

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

L'IMPACT D'UN ENTRAÎNEMENT PLIOMÉTRIQUE SUR L'ACCOMPLISSEMENT D'UN  
PARCOURS REPRÉSENTATIF D'UNE PRÉSENCE SUR GLACE AU HOCKEY

DOCUMENT  
PRÉSENTÉ  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN KINANTHROPOLOGIE

PAR  
GUILLAUME LEBLANC

OCTOBRE 2012

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.01-2006). 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

L'auteur désire remercier les professeurs Alain-Steve Comtois, Ph.D. et Pierre Sercia, Ph.D., respectivement directeur et co-directeur de cette recherche.

Ses remerciements s'adressent également à Pierre-Mathieu Dubois, Jean-Pierre Gatien ainsi que Alain Bourgault, tous éducateurs physiques au sport-étude de hockey de la polyvalente De Mortagne. De plus, l'auteur tient à remercier le corps administratif de cette école qui a permis et favorisé la réalisation de l'expérimentation.

## RÉSUMÉ

Cette recherche exploratoire a pour but de mesurer l'impact d'un programme d'entraînement de type pliométrique sur le temps de parcours d'une distance représentative d'une présence sur glace chez les jeunes joueurs élités de hockey. Après 6 semaines d'entraînement de type pliométrique, à raison de 2 périodes de 45 minutes par semaine, les résultats obtenus par le groupe expérimental (n=7) démontrent l'efficacité de cette méthode face à la durée d'accomplissement du parcours. Les participants ayant accompli les entraînements pliométriques ont amélioré significativement leurs performances au test Marcotte qui est, selon les spécialistes, représentatif d'une présence au jeu au hockey sur glace. Nous pouvons donc croire qu'il serait bénéfique d'accentuer les planifications sportives vers davantage d'exercices pliométriques afin d'améliorer la performance aux jeux des jeunes joueurs de hockey

Les tests sur glace et hors glace employés pour mesurer les effets sont couramment utilisés et acceptés des spécialistes de l'activité physique. Les pré-tests et les post-tests furent effectués aux semaines 0 et 7. Les résultats obtenus pour comparer les groupes proviennent d'un modèle factoriel avec blocs réduits 2x2 entre nos groupes témoins et expérimentaux sur cinq tests.

Mots clés: Hockey sur glace, pliométrie, entraînements, analyse physiologique du sport, tests sur glace, tests hors glace.

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	ii
RÉSUMÉ.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
RÉSUMÉ.....	x
CHAPITRE 1	
PROBLÉMATIQUE.....	1
1.1 Introduction.....	1
1.1.1 Justification.....	1
1.2 Énoncé du problème.....	2
1.2.1 Objectifs.....	2
1.2.2 Hypothèse.....	2
1.2.3 Variables.....	2
1.3 Importance de la recherche.....	2
1.4 Limites.....	3
CHAPITRE 2	
REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	4
2.1 Analyse physiologique d'une présence sur glace au hockey.....	4
2.2 L'habilité à répéter des sprints.....	5
2.2.1 Facteurs physiologiques.....	6
2.2.2 La RSA et les sports.....	7

2.3 Les tests sur glace.....	8
2.3.1 Le 30-15 intermittent ice test.....	9
2.3.2 Le reed repeat skate test.....	10
2.3.3 L'épreuve aérobie de patinage de Faugh.....	11
2.3.4 Le skating multistage aerobic test.....	12
2.4 Analyse physiologique de la pliométrie.....	13
2.4.1 Le cycle d'étirement-raccourcissement.....	13
2.4.2 L'élasticité musculaire.....	15
2.4.3 Le réflexe d'étirement.....	15
2.4.4 L'implication des facteurs nerveux.....	16
2.4.5 Planification.....	17
CHAPITRE 3	
MÉTHODOLOGIE.....	19
3.1 Participants.....	19
3.1.1 Population et mode de sélection.....	19
3.1.2 Critères d'inclusion et d'exclusion.....	19
3.1.3 Aspects déontologiques et consentement.....	20
3.2 Conditions.....	20
3.2.1 Conditions de mesure.....	20
3.3 Mesures.....	21
3.3.1 Collecte et traitement des données.....	21
3.4 Procédures.....	21
3.4.1 Entraînement physique.....	21

3.4.2 Test.....	22
3.5 Quantification et analyse.....	29
CHAPITRE 4	
RÉSULTATS.....	30
4.1 Présentation des résultats.....	30
4.1.2 Mesures anthropométriques.....	30
4.1.2 Tests hors glace.....	31
4.1.3 Tests sur glace.....	31
4.2 Résultats des anovas.....	32
4.3 Aspects pédagogiques.....	34
CHAPITRE 5	
DISCUSSION.....	35
5.1 Entraînement pliométrique.....	35
5.2 Entraînement conventionnel.....	36
CHAPITRE 6	
CONCLUSION.....	37
ANNEXE A	
Formulaire d'information et de consentement.....	38
Entraînement conventionnel volet 1.....	43
Entraînement conventionnel volet 2.....	44
Entraînement pliométrique jour 1 (volet 1).....	45
Entraînement pliométrique jour 2 (volet 1).....	46
Entraînement pliométrique jour 1 (volet 2).....	47

