d'un gardien de but influencera la zone du but qui peut être couverte. Par conséquent, les joueurs plus grands sont priorisés lors de la sélection de l'équipe. Les tests aérobies des gardiens de but sont importants, car la plupart de leurs actions reposent principalement sur la contribution du métabolisme aérobie. Néanmoins, la puissance anaérobie est également essentielle pour exécuter des mouvements rapides et explosifs pour sauver la rondelle. Les qualités de force doivent mettre l'accent sur la force musculaire du tronc et la force de préhension. Enfin, avoir des hanches mobiles et une bonne flexibilité globale des membres inférieurs sont essentiels à la performance du gardien de but. Ce profil n'est que partiel, car il existe seulement une quantité limitée de données pour les gardiens de but dans la littérature actuelle. Cette limite peut s'expliquer par le fait que les chercheurs doivent recruter des gardiens de but dans de nombreuses équipes pour atteindre une taille d'échantillon acceptable afin d'effectuer des évaluations sur glace valides et fiables. La littérature semble montrer que peu d'attention a été accordée aux tests des gardiens de but. Néanmoins, les résultats de cette recherche doivent être interprétés avec prudence, car plusieurs protocoles différents ont été utilisés pour mesurer le même paramètre.

Cette revue met de l'avant les différences entre les positions et fournit un premier profil d'un gardien de hockey sur glace de niveau professionnel de sexe masculin et de niveau amateurs de sexe masculin et féminin. Nous avons trouvé plusieurs lacunes dans la littérature actuelle, telles qu'un faible nombre d'études sur les joueuses, un manque de distinction entre les positions dans la section des tests et un manque de précision dans les méthodes et les protocoles utilisés dans certaines études. Les athlètes, quel que soit leur sport, doivent être entraînés de manière spécifique. Les tests sont importants, car ils peuvent révéler les forces et les faiblesses d'un athlète.

Finalement, en regroupant toutes les informations du présent travail, les jeunes gardiens de but devraient travailler sur ces habiletés motrices et cognitives : la coordination intersegmentaire, l'orientation spatiale, la dextérité digitale, la stabilité bras-main, l'acuité visuelle, le temps de réaction, la vitesse du mouvement, la dextérité manuelle, des compétences physiques (force dynamique/explosive, coordination corporelle globale, l'endurance cardio-vasculaire) et la sensibilité kinesthésique. Pour agir rapidement, je mettrais également l'emphase sur la pratique du temps de réaction (spécifiquement sur le temps de réaction de choix), l'orientation et l'intégration de la réponse (nécessitant un choix rapide entre de nombreuses possibilités de mouvement). De manière plus générale, les préparateurs physiques (SCS) devraient se concentrer sur la force, la puissance et l'endurance musculaire des gardiens de but. Les tests qui sont indispensables pour les gardiens de but sont : le countermovement vertical jump, le countermovement jump, standing long jump, Keiser squat, le 5-10-5 Agility test sur glace si possible ou sinon, hors glace (Boland *et al.*, 2019; Vigh-Larsen *et al.*, 2019). Bien que les gardiens de but semblent posséder une plus grande force dans les muscles du bas du corps, les SCS devraient prendre le temps d'améliorer la force du haut du corps pour les protéger contre des blessures potentielles lors de contact. D'après les entrevues téléphoniques auprès d'entraîneurs et des gardiens de but (A. Cousineau, M. Dopub, O. Gervais, D. Graham, L.-P. Guindon, J.-P. Hamel, O. Lacroix, M. Ouellette, E. Salvail,

conversations téléphoniques, 6 novembre 2019), les gardiens de but ont besoin d'une certaine force mentale, la capacité de soutenir leur concentration, une acuité visuelle, un temps de réaction extrêmement rapide et de l'équilibre. Ainsi, sur la base des résultats présentés dans ce travail, des évaluations spécifiques devraient être créées pour les gardiens de but, car leurs exigences en matière de poste/rôle sont très différentes de celles de leurs coéquipiers.

Plusieurs avenues de recherches futures sont possibles en plus des suggestions émises précédemment. Voici quelques propositions; développer un test physique sur glace pour évaluer leur capacité anaérobie en respectant leur zone de but, développer un Combine pour les hockeuses, développer un test physique sur glace et hors glace pour évaluer leur temps de réaction.

## BIBLIOGRAPHIE

- Agre, J. C., Casal, D. C., Leon, A. S., McNally, C., Baxter, T. L., et Serfass, R. C. (1988). Professional ice hockey players : Physiologic, anthropometric, and musculoskeletal characteristics. *Arch Phys Med Rehabil.*, 69(3 Pt 1), 188-192.
- Akermark, C., Jacobs, I., Rasmusson, M., et Karlsson, J. (1996). Diet and muscle glycogen concentration in relation to physical performance in Swedish elite ice hockey players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 6(3), 272-284.
- Albert, W. J., Bonneau, J., Stevenson, J. M., et Gledhill, N. (2001). Back fitness and back health assessment considerations for the canadian physical activity, fitness and lifestyle appraisal. *Can J Appl Physiol.*, 26(3), 291-317.
- Alexander, J. F., Haddow, J. B., et Schultz, G. A. (1963). Comparison of the ice hockey wrist and slap shots for speed and accuracy. *Res Q Am Assoc Health Phys Educ Recr.*, 34(3), 259-266. doi: 10.1080/10671188.1963.10613232
- Allard, P. (2018). *Suivi longitudinal de la charge externe de joueurs professionnels de hockey sur glace au cours d'une saison* (Mémoire de maîtrise). Université de Montréal. Récupéré de <http://hdl.handle.net/1866/22278>
- Allisse, M., Sercia, P., Comtois, A.-S., et Leone, M. (2017). Morphological, Physiological and Skating Performance Profiles of Male Age-Group Elite Ice Hockey Players. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 87-97. doi:10.1515/hukin-2017-0085
- Avery, M., Wattie, N., Holmes, M., et Dogra, S. (2018). Seasonal Changes in Functional Fitness and Neurocognitive Assessments in Youth Ice-Hockey Players. *J Strength Cond Res.*, 32(11), 3143-3152. doi:10.1519/JSC.0000000000002399

