

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

L'IMPACT D'UN ENTRAÎNEMENT DE SPRINTS RÉPÉTÉS COURTS SUR  
GLACE AFIN D'AMÉLIORER LA VITESSE ET L'ENDURANCE DE  
PATINAGE

MÉMOIRE PRÉSENTÉ  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN KINANTHROPOLOGIE

PAR

GUILLAUME GROULX

MAI 2018



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.10-2015). 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 désire remercier Alain-Steve Comtois, Ph. D., directeur de stage, pour son soutien tout au long de cette réalisation.

J'aimerais également remercier les équipes de hockey les Huskies de Rouyn-Noranda, les Canadiens de Montréal et l'Avalanche du Colorado pour m'avoir donné l'occasion de travailler avec des athlètes de haut niveau, en plus de reconnaître l'importance de mon sujet de recherche.

Finalement, je remercie les membres du département de kinanthropologie de l'Université du Québec à Montréal pour leur disponibilité et leur soutien.

## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES .....	v
LISTE DES TABLEAUX .....	vii
RÉSUMÉ .....	viii
1 INTRODUCTION .....	1
1.1 Contexte général .....	1
1.2 Objet de recherche .....	2
2 ÉNONCÉ DU PROBLÈME .....	3
2.1 Objectif .....	3
2.2 Hypothèse .....	3
2.3 Limites .....	3
2.4 Importance de la recherche .....	4
2.5 Définitions .....	4
3 RECENSEMENT DES ÉCRITS SCIENTIFIQUES .....	5
3.1 La physiologie du hockey .....	5
3.1.1 Partie de hockey typique .....	5
3.1.2 Les systèmes d'énergie utilisés .....	6
3.1.3 L'évolution du sport .....	7
3.2 Définition de la RSA .....	7
3.3 Les sprints répétés (RSA) .....	9
3.3.1 Les sprints répétés sur glace .....	9
3.3.2 Les sprints répétés hors glace .....	11
3.4 La physiologie des sprints répétés .....	12
3.4.1 L'ATP de base .....	12
3.4.2 Le système phosphocréatine .....	12
3.4.3 Le système glycolytique .....	15
3.4.4 Le système oxydatif .....	18
3.5 Les mesures de lactate en RSA .....	19

3.5.1	Les tests sur glace .....	21
3.5.2	Les tests RSA hors glace.....	25
3.6	L'importance de la spécificité du test .....	28
3.7	Type de récupération .....	29
3.8	Données recueillies et méthodes de calcul pour l'interprétation des résultats... 30	
3.9	Justification du protocole d'entraînement sur glace .....	31
4	MÉTHODOLOGIE .....	33
4.1	Sujets .....	33
4.1.1	Critères d'inclusion.....	34
4.1.2	Critères d'exclusion.....	34
4.2	Les évaluations physiques .....	35
4.2.1	Description de la journée d'évaluation physique .....	36
4.2.2	Les mesures anthropométriques.....	36
4.2.3	Les tests de performance.....	37
4.2.4	L'intervention sur le groupe contrôle .....	40
4.2.5	L'intervention sur le groupe expérimental .....	41
5	ANALYSE .....	42
5.1	Analyse statistique.....	42
5.2	Analyse des résultats .....	42
6	DISCUSSION .....	51
6.1	Les limites de l'étude.....	55
7	CONCLUSION .....	57
8	ANNEXES .....	58
	Annexe 1 : Formulaire d'information et de consentement participant majeur.....	58
	Annexe 2 : Formulaire d'information et de consentement participant mineur .....	61
	Annexe 3 : Courriel de pré-recrutement .....	64
	Annexe 4 : Protocole et calendrier d'entraînement groupe expérimental.....	65
9	RÉFÉRENCES DE LA LITTÉRATURE .....	66

## LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1 Resynthèse de la phosphocréatine intramusculaire suivant des épreuves de 1x6 secondes et 5x6 secondes d'exercice .....	
14	
2 Comparaison entre l'apport énergétique de 1 sprint versus 10 sprints .....	16
3 Augmentation de l'apport du système aérobie lors de répétition des sprints .....	18
4 Changement dans le métabolisme du (a) premier sprint et du (b) dernier sprint pendant un exercice de sprints .....	19
5 Représentation schématique du test RIST .....	21
6 Représentation du test sur glace RSS .....	22
7 <i>On ice repeated test</i> par Benjamin James Peterson .....	23
8 Schéma du test SMAT .....	24
9 Schéma représentatif du test de sprints répétés sur glace .....	39
10 Comparaison du temps (s) des groupes expérimental et contrôle lors du sprint de 30 mètres. Comparaison du temps total des groupes expérimental et contrôle lors du test des 6 sprints répétés de 30 mètres .....	45
11 Présentation des $VO_2\text{max}$ ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) des groupes expérimental et contrôle lors des tests pré et post intervention .....	46
12 Relation entre le temps total (s) obtenu durant l'épreuve de sprints répétés et le $VO_2\text{max}$ ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) lors des tests	

pré et post pour les groupes expérimental et contrôle .....	47
13 Relation entre la vitesse maximale au sprint singulier de 30 mètres ( $m \cdot sec^{-1}$ ) et la distance au saut en longueur (cm) aux tests pré et post .....	48
14 Relation entre les vitesses ( $m \cdot sec^{-1}$ ) pré et post au sprint singulier de 30 mètres pour les groupes expérimental (Exp) et contrôle (CTL) .....	49
15 Présentation du temps (s) d'exécution des sprints répétés pour les groupes expérimental et contrôle pré et post intervention .....	50

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
1 Tableau 1. 1 et plusieurs corrélations entre 2 tests aérobies et 2 indices de fatigue pour chaque bloc de sprints .....	11
2 Métabolisme musculaire en (mmol . kg-'DM) mesuré avant et après le sprint de 1 x 6 secondes .....	13
3 Métabolisme musculaire en (mmol. kg-'DM) mesuré avant et après les sprints de 5 x 6 secondes .....	13
4 Estimation de la production d'ATP par les sources anaérobies pendant le premier et le sixième sprint de l'exercice .....	17
5 Recensement des écrits scientifiques pour les tests RSA déjà existants .....	27
6 Caractéristiques et données anthropométriques des participants .....	33
7 Présentation des résultats des tests sur glace et hors glace .....	43

## RÉSUMÉ

Cette recherche exploratoire de sept semaines avait pour but de mesurer l'impact d'un entraînement en sprints répétés sur glace sur la vitesse et l'endurance de patinage. Les groupes contrôle et expérimental étaient composés de joueurs de la ligue Junior AAA du Québec. Les joueurs âgés de  $18,52 \pm 1,06$  ans ont effectué des tests sur glace et hors glace aux semaines 0 et 7. Ces tests validés avaient pour but de démontrer l'amélioration ou le maintien des capacités physiques requises pour performer au hockey sur glace, soit la vitesse, la puissance et les capacités aérobie et anaérobie. La distance (cm) au saut en longueur sans élan, la vitesse et le temps ( $m/s^1$ , s), l'indice de fatigue (%) et le temps total (s) à un test de sprints répétés et finalement le  $VO_2$  max ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) estimé par le SMAT test étaient évalués.

Neuf sujets du groupe expérimental et quatorze pour le groupe contrôle ont rempli les critères pour participer à la recherche. Le groupe expérimental effectuait un protocole d'entraînement en sprints répétés de cinq semaines, à raison de deux séances par semaine comprenant de 12 à 24 sprints répétés de 5 secondes. Le groupe expérimental ( $n=9$ ) n'a pas démontré d'amélioration significative sur la vitesse et l'endurance de patinage. Le groupe contrôle a démontré une diminution significative de la vitesse au sprint singulier de 30 mètres de 2.75% ( $p=0,001$ ; Cohens's  $d=0.64$ ) ainsi qu'une diminution de 2,5% à la distance au saut en longueur (cm) ( $p=0,03$ ; Cohen's  $d=0,26$ ). Le temps total du groupe contrôle pour répéter 6 sprints s'est également détérioré de manière significative de 2,19% ( $p=0,02$ ; Cohen's  $d=0,36$ ).

En conclusion, l'entraînement par sprints répétés courts sur glace participe au maintien de la vitesse et de l'endurance de patinage durant une saison compétitive. Une approche qui requiert peu de temps d'entraînement et qui accorde aux joueurs et aux entraîneurs plus de temps dans la même séance d'entraînement pour le développement des aspects tactiques et techniques du jeu.

Mots clés: hockey sur glace, sprints sur glace, habileté à répéter des sprints, physiologie des sprints répétés, physiologie du hockey sur glace.

## 1 INTRODUCTION

### 1.1 Contexte général

Le visage du hockey sur glace a beaucoup changé depuis sa création dans les années 1800. Les joueurs sont devenus plus grands, plus lourds et leur condition physique s'est grandement améliorée depuis les cent dernières années (Montgomery, 2006). Le hockey est un sport d'équipe nécessitant des présences de 70 à 80 secondes suivies de repos passif de 3 à 4 minutes (Montgomery, 1988b). Ce sport nécessite beaucoup de puissance combinée à une capacité à la répéter. Chaque patineur doit déployer de la force et de la vitesse afin de s'approprier la rondelle lors de différentes situations de jeu, et ce, tout au long d'une partie de 60 minutes. L'intensité développée et la durée des présences sur la glace détermineront la contribution des systèmes anaérobie et aérobie. Les séquences de haute intensité où le joueur aura à déployer de la force, de la puissance et de l'endurance anaérobie sont supportées par les filières anaérobies alors que le besoin de récupérer rapidement pendant toute la partie nécessitera la contribution du système aérobie. Mascaro et al. (1992) avancent que le patinage à grande vitesse est une des composantes les plus importantes du hockey professionnel et qu'un des facteurs primaires est l'habileté à développer une grande force musculaire rapide afin de produire de la vitesse de patinage. Plusieurs auteurs, dont Girard et al. (2011) et Spencer et al. (2005), ont essayé de démontrer que l'habileté à répéter des sprints était corrélée avec le  $\dot{V}O_2$  max de joueuses élites australiennes de hockey, sans toutefois y parvenir. Il faut cependant dire que les sprints répétés étaient faits sur ergocycle. Il ne semble pas y avoir d'études qui proposent des modalités d'entraînements spécifiques avec sprints répétés sur glace qui ont pour but d'augmenter la performance sur glace. Par conséquent, l'objectif de cette recherche sera d'établir un lien entre l'entraînement en

sprints hors glace et la performance lors d'épreuves en sprints répétés sur glace, ce qui est étroitement lié à la performance dans ce sport.

## 1.2 Objet de recherche

Outre mes intérêts personnels vis-à-vis l'entraînement en salle et sur terrain, propres au hockey sur glace, je désire me servir du développement des outils technologiques associés à l'analyse de la performance, afin d'étudier une facette de l'évolution du hockey sur glace. L'ascension du sport et sa complexité rendent intéressante l'analyse des paramètres physiques et physiologiques. Il est espéré que la présente étude contribuera à l'avancement des connaissances pour la préparation physique des joueurs de hockey et pourra présenter une approche additionnelle aux préparateurs physiques pour la création d'entraînements spécifiques. L'objectif est de mesurer l'effet d'un protocole d'entraînement en sprints répétés courts sur glace afin d'améliorer la vitesse et l'endurance de patinage au hockey sur glace. Actuellement dans la littérature scientifique, la spécificité des protocoles d'entraînements en intervalles reste vague, surtout en ce qui concerne l'entraînement sur glace.

## 2 ÉNONCÉ DU PROBLÈME

### 2.1 Objectif

La présente étude vise à évaluer l'impact d'un entraînement avec sprints répétés sur glace sur la vitesse et l'endurance de patinage. De plus, nous souhaitons tester si un tel protocole en saison aura un impact sur d'autres déterminants physiques tels le VO max et l'index de fatigue aux sprints répétés.

### 2.2 Hypothèse

L'entraînement sur glace avec sprints répétés améliorera la vitesse de patinage.

### 2.3 Limites

Nous comparerons deux équipes du même niveau. Une d'elles aura des entraînements en sprints répétés courts, en plus de poursuivre ses activités habituelles en saison. Le groupe contrôle lui, suivra sa cédule régulière. En Amérique du Nord, les mois de mai, juin, juillet et août sont consacrés à la période hors-saison du hockey sur glace et les joueurs sont soumis à un entraînement rigoureux dans le but de se préparer à la prochaine saison. Il n'est cependant pas garanti que tous les joueurs arrivent à leur équipe dans une forme exemplaire. Il est important de rappeler que d'autres paramètres d'entraînement identiques pour les deux groupes pourraient améliorer la performance lors d'épreuve de sprints répétés sur glace, car les premiers mois de la saison serviront de période de mise en forme pour certains joueurs. Le contexte demeure non

généralisable parce que les échantillons proviennent de la même ligue et que l'âge sera entre 16 et 20 ans pour tous les sujets.

#### 2.4 Importance de la recherche

Le développement du hockey sur glace passe par l'entraînement spécifique sur glace et hors glace. Peu de protocoles d'entraînement en sprints ont été testés alors que les sprints répétés sur glace constituent un des aspects les plus importants lors d'une partie. Les préparateurs physiques doivent jongler avec plusieurs paramètres physiologiques afin de développer la puissance de patinage et rendre la récupération plus efficace. Nous voulons prouver l'impact positif d'un protocole d'entraînement en sprints répétés courts sur glace afin d'améliorer la vitesse dans ce sport. Un protocole d'entraînement en sprints répétés courts permettra également une économie de temps et une spécificité sur les qualités physiques nécessaires au sport.

#### 2.5 Définitions

1. RSA: *Repeated sprint ability*. Traduction libre que nous appellerons habileté à répéter des sprints.
2. Hors glace : toute activité pratiquée hors de la glace reliée au développement ou à l'évaluation des performances au hockey.
3. ATP : Adénosine triphosphate
4. FI : *Fatigue index*
5. PCr : Phosphocréatine
6. VO<sub>2</sub> : Consommation d'oxygène
7. VO<sub>2</sub> max : Consommation maximale d'oxygène

### 3 RECENSEMENT DES ÉCRITS SCIENTIFIQUES

#### 3.1 La physiologie du hockey

##### 3.1.1 Partie de hockey typique

Le hockey sur glace est joué à trois attaquants, deux défenseurs et un gardien de but en même temps sur la glace pour les deux équipes. Dès l'âge de 15 ans dans les catégories élites, et ce jusqu'au hockey professionnel, le hockey sur glace se joue en trois périodes de 20 minutes entrecoupées de pauses de 15 à 20 minutes (Cox et al., 1995).

C'est un sport exigeant physiquement. Les séquences de haute intensité, tels les sprints en patinage, les changements de direction rapides et les contacts physiques, sont reproduites dans des présences de 45 à 80 secondes (Cox et al., 1995; Montgomery, 1988a) suivies de 3 à 4 minutes de repos passif (Montgomery, 1988b). Un joueur typique doit performer entre 15 et 21 minutes par partie de 60 minutes (Cox et al., 1995; Montgomery, 1988b). Mascaro et al. (1992) parlent de présences de 40 à 60 secondes qui nécessitent une grande force et puissance musculaire en plus d'une importante endurance anaérobie pour générer de la vitesse de patinage, ce qui est une des composantes les plus importantes au hockey professionnel.

### 3.1.2 Les systèmes d'énergie utilisés

L'utilisation des systèmes aérobie et anaérobie est donc nécessaire en raison de l'alternance des séquences de travail et de repos. Le système oxydatif permet la récupération passive lors des repos alors que les systèmes ATP-CP et glycolytique permettent de fournir des séquences de haute intensité (Spiering et al., 2003).

Une étude avec l'équipe féminine de hockey américain démontre que l'intensité développée pendant une partie atteint  $90 \% \pm 2 \%$  du rythme cardiaque maximum, alors que le temps passé à cette intensité pendant une partie est de  $10,5 \% \pm 4,1 \%$  (Spiering et al., 2003). Cette affirmation va de pair avec celle de Montgomery (1988b). Le rythme cardiaque d'un joueur peut atteindre 90 % de son rythme cardiaque maximal lors d'une présence intense, alors que le taux de lactate sanguin dépasse les valeurs de repos, ce qui sous-entend la nature anaérobie du sport.

Seliger et al. (1972) ont démontré que lors d'une partie de hockey, 69 % de l'apport énergétique provenait des sources d'énergie anaérobies, alors que 31 % provenaient du système d'énergie aérobie.

Une présence typique contient de 4 à 8 efforts maximaux, ce qui totalise de 4 à 8 minutes d'intensité maximale par partie (Roczniok et al., 2014). L'étude de Montgomery (1988b), quant à elle, relève que de 5 à 7 efforts de 2 à 3,5 secondes totalisent 4 à 6 minutes d'intensité maximale par parties.

### 3.1.3 L'évolution du sport

Une étude longitudinale sur l'équipe du Canadien de Montréal démontre que la masse, la grandeur et la force maximale des joueurs ont considérablement changé entre 1917 et 2003 (Montgomery, 2006). En effet, la masse corporelle a augmenté en moyenne de 17 kg et la grandeur de 10 centimètres. De plus, entre 1992 et 2003, le  $VO_2$  max des joueurs s'est accru de  $4,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (de  $54,6$  à  $59,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) (Montgomery, 2006). Ces changements observés vont de pair avec l'étude longitudinale de Cox et al. (1995) qui, sur 170 joueurs de la Ligue Nationale de Hockey, ont noté que le  $VO_2$  max était passé de  $54 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  en 1980 à  $62 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  en 1991.