- Bell, G. J., Snyder, G. D., et Game, A. B. (2008). An investigation of the type and frequency of movement patterns of National Hockey League goaltenders. *Int J Sports Physiol Perform.*, 3(1), 80-87. doi:10.1123/ijsp.3.1.80
- Besson, C., Buchheit, M., Praz, M., Dériaz, O., et Millet, G. P. (2013). Cardiorespiratory responses to the 30-15 intermittent ice test. *Int J Sports Physiol Perform.*, 8(2), 173-180.
- Billat, V., L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztein, J.-P., et Mercier, J. (2003). The concept of maximal lactate steady state : A bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med.*, 33(6), 407-426. doi:10.2165/00007256-200333060-00003
- Bizzini, M., Gorelick, M., et Drobny, T. (2006). Lateral meniscus repair in a professional ice hockey goaltender : A case report with a 5-year follow-up. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 36(2), 89-100. doi:10.2519/jospt.2006.36.2.89
- Boland, M., Delude, K., et Miele, E. M. (2019). Relationship between physiological off-ice testing, on-ice skating, and game performance in division I Female Ice Hockey Players. *J Strength Cond Res.*, 33(6), 1619-1628. doi:10.1519/JSC.0000000000002265
- Boucher, G. (2013). *Les effets de dialogue interne sur le processus de décision chez les jeunes joueurs élités de hockey sur glace* (Mémoire de maîtrise). Université de Montréal. Récupéré de <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/11734>
- Bracko, M.R., et Fellingham, G. W. (2001). Comparison of physical performance characteristics of female and male ice hockey players. *Pediatr Exerc Sci.*, 13, 26-34. doi:10.1123/pes.13.1.26
- Bracko, M.R., et George, J. D. (2001). Prediction of ice skating performance with off-ice testing in women's ice hockey players. *J Strength Cond Res.*, 15(1), 116-122.
- Braverman, D., et Deneufbourg, T. (2019, juin). *Camp de dépistage de la LNH: Le potentiel avant tout*. Récupéré de <https://www.nhl.com/fr/canadiens/news/camp-de-depistage-de-la-lnh-le-potentiel-avant-tout-trevor-timmins-pierre-allard-jesper-kotkaniemi-shea-weber/c-307643428>.

- Brenner, C. (2013). *Hockey Goalie Stick. U.S. Patent No 9 101 804 B2* (Brevet américain). Lanesborough, MA : U.S. Patent and Trademark Office.
- Brocherie, F., Babault, N., Cometti, G., Maffiuletti, N., et Chatard, J.-C. (2005). Electrostimulation training effects on the physical performance of ice hockey players. *Med Sci Sports Exerc.*, 37(3), 455-460.  
doi:10.1249/01.MSS.0000155396.51293.9F
- Buchheit, M., Lefebvre, B., Laursen, P. B., et Ahmaidi, S. (2011). Reliability, usefulness, and validity of the 30-15 intermittent ice test in young elite ice hockey players. *J Strength Cond Res.*, 25(5), 1457-1464.  
doi:10.1519/JSC.0b013e3181d686b7
- Buck, D. (2013). *Seasonal changes in various performance measurements in ice-hockey players.* (Mémoire de maîtrise). The Swedish School Of Sports And Health Sciences. Récupéré de <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:676929/FULLTEXT01.pdf>
- Burr, J. F., Jamnik, R. K., Baker, J., Macpherson, A., Gledhill, N., et McGuire, E. J. (2008). 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
- Butcher, S. J., Craven, B. R., Chilibeck, P. D., Spink, K. S., Grona, S. L., et Sprigings, E. J. (2007). The effect of trunk stability training on vertical takeoff velocity. *J Orthop Sports Phys Ther.*, 37(5), 223-231.  
doi:10.2519/jospt.2007.2331
- Calbet, J., Chavarren, J., et Dorado, C. (1997). Fractional use of anaerobic capacity during a 30- and a 45-s Wingate test. *Eur J Appl Physiol.*, 76(4), 308-313.  
doi:10.1007/s004210050253
- Cameron, J. E., Cameron, J. M., Dithurbide, L., et Lalonde, R. N. (2012). Personality Traits and Stereotypes Associated with Ice Hockey Positions. *Journal of Sport Behavior*, 35(2), 109-124.
- Candra, A.R., Antika, E., Budiyanto, K. S., Sobihin, S., et Hermawan, H. (2020). How to increase the athletes psychological skills? : Design and development of self-talk guidance for athletes. *Proceedings of the 5th International Seminar of Public Health and Education, ISPHE 2020, 22 July 2020.*  
Doi:10.4108/eai.22-7-2020.2300246

- Canli, T., Zhao, Z., Desmond, J. E., Kang, E., Gross, J., et Gabrieli, J. D. E. (2001). An fMRI study of personality influences on brain reactivity to emotional stimuli. *Behavioral Neuroscience*, *115*(1), 33-42. doi:10.1037/0735-7044.115.1.33
- Carlton, L.G. (1992). Chapter 1 Visual processing time and the control of movement. *Vision and Motor Control*, *85*, 3-31. doi:10.1016/S0166-4115(08)62008-7
- Castro-Piñero, J., Ortega, F. B., Artero, E. G., Girela-Rejón, M. J., Mora, J., Sjöström, M., et Ruiz, J. R. (2010). Assessing muscular strength in youth : Usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *J Strength Cond Res.*, *24*(7), 1810-1817. doi:10.1519/JSC.0b013e3181ddb03d
- Chiarlitti, N. A., Delisle-Houde, P., Reid, R. E. R., Kennedy, C., et Andersen, R. E. (2018). Importance of Body Composition in the National Hockey League Combine Physiological Assessments: *Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(11), 3135-3142. doi:10.1519/JSC.0000000000002309
- Clark, J. M., Hoshizaki, T. B., et Gilchrist, M. D. (2017). Protective capacity of an ice hockey goaltender helmet for three events associated with concussion. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, *20*(12), 1299-1311. doi:10.1080/10255842.2017.1341977
- Clark, J. M., Taylor, K., Post, A., Hoshizaki, T. B., et Gilchrist, M. D. (2018). Comparison of Ice Hockey Goaltender Helmets for Concussion Type Impacts. *Annals of Biomedical Engineering*, *46*(7), 986-1000. doi:10.1007/s10439-018-2017-7
- Clark, J. M., Post, A., Hoshizaki, T. B., et Gilchrist, M. D. (2018). Distribution of Brain Strain in the Cerebrum for Ice Hockey Goaltender Impacts. *J Biomech Eng*, *140*(12), 30. doi:10.1115/1.4040605
- Costa Jr, P. T., et McCrae, R. R. (2003). Personality in adulthood : A five-factor theory perspective. *National Institute on Aging, NIH, DHHS*, 1-26. doi:10.4324/9780203428412
- Cox, M. H., Miles, D. S., Verde, T. J., et Rhodes, E. C. (1995). Applied physiology of ice hockey. *Sports Med.*, *19*(3), 184-201. doi:10.2165/00007256-199519030-00004
- De Muynck, G., Soenens, B., Delrue, J., Comoutos, N., et Vansteenkiste, M. (2020). Strengthening the assessment of self-talk in sports through a multi-method

- approach. *Scandinavian Journal of Medicine et Science in Sports*, 30(3), 602-614. doi:10.1111/sms.13609
- Degen, R. M., Fink, M. E., Callahan, L., Fibel, K., Ramsay, J., et Kelly, B. T. (2017). Internal carotid artery dissection after indirect blunt cervical trauma in an ice hockey goaltender. *American Journal of Orthopedics*, 46(3), E139-E143.
- Delisle-Houde, P., Chiarlitti, N. A., Reid, R. E. R., et Andersen, R. E. (2018). Relationship between physiologic tests, body composition changes, and on-ice playing time in Canadian Collegiate Hockey Players. *J Strength Cond Res.*, 32(5), 1297-1302. doi:10.1519/JSC.0000000000002507
- Delisle-Houde, P., Reid, R. E. R., Insogna, J. A., Chiarlitti, N. A., et Andersen, R. E. (2019). Seasonal changes in physiological responses and body composition during a competitive season in male and female elite collegiate ice hockey players. *J Strength Cond Res.*, 33(8), 2162-2169. doi:10.1519/JSC.0000000000002338
- Delisle-Houde, P., Reid, R. E. R., Insogna, J. A., Prokop, N. W., Buchan, T. A., Fontaine, S. L., et Andersen, R. E. (2019). Comparing DXA and Air Displacement Plethysmography to Assess Body Composition of Male Collegiate Hockey Players. *J Strength Cond Res.*, 33(2), 474-478. doi:10.1519/JSC.0000000000001863
- Dengel, D. R., Roelofs, E. J., Czeck, M. A., et Bosch, T. A. (2021). Male and female Collegiate Ice Hockey Athletes' body composition over competitive seasons. *Inter J Sports Med*. doi:10.1055/a-1489-8188
- Ditmars, S. (2013). *The relationship between self-efficacy, collective efficacy and sport performance in men's and women's ice hockey goaltender teams* (Mémoire de maîtrise). Brock University. Récupéré de <http://hdl.handle.net/10464/4965>
- Douglas, AS., et Kennedy, CR. (2020). Tracking in-match movement demands using local positioning system in world-class men's ice hockey. *J Strength Cond Res.*, 34(3), 639-646. doi:10.1519/JSC.0000000000003414
- Dreger, R., et Quinney, H. (1999). Development of a hockey-specific, skate-treadmill VO<sub>2</sub>max protocol. *Can J Appl Physiol.*, 24(6), 559-569.

- Durocher, J.J., Guisfredi, A.J., Leetun, D.T., et Carter, J.R. (2010). Comparison of on-ice and off-ice graded exercise testing in collegiate hockey players. *Appl Physiol Nutr Metab.*, 35(1), 35-39. doi:10.1139/H09-129
- Durocher, J.J., Jensen, D. D., Arredondo, A. G., Leetun, D. T., et Carter, J. R. (2008). Gender differences in hockey players during on-ice graded exercise. *J Strength Cond Res.*, 22(4), 1327-1331. doi:10.1519/JSC.0b013e31816eb4c1
- Durocher, J.J., Leetun, D. T., et Carter, J. R. (2008). Sport-specific assessment of lactate threshold and aerobic capacity throughout a collegiate hockey season. *Appl Physiol, Nutr, Metab.*, 33(6), 1165-1171. doi:10.1139/H08-107
- Ebben, W. P., Carroll, R. M., et Simenz, C. J. (2004). Strength and conditioning practices of national hockey league strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res.*, 18(4), 889-897.
- Epstein, D. (2009). Painfully Hip. *Sports Illustrated*, 110(11), 50-50.
- Epstein, D. M., McHugh, M., Yorrio, M., et Neri, B. (2013). Intra-articular hip injuries in national hockey league players : A descriptive epidemiological study. *American Journal of Sports Medicine*, 41(2), 343-348. doi:10.1177/0363546512467612
- Fairshter, R.D., Walters, J., Salness, K., Fox, M., Minh, V.-D., et Wilson, A. F. (1983). A comparison of incremental exercise tests during cycle and treadmill ergometry. *Med Sci Sports Exerc.*, 15(6), 549-554.
- Farlinger, C., Kruisselbrink, L., et Fowles, J.R. (2007). Relationships to skating performance in competitive hockey players. *J Strength Cond Res.*, 21(3), 915-922.
- Ferland, P.M., Marcotte-L'Heureux, V., Roy, P., Carey, V., Charron, J., Lagrange, S., Leone, M., et Comtois, A.S. (2021). Maximal oxygen consumption requirements in professional north american ice hockey. *J Strength Cond Res.*, 35(6): 1586-1592.
- Frayne, R. J. (2016). *The Effects of Ice Hockey Goaltender Leg Pads on Safety and Performance* (Mémoire de maîtrise). University of Western Ontario. Récupéré de <https://ir.lib.uwo.ca/etd/4221>

- Frayne, R. J., Kelleher, L. K., Wegscheider, P. K., et Dickey, J. P. (2015). Development and verification of a protocol to quantify hip joint kinematics : An evaluation of ice hockey goaltender pads on hip motion. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(9), 2157-2163. doi:10.1177/0363546515588941
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., et Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol.*, 75(2), 712-719. doi: 10.1152/jappl.1993.75.2.712
- Game, A. B., et Bell, G. J. (2006). The effect of a competitive season and environmental factors on pulmonary function and aerobic power in varsity hockey players. *Appl Physiol Nutr Metab.*, 31(2), 95-100. doi:10.1139/h05-005
- Garbe, N., et Salvolainen, K. (2013). *Goal scoring analysis based on team level in National Hockey League in the season 2006/ 2007* (Mémoire de maîtrise). Haaga-Helia University of applied sciences. Récupéré de [www.theseus.fi/handle/10024/59885](http://www.theseus.fi/handle/10024/59885)
- Geithner, C. (2009). Predicting performance in women's ice hockey. In : *Advances in Strength and Conditioning Research*. Duncan M, Lyons M, eds. New York, NY: Nova Science Publishers, p. 51-63.
- 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. *J Strength Cond Res.*, 20(3), 500-505. doi:10.1519/00124278-200608000-00007
- Gelinas, R., et Munroe-Chandler, K. (2006). Research note : Psychological Skills for Successful Ice Hockey. *Athletic Insight: The online journal of sport psychology*, 8(2), 64-71.
- Gilensam, K., et Geithner, C. A. (2019). Body composition of Women's Ice Hockey Players : Comparison of estimates using skinfolds and iDXA. *J Strength Cond Res.*, 33(9), 2496-2502. doi:10.1519/JSC.0000000000002400
- Gilensam, K. M., Thorsen, K., et Henriksson-Larsén, K. B. (2011). Physiological Correlates of Skating Performance in Women's and Men's Ice Hockey: *J Strength Cond Res.*, 25(8), 2133-2142. doi:10.1519/JSC.0b013e3181ecd072