L'entraînement devrait viser le développement des qualités musculaires spécifiques et inclure des sprints répétés sur glace, des changements de direction et des épreuves d'agilité avec rondelle (Roczniok et al., 2014).

### 3.2 Définition de la RSA

La *repeated sprint ability* est communément appelée RSA. Dans la littérature scientifique, la RSA est définie comme étant la capacité d'un athlète à produire des efforts maximaux ou sous-maximaux (par exemple des sprints) entrecoupés de périodes de récupérations brèves, le tout réparti sur une période de 1 à 4 heures (Girard et al., 2011).

Les temps de travail les plus spécifiques aux RSA recensés pour les sports sont ceux de moins de 10 secondes, où l'intensité maximale peut être reproduite à maintes

reprises. Le nombre d'intervalles d'effort et le temps de repos sont également des paramètres qui peuvent varier selon le sport, la position et le niveau.

Les intervalles de repos qui intéressent cette recherche sont de moins de 60 secondes, ce qui fait en sorte qu'une baisse dans la performance est clairement identifiée (Bishop et al., 2004). La baisse de performance dans les sprints répétés apparaît dès que le premier sprint a été produit. Cette baisse peut être liée à une variété de facteurs tels qu'une diminution de l'activité neuromusculaire ou une diminution de la production de puissance musculaire (Girard et al., 2011).

Dans une revue de la littérature associée à la réponse physiologique et métabolique des sprints répétés, Spencer et al. (2005) soulignent le peu de recherches existantes concernant les sprints de moins de 10 secondes. Selon eux, ce n'est que dans les dernières années que la technologie a commencé à développer des outils d'analyse intéressants pour cumuler des données. Ces derniers concluent aussi que dans un recensement de la littérature associé aux sports d'équipe sur terrain (soccer, hockey sur gazon et football australien) la moyenne des sprints est de 10 à 20 mètres et que le temps est de 2 à 3 secondes.

### 3.3 Les sprints répétés (RSA)

#### 3.3.1 Les sprints répétés sur glace

Il faut savoir que seulement 16 % du temps de jeu est consacré au patinage en ligne droite avec vitesse et que seulement 4,6 % de ce même patinage est fait à très haute intensité (Bracko et al., 1998). Par contre, c'est souvent ce facteur qui fait la différence entre posséder la rondelle et arriver deuxième.

Stanula et al. (2014) rapportent une corrélation significative, mais plutôt moyenne ( $r=0,584$ ,  $p<0,003$ ), entre la capacité aérobie mesurée par test de  $VO_2$  max et l'indice de fatigue du test RSS (*repeated sprint test sur glace*) de 6 x 89 mètres avec repos de 30 secondes. Peterson et al. (2015) concluent également qu'il y a une corrélation significative ( $r=-0.31$ ,  $p=0.04$ ) entre le  $VO_2$  max testé sur tapis roulant motorisé en patin et le temps de passage au deuxième chronomètre (15,4 secondes  $\pm$  1.17) dans une épreuve de 8 sprints répétés de  $\pm$  22,7 secondes suivis de 90 secondes de repos. Il a aussi été démontré qu'il existe une relation significative entre le  $VO_2$  max et les tests de sprints répétés de 6x9 mètres en arrêt-départ ( $r=-0.53$ ,  $p=\leq 0.05$ ), 6x9 mètres en virages ( $r=-0.55$ ,  $p=\leq 0.05$ ) ainsi que des sprints de 6x30 mètres ( $r=-0.57$ ,  $p=\leq 0.05$ ) (Roczniok et al., 2014). Dans une étude auprès de joueuses de hockey féminin, Bracko et al. (2001) évoquent que la plus grande différence entre des joueuses élites et non-élites est la performance à l'épreuve de sprints répétés au *Reed on-ice Fitness Test*. Certaines études ont également démontré le contraire. Carey (2007) a testé auprès de 11 joueuses de hockey féminin la capacité à répéter 5 fois le tour de la glace à 30 secondes d'intervalle. Il n'a pu corrélérer l'index de fatigue avec les résultats obtenus au  $VO_2$  max sur tapis roulant, qui va de pair avec Bishop et al. (2003) qui en viennent aux

mêmes conclusions alors qu'ils ont testé des athlètes de hockey sur gazon. Ces divergences peuvent être expliquées par la grande variété de protocoles en sprints répétés ainsi que par la façon d'interpréter l'indice de fatigue. En effet Thébault et al. (2011) ont démontré de fortes corrélations (présentées dans le Tableau 1) entre l'indice de fatigue aux sprints répétés et deux tests démontrant la contribution du système aérobie. Lors de 3 blocs de 5 sprints répétés, selon le calcul de l'index de fatigue, la corrélation varie. Les fortes corrélations ont été trouvées dans les blocs 2 et 3 du protocole. Ces derniers concluent que la plupart des études utilisent un trop petit nombre de sprints ( $\pm 5$ ), ce qui ne nécessiterait pas une forte intervention des systèmes d'énergie aérobie. Pour représenter davantage les sports utilisant les sprints répétés, plus de séries seraient nécessaires pour démontrer l'interaction du système aérobie.

Tableau 1 : Tableau 1. 1 et plusieurs corrélations entre 2 tests aérobies et 2 indices de fatigue pour chaque bloc de sprints.

**TABLE 4. Single and multiple correlations between the 2 aerobic tests and the 2 fatigue indices for each block of sprints.\***

Correlations	Global	Block 1	Block 2	Block 3
<b>MAS Léger-Boucher (km·h<sup>-1</sup>)</b>				
IF-1	0.54†	0.33	0.51†	0.53†
IF-2	-0.63‡	-0.28	-0.49†	-0.60‡
IF-1 and IF-2	0.66†	0.40	0.66†	0.72‡
<b>MAS 20-m shuttle (km·h<sup>-1</sup>)</b>				
IF-1	0.71‡	0.34	0.68‡	0.75‡
IF-2	-0.84‡	-0.42	-0.48†	-0.63‡
IF-1 and IF-2	0.90‡	0.52	0.80‡	0.90‡

\*MAS = maximal aerobic speed; IF-1 = between-block fatigue; IF-2 = within-block fatigue.  
 † $p < 0.05$ .  
 ‡ $p < 0.01$ .

IF-1 = indice de fatigue calcul 1, IF-2 = indice de fatigue calcul 2. MAS = Vitesse maximale aérobie (Thébault et al., 2011).

### 3.3.2 Les sprints répétés hors glace

Lors d'une étude où des joueuses de hockey sur gazon ont répété 5 sprints de 6 secondes sur ergocycle, suivis de 24 secondes de repos, aucun lien n'a pu être fait entre le  $VO_2$  max et la dépréciation de la puissance des sprints (Bishop et al., 2003). Ils ont toutefois trouvé une corrélation significative entre la perte de puissance aux sprints répétés et le changement dans les ions  $H^+$  ( $r=0.63$ ,  $p<0.05$ ). Selon ces mêmes auteurs, l'habileté à répéter des sprints mesurés en perte de puissance ne serait pas liée au  $VO_2$  max dans les sports d'équipe d'élite. Ils avancent également que la disponibilité d'oxygène dans le sang serait le facteur limitant pour le  $VO_2$  max et ne serait pas un bon indicateur de la capacité d'oxydation. Toujours selon eux, lors de sprints répétés, la resynthèse de la

créatine phosphate pourrait être favorisée par la capacité d'oxydation du muscle. Enfin, ils soulèvent qu'une période de 24 secondes de repos pourrait ne pas être assez longue pour permettre au système aérobie de participer à la récupération.

### 3.4 La physiologie des sprints répétés

#### 3.4.1 L'ATP de base

Les réserves d'ATP présentent dans le muscle avant l'exercice sont la source d'énergie de départ qui permet la contraction maximale pendant un maximum 3 secondes pour ensuite s'épuiser. Spencer et al. (2005) ont démontré que lors d'un effort de sprint court de moins de 6 secondes, la contribution de l'ATP en réserve est seulement de 8 % à 16 %. Cette source épuisable rapidement devra donc être aidée par le système ATP-CP afin de maintenir une intensité plus longue.

#### 3.4.2 Le système phosphocréatine

Plusieurs recherches se sont penchées sur l'utilisation des substrats énergétiques lors d'efforts maximaux de moins de 6 secondes. Dawson et al. (1997) ont comparé les réserves de phosphocréatine suite à un sprint de 6 secondes sur ergocycle. Les mesures obtenues avant le sprint de 6 secondes étaient comparées à celles obtenues à 10, 30 et 180 s suivant l'effort.

Tableau 2 : Métabolisme musculaire en (mmol · kg<sup>-1</sup>DM) mesuré avant et après le sprint de 1 x 6 s. (Dawson B, 1997)

**Phosphocreatine repletion after sprinting**

Table 2. Mean (±SD) muscle metabolites (mmol · kg<sup>-1</sup>DM) measured before and after the 1×6 s sprint

	Pre-exercise	10 s post-exercise	30 s post-exercise	3 min post-exercise
ATP	24.3±2.4	20.5±2.3 <sup>a</sup>	21.0±3.3 <sup>a</sup>	22.5±2.4
ADP	3.1±0.1	3.4±0.2 <sup>a,c,d</sup>	3.2±0.2 <sup>b</sup>	3.0±0.1 <sup>b</sup>
TCr	128.5±8.7	129.5±6.7	128.5±7.1	129.8±8.1
PCr	81.0±7.4	44.9±6.4 <sup>a,c,d</sup>	55.6±7.7 <sup>a,b,d</sup>	73.1±8.0 <sup>b,c</sup>
Cr	47.5±1.8	84.6±5.2 <sup>a,c,d</sup>	72.9±7.4 <sup>a,b,d</sup>	56.7±4.0 <sup>a,b,c</sup>
La <sup>-</sup>	6.8±1.9	42.5±5.0 <sup>a,c,d</sup>	36.5±6.3 <sup>a,b,d</sup>	20.9±5.0 <sup>a,b,c</sup>

<sup>a</sup> P<0.01 significantly different from pre-exercise.

<sup>b</sup> P<0.01 significantly different from 10 s post-exercise.

<sup>c</sup> P<0.01 significantly different from 30 s post-exercise.

<sup>d</sup> P<0.01 significantly different from 3 min post-exercise.

Le Tableau 2 et la Figure 1 démontrent l'importance de la phosphocréatine dans un sprint de 6 secondes (Dawson B, 1997). Seulement 10 secondes après l'effort, les réserves avaient chuté de 45 %. La resynthèse est toutefois assez rapide alors que 69 % des réserves sont refaites 30 secondes post-exercice et 90 % des réserves sont refaites après 3 minutes. Les mêmes auteurs ont aussi comparé ces résultats à 5 x 6 secondes suivis de 24 secondes de repos (Tableau 3 et Figure 1).

Tableau 3 : Métabolisme musculaire en (mmol · kg<sup>-1</sup>DM) mesuré avant et après les sprints de 5 x 6 secondes. (Dawson B, 1997)

Table 3. Mean (±SD) muscle metabolites (mmol · kg<sup>-1</sup> DM) measured before and after the 5×6 s sprints

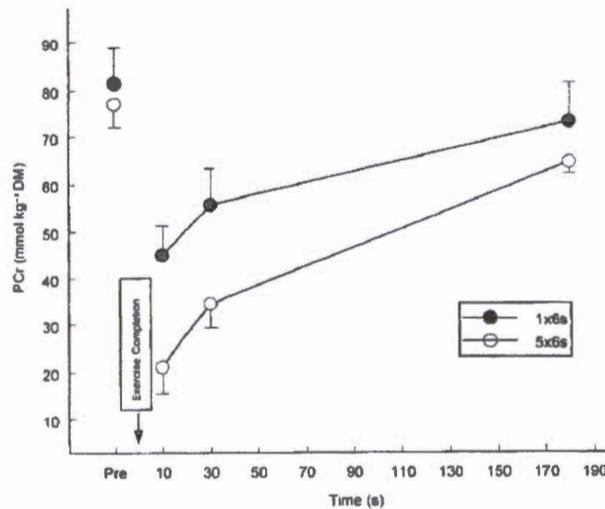
	Pre-exercise	10 s post-exercise	30 s post-exercise	3 min post-exercise
ATP	22.8±2.7	15.1±2.3 <sup>a,d</sup>	16.7±2.1 <sup>a,d</sup>	19.8±2.8 <sup>a,b,c</sup>
ADP	3.0±0.1	4.2±0.3 <sup>a,c,d</sup>	3.4±0.2 <sup>a,b,d</sup>	3.1±0.2 <sup>b,c</sup>
TCr	122.3±7.8	123.3±7.2	123.9±8.5	124.3±8.1
PCr	77.1±4.9	21.1±5.6 <sup>a,b,d</sup>	34.5±5.2 <sup>a,b,d</sup>	64.5±2.3 <sup>a,b,c</sup>
Cr	45.2±4.5	102.2±6.7 <sup>a,c,d</sup>	89.4±8.9 <sup>a,b,d</sup>	59.8±8.6 <sup>a,b,c</sup>
La <sup>-</sup>	7.7±3.2	103.6±17.5 <sup>a,d</sup>	88.0±19.9 <sup>a,d</sup>	62.5±20.4 <sup>a,b,c</sup>

<sup>a</sup> P<0.01 significantly different from pre-exercise.

<sup>b</sup> P<0.01 significantly different from 10 s post-exercise.

<sup>c</sup> P<0.01 significantly different from 30 s post-exercise.

<sup>d</sup> P<0.01 significantly different from 3 min post-exercise.



*Fig. 1.* Muscle phosphocreatine repletion following the 1×6 s and 5×6 s exercise conditions.

Figure 1 : Resynthèse de la phosphocréatine intramusculaire suivant des épreuves de 1x6 secondes et 5x6 secondes d'exercice (Dawson et al., 1997).

Lors de la comparaison de la phosphocréatine 10 secondes post-exercice, pour l'épreuve 5 x 6 secondes sprint, celle-ci avait chuté de 73 % comparativement à 45 % lors de l'épreuve 1 x 6 secondes sprint. À la lumière de ces résultats, il apparaît donc évident que l'utilisation de la phosphocréatine est importante dans l'exécution de sprints courts et que sa resynthèse n'est pas complète lors d'épreuves d'habileté à répéter des sprints. Spencer et al. (2005) citent Hultman and Sjoholmn qui, dans une étude avec électrostimulation à 50Hz, démontrent que la phosphocréatine chute de 26 % lors d'effort maximal de 2,5 secondes. Cette statistique porte à croire que le système glycolique participera aussi dès le premier effort dans de courts intervalles plus spécifiques aux sports d'équipe.

Fait intéressant à considérer, Hirvonen et al. (1987) ont démontré que des athlètes de sprint de niveau national avaient non seulement une meilleure vitesse maximale, mais

une utilisation supérieure de la phosphocréatine. Ils concluent que les athlètes les plus rapides ont une plus grande facilité et rapidité à utiliser leurs réserves de phosphocréatine dans les premiers moments de leur sprint. Cela dit, l'ATP ne sera pas produite seulement par la phosphocréatine lors d'une épreuve de sprint répété : le système glycolytique devra contribuer.

### 3.4.3 Le système glycolytique

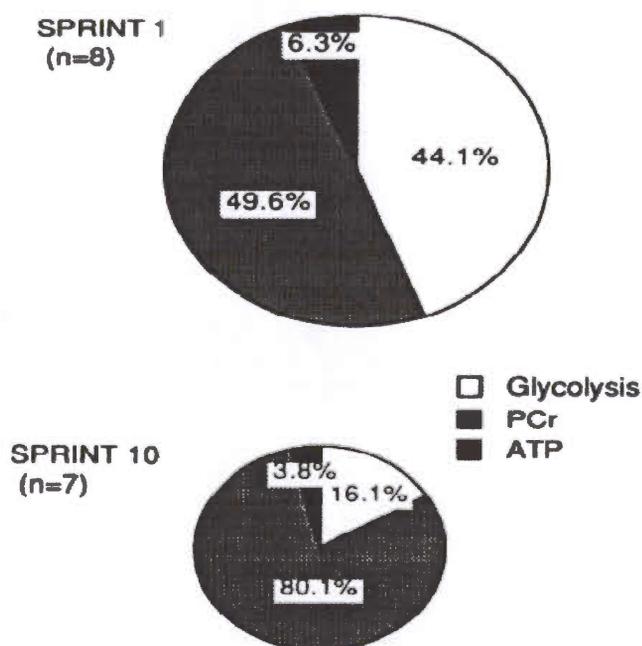
Bien que l'ATP-CP donnerait près de 6 à 7 secondes d'intensité maximale, les recherches ont révélé l'apparition d'acide pyruvate. Cela est dû à l'utilisation du glycogène lors des efforts de moins de 6 secondes, démontrant l'utilisation simultanée de plus d'un système énergétique lors d'un court sprint (Dawson et al., 1997). Les mêmes observations ont été soulevées par Spencer et al. (2005) qui avancent que dès le deuxième effort maximal, les systèmes glycolytiques et ATP-CP contribuent simultanément, et presque de façon égale, à produire cet effort. De plus, il semblerait y avoir une limite de 9 mmol/kg/seconde de l'utilisation des réserves de phosphocréatine, laissant présager que le glycogène produit une énergie en même temps que le système ATP-CP.