- Gledhill, N., et Jamnik, V. (2007). *Detailed Assessment Protocols For NHL Entry Draft Players*. York University, Toronto. Récupéré de <https://www.readkong.com/page/detailed-assessment-protocols-for-nhl-entry-draft-players-8222809>
- Gouvernement du Canada. (2020, 2 décembre). Site Web de la législation (Justice). *Loi sur les sports nationaux du Canada*. Récupéré de <https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/n-16.7/page-1.html>
- Green, H., Bishop, P., Houston, M., McKillop, R., Norman, R., et Stothart, P. (1976). Time-motion and physiological assessments of ice hockey performance. *J Appl Physiol.*, 40(2), 159-163. doi:10.1152/jappl.1976.40.2.159
- Green, H. J., Daub, B., Painter, D., et Thomson, J. (1978). Glycogen depletion patterns during ice hockey performance. *Med Sci Sports.*, 10(4), 289-293.
- Green, H. J., et Houston, M. E. (1975). Effect of a season of ice hockey on energy capacities and associated functions. *Med Sci Sports.*, 7(4), 299-303.
- Green, H. J., Batada, A., Cole, B., Burnett, M. E., Kollias, H., McKay, S., Roy, B., Schertzer, J., Smith, I., et Tupling, S. (2010). Cellular responses in skeletal muscle to a season of ice hockey. *Appl Physiol Nutr Metab.*, 35(5), 657-670. doi:10.1139/H10-060
- Green, M. R., Pivarnik, J. M., Carrier, D. P., et Womack, C. J. (2006). Relationship between physiological profiles and on-ice performance of a national collegiate athletic association division I hockey team. *J Strength Cond Res.*, 20(1), 43-46.
- Guay, E. (2014). *Creating a goaltending development manual for Belgium Ice Hockey* (Mémoire de maîtrise). Haaga-Helia University of applied sciences. Récupéré de <http://www.theseus.fi/handle/10024/78306>
- Haché, A. (2002). The physics of hockey. In *The physics of hockey*. MD: Johns Hopkins University Press.
- Hallman, T. A. D., et Munroe-Chandler, K. J. (2009). An examination of ice hockey players' imagery Use and movement imagery ability. *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity*, 4(1). doi:10.2202/1932-0191.1040

- Hanin, Y. L. (2007). Emotions in Sport : Current Issues and Perspectives. In G. Tenenbaum et R. C. Eklund (Éds.), *Handbook of Sport Psychology* (3<sup>e</sup> éd., p. 31-58). John Wiley et Sons, Inc. doi:10.1002/9781118270011.ch2
- Hanin, Y. L. (2010). Coping with anxiety in sport. In *Coping in Sport : Theory, Methods, and Related Constructs* (1<sup>re</sup> éd., p. 159-175). Nova Science Publishers, Inc.
- Hardy, J., Gammage, K., et Hall, C. (2001). A Descriptive Study of Athlete Self-Talk. *The Sport Psychologist*, 15, 306-318.
- Harris, R., Edward, R., Hultman, E., Nordesjo, L., Ny Lind, B., et Sahlin, K. (1976). The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflügers Arch*, 367, 137-142. doi:10.1007/BF00585149
- Haukali E et Tjelta LI. (2015). Correlation between “off-ice” variables and skating performance among young male ice hockey players. *Int J Appl Sports Sci.*, 27(1), 26-32. doi:10.24985/ijass.2015.27.1.26
- Heller, J., Vodicka, P., et Janek, M. (2019). Anaerobic performance in 30s Wingate test as one of the possible criteria for selection Czech hockey players into National Hockey League. *Phys Act Rev.*, 7, 57-62. doi:10.16926/PAR.2019.07.07
- Helleu, B., et Durand, C. (2007). La métropolisation du sport professionnel en Europe et en Amérique du Nord : Une approche comparative. *Mappemonde*, 4(88), 17.
- Henriksson, T., Vescovi, J. D., Fjellman-Wiklund, A., et Gilenstam, K. (2016). Laboratory- and field-based testing as predictors of skating performance in competitive-level female ice hockey. *Open Access J Sports Med.*, 7, 81-88. doi:10.2147/OAJSM.S109124
- Hockey Canada. (2011). *Marquage des lignes au hockey*. Conseil canadien des installations récréatives. Toronto, Ontario. Récupéré de [https://www.arenazone.com/wp-content/uploads/2017/06/arenazone\\_crhc\\_linemarkings\\_2011-08-01\\_fr.pdf](https://www.arenazone.com/wp-content/uploads/2017/06/arenazone_crhc_linemarkings_2011-08-01_fr.pdf)

- Hockey Canada. (2020). *Règles de jeu de Hockey Canada 2020-2022*. Ottawa. Récupéré de [https://cdn.hockeycanada.ca/hockey-canada/Hockey-Programs/Officiating/Downloads/rulebook\\_casebook\\_f.pdf](https://cdn.hockeycanada.ca/hockey-canada/Hockey-Programs/Officiating/Downloads/rulebook_casebook_f.pdf)
- Hoff, J., Kemi, O. J., et Helgerud, J. (2005). Strength and endurance differences between elite and junior elite ice hockey players. The importance of allometric scaling. *Inter J Sports Med.*, 26(7), 537-541. doi:10.1055/s-2004-821328
- Horváth, T., et Tamásóvá, A. (2010). Designing and Manufacturing a Goalie Mask. *Hungarian Journal of Industry and Chemistry*, 38(2), 113-116.
- Houston, M. E., et Green, H. J. (1976). Physiological and anthropometric characteristics of elite Canadian ice hockey players. *J Sports Med Phys Fit.*, 16(2), 123-128.
- Hunt, L. J., et Garcia, I. (2012). Implementation of a vibration absorber for composite hockey goalie sticks. *Procedia Engineering*, 34, 349-354.
- Hunt, L. J., et Russell, D. A. (2011). Vibrational assessment of ice hockey goalie sticks. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(4), 2429-2429.
- Hüttermann, S., Noël, B., et Memmert, D. (2018). Eye tracking in high-performance sports : Evaluation of its application in expert athletes. *International Journal of Computer Science in Sport*, 17(2), 182-203. doi:10.2478/IJCSS-2018-0011
- International Ice Hockey Federation. (2018). IIHF Goaltender Equipment Measurement Standards : Measurement Guidelines. In *IIHF Official Rule Book 2018 – 2022 et Measurement Guidelines* (p. 1-12). Récupéré de <https://www.iihf.com/en/static/5178/goaltender-equipment-measurements>
- Janot, J. M., Beltz, N. M., et Dalleck, L. D. (2015). Multiple off-ice performance variables predict on-ice skating performance in male and female Division III ice hockey players. *J Sports Sci Med.*, 14(3), 522-529.
- Keshen, S., Easterbrook, M., et Micieli, J. A. (2019). Ocular and facial injuries sustained by goaltenders in the National Hockey League : A preventable problem. *Canadian Journal of Ophthalmology*. doi:10.1016/j.jcjo.2019.07.015
- Kilpivaara, P., et Häkkinen, K. (2012). *Ice hockey goaltending : Physiological loading and game analysis*. (Mémoire de maîtrise). University of Jyväskylä,

Department of Biology and Physical activity. Récupéré de <http://urn.fi/URN:NBN:fi:jyu-201205141647>

- Klein, C. (2016, juin 22). *Histoire de l'expansion de la LNH*. Ligue Nationale de Hockey. Récupéré de <https://www.nhl.com/fr/news/histoire-de-lexpansion-de-la-lnh/c-280997710>
- Kontsas, J., et Lehtola, J. (2014). *Goalie and scoring analysis : MOL, Mestis and Liiga* (Mémoire de maîtrise). Haaga-Helia University of applied sciences. Récupéré de [www.theseus.fi/handle/10024/78338](http://www.theseus.fi/handle/10024/78338)
- Krause, D. A., Smith, A. M., Holmes, L. C., Klebe, C. R., Lee, J. B., Lundquist, K. M., Eischen, J. J., et Hollman, J. H. (2012). Relationship of Off-Ice and On-Ice Performance Measures in High School Male Hockey Players. *J Strength Cond Res.*, 26(5), 1423-1430. doi:10.1519/JSC.0b013e318251072d
- Kredel, R., Vater, C., Klostermann, A., et Hossner, E.-J. (2017). Eye-tracking technology and the dynamics of natural gaze behavior in sports : A systematic review of 40 years of research. *Frontiers in Psychology*, 8, 1-15. doi:10.3389/fpsyg.2017.01845
- Kuhn, A. W., Noonan, B. C., Kelly, B. T., Larson, C. M., et Bedi, A. (2016). The hip in ice hockey : A current concepts review. *Arthroscopy*, 32(9), 1928-1938. doi:10.1016/j.arthro.2016.04.029
- Kutáč, P., et Kopecký, M. (2015). Comparison of body fat using various bioelectrical impedance analyzers in university students. *Acta Gymnica*, 45(4), 177-186. doi:10.5507/ag.2015.021
- Kuzuhara, K., Iguchi, J., Yamada, Y., Shimamoto, H., et Shibata, M. (2011). Seasonal Changes in Body Composition of Elite Ice Hockey Players. *J Strength Cond Res.*, 25, S48-S49. doi:10.1097/01.JSC.0000395654.91045.27
- Laliberte, D. J. (2009). Biomechanics of ice hockey slap shots : Which stick is best? *The Sport J.*, 12.
- Lapierre, E. (2013). Nationalisme culturel et performance dans l'histoire du Canadien de Montréal (1926-2012). Une étude de cas. *Globe*, 15(1-2), 317-335. doi :10.7202/1014637ar

- Leone, M., Léger, L., Larivière, G., et Comtois, AS. (2007). An on-ice aerobic maximal multistage shuttle skate test for elite adolescent hockey players. *Inter J Sports Med.*, 28(10), 823-828. doi :10.1055/s-2007-964986
- Lepage, G. (2019, avril 12). *Cinq questions avec... François Allaire*. LNH.com. Récupéré de <https://www.nhl.com/fr/news/cinq-questions-avec-le-repute-entraîneur-des-gardiens-francois-allaire/c-306684252>
- Liberati, A., Altman, D., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P., Loannidis, J., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., et Moher, D. (2009). The PRISMA atatement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions : Explanation and elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000100. doi:10.1371/journal.pmed.1000100
- Lignell, E., Fransson, D., Krstrup, P., et Mohr, M. (2018). Analysis of high-intensity skating in top-class ice hockey match-play in relation to training status and muscle damage. *J Strength Cond Res.*, 32(5), 1303-1310. doi:10.1519/JSC.0000000000001999
- Ligue National de Hockey. (2020, 1 décembre, 13h15). *Les règlements*. Notre histoire : le site historique des canadiens de montréal. Récupéré de <http://notrehistoire.canadiens.com/rules/1991-today>
- MacIntyre, K., Gomes, B., MacKenzie, S., et D'Angelo, K. (2015). Conservative management of an elite ice hockey goaltender with femoroacetabular impingement (FAI) : A case report. *J Can Chiropr Assoc.*, 59(4), 398-409.
- Marsh, J. H., et Marshall, T. (2016, décembre 22). *La naissance de la Ligue nationale de hockey*. L'Encyclopédie Canadienne. Récupéré de <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/the-birth-of-the-national-hockey-league-feature>
- Marshall, W. H., Talbot, S. A., et Ades, H. W. (1943). Cortical response of the anesthetized cat to gross photic and electrical afferent stimulation. *Journal of Neurophysiology*, 6(1), 1-15. doi:10.1152/jn.1943.6.1.1
- Martell, S. G., et Vickers, J. N. (2004). Gaze characteristics of elite and near-elite athletes in ice hockey defensive tactics. *Human Movement Science*, 22(6), 689-712. doi:10.1016/j.humov.2004.02.004