Spencer et al. (2005) ont également comparé 1 x 6 secondes d'effort où le lactate passait de 6,8 à 42,5 mmol. kg<sup>-1</sup>DM, comparativement à 5 x 6 secondes d'effort et 24 secondes de pause où le lactate varie de 7,7 à 103,6 mmol. kg<sup>-1</sup>DM<sup>1</sup>. Cela démontre l'accumulation du pyruvate dû à l'utilisation du système glycolytique lors d'épreuve de sprints courts répétés.

---

<sup>1</sup> DM : Dry muscle, traduction libre muscle sec

Gaitanos et al. (1993) ont démontré la différence entre le métabolisme d'un sprint sur ergocycle de 6 secondes et celui de 10 sprints de 6 secondes, suivis de 30 secondes de repos (Figure 2). Son étude démontre une diminution frappante de l'utilisation du glycogène musculaire et une légère augmentation du système ATP-CP. L'ATP de départ est aussi moins utilisée puisqu'elle n'est pas resynthétisée assez rapidement. Lors du premier sprint, 49,6 % de l'énergie provient de l'ATP-CP, tandis que le système glycolytique participe à 44,1 %. Après 10 sprints, la contribution du système ATP-CP est de 80,1 %, alors que la contribution du système glycolytique est de 16,1 %.



**FIG. 6. Total anaerobic ATP production. PCr, phosphocreatine.**

Figure 2 : Comparaison entre l'apport énergétique de 1 sprint versus 10 sprints (Gaitanos et al., 1993)

L'auteur va plus loin en soulignant la baisse de 8 fois la glycolyse et de 11 fois la glycogénolyse et ce, même si les réserves de glycogène ont seulement chuté de 37 % (Tableau 4).

Tableau 4 : Estimation de la production d'ATP par les sources anaérobies pendant le premier et le sixième sprint de l'exercice (Gaitanos et al., 1993)

	<i>Sprint 1</i> ( <i>n</i> = 8)	<i>Sprint 10</i> ( <i>n</i> = 7)
Glycogenolytic rate, mmol glucosyl units · kg dry wt <sup>-1</sup> · s <sup>-1</sup>	4.4±0.9	0.4±0.5*
Glycolytic rate, mmol · kg dry wt <sup>-1</sup> · s <sup>-1</sup>	2.3±0.6	0.3±0.5*
Rate of glycogen degradation, mmol glucosyl units · kg dry wt <sup>-1</sup> · s <sup>-1</sup>	7.2±4.1	3.4±3.0*

Values are means ± SD; *n*, no. of subjects. \* Significant difference from *sprint 1*, *P* < 0.01.

La même étude souligne qu'une récupération de 30 secondes entre les sprints permettrait une resynthèse identique des réserves phosphocréatine après le premier intervalle versus le dixième, malgré une baisse de 27 % de la puissance moyenne. Cette baisse de puissance combinée n'affecterait en rien le taux de lactate sanguin avant et après le dixième sprint. Cela laisse entrevoir que l'acidité musculaire, due à la dégradation du glycogène dans les premiers sprints, limiterait beaucoup la resynthèse du glycogène et du glucose. Cette source anaérobie est donc peu utilisée dans les derniers sprints pour la resynthèse de l'ATP. Si le lactate n'est pas la cause d'une baisse moyenne de la puissance de 27 %, il semblerait que le système oxydatif ait participé à la production d'énergie.

### 3.4.4 Le système oxydatif

Dans la revue de la littérature sur les RSA, Girard et al. (2011) ont souligné que l'apport du système oxydatif lors d'un seul sprint serait d'environ 10 % et pourrait aller jusqu'à 40 % lors de sprints répétés. Tirée de la revue de littérature par Girard et al. (2011), la Figure 4 démontre la contribution du système oxydatif dans une épreuve de sprints répétés. Tel que démontré, il y a une différence significative entre le  $\dot{V}O_2$  max lors du premier sprint versus le cinquième sprint. Notons aussi que le déficit initial en oxygène est plus grand lors du premier sprint et que l'utilisation du système oxydatif réduit cette dette, puisqu'après 5 sprints la consommation d'oxygène se rapproche ou atteint le  $\dot{V}O_2$  max.

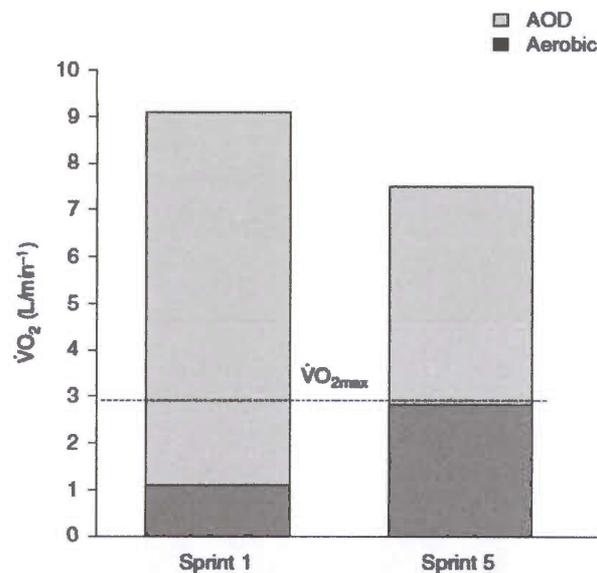


Figure 3 : Augmentation de l'apport du système aérobie lors de répétition des sprints. La ligne pointillée représente le  $\dot{V}O_2$  max (Girard et al., 2011).

En résumé, la différence lors d'un seul sprint versus 10 sprints, est observable dans la revue de la littérature par Girard et al. (2011), telle qu'illustrée dans la Figure 4.

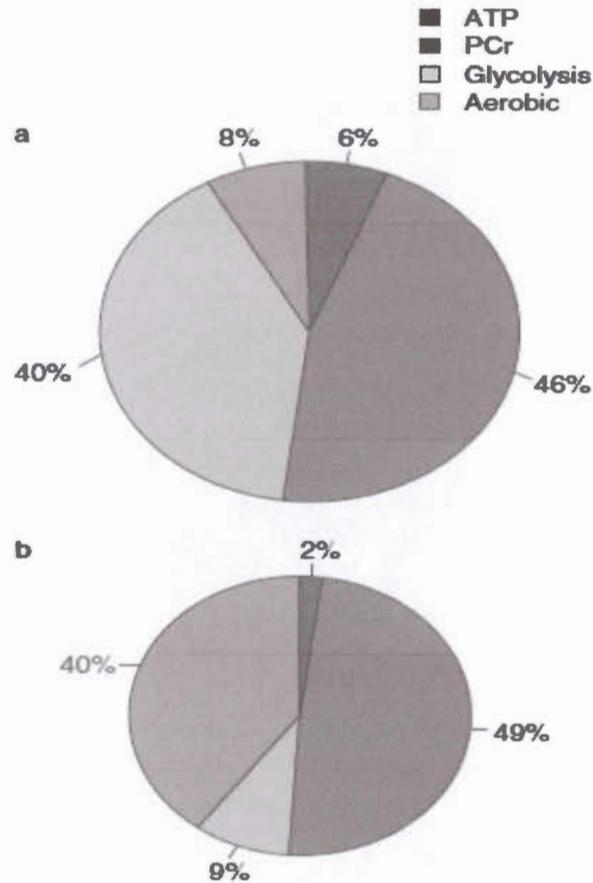


Figure 4 : Changement dans le métabolisme du (a) premier sprint et du (b) dernier sprint pendant un exercice de sprints (Girard et al., 2011).

### 3.5 Les mesures de lactate en RSA

Dans une étude de Gaitanos et al. (1993) où les sujets avaient à effectuer 10 sprints de 6 secondes sur ergocycle, suivi de 30 secondes de repos passif, la concentration de

lactate sanguin était de  $3.8 \pm 1.1$  mmol/l avant le premier sprint, alors qu'après le premier sprint la concentration de lactate était de  $28,6 \pm 5,7$  (mmol . kg<sup>-1</sup>DM). Avant le dixième sprint, la concentration de lactate dans le sang était de  $116,2 \pm 32,9$  (mmol. kg<sup>-1</sup>DM) et 10 secondes après ce dernier sprint, elle avait chuté à  $112,3 \pm 30,6$  (mmol. kg<sup>-1</sup>DM). Remarque : les mesures de concentration de lactate sanguin sont très hautes, car elles ont été prises par biopsie musculaire plutôt que par analyseur de gouttelette sanguine.

Bishop et al. (2003) ont pris les données sanguines avant et 20 minutes après un test de sprints répétés sur ergocycle de 5 x 6 secondes, suivis de 30 secondes de repos passif et ont obtenu un changement significatif dans le lactate sanguin de 1,8 à 11,3 mmol/l. Cependant, les seules données sanguines ayant donné une corrélation positive avec l'épreuve de sprints répétés, sont la baisse de la puissance (*power dec*) et la différence des ions H<sup>+</sup> dans le sang.

Lors d'une étude réalisée afin d'évaluer le taux de lactate après les présences sur glace de joueurs de hockey universitaire division 1, Noonan (2010) a analysé 35 échantillons sur 6 joueurs. Dans cette étude, les concentrations de lactate étaient entre 4,4 à 13,7 mmol/l alors que la moyenne des présences sur la patinoire était de 87,54 secondes. Ces résultats laissent sous-entendre que l'intensité maximale lors d'une présence est entrecoupée de séquences de faible intensité où l'athlète récupère suffisamment pour que les réserves de glycogène reprennent des valeurs de repos. Le taux de resynthèse de la phosphocréatine est également beaucoup plus rapide. Gaitanos et al. (1993) notaient une contribution de 44,1 % du système glycolytique et de 49,6% du système phosphocréatine lors d'un premier sprint. Alors qu'au dixième sprint, ils notaient 16,1 % par le système glycolytique versus 80,1 % pour le système phosphocréatine.

### 3.5.1 Les tests sur glace

Les tests suivants ont été développés spécifiquement pour le hockey sur glace afin de déterminer la capacité, la puissance aérobie ou encore la puissance anaérobie.

#### 3.5.1.1 Tests sur glace puissance anaérobie

Le *Repeated Ice Sprint Test (RIST)* demande au patineur d'effectuer 3 sprints de 49 mètres en demi-lune partant de la ligne rouge. Le joueur doit contourner le filet et dépasser la ligne rouge du côté opposé (Figure 7). Le test doit être répété à trois reprises et le temps de repos entre les sprints est de 10 secondes. Les résultats peuvent s'interpréter en puissance moyenne (watt) ou en temps total. La formule utilisée par Power et al. (2012) pour déterminer la puissance anaérobie est la suivante :

Anaerobic Peak Power (watts) = (body mass (kg) x distance (49m) x  $9,81 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$  / time (s)

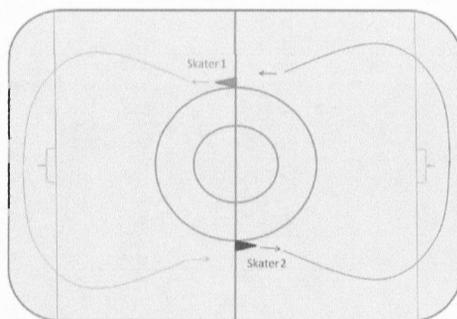


Figure 5 : Représentation schématique du test RIST (Power et al., 2012)

Le *Repeated Skate Sprint test* (RSS) est le test qui se rapproche le plus des évaluations sur glace auxquelles nous nous intéressons. Il est composé de 6 sprints de 89 mètres suivis de pauses de 30 secondes. Stanula et al. (2014) l'ont d'ailleurs utilisé pour définir le rôle de la capacité aérobie dans les efforts à haute intensité sur glace.

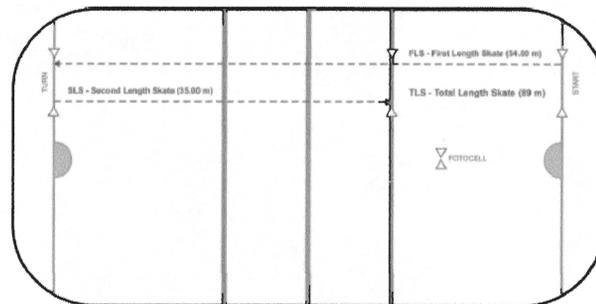


FIG. 1. THE REPEATED SKATE SPRINT (RSS) TEST.

Figure 6 : Représentation du test sur glace RSS (Stanula et al., 2014)

À la suite du RSS, l'index de fatigue est calculé suivant l'équation suivante dans David et al. (2011).

$$\text{Index de fatigue FI} = 100 \times (\text{meilleur sprint} - \text{pire sprint}) / \text{meilleur sprint}$$

Le *on ice repeated test* inventé par Peterson dans Peterson (2014) a été conçu pour corréler le système aérobie avec la fatigue chez les joueurs de hockey lors d'épreuves à haute intensité.

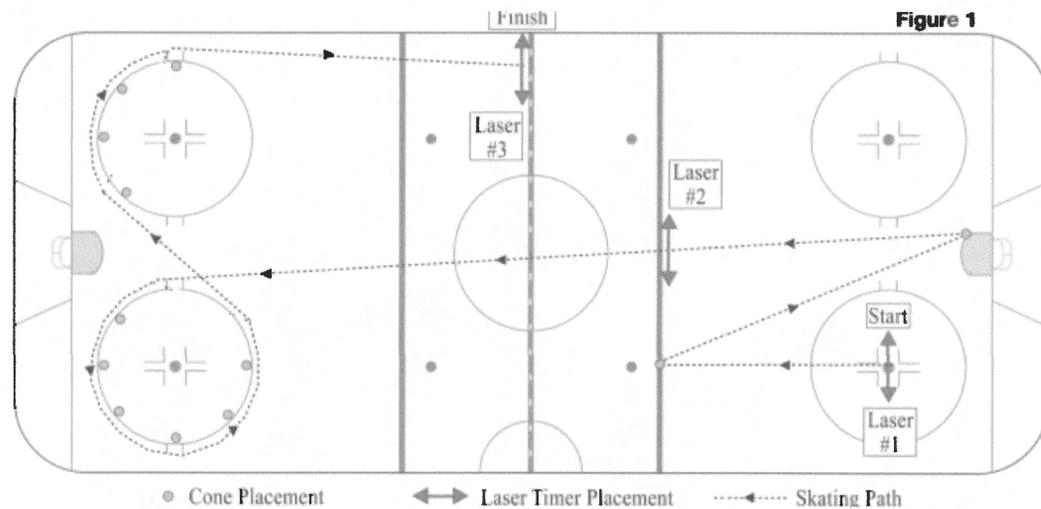


Figure 7 : *On ice repeated test* par Benjamin James Peterson (Peterson, 2014)

Ce test a permis de trouver une corrélation positive entre un test de  $VO_2$  max sur tapis roulant en patin et le pourcentage de perte d'efficacité au deuxième chronomètre entre les 8 épreuves d'effort maximales suivies de 90 secondes de repos. La perte d'efficacité en temps ( $15,30 \pm 1,17$  seconde) au laser #2 est corrélée avec le  $VO_2$  max sur tapis roulant ( $r=-0.31$ ,  $p<0.004$ ), ce qui expliquerait que 9,6% de la variance proviendrait de la capacité aérobie ( $VO_2$  max). Selon les paramètres qui nous intéressent plus précisément, l'étude n'a pas permis d'émettre de corrélation significative entre le temps de passage au premier laser #1 ( $9,90 \pm 0,86$  seconde) et le  $VO_2$  max.

### 3.5.1.2 Tests sur glace capacité et puissance aérobie

Le *Skating multistage aerobic test* SMAT test a été créé en 2007 par Leone et al. (2007) dans le but de prédire le  $VO_2$  max des joueurs de hockey sur glace. Dans ce test, les joueurs parcourent un aller-retour de 45 mètres à une vitesse prédéterminée (Figure 8). La vitesse de départ est de 3,5 mètres/secondes et augmente de 0,2 mètre/seconde tous

les paliers. Chaque palier a une durée de 1 minute et le repos est de 30 secondes. Lorsque le joueur n'est plus capable de suivre la cadence, son  $VO_2$  max est estimé selon une courbe de régression. Cette évaluation indique le  $VO_2$  max spécifique que le joueur pourra atteindre sur glace et permet d'élaborer une intervention spécifique pour l'athlète testé.

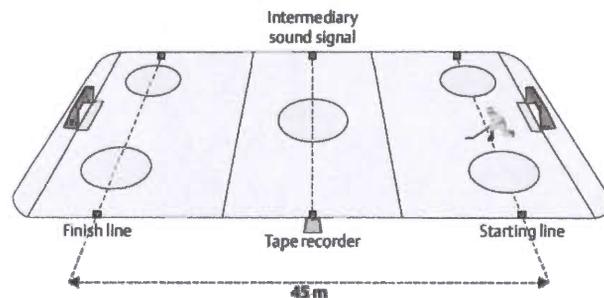


Figure 8: Schéma du test SMAT  
(Leone et al., 2007)

Le *Fast Protocol*, créé et validé par Petrella et al. (2007), consiste à patiner de manière continue sur toute la longueur de la glace, soit 48,8m. L'intervalle entre les signaux sonores diminue à chaque palier. La vitesse initiale du premier palier est de 11,7 km/h ce qui donne 15 secondes pour traverser la patinoire et revenir à la ligne de départ. Chaque palier est plus rapide de 0,5 seconde et lorsque le joueur ne réussit pas deux paliers consécutifs, il doit arrêter l'épreuve. Le nombre de paliers atteint a été corrélé avec l'âge, la masse et la grandeur du joueur afin de déterminer son  $VO_2$  max.