- 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
- Mehta, N., Nwachukwu, B. U., et Kelly, B. T. (2019). Hip injuries in ice hockey goaltenders. *Oper Tech Sports Med*, 27(3), 132-137. doi:10.1053/j.otsm.2019.04.005
- Meylan, C., McMaster, T., Cronin, J., Mohammad, N., Rogers, C., et DeKlerk, M. (2009). Single-leg lateral, horizontal, and vertical jump assessment : Reliability, interrelationships, and ability to predict sprint and change-of-direction performance. *J Strength Cond Res.*, 23(4), 1140-1147. doi:10.1519/JSC.0b013e318190f9c2
- Moisan, G. (1981). *Les effets des indices visuels et de la distance d'un tir frappé poignet sur la rapidité de réaction du gardien de but au hockey sur glace.* (Mémoire de maîtrise). Université du Québec à Trois-Rivières. Récupéré de <http://depot-e.uqtr.ca/id/eprint/6685/>
- Montgomery, D. L. (1982). The Effect of Added Weight on Ice Hockey Performance. *The Physician and Sportsmedicine*, 10(11), 91-99. doi:10.1080/00913847.1982.11947371
- Montgomery, D. L. (1988). Physiology of Ice Hockey. *Sports Med.*, 5(2), 99-126. doi:10.2165/00007256-198805020-00003
- Montgomery, D. L. (2006). Physiological profile of professional hockey players-a longitudinal comparison. *Appl Physiol Nutr Metab.*, 31(3), 181-185. doi:10.1139/h06-012
- Montgomery, D. L. (1979). Characteristics of « old timer » hockey play. *Can J Appl Sci.*, 4(1), 39-42.
- Morris, T., Spittle, M., et Watt, A. P. (2005). *Imagery in Sport.* Human Kinetics. Récupéré de <http://books.google.com/>
- Munroe, K. J., Giacobbi Jr., P. R., Hall, C., et Weinberg, R. (2000). The Four Ws of Imagery Use : Where, When, Why, and What. *The Sport Psychologist*, 14(2), 119-137. doi:10.1123/tsp.14.2.119

- Munroe-Chandler, K. J., Hall, Craig R., Fishburne, G., O, J., et Hall, N. (2007). The content of imagery use in youth sport. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 5(2), 158-174. doi:10.1080/1612197X.2007.9671817
- National Hockey League. (2019). *NHL Entry Draft Combine Results*. Topend Sports. Récupéré de <https://www.topendsports.com/sport/icehockey/nhl-combine-results.htm>
- National Hockey League. (2020). *2019-2020 NHL goalie statistics*. Hockey reference. Récupéré de [https://www.hockey-reference.com/leagues/NHL\\_2020\\_goalies.html](https://www.hockey-reference.com/leagues/NHL_2020_goalies.html).
- National Hockey League, et Vanderveer, E. (2019, juin 2). *2019 NHL Combine results : Top 10 at each drill*. SportsNet. Récupéré de <https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/>
- Navalta, J., Stone, W., et Lyons, S. (2019). Ethical issues relating to scientific discovery in Exercise Science. *Int J Exerc Sci.*, 12(1), 1-8.
- Nideffer, R. M. (1976). Test of Attentional and Interpersonal Style. *Journal of Personality and Social Psychology*, 34(3), 394-404.
- Niemelä, T. (2011). *Goalie coach course for th IHF*. (Mémoire de maîtrise non publié). Haaga-Helia University of applied sciences.
- Nightingale, S. C., Miller, S., et Turner, A. (2013). The usefulness and reliability of fitness testing protocols for ice hockey players : A literature review. *J Strength Cond Res.*, 27(6), 1742-1748. doi:10.1519/JSC.0b013e3182736948
- Noonan, B. C. (2010). Intragame blood-lactate values during ice hockey and their relationships to commonly used hockey testing protocols. *J Strength Cond Res.*, 24(9), 2290-2295. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e99c4a
- Nur, S., Kendall, M., Clark, J. M., et Hoshizaki, T. B. (2015). A comparison of the capacity of ice hockey goaltender masks for the protection from puck impacts. *Sports Biomechanics*, 14(4), 459-469. doi:10.1080/14763141.2015.1084035
- Okubo, Y., Kaneoka, K., Shiina, I., Tatsumura, M., et Miyakawa, S. (2013). Abdominal muscle activity during a standing long jump. *Journal of Orthopaedic et Sports Physical Therapy*, 43(8), 577-582. doi:10.2519/jospt.2013.4420

- Palmer, M. S., Logan, H. M., et Spriet, L. L. (2010). On-ice sweat rate, voluntary fluid intake, and sodium balance during practice in male junior ice hockey players drinking water or a carbohydrate–electrolyte solution. *Appl Physiol Nutr Metab.*, 35(3), 328-335. doi:10.1139/H10-027
- Panchuk, D., et Vickers, J. N. (2006). Gaze behaviors of goaltenders under spatial-temporal constraints. *Human Movement Science*, 25(6), 733-752. doi:10.1016/j.humov.2006.07.001
- Panchuk, D., Vickers, J. N., et Hopkins, W. G. (2017). Quiet eye predicts goaltender success in deflected ice hockey shots. *Eur J Sport Sci.*, 17(1), 93-99. doi:10.1080/17461391.2016.1156160
- Park, S.-H., Lim, B.-S., et Lim, S.-T. (2020). The Effects of Self-Talk on Shooting Athletes' Motivation. *J Sports Sci Med.*, 19(3), 517-521.
- Peck, D. M. (1998). Stress and On-Ice Performance in Young Hockey Goalies. *Physician and Sportsmedicine*, 26(7), 66-67. doi:10.1080/00913847.1998.11440431
- Peterson, B. J., Fitzgerald, J. S., Dietz, C. C., Ziegler, K. S., Ingraham, S. J., Baker, S. E., et Snyder, E. M. (2015). 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
- Petrella, N. J., Montelpare, W. J., Nystrom, M., Plyley, M., et Faight, B. E. (2007). Validation of the fast skating protocol to predict aerobic power in ice hockey players. *Appl Physiol Nutr Metab*, 32(4), 693-700. doi:10.1139/H07-057
- Peyer, K. L., Pivarnik, J. M., Eisenmann, J. C., et Vorkapich, M. (2011). Physiological characteristics of National Collegiate Athletic Association Division I ice hockey players and their relation to game performance. *J Strength Cond Res.*, 25(5), 1183-1192.
- Pierce, C. M., Laprade, R. F., Wahoff, M., O'Brien, L., et Philippon, M. J. (2013). Ice hockey goaltender rehabilitation, including on-ice progression, after arthroscopic hip surgery for femoroacetabular impingement. *J Orthop Sports Phys Ther*, 43(3), 129-141. doi:10.2519/jospt.2013.4430
- Porter, K. (2003). *The Mental Athlete*. Human Kinetics. ISBN: 9781492578475