Dans le *Maximal shuttle skating test* (Lariviere et al., 1976), le joueur doit patiner sur une distance de 20 mètres à vitesse maximale pour douze allers-retours. Un aller-retour est comptabilisé comme une répétition et le joueur doit compléter 6 répétitions. Ce test a également été utilisé par d'autres auteurs (Leone et al., 2007) pour tester le lactate sanguin.

Le 30-15 intermittent a été inventé par Buchheit (2008) et a été adapté pour le hockey. Il s'agit d'un test par intervalles où le joueur patine 30 secondes en suivant une vitesse déterminée par signaux sonores. Cette période est suivie de 15 secondes de repos. La vitesse du palier initial est de 10,6 km/h et celle-ci augmente de 0.63 km/h à chaque palier. Le rythme cardiaque est corrélé à une estimation du  $\text{VO}_2$  max lorsque le joueur n'est plus capable de générer la vitesse demandée. Selon l'analyse de tâches du hockey décrite plus haut, l'intervalle 30-15 est peu spécifique aux sprints répétés qui nous intéressent.

Selon notre recensement de la littérature scientifique, seul le RSS (voir ci-haut) semble se rapprocher du protocole que nous cherchons à prouver. Cependant, le temps d'effort des sprints est plus près de 10 secondes, laissant croire que la participation du système aérobie est supérieure aux efforts de puissance maximale auxquels nous nous intéressons. Il ne semble pas exister d'épreuves d'évaluation sur glace visant à évaluer l'habileté à répéter des sprints courts ni à en extrapoler des données physiologiques spécifiques à l'habileté à répéter de la puissance sur glace. L'étude de Rocznio et al. (2014) a utilisé 6 x 30 mètres sur glace sans toutefois préciser le protocole quant au temps de repos et aux résultats analysés.

### 3.5.2 Les tests RSA hors glace

Tel que démontré dans le tableau 5, plusieurs auteurs dans Spencer et al. (2005), se sont intéressés à l'habileté à répéter des sprints. Ils ont proposé plusieurs protocoles afin d'analyser les paramètres physiologiques sans toutefois s'en tenir à une épreuve standard. Il va de soi que l'épreuve doit être la plus spécifique possible quant à sa nature,

à la durée de l'effort et au temps de repos. De plus, l'analyse des données peut être faite selon plusieurs équations que nous allons présenter plus loin.

Le protocole le plus intéressant est celui utilisé par Spencer et al. (2006). Ils ont validé un test sur l'habileté à répéter des sprints avec des joueurs de hockey sur gazon où ces derniers devaient effectuer 6 x 30 mètres de course avec des départs toutes les 25 secondes.

Comme nous désirons demeurer spécifiques au hockey sur glace, nous nous penchons vers l'adoption d'un test sur glace. Suite à la recension des articles scientifiques sur les RSA, nous gardons en tête que plusieurs protocoles d'évaluation ont été validés sur ergocycle et que notre sport d'intérêt est acyclique et demande un minimum de talent. Plusieurs études ont utilisé 5 x 6 secondes de sprint suivi de 30 secondes de repos (D. Bishop et al., 2003; Spencer et al., 2006). Bishop et al. (2003) ont d'ailleurs utilisé ce protocole avec des joueuses élites de hockey sur glace.

Tableau 5: Recensement des écrits scientifiques pour les tests RSA déjà existants (Spencer et al., 2005)

Table II. Tests of repeated-sprint ability

Study	Exercise mode	Sprint distance (m)	Sprint duration (sec)	No. of reps	Recovery duration (sec)	Recovery mode
Aziz et al. <sup>[77]</sup>	Run-track	40	-5.5	8	30	Stretching
Balsom et al. <sup>[40]</sup>	Run-track	15	-2.6	40	30	Passive
	Run-track	30	-4.5	20	30	Passive
	Run-track	40	-6	15	30	Passive
Balsom et al. <sup>[80]</sup>	Cycle		6	10	30	Passive
Balsom et al. <sup>[87]</sup>	Cycle		6	10	30	NR
Balsom et al. <sup>[88]</sup>	Run-treadmill		6	15	24	Passive
Balsom et al. <sup>[81]</sup>	Cycle		6	5	30	Passive
Bishop et al. <sup>[89]</sup>	Cycle		6	5	24	Self-selected
Dawson et al. <sup>[36]</sup>	Cycle		6	5	24	Slow cycle
Dawson et al. <sup>[78]</sup>	Run-track	40	-5.5	6	24	Walk
Fitzsimons et al. <sup>[82]</sup>	Run-track	40	-5.8	6	24	Walk
	Cycle		6	6	24	Self-selected
Gaitanos et al. <sup>[90]</sup>	Run-nm treadmill		6	10	30	Passive
Gaitanos et al. <sup>[29]</sup>	Cycle		6	10	30	Passive
Hamilton et al. <sup>[83]</sup>	Run-nm treadmill		6	10	30	Passive
Hautier et al. <sup>[79]</sup>	Cycle		5	15	25	Passive
Holmyard et al. <sup>[84]</sup>	Run-nm treadmill		6	10	30	NR
	Run-nm treadmill		6	10	60	NR
Mujika et al. <sup>[76]</sup>	Run-track	15	-2.3	6	24	NR
Signorile et al. <sup>[86]</sup>	Cycle		6	8	30	Cycle-60W
Stathis et al. <sup>[71]</sup>	Cycle		10	4	50	Passive
	Cycle		10	8	50	Passive
Wadley and Le Rossigno <sup>[91]</sup>	Run-track	20	-3	12	-17	NR
Wragg et al. <sup>[85]</sup>	Run-track	34.2	-7.5	7	25	Jog

NR = not reported; reps = repetitions; run-track = over-ground running; run-treadmill = running on motorised treadmill; run-nm treadmill = running on non-motorised treadmill.

### 3.6 L'importance de la spécificité du test

Dans sa revue de la neurobiologie de la fatigue musculaire, Enoka (1992) soulève un point important lors de la comparaison et de l'interprétation des résultats. En effet, la spécificité de la tâche est cruciale lors de l'élaboration d'une évaluation physique spécifique à un sport. Selon eux, la spécificité de la tâche serait influencée par les signaux du système nerveux central aux motoneurones, aux muscles et aux unités motrices activées et aussi par le couple excitabilité-contraction, la disponibilité des substrats énergétiques, le milieu intracellulaire, les unités contractiles musculaires et la circulation sanguine du muscle. Dans le cadre de notre étude, les tests visant à évaluer la RSA doivent être faits sur glace.

Le choix du nombre d'intervalles lors du test est grossièrement défini dans la littérature scientifique alors que les recherches vont de 5 à 15 intervalles (Bishop et al., 2011). Tel que le démontrent Spencer et al. (2005), il est important d'être précis dans le choix du nombre de sprints, car la contribution des systèmes énergétiques sera variable au même titre que la réponse métabolique entre le premier et le 10<sup>e</sup> sprint (Gaitanos et al., 1993).

Gharbi et al. (2014) arrivent à la conclusion que 5 serait le nombre d'intervalles le plus propice à représenter l'habileté à répéter des sprints dans un sport d'équipe, étant donné qu'il n'y a pas de différence significative entre les 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> intervalles, quant à la concentration de lactate sanguin ni du pourcentage de dépréciation de la performance. Tel que cité plus haut, une présence typique contient de 4 à 8 efforts maximaux, ce qui totalise de 4 à 8 minutes d'intensité maximale par partie (Roczniok et al., 2014).

L'étude de Montgomery (1988b), quant à elle, relève que de 5 à 7 efforts de 2 à 3,5 secondes totalisent 4 à 6 minutes d'intensité maximale par parties.

Il y aurait cependant une bonne différence lors des 9<sup>e</sup> et 10<sup>e</sup> intervalles si on les compare au 5<sup>e</sup>. Comme l'ont démontré Gaitanos et al. (1993), les différences au 10<sup>e</sup> intervalle proviennent de la contribution du système aérobie alors que l'apport du système glycolytique est négligeable.

La longueur des sprints aura aussi une incidence sur les résultats, car les substrats énergétiques utilisés différeront. Comme nous concentrons notre intérêt sur le hockey et que cette recherche s'intéresse à l'habileté à répéter des sprints sur glace, une distance de 30 mètres demandera au joueur de patiner de la ligne de but à la ligne bleue opposée. Selon les vitesses maximales aérobies atteintes lors de l'élaboration du SMAT test (Leone et al., 2007), les vitesses moyennes sont de plus de 5 m/s pour des joueurs de 13 à 16 ans ce qui prendrait  $\pm 5$  secondes pour atteindre la distance demandée.

### 3.7 Type de récupération

Shelle (2001) a comparé l'effet de la récupération active et la récupération passive lors de 7 efforts de 40 secondes avec 90 secondes de repos sur glace. Quinze minutes après le dernier effort, les analyses statistiques ne sont pas concluantes lorsqu'elles comparent les distances de patinage parcourues, le rythme cardiaque atteint et le taux de lactate dans le sang. Dupont et al. (2004) ont démontré qu'une récupération active après deux sprints d'effort maximal de 15 secondes suivis de 15 secondes de repos, résultait en une meilleure production de puissance. Cependant, une récupération passive menait plus lentement à l'atteinte de la fatigue maximale lors du deuxième sprint, prouvant que la réoxygénation de la myoglobine et une meilleure resynthèse de la phosphocréatine

proviennent de la récupération passive. Spencer al. (2006) ont testé la récupération active et passive dans des paramètres qui nous intéressent plus spécifiquement. Les sprints se déroulaient sur ergocycle et étaient de 4 secondes suivis de 21 secondes de récupération, où l'on cherchait à comparer le travail effectué, la concentration de lactate sanguin et le taux de phosphocréatine. Les chercheurs ont conclu que la récupération active ne présentait aucun bienfait et menait à une baisse de la puissance maximale finale.

### 3.8 Données recueillies et méthodes de calcul pour l'interprétation des résultats

Plusieurs formules ont été développées pour présenter les résultats de sprints répétés. Les deux formules suivantes donnent un résultat en pourcentage afin de classer la perte de puissance.

$$\text{Index de fatigue FI} = 100 \times (\text{meilleur sprint} - \text{pire sprint}) / \text{meilleur sprint}$$

$$\text{Dépréciation des Sprint en \%} = (S1 + S2 + S3...) / \text{Meilleur sprint} \times \text{nombre de sprints} - 1 \times 100$$

Afin d'éviter le *spacing*, c'est-à-dire la tentative de déjouer le résultat en tentant de reproduire un résultat constant, il est possible d'ajouter le temps total des 6 sprints. Cette donnée est intéressante étant donné que les réponses physiologiques de la RSA indiquent une corrélation entre la vitesse du premier sprint et l'habileté à répéter des sprints (Billaut et al., 2011).

Glaister et al. (2008), cité dans (Girard et al. 2011), ont défini que la méthode la plus fidèle et valide pour quantifier la fatigue d'un test de RSA serait la dépréciation des

sprints en % (traduction libre de *sprint decrement* Sdec). La méthode Sdec prend en considération tous les intervalles calculés lors du test. Alors que ces calculs ne donnent que le résultat de la diminution de la performance, d'autres données significatives doivent être considérées. Le total du travail mécanique, la puissance maximale et moyenne développée, le temps total, le temps moyen et le meilleur temps sont des éléments importants à corrélérer (Girard et al., 2011). La formule Sdec combinée au temps total des sprints permettra de voir la RSA en tant que perte de puissance et en perte de vitesse totale.

### 3.9 Justification du protocole d'entraînement sur glace

Bishop et al. (2011) ont recensé les études ayant soumis des protocoles d'entraînements en sprints répétés, afin de déterminer la meilleure approche pour développer l'habileté à répéter des sprints. Ces études ont été réalisées sur terrain plat et visent à développer l'habileté à répéter des sprints. Plusieurs protocoles visant à développer les sprints répétés donnent des résultats significatifs quant à la vitesse du meilleur et du moins bon sprint. Parallèlement, les protocoles en entraînement en intervalles semblent mieux appropriés pour améliorer l'index de fatigue suite à une épreuve en sprints répétés. Serpiello et al. (2011) ont exécuté 10 séances de 3 séries de 5 sprints de 4 secondes, suivies de 20 secondes de repos entre les sprints et de 4,5 minutes de repos entre les séries. Suite à leur protocole de 10 séances, les accélérations avaient augmenté de 21,9 %, 14,7 % et 15,2 % pour les trois premières séries. Les auteurs ont également noté des améliorations dans la concentration de lactate dans le muscle et la variance du rythme cardiaque lors de sprints répétés.

Buchheit et al. (2010) ont comparé deux protocoles d'entraînement. Le premier visait la vitesse et l'agilité, avec 3 à 4 séries de 4 à 6 exercices d'une durée de moins de 5 secondes. Le second protocole était des sprints de 30 secondes suivis de 2 minutes de repos. Pour le groupe ayant effectué le protocole en sprints courts, la vitesse au sprint de 10 mètres a augmenté de 4,6 %. De plus, la vitesse du meilleur sprint au test de sprints répétés s'est améliorée de 2,7 %. Également, le moins bon sprint a été 2,2 % plus rapide. Le groupe ayant effectué des efforts de 30 secondes n'a pas obtenu des résultats significatifs dans les paramètres qui nous intéressent.

Lors d'une étude pour comparer un protocole d'entraînement à intervalles longs de 4 x 4 minutes d'effort à 90 % à 95 % du rythme cardiaque maximal, suivi de 3 minutes de repos actif à 60 % avec 3 x 6 sprints de 40 mètres suivis de repos passif de 20 secondes, les deux groupes expérimentaux ont démontré des améliorations dans le  $VO_2$  max, suite à 7 semaines d'entraînement (Bravo et al., 2008). Le groupe ayant effectué des sprints répétés a également obtenu un résultat significatif quant au temps du moins bon sprint lors d'une épreuve de sprints répétés, soit une baisse de 2,1 %, sans toutefois que l'indice de fatigue se soit amélioré (Bravo et al., 2008).

Il nous semble évident qu'un protocole d'entraînement en sprints répétés courts améliorera la vitesse des sprints lors de l'évaluation. Cependant, les études sont mitigées sur la corrélation entre un protocole d'entraînement en sprints répétés et l'amélioration de l'indice de fatigue. Les protocoles d'entraînements en intervalles longs semblent également améliorer l'index de fatigue. Notre but sera donc de prouver que notre protocole d'entraînement améliore la vitesse aux sprints, l'endurance de patinage tout en diminuant l'indice de fatigue après 6 sprints consécutifs.

## 4 MÉTHODOLOGIE

## 4.1 Sujets

L'échantillon était composé de joueurs de hockey masculins de 16 à 20 ans, de deux équipes de la ligue junior AAA du Québec. Les caractéristiques physiques des joueurs sont présentées dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Caractéristiques et données anthropométriques des participants.

VARIABLES	Groupe Expérimental (n=9)	Groupe Contrôle (n=14)
Âge	18,11 (1,05)	18,93 (1,07)
Poids (kg)	79,91 (8,92)	87,68 (10,01)
Grandeur (cm)	177,27 (6,79)	180,31 (5,80)
Longueur bras droit (cm)	74,44 (4,30)	78,21 (3,23)
Longueur jambe droite (cm)	84,88 (5,01)	84,72 (2,97)
IMC	25,43 (2,49)	26,99 (3,10)
Moyenne et (écart type)		

#### 4.1.1 Critères d'inclusion

Être un joueur de la ligue de hockey junior du Québec (anciennement connu sous le nom de ligue de hockey Junior AAA du Québec).

#### 4.1.2 Critères d'exclusion

- Refus de participation.
- Impossibilité de participer à plus de 80 % de l'étude.
- Limitation physique et contre-indication de performance du hockey sur glace.
- Blessure physique limitant la performance du hockey sur glace.
- Être gardien de but.

Un total de 23 participants a répondu à l'ensemble des critères pour compléter l'étude. Soit (n=9) pour le groupe expérimental (EXP) et (n=14) pour le groupe contrôle (CTL).

Une équipe était le groupe expérimental alors que l'autre équipe était le groupe contrôle. Le fait d'effectuer une recherche scientifique en saison avec des équipes de haut niveau nous a limité dans l'homogénéité des groupes. Il est important de savoir qu'il n'était pas possible de séparer des groupes (contrôle et expérimentale) à même les équipes en pleine saison de compétition. L'entraîneur de chaque équipe a fait l'envoi d'un courriel de recrutement destiné aux joueurs de leur équipe respective. Ensuite, il y a eu une rencontre préalable avec l'ensemble des deux organisations afin d'expliquer l'objectif et le déroulement de la recherche.

Un formulaire explicatif et de consentement a été distribué aux joueurs invités à participer à l'étude présentant le protocole expérimental (voir annexe). Les sujets mineurs devaient également avoir une autorisation parentale pour prendre part à la recherche. Aucune compensation monétaire n'a été distribuée aux participants de l'étude. Le groupe expérimental a bénéficié d'un entraînement gratuit spécifique au développement des qualités de vitesse et d'endurance sur glace. Les résultats individuels ont été transmis personnellement aux participants des groupes expérimental et contrôle.

Les moyennes globales ont également été transmises individuellement aux équipes respectives afin de démontrer les améliorations obtenues, mais aucune information permettant d'identifier les participants n'a été divulguée. Les sujets étaient libres de quitter l'étude en tout temps et leur présence était volontaire. Finalement, il est important de noter que les risques pour la santé lors des évaluations sur glace et de l'entraînement hors glace sont nettement inférieurs à ceux encourus lors d'une partie de hockey.

#### 4.2 Les évaluations physiques

Les pré-tests se sont déroulés en une journée, et ce, une semaine avant de débiter les entraînements de sprints. Ils ont été faits au domicile des équipes respectives. La première partie avait lieu hors glace et la suite se déroulait sur la glace. Ces tests ont permis de mesurer l'index de fatigue au test de sprints répétés sur glace, lequel constituerait la mesure primaire de validation de notre hypothèse. La journée post-test était identique et se déroulait dans les mêmes conditions, une semaine après la fin de

l'expérimentation (semaine 7). Le responsable de la recherche était présent en tout temps pour les évaluations et assisté par les entraîneurs de l'équipe (PNCE niveau 3).

#### 4.2.1 Description de la journée d'évaluation physique

Tous les sujets se sont soumis à une période d'activation comprenant 5 minutes de course à faible intensité, 6 sprints de vingt 20 mètres à intensité progressive et de courts étirements statiques. Par la suite, les mesures anthropométriques de grandeur, poids, longueur du bras et longueur de la jambe ont été prises, pour terminer avec 3 sauts en longueur sans élan avec 120 secondes de repos entre chaque saut. Trente minutes après ces tests hors glace, les joueurs s'adonnaient à une séance d'échauffement sur glace similaire, comprenant 5 minutes de patinage léger, 6 sprints répétés à intensité progressive et un étirement statique court. La première épreuve sur glace était un sprint de 30 mètres avant. L'épreuve des 6 sprints répétés de 30 m a eu lieu 15 minutes plus tard. Un repos de 30 minutes était nécessaire pour terminer avec le SMAT test.

#### 4.2.2 Les mesures anthropométriques

**Grandeur :** À l'aide d'un ruban à mesurer, recueillir la grandeur du participant en centimètres.

**Poids :** À l'aide d'un pèse-personne, la masse du participant (vêtu de culottes courtes) sera mesurée en kilogrammes.

**Longueur des bras :** À l'aide d'un ruban à mesurer, la distance (en centimètres) entre le bras droit (en extension) de l'acromion à la fin du majeur.

Longueur de la jambe : Debout, à l'aide d'un ruban à mesurer, la jambe droite du participant sera mesurée. La mesure se fait du grand trochanter du fémur à la malléole de la cheville.

#### 4.2.3 Les tests de performance

##### Hors glace

Saut en longueur sans élan : Le test servira à recueillir des données sur la puissance des membres inférieurs. Farlinger et al. (2007) ont corrélié le saut en longueur avec un sprint de 35 mètres en patin, ainsi qu'un circuit d'agilité sur patin. Le participant se place derrière une ligne, les pieds à la largeur des épaules. Lorsqu'il est prêt, il crée une triple flexion (hanche, genoux et cheville) en abaissant également les bras, puis se projette le plus loin possible vers l'avant. Il devra maîtriser sa position d'atterrissage afin que l'évaluateur mesure la distance parcourue. Le test est effectué 3 fois avec un intervalle de repos de 2 minutes.

##### Sur glace

Sprint avant : Le sujet est vêtu de tout son équipement de hockey et s'aligne derrière la ligne des buts. Il doit effectuer un sprint en patinage avant, afin de franchir le plus rapidement possible la deuxième ligne bleue. Cette épreuve de 30 mètres sera répétée deux fois avec 3 minutes de repos entre chaque répétition. Le meilleur temps sera retenu.

Test de sprints répétés sur glace : Le sujet est vêtu de tout son équipement de hockey et s'aligne derrière la ligne des buts. Il doit effectuer un sprint avant de 30 mètres puis

revenir se replacer à la ligne de départ. Une marque de peinture aura été placée sur la glace pour bien identifier la distance. Il devra effectuer le même sprint 6 fois toutes les 20 secondes. Par exemple, si un joueur parcourt en 4 secondes la distance entre la ligne rouge des buts à la ligne rouge centrale, il aura 16 secondes pour revenir se placer au départ. La distance de 30 mètres a été choisie, car l'objectif de cette recherche est de déterminer l'habileté à répéter de courts sprints spécifiques au hockey sur glace. Pour Stanula et al. (2014) et Roczniok et al. (2014), une présence typique contient de 4 à 8 efforts maximaux totalisant le même nombre de minutes d'effort à intensité maximale par partie. Pour Montgomery (1988b), une présence sur glace contient de 5 à 7 efforts de 2 à 3,5 secondes. À la lumière de ces références, nous estimons qu'un joueur de calibre junior élite peut atteindre 31 km/h (communications personnelles des Flyers de Philadelphie par Comtois 2016). Il atteindra donc 30 mètres en une durée de maximum 4 secondes. Le temps (s) total des 6 sprints sera additionné comme mesure. De plus, l'approche utilisée par Glaister et al. (2008) pour calculer l'index de fatigue sera également calculé ainsi :

$$(S1 + S2 + S3+S4+S5+S6) / \text{Meilleur sprint} \times \text{nombre de sprints}) - 1 \times 100$$

Afin d'éviter le *pacing*, les joueurs doivent effectuer leur premier sprint à plus de 95% de leur capacité au sprint de 30 mètres, afin que le test soit valide. Cette méthode a été testée par Bishop et al. (2003) avec des joueuses de hockey sur gazon.

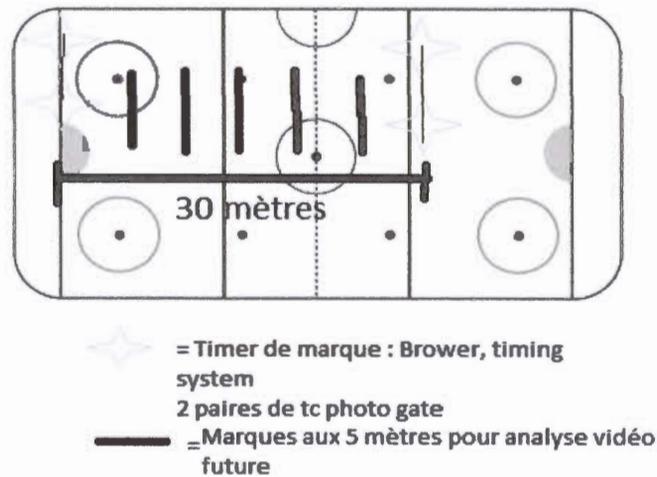


Figure 9 : Schéma représentatif du test de sprints répétés sur glace

#### Mesure de lactate sanguin

Au départ de l'étude, une mesure du lactate sanguin pour un sous-groupe de  $n=8$  joueurs du groupe expérimental et contrôle était prévue. Ce nombre limité est ciblé, car les équipes n'offrent pas beaucoup de temps pour les tests physiques et la prise de lactate sanguin retarde les participants. Ce sous-groupe était déterminé lors de la rencontre initiale de manière volontaire jusqu'à ce que 8 athlètes se soient manifestés. La mesure était effectuée à l'aide d'un analyseur Lactate Pro, sur le bout du doigt du joueur, une minute avant son test de sprints répétés, ainsi que 30 secondes après son 6e sprint. Cette mesure servait à déterminer l'apport du système glycolytique lors des 6 efforts répétés.

Le joueur avait une première piqûre avant le départ du test, il s'agit de la prise de lactate sanguin. De cette piqûre, un échantillon de sang capillarisé était recueilli au bout du doigt, à l'aide d'un dispositif comprenant des lancettes stériles adaptées à un stylo piqueur et des bandelettes réactives. Le sang du participant était recueilli avant

l'épreuve de sprints répétés sur glace et immédiatement après. Ensuite, à partir de ces échantillons, une mesure de la lactatémie (exprimée en mmol/L) était obtenue dans un délai de 60 secondes. Cette mesure était prise avec l'analyseur Lactate Pro, validé par Pyne (2000) avec une fidélité  $r=0,98$  et une validité  $r=0,99$  et utilisé par (Gharbi et al., 2014; Pyne, 2000). L'appareil avait été calibré selon les standards du manufacturier avant chaque test. Afin d'éviter un résultat erroné, le doigt du participant était désinfecté avec un tampon d'alcool avant chaque prise de gouttelette. Cette dernière est similaire à celle prélevée chez les diabétiques pour leur suivi de taux de glucose sanguin à l'aide d'un glucomètre (même taille et même type de bande que le Lactate Pro).

#### SMAT test

Le *Skating multistage aerobic test* « SMAT test » a été créé en 2007 par (Leone et al. (2007), avec une fidélité de  $r=0,92$  et une validité de  $r=0,97$  dans le but de prédire le  $VO_2$  max des joueurs de hockey sur glace. Dans ce test, les joueurs parcourent un aller-retour de 45 mètres à une vitesse prédéterminée. La vitesse de départ est de 3,5 mètres/secondes et augmente de 0,2 mètre/seconde tous les paliers. Chaque palier a une durée d'une minute et le repos est de 30 secondes. Lorsque le joueur n'est plus capable de suivre la cadence, son  $VO_2$  max est estimé selon une courbe de régression.

#### 4.2.4 L'intervention sur le groupe contrôle

Le groupe contrôle poursuivait ses entraînements réguliers sur glace à raison de 3 séances de pratique de 90 minutes par semaine, en plus de 2 parties de 60 minutes par semaine. Ces entraînements avaient lieu pendant 5 semaines consécutives.

#### 4.2.5 L'intervention sur le groupe expérimental

Le groupe expérimental poursuivait ses entraînements réguliers sur glace à raison de 3 séances de pratique de 90 minutes par semaine, en plus de 2 parties de 60 minutes par semaine. De plus, les sujets ajoutaient deux séances d'entraînements en sprints répétés sur glace à chacune des 5 semaines de la période expérimentale, se déroulant à mi-saison de hockey (Janvier-Février). Ces entraînements étaient supervisés par le responsable de l'étude et avaient lieu sur la glace de l'équipe, soit à Vaudreuil. Chaque pratique sur glace était précédée d'un échauffement spécifique aux sprints répétés, c'est-à-dire 5 minutes de vélo léger, suivi de mouvements de mobilité statique puis balistique, pour se conclure avec 6 sprints répétés sur glace à une intensité progressive. À la suite des pratiques tactiques de l'équipe, suivait l'entraînement en sprints répétés courts, qui comprenait de 2 à 4 séries de 6 sprints de 5 à 6 secondes à intervalles de 20 secondes avec un repos passif de 5 minutes entre chacune des séries. Ces entraînements ont eu lieu pendant 5 semaines consécutives. Les dix entraînements ont été périodisés selon l'horaire de l'équipe (voir Annexe 4). La charge d'entraînement n'était pas élevée (2 à 4 séries), car un protocole d'entraînement ayant trop de volume aurait des incidences négatives sur les performances des joueurs en période de compétition.

## 5 ANALYSE

### 5.1 Analyse statistique

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes et d'écart types. L'effet de l'intervention a été mesuré à l'aide d'une analyse ANOVA mixte à mesures répétées (2 groupes, témoin et expérimental x 2 temps, pré et post). Les effets de tailles ont été calculés selon l'approche de Cohen (*Cohen's d*). Des corrélations de Pearson ont été utilisées afin de mesurer des relations entre diverses variables. Un  $p \leq 0,05$  a été retenu pour indiquer les différences significatives.

### 5.2 Analyse des résultats

Les résultats de chacune des épreuves mesurées avant et après l'intervention sont présentés dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Présentation des résultats des tests sur glace et hors glace avant (pré) et après (post) 5 semaines d'intervention

<b>VARIABLES</b>	Groupe Expérimental (n=9)	Groupe Contrôle (n=14)
<b>Saut en longueur (cm)</b>		
Pré	239 (9,7) (n=8)	248 (23,4)
Post	246 (9,9) (n=8)	242 (22,2)*
<b>Sprint singulier 30 m</b>		
Temps (s)		
Pré	4,25 (0,14)\$	4,08 (0,18)
Post	4,20 (0,15)	4,19 (0,16)*
Vitesse moyenne (m s <sup>-1</sup> )		
Pré	7,1 (0,23)	7,4 (0,32)
Post	7,1 (0,27)	7,2 (0,29)
Puissance (W)		
Pré	5528 (566)	6322 (689)
Post	5582 (529)	6158 (732)
<b>Sprints répétés 6x 30 m</b>		
Temps total (s)		
Pré	26,79 (0,75)	26,57 (0,92)
Post	26,68 (0,98)	27,15 (1,01)*
Indice de fatigue (%)		
Pré	4,66 (1,1)	4,22 (1,6)
Post	3,97 (1,6)	3,95 (1,8)
<b>SMAT</b>		
Paliers (n)		
Pré	8,7 (0,56)	8,7 (0,78)
Post	8,6 (0,69)	8,7 (0,75)
VO <sub>2</sub> max estimé (ml kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )		
Pré	55,2 (2,04)	55,5 (2,59)
Post	54,8 (2,52)	54,9 (2,81)

Moyenne et (écart type): ANOVA mesures répétées, \*p<0,05 par rapport à pré;  
\$p<0,05 par rapport CTL.

### Saut en longueur

L'augmentation observée dans le groupe expérimental n'est pas significative ( $p=0,07$ ; Cohen's  $d = 0,69$ ). Toutefois, une diminution significative a été observée dans le groupe contrôle ( $p=0,03$ ; Cohen's  $d = 0,26$ ).

### Sprint singulier 30 mètres

#### Temps (s)

Le groupe expérimental n'a démontré aucune amélioration pré vs post sur la performance au sprint singulier ( $p=0,24$ ; Cohen's  $d=0,31$ ). Néanmoins, le groupe contrôle a démontré une augmentation significative de 2.75% sur le temps ( $p=0,001$ ; Cohens's  $d=0.64$ ).

### Le temps total des 6 sprints à l'épreuve des sprints répétés

Une diminution non significative du temps en seconde ( $p=0,72$ ; Cohen's  $d=0.09$ ) a été observée dans le groupe expérimental, tandis que le groupe contrôle a démontré une augmentation significative de 2,19% ( $p=0,02$ ; Cohen's  $d= 0,36$ ).

La Figure 10 à gauche démontre une différence significative  $p=0.024$  entre les groupes expérimental et contrôle lors des pré-tests lors de l'épreuve d'un sprint singulier de 30 mètres. Il y a également un effet significatif entre le temps pré et post pour le groupe contrôle ( $p=0.001$ ). La Figure 10 à droite illustre une différence significative ( $p=0.019$ ) entre le temps pré et post pour le groupe contrôle, mais aucune différence significative pour le groupe expérimental pour le temps accumulé lors de la répétition des 6 sprints de 30 mètres.

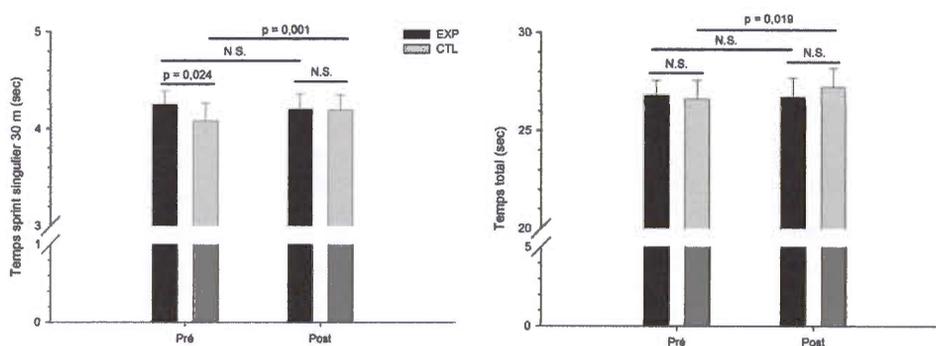


Figure 10 : (Gauche) Comparaison du temps (s) des groupes expérimental et contrôle lors du sprint de 30 mètres. (Droite) Comparaison du temps total des groupes expérimental et contrôle lors du test des 6 sprints répétés de 30 mètres.

### Le $VO_2\max$

Les groupes expérimental et contrôle ne présentent pas de différences significatives pré post. Respectivement ( $p=0,54$  ; Cohen's  $d= 0.16$ ) ; ( $p=0,27$ ; Cohen's  $d= 0.03$ ).

La Figure 11 n'indique aucune différence significative pour le  $VO_2\text{max}$  ( $p=0,75$ ) entre les groupes expérimental et contrôle au pré-test lors de l'épreuve SMAT. Suite à l'intervention, il n'y a également aucune différence significative entre le groupe expérimental et le groupe contrôle ( $p=0,94$ ). De plus, aucune différence significative n'a été décelée entre pré et post chez les deux groupes ( $F(1, 18)=0,09$ ;  $p=0,78$ ).