- 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. *J Strength Cond Res.*, 24(7), 1755-1762. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e06cfb
- Power, A., Faught, B. E., Przysucha, E., McPherson, M., et Montelpare, W. (2012). Establishing the test-retest reliability et concurrent validity for the repeat ice skating test (RIST) in adolescent male ice hockey players. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 16(1), 69-80. doi:10.1080/1091367X.2012.639618
- Prokop, N. W., Reid, R. E. R., et Andersen, R. E. (2016). Seasonal Changes in Whole Body and Regional Body Composition Profiles of Elite Collegiate Ice-Hockey Players. *J Strength Cond Res.*, 30(3), 684-692. doi:10.1519/JSC.0000000000001133
- 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. *Appl Physiol Nutr Metab.*, 33(4), 753-760. doi:10.1139/H08-051
- Quinney, H. A., Smith, D. J., et Wenger, H. A. (1984). A field test for the assessment of abdominal muscular endurance in professional ice hockey players. *J Orthop Sports Phys Ther*, 6(1), 30-33. doi: 10.2519/jospt.1984.6.1.30
- Ransdell, L. B., et Murray, T. (2011). A physical profile of elite female ice hockey players from the USA. *J Strength Cond Res.*, 25(9), 2358-2363. doi:10.1519/JSC.0b013e31822a5440
- Ransdell, L. B., Murray, T. M., et Gao, Y. (2013). Off-ice fitness of elite female ice hockey players by team success, age, and player position. *J Strength Cond Res.*, 27(4), 875-884. doi:10.1519/JSC.0b013e3182651fd2
- Ransdell, L., Murray, T., Jaconi, D., et Stein, B. (2011). Effects of a 5-Week Dryland Hockey Training Program in Adult Recreational Hockey Player. *Med Sci Sports Exerc.*, 43(5), 140-141. doi :10.1249/01.MSS.0000403094.93011.1f
- Richard, J., Gionet, N., et Nowlan, J. (1995). Time-motion analysis of ice hockey goaltending. *J Hum Mov Stud*, 9, 115-131.
- Richards, D., Ivarsson, B. J., Scher, I., Hoover, R., Rodowicz, K., et Cripton, P. (2016). Ice hockey shoulder pad design and the effect on head response during

shoulder-to-head impacts. *Sports Biomechanics*, 15(4), 385-396.  
doi:10.1080/14763141.2016.1163414

Roczniok, R., Adam, M., Przemysław, P., Stanula, A., et Gołaś, A. (2014). On-ice special tests in relation to various indexes of aerobic and anaerobic capacity in Polish league ice hockey players. *Procedia Soc Behav Sci.*, 117, 475-481.  
doi:10.1016/j.sbspro.2014.02.248

Roczniok, R., Maszczyk, A., Stanula, A., Czuba, M., Pietraszewski, P., Kantyka, J., et Starzyński, M. (2013). Physiological and physical profiles and on-ice performance approach to predict talent in male youth ice hockey players during draft to hockey team. *Isokinet Exerc Sci.*, 21(2), 121-127.  
doi:10.3233/IES-130487

Rogerson, L. J., et Hrycaiko, D. W. (2002). Enhancing Competitive Performance of Ice Hockey Goaltenders Using Centering and Self-Talk. *Journal of Applied Sport Psychology*, 14(1), 14-26. doi:10.1080/10413200209339008

Rønnestad, B. R., Øfsteng, S. J., et Ellefsen, S. (2019). Block periodization of strength and endurance training is superior to traditional periodization in ice hockey players. *Scandinavian Journal of Medicine et Science in Sports*, 29(2), 180-188. doi:10.1111/sms.13326

Rowan, C. P., Kuropkat, C., Gumieniak, R. J., Gledhill, N., et Jamnik, V. K. (2015). Integration of the functional movement screen into the national hockey league combine. *J Strength Cond Res.*, 29(5), 1163-1171. doi: 10.1519/JSC.0000000000000757

Ruiz, M. C., et Robazza, C. (2020). *Feelings in Sport : Theory, Research, and Pratical Implications for Performance and Well-being* (1<sup>re</sup> éd.). New York : Routledge.

Runner, A. R., Lehnhard, R. A., Butterfield, S. A., Tu, S., et O'Neill, T. (2016). Predictors of speed using off-ice measures of college hockey players. *J Strength Cond Res.*, 30(6), 1626-1632. doi:10.1519/JSC.0000000000000911

Salmela, J. H., et Fiorito, P. (1979). Visual cues in ice hockey goaltending. *Can J Appl Sport Sci*, 4(1), 56-59.

Schmidt, R. A. (1993). *Apprentissage moteur et performance*. VIGOT. ISBN : 9782711412389

- Seliger, V., Kostka, V., Grušová, D., Kováč, J., Machovcová, J., Pauer, M., Příbylová, A., et Urbánková, R. (1972). Energy expenditure and physical fitness of ice-hockey players. *Int Z Angew Physiol.*, 30(4), 283-291. doi:10.1007/BF00696119
- Sherar, L., Bruner, M., Munkoe-Chandler, K., et Baxter-Jones, A. (2007). Relative age and fast tracking of elite major junior ice hockey players. *Percept Mot Skills.*, 104(3 Pt 1), 702-706. doi:10.2466/PMS.104.3.702-706
- Sidhu, L. S., Grewal, R., et Verma, S. K. (1984). Positional differences in physique and body composition among top level indian women hockey players. *J Sports Med Phys Fit.*, 24(4), 337-342.
- Sigmund, M., Kohn, S., et Sigmundová, D. (2016). Assessment of basic physical parameters of current Canadian-American National Hockey League (NHL) ice hockey players. *Acta Gymnica*, 46(1), 30-36. doi:10.5507/ag.2015.027
- Sigmund, Martin, Sigmundova, D., et Kvintova, J. (2015). Basic physical profile of current Czech elite male ice hockey players. *Life Sci J.*, 12(2), 9-13.
- Signorile, J. F., Ingalls, C., et Tremblay, L. M. (1993). The Effects of Active and Passive Recovery on Short-Term, High Intensity Power Output. *Can. J. Appl.Phys.*, 18(1), 31-42.
- Sinclair, G., et Moys, P. (1979). Speed of response characteristics of goalkeepers : A descriptive and developmental report. *Can J Appl Sci.*, 4(4), 60-65.
- Šiška, M., et Kováčiková, Z. (2017). Effect of the off-season training on the physical profile in U18 elite male ice hockey players. *J Phys Educ Sport.*, 17(3), 1120-1124. doi:10.7752/jpes.2017.03172
- Solanki, J., Joshi, N., Shah, C., Hb, M., et Pa, G. (2012). A Study of Correlation between Auditory and Visual Reaction Time in Healthy Adults. *International Journal of Medicine and Public Health*, 2(2), 36-38. doi:10.5530/ijmedph.2.2.8
- Spiering, B. A., Wilson, M. H., Judelson, D. A., et Rundell, K. W. (2003). Evaluation of cardiovascular demands of game play and practice in women's ice hockey. *J Strength Cond Res.*, 17(2), 329-333. doi:10.1519/1533-4287(2003)017<0329:EOCDOG>2.0.CO;2

- Stanzione, JR., Dardarian, N., et Volpe, S. L. (2020). Body composition changes after one year in professional male ice hockey players. *Inter J Sports Med.*, 41(14), 1056-1060. doi:10.1055/a-1179-6511
- Sternberg, S. (1969). Memory-Scanning : Mental processes revealed by reaction-time experiments. *Sigma Xi, The Scientific Research Honor Society*, 57(4), 421-457. Récupéré de <https://www.jstor.org/stable/27828738>
- Stoeber, J., Otto, K., et Dalbert, C. (2009). Perfectionism and the Big Five : Conscientiousness predicts longitudinal increases in self-oriented perfectionism. *Personality and Individual Differences*, 47(4), 363-368. doi:10.1016/j.paid.2009.04.004
- Szmatlan-Gabryś, U., Stanula, A., Tomasz, G., et Ozimek, M. (2014). Segmental body composition in male and female ice-hockey players. *Life Sci J.*, 11(5), 389-395.
- Thébault, N., Léger, L. A., et Passelergue, P. (2011). Repeated-Sprint Ability and Aerobic Fitness: *J Strength Cond Res.*, 25(10), 2857-2865. doi:10.1519/JSC.0b013e318207ef37
- Tramer, J. S., Deneweth, J. M., Whiteside, D., Ross, J. R., Bedi, A., et Goulet, G. C. (2015). On-ice functional assessment of an elite ice hockey goaltender after treatment for femoroacetabular impingement. *Sports Health*, 7(6), 542-547. doi:10.1177/1941738115576481
- Tuominen, M., Stuart, M. J., Aubry, M., Kannus, P., et Parkkari, J. (2015). Injuries in men's international ice hockey : A 7-year study of the International Ice Hockey Federation Adult World Championship Tournaments and Olympic Winter Games. *Br J Sports Med*, 49(1), 30-36. doi:10.1136/bjsports-2014-093688
- Turner, A. N., et Stewart, P. F. (2013). Repeat Sprint Ability. *Strength Cond J.*, 35(1), 37-41. doi:10.1519/SSC.0b013e3182824ea4
- Twist, P., et Rhodes, T. (1993). A physiological analysis of ice hockey positions. *Strength Cond J.*, 15(6), 44-46.
- Vescovi, J. D., Murray, T. M., Fiala, K. A., et VanHeest, J. L. (2006). Off-ice performance and draft status of elite ice hockey players. *Int J Sports Physiol Perform.*, 1(3), 207-221. doi:10.1123/ijsp.1.3.207

- Vescovi, J. D., Murray, T. M., et Vanheest, J. L. (2006). Positional performance profiling of elite ice hockey players. *Int J Sports Physiol Perform.*, 1(2), 84-94. doi:10.1123/ijssp.1.2.84
- Vigh-Larsen, J. F., Beck, J. H., Daasbjerg, A., Knudsen, C. B., Kvorning, T., Overgaard, K., Andersen, T. B., et Mohr, M. (2019). Fitness characteristics of elite and subelite male ice hockey players : A cross-sectional study. *J Strength Cond Res.*, 33(9), 2352-2360. doi:10.1519/JSC.0000000000003285
- Vigh-Larsen, J. F., Ermidis, G., Rago, V., Randers, M. B., Fransson, D., Nielsen, J. L., Gliemann, L., Piil, J. F., Morris, N. B., De Paoli, F. V., Overgaard, K., Andersen, T. B., Nybo, L., Krstrup, P., et Mohr, M. (2020). Muscle Metabolism and Fatigue during Simulated Ice Hockey Match-play in Elite Players. *Med Sci Sports Exerc.*, 52(10) 2162-2171. doi:10.1249/MSS.0000000000002370
- Vigh-Larsen, J. F., Haverinen, M. T., Panduro, J., Ermidis, G., Andersen, T. B., Overgaard, K., Krstrup, P., Parkkari, J., Avela, J., Kyröläinen, H., et Mohr, M. (2020). On-ice and off-ice fitness profiles of elite and U20 male ice hockey players of two different national standards. *J Strength Cond Res.*, 34(12), 3369-3376. doi:10.1519/JSC.0000000000003836
- Watson, S. D. (2017). Everyday nationalism and international hockey : Contesting Canadian national identity: Everyday nationalism and international hockey. *Nations Nationalism.*, 23(2), 289-308. doi:10.1111/nana.12163
- Weinberg, R. S., et Gould, D. (2014). *Foundations of sport and exercise psychology* (6<sup>e</sup> éd.). Champaign, IL : Human Kinetics. Récupéré de <http://books.google.com/>
- Weir, P. L., Smith, K. L., Paterson, C., et Horton, S. (2010). Canadian women's ice hockey - Evidence of a relative age effect. *Talent Dev Excell.*, 2(2), 209-217.
- Whiteside, D., Deneweth, J. M., Bedi, A., Zernicke, R. F., et Goulet, G. C. (2015). Femoroacetabular impingement in elite ice hockey goaltenders : etiological implications of on-ice hip mechanics. *Am J Sports Med.*, 43(7), 1689-1697. doi:10.1177/0363546515578251
- Wijdicks, C. A., Spiridonov, S., et LaPrade, R. (2011). A prospective study of injuries in ncaa intercollegiate ice-hockey goaltenders. *British Journal of Sports Medicine*, 45(4), 383-383.

- Wijdicks, C. A., Philippon, M. J., Civitarese, D. M., et LaPrade, R. F. (2014). A Mandated Change in Goalie Pad Width Has No Effect on Ice Hockey Goaltender Hip Kinematics: *Clinical Journal of Sport Medicine*, 24(5), 403-408. doi:10.1097/JSM.0000000000000048
- Wilson, E., et Vliet, B. V. (2018). *Hockey goaltending : The definitive guide to elite goaltending*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wilson, K., Snyder, G., Game, A., Quinney, A., et Bell, G. (2010). The development and reliability of a repeated anaerobic cycling test in female ice hockey players. *J Strength Cond Res.*, 24(2), 580-584. doi:10.1519/JSC.0b013e3181ccb1a1