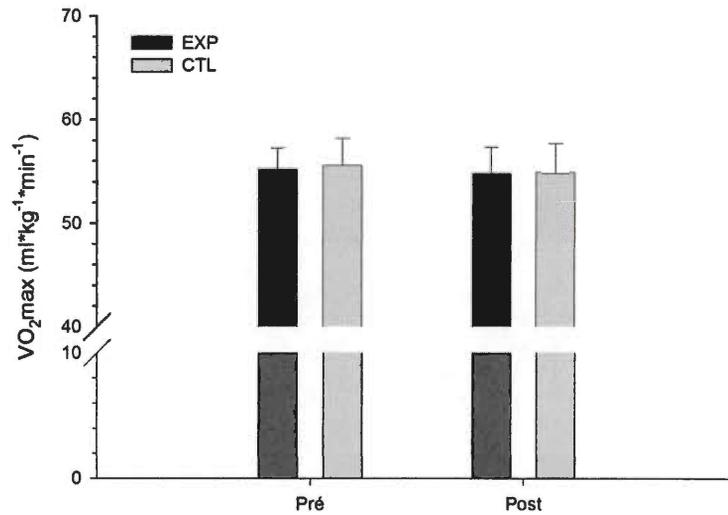


Figure 11 : Présentation des  $VO_2\text{max}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) des groupes expérimental et contrôle lors des tests pré et post intervention.

Avant l'intervention (Figure 12 à gauche) le groupe expérimental ne présente aucune relation significative ( $r=0,12$ ,  $p=0,76$ ) entre le temps total de 6 sprints répétés et le  $VO_2$ , alors que pour le groupe contrôle, cette relation est significative ( $r=0,61$ ,  $p=0,04$ ). Toutefois, les deux groupes (Figure 12 à droite) démontrent une relation significative après l'intervention ( $r=0,31$ ,  $p=0,03$ ; et  $r=0,64$ ,  $p=0,02$ , respectivement).

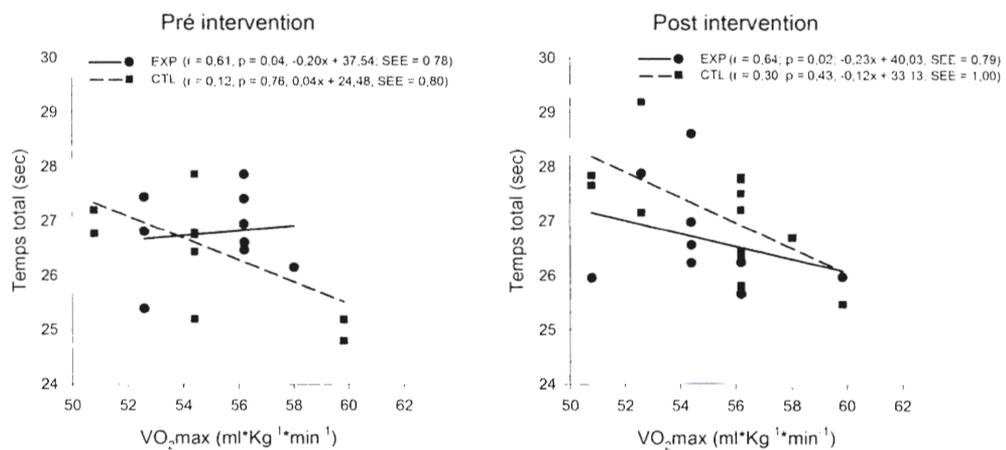


Figure 12 : Relation entre le temps total (s) obtenu durant l'épreuve de 6 sprints répétés et le  $VO_2$ max ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) lors des tests pré et post pour les groupes expérimental et contrôle.

Avant l'intervention (Figure 13 à gauche), une relation significative est observée entre la vitesse de sprint singulier et la distance au saut en longueur pour les groupes expérimental et contrôle ( $r=0,48$ ,  $p=0,23$ ;  $r=0,80$ ,  $p=0,001$ , respectivement). Suite à l'intervention (Figure 13, droite), le groupe expérimental ne démontre plus de relation ( $r=0,09$ ;  $p=0,82$ ), tandis que le groupe contrôle présente une relation positive, mais non significative ( $r=0,47$ ;  $p=0,09$ ).

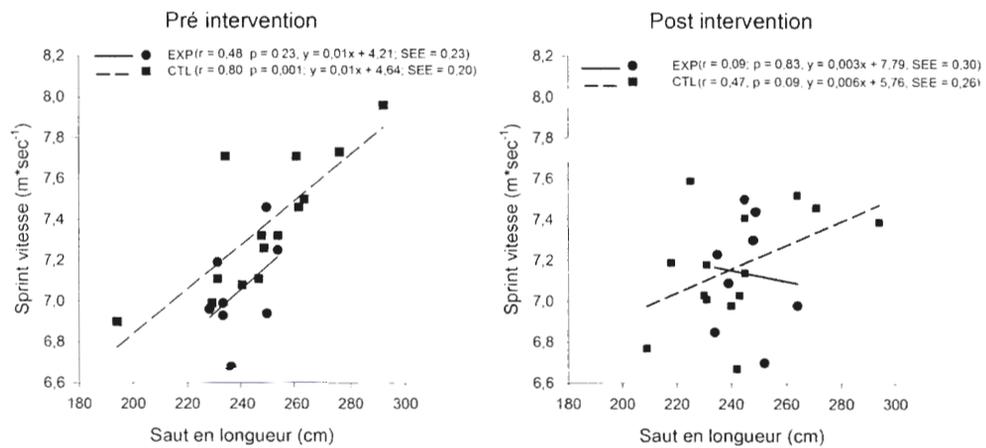


Figure 13 : Relation entre la vitesse maximale au sprint singulier de 30 mètres ( $m \cdot sec^{-1}$ ) et la distance au saut en longueur (cm) aux tests pré et post.

La Figure 14 présente, pour le groupe expérimental, une relation significative ( $r=0,75$ ,  $p=0,02$ ) entre les vitesses ( $m \cdot sec^{-1}$ ) lors de l'épreuve pré et post avec une pente de 0,88. Le groupe contrôle présente également une relation significative ( $r=0,80$ ,  $p=0,001$ ), sans toutefois avoir une pente aussi prononcée (0,68). L'intercept des droites est respectivement 1,02 et 2,09.

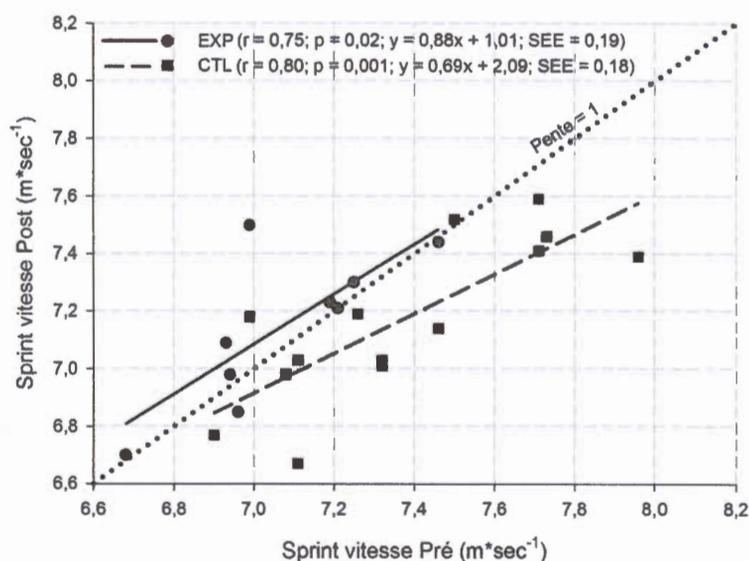


Figure 14 : Relation entre les vitesses ( $m \cdot sec^{-1}$ ) pré et post au sprint singulier de 30 mètres pour les groupes expérimental (EXP) et contrôle (CTL).

La Figure 15 à gauche présente, pour les groupes expérimental et contrôle, le temps (s) requis avant l'intervention (pré) pour exécuter chaque sprint durant l'épreuve des 6 sprints répétés. Le temps requis a augmenté significativement ( $F(5, 105)=39,43$ ;  $p=0,001$ ) dans les deux groupes sans distinction entre les groupes ( $F(5, 105)=1,06$ ;  $p=0,39$ ). Suite à l'intervention (Figure 15 à droite), le groupe expérimental révèle une amélioration non significative ( $F(1, 20)=1,21$ ;  $p=0,29$ ) comparé au groupe contrôle, où l'écart pour les sprints 2, 3, et 4 semble plus grand. Néanmoins, le temps requis pour

exécuter les six sprints a augmenté significativement ( $F(5, 100)=35,79; p=0,001$ ) dans les deux groupes, de manière comparable au temps pré-intervention. De plus, le groupe contrôle n'a pas montré d'amélioration au sprint après 5 semaines (post-intervention), sauf pour les sprints 2 et 4 où une augmentation significative ( $p=0,05$  et  $0,03$ , respectivement) du temps est notable post-intervention. Le groupe expérimental, toutefois, révèle une amélioration significative ( $p=0,02$ ) seulement au sprint 4 post-intervention sans amélioration significative pour les autres sprints.

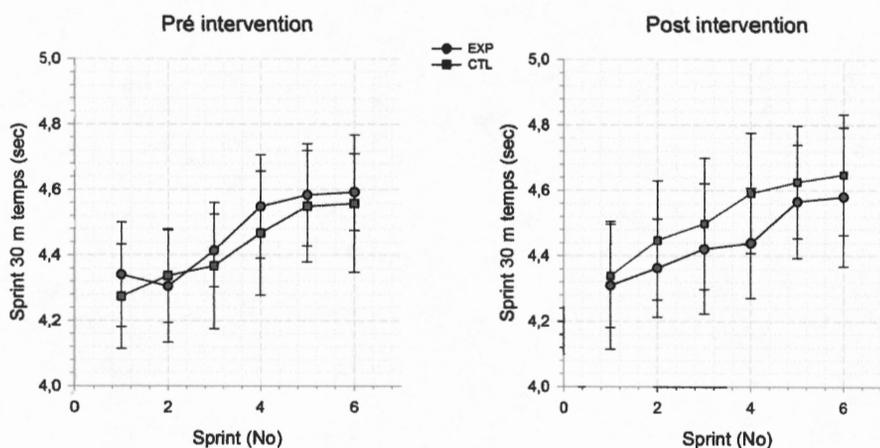


Figure 15 : Présentation du temps (s) d'exécution des sprints répétés pour les groupes expérimental et contrôle pré et post intervention.

## 6 DISCUSSION

La présente étude démontre qu'un entraînement en sprints répétés sur glace permet de maintenir la vitesse au sprint singulier ( $m \cdot sec^{-1}$ ) (Figure 14). De plus, ce type de programme d'entraînement semblerait maintenir la performance en temps à chaque sprint dans une épreuve de sprints répétés (Figure 15). Aussi, les athlètes ayant un  $VO_2max$  élevé, peu importe le groupe (EXP ou CTL), possédaient une meilleure capacité à répéter des sprints sur une distance de 30 mètres (Figure 12). Un aspect intéressant est le fait qu'introduire un programme d'entraînement de sprints répétés sur glace n'a pas eu d'effet négatif pour l'aptitude aérobie ( $VO_2max$ , voir Figure 11). À notre connaissance, nous sommes les premiers à tester l'effet d'un protocole en sprints répétés courts ( $\pm 5$  secondes) sur glace en saison. Plusieurs autres études sur les sprints répétés courts ont été réalisées, mais hors glace sur terrain plat (Thébault et al., 2011 ; Bishop et al., 2003 ; Dawson et al., 1997 ; Spencer et al., 2005; Gaitanos et al., 1993) ainsi que sur tapis roulant (Serpiello et al., 2011) sans toutefois avoir été réalisé en pleine saison de compétition.

L'entraînement à répéter des sprints sur glace en saison semble limiter la perte de temps aux sprints répétés. À la Figure 15, le temps du groupe expérimental pour exécuter les sprints de 30 mètres est inférieur à celui du groupe contrôle. D'autres auteurs ont présenté des résultats significatifs quant à l'effet d'un protocole en sprints répétés en saison. Bravo et al. (2008) ont démontré qu'en saison un entraînement avec sprints répétés sur terrain plat (6 sprints de 40 mètres suivis d'un repos passif de 20 secondes) menait à une diminution du temps moyen requis lors des sprints répétés ( $p=0.006$ ). Nedrehagen et al. (2015) ont également effectué un protocole de sprints répétés en saison et en viennent à une amélioration du temps moyen des sprints ( $p=0,02$ ) lors d'épreuves en sprints répétés.

En ce qui concerne l'amélioration de la vitesse au sprint singulier (Figure 14), la majorité des joueurs du groupe expérimental (8/9) se retrouve égale ou au-delà de la ligne d'identité (pente =1), alors que la plupart des joueurs du groupe contrôle (13/14) se retrouvent sur ou en dessous de la ligne d'identité. Le protocole d'entraînement a réussi à maintenir ou améliorer la vitesse de sprint pour le groupe expérimental (pente près de 1) lorsque comparé au groupe contrôle. Néanmoins, il aurait été préférable d'observer une pente au-delà de 1 pour le groupe expérimental, ce qui aurait démontré une amélioration de la vitesse au sprint singulier de 30 mètres. En contraste, le groupe contrôle indique une diminution de la vitesse (pente égale à 0,68) après cinq semaines.

Buchheit et al. (2010) ont démontré l'effet positif d'une intervention en entraînement en vitesse et agilité d'efforts de moins de 5 secondes. Ces derniers ont effectué un test de sprints répétés similaire au nôtre, avec des joueurs de handball sur terrain plat, alors que le temps du meilleur sprint ainsi que la vitesse du temps moyen d'un sprint ont significativement augmenté.

L'étude de Serpiello et al. (2011) sur tapis roulant non-motorisé, arrive aux mêmes conclusions. Après 10 sessions de 3 blocs de 5 sprints de 4 secondes, ils ont démontré plusieurs améliorations significatives quant à la puissance moyenne à chaque bloc (1,2 et 3), ainsi qu'à la vitesse moyenne ( $m \cdot s^{-1}$ ) des sprints du premier bloc.

Dans leur recensement des écrits scientifiques sur l'habileté à répéter des sprints sur terrain plat et sur ergocycle, Bishop et al. (2011) ont investigué plusieurs protocoles d'entraînement en sprints répétés. Dans un protocole de tests similaires aux nôtres, soit de 5 sprints de 30 mètres suivis de 25 secondes de repos sur terrain plat, ils démontrent

l'amélioration à chaque sprint lors d'une épreuve en sprints répétés. La Figure 15 présente les mêmes conclusions.

La Figure 10 démontre qu'un protocole en sprints répétés courts effectué en saison pourrait permettre de conserver la vitesse de patinage lors d'un sprint de 30 mètres et également lors de sprints répétés. En effet, sans entraînements spécifiques en pleine saison de compétition, le groupe CTL a subi une diminution de ses qualités de vitesse et d'endurance de patinage. En quelque sorte, l'entraînement en sprints répétés n'a peut-être pas amélioré significativement la vitesse de sprint du groupe EXP, mais a pu prévenir une diminution. Pour leur part, Serpiello et al. (2011) rapportent une amélioration de la vitesse du meilleur sprint et de la vitesse maximale ( $m \cdot s^{-1}$ ) enregistrée lors d'une épreuve en sprints répétés.

D'autre part, l'entraînement par sprints n'a pas d'effet significatif sur le  $VO_2max$  (Figure 12), mais arrive à améliorer l'endurance à répéter les sprints dans le groupe expérimental (Figure 14). Peterson et al. (2015) pour leur part, ont démontré une forte corrélation entre le  $VO_2max$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) sur tapis roulant et l'indice de fatigue lors d'un test de sprints répétés sur glace. Les sprints sur glace étaient toutefois plus longs que les nôtres, soit de  $\pm 22$  secondes. L'effet non significatif pourrait être dû au choix du protocole d'entraînement alors que la contribution des systèmes d'énergie pour un protocole de sprints répétés de moins de 5 secondes est différente. En plus, le choix du test en sprints répétés utilisé peut interpréter différemment les résultats. Ces différences sont clairement expliquées par plusieurs auteurs (Wadley et al., (1998); Gaitanos et al., (1993); Bishop et al., (2011); Spencer et al., (2005)). Le système Phosphocréatine (PCr) fournit la plus grande partie de l'énergie et serait assisté du système glycolytique. Ce dernier devient de moins en moins efficace plus le nombre de sprints augmente. C'est alors que le système aérobie aurait été sollicité. De plus, il

a été prouvé par Hirvonen et al. (1987), que des athlètes avec une meilleure habileté en sprint avaient une meilleure capacité à utiliser l'énergie de la Phosphocréatine dans les premières secondes d'un sprint à intensité maximale. Ils ont aussi démontré que la durée des sprints combinée au ratio d'intervalle de repos n'épuiserait pas totalement les réserves de PCr. Cela expliquerait le fait que nous n'avons pu corrélérer l'indice de fatigue (%) avec le  $VO_2\text{max}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Il aurait été intéressant d'effectuer plus de blocs de sprints répétés. Thébault et al. (2011) ont démontré une forte corrélation entre l'index de fatigue (%) lors d'une épreuve en sprints répétés sur terrain plat et la vitesse maximale aérobie ( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) atteinte au test léger-boucher sur les 2e et 3e blocs (6 à 15e sprints) ( $r=0.66$ ,  $p\leq 0.05$ ;  $r=0.72$ ,  $p\leq 0.01$ ). Cette étude exploratrice en pleine saison de compétition nous limitait avec le temps alloué par les équipes pour les sessions d'évaluation. Il aurait été intéressant de connaître la dépréciation de la puissance après 10 à 15 sprints, ce qui serait plus spécifique à une partie de hockey, soit de répéter plusieurs présences sur la glace.

La Figure 13 présente, pour le groupe expérimental, un effet inverse de l'intervention entre la vitesse ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) lors du sprint de 30 mètres et la distance au saut en longueur (cm). La distribution des points, combinée au fait que c'est sur une étendue plutôt restreinte, ne permet pas de faire de lien entre la longueur du saut et la vitesse au sprint. La courbe du groupe expérimental, dans la Figure 13 pré, démontre une puissance plus basse que le groupe contrôle, ce qui pourrait être expliqué par la différence d'âge entre les 2 groupes. En effet, lors de l'analyse des données anthropométriques il faut noter la différence entre le poids (kg), la taille (cm) ainsi que la longueur du bras droit (cm) entre les participants des groupes expérimental et contrôle. Cette différence est non généralisable dans un contexte d'étude avec des équipes de hockey sur glace en saison. La moyenne de l'âge des participants diffère également, ce qui pourrait être une explication de la différence de poids (Hoff et al., 2005).

La Figure 11 démontre que les  $VO_2\text{max}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) des groupes expérimental et contrôle sont comparables autant en pré et en post. L'effet d'une intervention en sprints répétés sur glace n'a donc pas d'incidence négative sur le  $VO_2\text{max}$ . À ce jour, seulement deux études ont tenté de corréler le  $VO_2\text{max}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) aux sprints répétés sur glace. Carey (2007) ne présente aucune corrélation entre le  $VO_2\text{max}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) et l'indice de fatigue (%) de 5 sprints répétés ( $r = -0.42$ ;  $p = \text{ns}$ ). Peterson et al. (2015) n'a également pu corréler le premier passage ( $9.90 \pm 0.86$  seconde) au  $VO_2\text{max}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) ( $r = -0.11$ ,  $p = 0.46$ ).

Plusieurs autres études en RSA sur terrain plat ont démontré l'effet positif sur le  $VO_2\text{max}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) lors d'un protocole d'entraînement en sprints répétés. En saison, la combinaison de sprints répétés aux pratiques à haute intensité (Lachaume et al., 2017) ainsi qu'aux parties serait suffisante pour conserver les capacités aérobies.

## 6.1 Les limites de l'étude

D'entrée de jeux, le défi d'effectuer une étude en saison de compétition avec des équipes d'un niveau élite, et ce plus spécifiquement avant les séries éliminatoires, présentait un risque. Le fait d'avoir tenu une étude avec des équipes compétitives en pleine saison pourrait expliquer une partie de la différence du nombre de participants ayant réussi à répondre aux critères d'inclusion pour pouvoir compléter les épreuves post. Le désistement que nous avons observé dans notre étude est comparable aux travaux de Bravo et al. (2008) qui mentionnent avoir perdu 35% de leurs participants lors d'une étude avec des joueurs de football en saison.

La courte durée et la fréquence du protocole d'entraînement peuvent constituer une limite. Toutefois, malgré la courte durée de l'intervention (10 séances sur 5 semaines) les résultats obtenus dévoilent que l'habileté à répéter des sprints se maintient et chez certains s'améliore contrairement au group CTL qui s'est détérioré.

Il faut noter que le  $VO_2$  max a été estimé suite à un tableau ayant été validé pour des joueurs de 13 à 16 ans par Leone et al. (2007). Cette mesure pourrait s'avérer inexacte alors que Hoff et al. (2005) rapporte la différence significative du  $VO_2$  max (4.8 vs 4.2  $L \cdot min^{-1}$ ,  $p=0,001$ ) des joueurs de hockey d'âge adulte et junior ( $24.2 \pm 4.7$  vs.  $17.6 \pm 0.9$  année).

La prise de lactate sanguin s'est avérée un échec. Nous avons dû créer des sous-groupes, car le peu de temps alloué par chaque équipe, pour effectuer les tests physiques, était trop restreint. Ces sous-groupes avaient perdu trop de participants à la fin de l'étude, c'est pourquoi nous avons laissé tomber l'analyse du lactate sanguin.

## 7 CONCLUSION

Le but de cette recherche était de déterminer l'impact d'un protocole d'entraînement en sprints répétés sur glace pour améliorer la vitesse et l'endurance de patinage. Les efforts maximaux au hockey sur glace sont de moins de 5 secondes et doivent être répétés à intensité maximale à plusieurs reprises. Les joueurs pouvant répéter, présence après présence, un niveau de vitesse et de puissance maximal seront avantagés. Nous pouvons donc conclure que l'intégration d'un protocole d'entraînements en sprints répétés en saison pourrait être bénéfique, afin de conserver l'endurance ainsi que la vitesse de patinage. Tel que démontré dans cette recherche, les athlètes qui ne font pas d'entraînements supplémentaires en période de compétition, visant à répéter des sprints sur glace, pourraient voir leur vitesse de patinage aux sprints unitaires et leur habileté à répéter des sprints se détériorer. Un protocole axé sur le développement cardio-respiratoire au hockey sur glace devrait toutefois comprendre d'autres types d'entraînements, tel que conclu dans la revue sur les sprints répétés de Bishop et al. (2011). Des entraînements d'intervalles plus longs (Peterson et al., 2014) ou encore des parties en espaces restreints (Lachaume et al., 2017), le tout visant le développement des capacités aérobies. Rappelons que le protocole proposé dans cette recherche n'a eu aucun impact positif sur le  $VO_2$ max et qu'un joueur de hockey sur glace nécessite tout de même une contribution du système aérobie. Finalement, un entraînement en sprints répétés s'effectue sans aucun équipement additionnel et s'insère bien dans une pratique de hockey pendant une saison de compétition. L'élaboration d'une périodisation en sprints répétés sur glace devrait être encadrée par un spécialiste de la physiologie de l'exercice, expert en sport de puissance, afin de ne pas surtaxer les joueurs en pleine saison compétitive. Un volume trop élevé pourrait augmenter la fatigue neuromusculaire ainsi que musculaire et nuire à la récupération, ce qui ne favoriserait pas la performance lors des matchs.

## 8 ANNEXES

Annexe 1 : Formulaire d'information et de consentement participant majeur



**FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT (participant majeur)**

« L'impact d'un entraînement de sprints répétés courts au hockey sur glace afin d'améliorer la vitesse et l'endurance de patinage »

IDENTIFICATION

**Chercheur responsable du projet : Guillaume Groulx**  
**Département, centre ou institut : Kinanthropologie**  
**Adresse postale : Case postale 8888, succursale Centre-ville Montréal (Québec) H3C 3P8 Canada**  
**Adresse courriel : [groulxguillaume@hotmail.com](mailto:groulxguillaume@hotmail.com)**  
**Numéro de téléphone : 514-951-2871**  
**Directeur de recherche : Alain-Steve Comtois**

BUT GÉNÉRAL DU PROJET

**Vous êtes invités à prendre part à ce projet visant la validation d'un protocole d'entraînement en sprints répétés courts afin d'améliorer la vitesse et l'endurance de patinage pour des joueurs de hockey. Il vise également à mesurer différents aspects physiologiques (la capacité de consommation maximale d'oxygène ainsi que l'efficacité à répéter des sprints) à la suite de ces tests. Ce projet est réalisé sous la direction d'Alain-Steve Comtois, professeur du département de Kinanthropologie de la Faculté des Sciences. Il peut être joint au (514) 987-3000 poste 1083 ou par courriel à l'adresse : [comtois.alain-steve@uqam.ca](mailto:comtois.alain-steve@uqam.ca)**

PROCÉDURE(S) OU TÂCHES DEMANDÉES AU PARTICIPANT

**La recherche débutera avec une série de tests hors glace tels la prise de poids, grandeur et longueur du bras et de la jambe et finalement trois (3) sauts en longueur sans élan. Par la suite, vous serez invité à effectuer un sprint de 30 mètres sur glace, une épreuve de sprints répétés de six (6) sprints de 30 mètres à intervalles de 20 secondes et finalement un test d'endurance aérobie sur glace afin de déterminer votre VO<sub>2</sub> max. Les mêmes tests seront effectués 7 semaines plus tard.**

**Le groupe expérimental aura 2 entraînements d'environ 15 minutes par semaine pendant cinq (5) semaines en sprints répétés courts sur glace en plus de continuer ses activités régulières sur glace. Le groupe contrôle n'aura pas d'entraînement entre les tests de la première semaine et ceux de la septième semaine.**

### Mesure de lactate sanguin

Il y aura mesure du lactate sanguin pour un sous-groupe de n=8 joueurs du groupe expérimental et contrôle. Ces sous-groupes seront choisis selon la volonté du participant jusqu'à concurrence de 8. La mesure sera effectuée à l'aide d'un analyseur Lactate Pro sur le bout du doigt du joueur 1 minute avant son test de sprints répétés ainsi que 30 secondes après son 6e sprint.

Le joueur aura une première piqûre avant le départ du test qui sera la prise de lactate sanguin. De cette petite piqûre, un échantillon de sang capillarisé sera recueilli au bout du doigt à l'aide d'un dispositif, qui comprendra des lancettes stériles adaptées à un stylo piqueur et des bandelettes réactives pour recueillir le sang du participant avant et immédiatement après l'épreuve de sprints répétés sur glace. Ensuite, à partir de ces échantillons, une mesure de la lactatémie exprimée en mmol/L sera obtenue dans un délai de 60 secondes grâce à l'analyseur Lactate Pro. La gouttelette de sang prélevée est similaire à celle prélevée chez les diabétiques eux-mêmes pour leur suivi de taux de glucose sanguin à l'aide d'un glucomètre. (Même taille et même type de bande que le lactate pro).

### AVANTAGES ET RISQUES

Votre participation à ces deux tests d'évaluation permettra la comparaison de ceux-ci au niveau de la précision des résultats ainsi que l'importance de la spécificité d'un test envers un sport. De plus, à la fin des évaluations, vous aurez accès à vos résultats, ce qui vous permettra de connaître l'évolution de vos capacités cardiovasculaires ( $VO_2$  max) sur 7 semaines ainsi que votre efficacité à répéter des sprints sur glace. Étant donné que vous êtes à la base des joueurs de hockey, donc vous possédez une bonne forme physique, cela amène à diminuer les risques de cette étude. De plus, via le Q-AAP ainsi que la mesure de vos fréquences cardiaques au repos, nous allons évaluer si vous êtes aptes à passer les tests.

### ANONYMAT ET CONFIDENTIALITÉ

Il est entendu que les résultats recueillis lors des différentes évaluations sont confidentiels et que seuls les membres de l'équipe de recherche auront accès à votre enregistrement et au contenu de sa transcription. Le matériel de recherche (enregistrements numériques et transcription codée) ainsi que votre formulaire de consentement seront conservés séparément sous clé au laboratoire du chercheur responsable pour la durée totale du projet. Les enregistrements ainsi que les formulaires de consentement seront détruits 5 ans après les dernières publications.

### PARTICIPATION VOLONTAIRE

Votre participation à ce projet est volontaire. Cela signifie que vous acceptez de participer au projet sans aucune contrainte ou pression extérieure, et que par ailleurs vous êtes libre de mettre fin à votre participation en tout temps au cours de cette recherche. Dans ce cas, les renseignements vous concernant seront détruits. Votre accord à participer implique également que vous acceptez que l'équipe de recherche puisse utiliser aux fins de la présente recherche (articles, mémoires, thèses, conférences et communications scientifiques) les renseignements recueillis à la condition qu'aucune information permettant de vous identifier ne soit divulguée publiquement à moins d'un consentement explicite de votre part.

### COMPENSATION FINANCIÈRE

Au terme de cette recherche, vous ne recevrez pas de compensation monétaire, mais nous vous offrons une réévaluation de votre  $VO_2$  max via les différents tests, afin de connaître votre

**évolution. Le groupe expérimental reçoit gratuitement un entraînement en sprints répétés courts sur glace.**

DES QUESTIONS SUR LE PROJET OU SUR VOS DROITS?

**Pour des questions additionnelles sur le projet, sur votre participation et sur vos droits en tant que participant de recherche, ou pour vous retirer du projet, vous pouvez communiquer avec :**

**Guillaume Groulx**

**Numéro de téléphone : 514-951-2871**

**Adresse courriel : groulxguillaume@hotmail.com**

**Le Comité institutionnel d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'UQAM (CIÉR) a approuvé le projet de recherche auquel vous allez participer. Pour des informations concernant les responsabilités de l'équipe de recherche sur le plan de l'éthique de la recherche avec des êtres humains ou pour formuler une plainte, vous pouvez contacter la présidence du CIÉR, par l'intermédiaire de son secrétariat au numéro (514) 987-3000 # 7753 ou par courriel à [CIEREH@UQAM.CA](mailto:CIEREH@UQAM.CA)**

REMERCIEMENTS

**Votre collaboration est importante à la réalisation de notre projet et l'équipe de recherche tient à vous en remercier. Si vous souhaitez obtenir un résumé écrit des principaux résultats de cette recherche, veuillez ajouter vos coordonnées ci-dessous.**

SIGNATURES :

**Je reconnais avoir lu le présent formulaire de consentement et consens volontairement à participer à ce projet de recherche. Je reconnais aussi que le chercheur a répondu à mes questions de manière satisfaisante et que j'ai disposé suffisamment de temps pour réfléchir à ma décision de participer. Je comprends que ma participation à cette recherche est totalement volontaire et que je peux y mettre fin en tout temps, sans pénalité d'aucune forme ni justification à donner.**

Signature du participant :

**Date :**

**Nom (lettres moulées) et coordonnées :**

**Je déclare avoir expliqué le but, la nature, les avantages, les risques du projet et avoir répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées.**

Signature du chercheur responsable du projet  
ou de son, sa délégué(e) :

**Date :**

**Nom (lettres moulées) et coordonnées :**

Un exemplaire du formulaire d'information et de consentement signé doit être remis au participant.

## Annexe 2 : Formulaire d'information et de consentement participant mineur

**FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT (participant mineur)**

« L'impact d'un entraînement de sprints répétés courts au hockey sur glace afin d'améliorer la vitesse et l'endurance de patinage »

## IDENTIFICATION

**Chercheur responsable du projet : Guillaume Groulx**  
**Département, centre ou institut : Kinanthropologie**  
**Adresse postale : Case postale 8888, succursale Centre-ville Montréal (Québec) H3C 3P8 Canada**  
**Adresse courriel : groulxguillaume@hotmail.com**  
**Numéro de téléphone : 514-951-2871**  
**Directeur de recherche : Alain-Steve Comtois**

## BUT GÉNÉRAL DU PROJET

**Votre enfant est invité à prendre part à ce projet visant à la validation d'un protocole d'entraînement en sprints répétés courts afin d'améliorer la vitesse et l'endurance de patinage pour des joueurs de hockey. Il vise également à mesurer différents aspects physiologiques (la capacité de consommation maximale d'oxygène ainsi que l'efficacité à répéter des sprints) à la suite de ces tests. Ce projet est réalisé sous la direction d'Alain-Steve Comtois, professeur du département de Kinanthropologie de la Faculté des Sciences. Il peut être joint au (514) 987-3000 poste 1083 ou par courriel à l'adresse : [comtois.alain-steve@uqam.ca](mailto:comtois.alain-steve@uqam.ca)**

**L'entraîneur de son équipe, \_\_\_\_\_ est en accord avec le déroulement de cette étude auprès de ces joueurs. La collaboration de votre enfant permettra un avancement dans le domaine de l'évaluation de la condition physique des joueurs de hockey.**

## PROCÉDURE(S) OU TÂCHES DEMANDÉES AU PARTICIPANT

**Avec votre permission et l'accord de votre enfant, nous effectuerons une série de tests hors glace telle la prise de poids, grandeur et longueur du bras et de la jambe et finalement trois (3) sauts en longueur sans élan. Par la suite, vous serez invité à effectuer un sprint de 30 mètres sur glace, une épreuve de sprints répétés de six (6) sprints de 30 mètres à intervalles de 20 secondes et finalement un test d'endurance aérobie sur glace afin de déterminer votre VO<sub>2</sub> max. Les mêmes tests seront effectués 8 semaines plus tard.**

**Le groupe expérimental aura 2 entraînements d'environ 15 minutes par semaine pendant cinq (5) semaines en sprints répétés courts sur glace en plus de continuer ses activités régulières sur glace.**

**Le groupe contrôle n'aura pas d'entraînement entre les tests de la première semaine et ceux de la huitième semaine.**

#### AVANTAGES ET RISQUES D'INCONFORT

**La participation de votre enfant à ces deux tests d'évaluation permettra la comparaison de ceux-ci au niveau de la précision des résultats ainsi que l'importance de la spécificité d'un test envers un sport. De plus, à la fin des évaluations, votre enfant aura accès à ses résultats, ce qui lui permettra de connaître ses capacités cardiovasculaires ( $VO_2$  max) 7 semaines ainsi que votre efficacité à répéter des sprints sur glace. De plus, à la fin de notre projet de recherche, nous lui offrirons une réévaluation de son  $VO_2$  max afin de voir son progrès durant sa deuxième moitié de saison. Étant donné que votre enfant est à la base un joueur de hockey, donc il possède une bonne forme physique, cela amène à diminuer les risques de cette étude. De plus, via le Q-AAP ainsi que la mesure de ses fréquences cardiaques au repos, nous allons évaluer si votre enfant est bien apte à passer les tests.**

#### ANONYMAT ET CONFIDENTIALITÉ

**Il est entendu que les renseignements recueillis auprès de votre enfant sont confidentiels et que seuls les membres de l'équipe de recherche auront accès à ses résultats. L'ensemble du matériel de recherche sera conservé sous clé au laboratoire du chercheur responsable pour la durée totale du projet. Les données recueillies, les questionnaires ainsi que les formulaires de consentement seront détruits 5 ans après les dernières publications.**

#### PARTICIPATION VOLONTAIRE

**La participation de votre enfant à ce projet est volontaire. Cela signifie que même si vous consentez aujourd'hui à ce que votre enfant participe à cette recherche, il demeure entièrement libre de ne pas participer ou de mettre fin à sa participation en tout temps sans justification ni pénalité. Vous pouvez également retirer votre enfant du projet en tout temps.**

**Votre accord à participer implique également que vous acceptez que l'équipe de recherche puisse utiliser aux fins de la présente recherche (articles, mémoires, thèses, conférences et communications scientifiques) les renseignements recueillis à la condition qu'aucune information permettant d'identifier votre enfant ne soit divulguée publiquement à moins d'un consentement explicite de votre part et de l'accord de votre enfant.**

#### COMPENSATION

**Au terme de cette recherche, votre enfant ne recevra pas de compensation monétaire, mais nous lui offrirons une réévaluation de son  $VO_2$  max via les différents tests, afin de connaître son évolution. Le groupe expérimental reçoit gratuitement un entraînement spécifique en sprints répétés sur glace.**

## DES QUESTIONS SUR LE PROJET OU SUR VOS DROITS?

Pour des questions additionnelles sur le projet ou sur vos droits ou ceux de votre enfant en tant que participant de recherche, ou pour retirer votre enfant du projet, vous pouvez communiquer avec :

Alain-Steve Comtois

Numéro de téléphone : (514) 987-3000 au poste 1083

Adresse courriel : [comtois.alain-steve@uqam.ca](mailto:comtois.alain-steve@uqam.ca)

Le Comité institutionnel d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'UQAM (CIÉR) a approuvé le projet de recherche auquel votre enfant est invité à participer. Pour des informations concernant les responsabilités de l'équipe de recherche sur le plan de l'éthique de la recherche avec des êtres humains ou pour formuler une plainte, vous pouvez contacter la présidence du CIÉR, par l'intermédiaire de son secrétariat au numéro (514) 987-3000 # 7753 ou par courriel à [CIEREH@UQAM.CA](mailto:CIEREH@UQAM.CA)

## REMERCIEMENTS

Votre collaboration et celle de votre enfant sont importantes à la réalisation de notre projet et l'équipe de recherche tient à vous en remercier. Si vous souhaitez obtenir un résumé écrit des principaux résultats de cette recherche, veuillez ajouter vos coordonnées ci-dessous.

## AUTORISATION PARENTALE

En tant que parent ou tuteur légal de \_\_\_\_\_, je reconnais avoir lu le présent formulaire de consentement et consens volontairement à ce que mon enfant participe à ce projet de recherche. Je reconnais aussi que le chercheur responsable a répondu à mes questions de manière satisfaisante, et que j'ai disposé suffisamment de temps pour discuter avec mon enfant de la nature et des implications de sa participation. Je comprends que sa participation à cette recherche est totalement volontaire et qu'il peut y mettre fin en tout temps, sans pénalité d'aucune forme ni justification à donner.

J'autorise mon enfant à répondre en classe à deux questionnaires : OUI NON

J'accepte que mon enfant soit filmé en classe : OUI NON

J'accepte que mon enfant soit rencontré éventuellement pour une entrevue individuelle OUI NON

J'accepte que des extraits vidéo où apparaît mon enfant soient diffusés dans le cadre de rencontres scientifiques OUI NON

Signature de l'enfant :

Date :

Signature du parent/tuteur légal :

Date :

Nom (lettres moulées) et coordonnées :

Je déclare avoir expliqué le but, la nature, les avantages, les risques du projet et avoir répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées.

Signature du chercheur responsable du projet ou de son, sa délégué(e) :

Date :

Un exemplaire du formulaire d'information et de consentement signé doit être remis au participant.

### Annexe 3 : Courriel de pré-recrutement

Cher athlète,

L'Université du Québec à Montréal est présentement en recrutement pour une étude visant à valider un protocole d'entraînement en sprints répétés afin d'améliorer la performance sur glace.

Cette étude vise des joueurs de la Ligue Junior AAA du Québec c'est-à-dire des joueurs âgés de 16 à 20 ans ayant un niveau de hockey élite.

L'étude se déroulera sur 7 semaines soit du 16 janvier au 3 mars. La première et dernière semaine serviront de tests physiques sur glace et hors glace d'une durée de 120 minutes. Pour les 5 semaines entre les tests physiques, il y aura 2 entraînements d'une quinzaine de minutes par semaine.

Une équipe effectuera ses entraînements en sprints répétés sur glace à son domicile alors que l'autre équipe continuera ses activités habituelles. Le but ici est d'améliorer votre habileté à répéter des sprints sur glace ce qui augmentera votre performance en saison.

Votre participation à l'étude est totalement volontaire. Les participants mineurs devront avoir un consentement de leurs parents.

En pièce jointe se trouvent les formulaires explicatifs pour participants majeurs et participants mineurs.

Une séance d'information se déroulera le X janvier afin de vous donner les détails de l'étude.

Pour toutes questions veuillez communiquer avec Guillaume Groulx M.Sc (c) responsable de l'étude au [groulxguillaume@hotmail.com](mailto:groulxguillaume@hotmail.com) ou par téléphone au 514-951-2871.

Guillaume Groulx M.Sc (c)

## Annexe 4 : Protocole et calendrier d'entraînement groupe expérimental

## Déroulement chronologique

Semaine*	CTL et EXP	EXP
1	Tests physiques	Anthropométrie, Hors glace, Sur glace,
2 à 6	Pratique régulière 90 min (3x)  Match (2-3x)	Échauffement spécifique Vélo 5 min 'léger' Mouvements mobilité statique & balistique (fentes, flexions, pompes) 6 sprints à intensité progressive sur glace (50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%)  Entraînement de sprints répétés : 2 à 4 séries ** de 6 sprints de 5 s (15 s entre les sprints et 2 minutes de repos entre les séries)
7	Tests physiques	Hors glace, Sur glace,

\* Mi-saison (Janvier, Février)

\*\* Nombre de séries : Sem - Jour - Séries :

2-1-2, 2-4-3; 3-1-3, 3-2-3; 4-2-4, 4-4-4; 5-1-3, 5-2-4; 6-2-4, 6-4-2.

## 9 RÉFÉRENCES DE LA LITTÉRATURE

- Billaut, F., Bishop, D. J., Schaerz, S., & Noakes, T. D. (2011). Influence of knowledge of sprint number on pacing during repeated-sprint exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 43(4), 665-672. doi:10.1249/MSS.0b013e3181f6ee3b
- Bishop, David, Girard, Olivier, G., Mendez-Villanueva, & Alberto. (2011). Repeated-Sprint Ability — Part II. *Sports Medicine*, 41(9), 741-756. doi:10.2165/11590560-000000000-00000
- Bishop, Edge, J., Davis, C., & Goodman, C. (2004). Induced Metabolic Alkalosis Affects Muscle Metabolism and Repeated-Sprint Ability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 807-813. doi:10.1249/01.mss.0000126392.20025.17
- Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva. (2011). Repeated-Sprint Ability – Part II Recommendations for Training. *Sports Med 2011; 41 (9): 741-756 0112-1642/11/0009-0741/*.
- Bishop, Lawrence, & Spencer. (2003). Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *J Sci Med Sport*, 6 (2), 199-209.
- Bishop, D., Lawrence, S., & Spencer, M. (2003). Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *J Sci Med Sport*, 6(2), 199-209.
- Bracko, M. R., Fellingham, G. W., Hall, L. T., Fisher, A. G., & Cryer, W. (1998). Performance skating characteristics of professional ice hockey forwards. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 8(3), 251-263. doi:10.1080/15438629809512531
- Bracko, M. R., & 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.
- Bravo, D. F., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. Interval Training in Football. *Int J Sports Med*, 29(08), 668-674. doi:10.1055/s-2007-989371
- Buchheit. (2008). 30-15 Intermittent Fitness Test et répétition de sprints. *Science & Sports*, 23(1), 26-28. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.scispo.2007.12.002>

- Buchheit, Mendez-Villanueva, Quod, Quesnel, & Ahmaidi. (2010). Improving Acceleration and Repeated Sprint Ability in Well-Trained Adolescent Handball Players: Speed Versus Sprint Interval Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2010, 5, 152-164 © Human Kinetics, Inc.
- Carey, D., German, Pliego, Robert, Raymond. (2007). DO HOCKEY PLAYERS NEED AEROBIC FITNESS? RELATION BETWEEN VO<sub>2</sub>MAX AND FATIGUE DURING HIGH-INTENSITY INTERMITTENT ICE SKATING. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2007, 21(3), 963-966 2007 National Strength & Conditioning Association.
- Cox, M. H., Miles, D. S., Verde, T. J., & Rhodes, E. C. (1995). Applied physiology of ice hockey. *Sports Med*, 19(3), 184-201.
- David, B., Olivier, G., & Alberto, M.-V. (2011). Repeated-Sprint Ability — Part II. *Sports Medicine*, 41(9), 741-756.
- Dawson B, G. C., Lawrence S, Preen D, Polglaze T, Fitzsimons M, Fournier I. (1997). Muscle phosphocreatine repletion following single and repeated short sprint efforts. *Scand J Med Sci Sports* 1997; 7: 206-213. 0 Munksgaard, 1997.
- Dawson, B., Goodman, C., Lawrence, S., Preen, D., Polglaze, T., Fitzsimons, M., & Fournier, P. (1997). Muscle phosphocreatine repletion following single and repeated short sprint efforts. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 7(4), 206-213. doi:10.1111/j.1600-0838.1997.tb00141.x
- Dupont, G., Moalla, W., Guinhouya, C., Ahmaidi, S., & Berthoin, S. (2004). Passive versus active recovery during high-intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc*, 36(2), 302-308. doi:10.1249/01.MSS.0000113477.11431.59
- Enoka, S. (1992). Neurophysiology of muscle fatigue. *Journal of applied physiology*, 72(5), 1631-1648.
- Farlinger, C. M., Kruisselbrink, L. D., & Fowles, J. R. (2007). Relationships to skating performance in competitive hockey players. *J Strength Cond Res*, 21(3), 915-922. doi:10.1519/r-19155.1
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., & Brooks, S. (1993). *Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise* (Vol. 75).

- Gaitanos, W., Boobis, Brooks. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise *Department of Physical Education, Sports Science, and Recreation Management, Loughborough University, Loughborough, Leicestershire LE11 3TU, United Kingdom*.
- Gharbi, Z., Dardouri, W., Haj-Sassi, R., Castagna, C., Chamari, K., & Souissi, N. (2014). Effect of the number of sprint repetitions on the variation of blood lactate concentration in repeated sprint sessions. *Biol Sport, 31*(2), 151-156. doi:10.5604/20831862.1099046
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-Sprint Ability — Part I. *Sports Medicine, 41*(8), 673-694. doi:10.2165/11590550-000000000-00000
- Hirvonen, Rehunen, Rusko, & Hiirknen. (1987). Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *Eur J Appl Physiol, 56*:253-259.
- Hoff, J., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2005). Strength and endurance differences between elite and junior elite ice hockey players. The importance of allometric scaling. *Int J Sports Med, 26*(7), 537-541. doi:10.1055/s-2004-821328
- Lachaume, Charles-Mathieu, Trudeau, François, Lemoyne, & Jean. (2017). Energy expenditure by elite midget male ice hockey players in small-sided games. *International Journal of Sports Science & Coaching, 12*(4), 504-513. doi:10.1177/1747954117718075
- Leone, M., Leger, L. A., Lariviere, G., & Comtois, A. S. (2007). An on-ice aerobic maximal multistage shuttle skate test for elite adolescent hockey players. *Int J Sports Med, 28*(10), 823-828. doi:10.1055/s-2007-964986
- Mascaro, T., Seaver, B. L., & 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
- Montgomery, D. L. (1988a). Physiology of ice hockey. *Sports Medicine, 5*(2), 99-126.
- Montgomery, D. L. (1988b). Physiology of ice hockey. *Sports Med, 5*(2), 99-126.
- 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

- Nedrehagen, E. S., & Saeterbakken, A. H. (2015). The Effects of in-Season Repeated Sprint Training Compared to Regular Soccer Training. *J Hum Kinet*, 49, 237-244. doi:10.1515/hukin-2015-0126
- 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
- Peterson, & BJ. ((2014) ). Repeated sprint ability: The influence of aerobic capacity on energy pathway response and fatigue of hockey players *ProQuest Dissertations & Theses Global*.
- Peterson, B. J. ((2014) ). Repeated sprint ability: The influence of aerobic capacity on energy pathway response and fatigue of hockey players *ProQuest Dissertations & Theses Global*.
- Peterson, B. J., Fitzgerald, J. S., Dietz, C. C., Ziegler, K. S., Ingraham, S. J., Baker, S. E., & Snyder, E. M. (2015). Aerobic capacity is associated with improved repeated shift performance in hockey. *J Strength Cond Res*, 29(6), 1465-1472. doi:10.1519/JSC.0000000000000786
- Petrella, N. J., Montelpare, W. J., Nystrom, M., Plyley, M., & Faught, 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
- Power, A., Faught, B. E., Przysucha, E., McPherson, M., & Montelpare, W. (2012). Establishing the Test-Retest Reliability & 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
- Pyne, B., Martin, Logan. (2000). Evaluation of the lactate pro blood lactate analyser. *Eur J Appl Physiol*.
- Roczniok, R., Adam, M., Przemysław, P., Stanula, A., & Gołaś, A. (2014). On-ice Special Tests in Relation to Various Indexes of Aerobic and Anaerobic Capacity in Polish League Ice Hockey Players. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 117, 475-481. doi:10.1016/j.sbspro.2014.02.248
- Seliger, V., Kostka, V., Grusova, D., Kovac, J., Machovcova, J., Pauer, M., . . . Urbankova, R. (1972). Energy expenditure and physical fitness of ice-hockey players. *Int Z Angew Physiol*, 30(4), 283-291.

- Serpiello, F. R., McKenna, M. J., Stepto, N. K., Bishop, D. J., & Aughey, R. J. (2011). Performance and physiological responses to repeated-sprint exercise: a novel multiple-set approach. *Eur J Appl Physiol*, *111*(4), 669-678. doi:10.1007/s00421-010-1687-0
- Shelle, B., Latin, Noble. (2001). Comparison of Active and Passive Recovery of Blood Lactate and Subsequent Performance of Repeated Work Bouts in Ice Hockey Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *2001*, *15*(3), 367-371 *2001 National Strength & Conditioning Association*.
- Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman. (2005). Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities. *Sports Medicine*, *35*(12), 1025-1044.
- Spencer, Bishop, Dawson, Goodman, & Duffield. (2006). Metabolism and performance in repeated cycle sprints: active versus passive recovery. *Med Sci Sports Exerc*, *38*(8), 1492-1499. doi:10.1249/01.mss.0000228944.62776.a7
- Spencer, Fitzsimons, Dawson, Bishop, & Goodman. (2006). Reliability of a repeated-sprint test for field-hockey. *J Sci Med Sport*, *9*(1-2), 181-184.
- Spiering, Wilson, Judelson, & Rundell. (2003). Evaluation of Cardiovascular Demands of Game Play and Practice in Women's Ice Hockey. *Journal of strength and conditioning research*, *17*(2), 329-333.
- Stanula, A., Roczniok, R., Maszczyk, A., Pietraszewski, P., & Zajac, A. (2014). The role of aerobic capacity in high-intensity intermittent efforts in ice-hockey. *Biol Sport*, *31*(3), 193-199. doi:10.5604/20831862.1111437
- Thébault, N., Léger, L. A., & Passelergue, P. (2011). Repeated-Sprint Ability and Aerobic Fitness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*(10), 2857-2865. doi:10.1519/JSC.0b013e318207ef37
- Wadley, G., & Rossignol, P. L. (1998). The Relationship Between Repeated Sprint Ability and the Aerobic and Anaerobic Energy Systems. *Journal of Science and Medicine in Sport* *1*(2): 100-110.