Entraînement pliométrique jour 2 (volet 2).....	48
Échauffements pour les entraînements pliométrique .....	49
Grille pour la collectes de données.....	49
<b>RÉFÉRENCES</b> .....	<b>50</b>

## LISTE DES FIGURES

FIGURE.....	PAGE
2.1 Évolution des temps sur 40 mètres.....	8
2.2 Le 30-15 Ice Fitness Test.....	9
2.3 Le Reed Repeat Sprint Skate.....	10
2.4 L'épreuve aérobic de patinage de Faughth.....	11
2.5 Le skating multistage aerobic test.....	12
2.6 La courbe force-vitesse.....	14
3.1 Tests des mesures anthropométriques.....	23
3.2 Test de saut en longueur.....	24
3.3 Test de prédiction de la force maximale des membres inférieurs.....	25
3.4 Test de coordination motrice des membres inférieurs.....	26
3.5 Test de résistance en patinage.....	27
3.6 Test Marcotte.....	28
4.1 Comparaison entre le groupe témoin et expérimental pour le test Marcotte.....	32

## LISTE DES TABLEAUX

FIGURE.....	PAGE
2.1 Test de la RSA.....	6
4.1 Caractéristiques anthropométriques des participants.....	30
4.2 Tests hors-glace des participants.....	31
4.3 Tests sur glace des participants.....	31
4.4 Résultats des tests chez tous les participants pré et post intervention.....	33

## RÉSUMÉ

Cette recherche exploratoire a pour but de mesurer l'impact d'un programme d'entraînement de type pliométrique sur le temps de parcours d'une distance représentative d'une présence sur glace chez les jeunes joueurs élités de hockey. Après 6 semaines d'entraînement de type pliométrique, à raison de 2 périodes de 45 minutes par semaine, les résultats obtenus par le groupe expérimental (n=7) démontrent l'efficacité de cette méthode face à la durée d'accomplissement du parcours.

Les tests employés pour mesurer les effets sont couramment utilisés et acceptés des spécialistes de l'activité physique. Les pré-tests et les post-tests furent effectués aux semaines 0 et 7. Les résultats obtenus pour comparer les groupes proviennent d'un modèle factoriel avec blocs réduits 2x2 entre nos groupes témoins et expérimentaux sur cinq tests.

## CHAPITRE 1

### PROBLÉMATIQUE

#### 1.1 Introduction

Le hockey sur glace est un sport intermittent caractérisé par des périodes de jeux intenses d'approximativement 30 à 80 secondes suivies par des périodes de repos de 4 à 5 minutes (Montgomery, 1998). Le succès des joueurs qui pratiquent ce sport dépend d'une multitude de facteurs physiques, techniques, psychologiques et tactiques. Au niveau physique, le développement de la force musculaire, de la vitesse et de la puissance musculaire est primordial (Cox, Miles, Verde & Rhodes, 1995). Les préparateurs physiques doivent donc mettre l'emphase sur des déterminants physiologiques distincts de même qu'utiliser des méthodes d'entraînement adaptées aux besoins des joueurs. Or, les exercices pliométriques sont des mouvements explosifs pouvant augmenter le couplage force-vitesse d'un athlète (Chu, 1983). Une étude démontre qu'un entraînement prônant des exercices pliométriques peut augmenter la vitesse sur glace sur une courte distance, soit 40 mètres (Brophey & Kelly, 2004). Toutefois, une présence sur glace demande à un joueur de répétés plusieurs fois cette distance et nécessite l'application de virages et de freinages. Dans le même ordre d'idée, peu de recherches mettent l'emphase sur l'impact des entraînements pliométrique face à un effort soutenue sur la glace. Par conséquent, l'objectif de ce projet est d'évaluer les effets d'un entraînement de type pliométrique sur l'accomplissement d'un parcours représentatif d'une présence sur glace chez les jeunes joueurs de hockey.

##### 1.1.1 Justification

Outre mes intérêts personnels concernant les méthodes d'entraînement, plusieurs raisons incitent à la découverte des vertus de la pliométrie. Étant préparateur physique pour de jeunes athlètes, mon rôle est d'appliquer convenablement des méthodes d'entraînement afin d'améliorer leur performance au cours de la saison. En fait, l'application inappropriée d'une variable, telle que l'exercice choisi, le nombre de répétitions ou le temps de repos, peut diminuer l'efficacité du travail physique recherché, c'est-à-dire la puissance musculaire. Une recherche d'articles scientifiques portant sur la pliométrie permettra donc de maîtriser ce sujet et de valider la qualité de mes planifications sportives. De plus, il est possible que les résultats obtenus lors de cette expérimentation démontrent que les exercices de type pliométrique augmentent la performance sur une longue distance. De ce fait, les entraîneurs pourraient utiliser ces conclusions pour modeler leurs périodisations sportives avec davantage d'exercices pliométriques. En outre,

L'utilisation subséquente des données de la présente étude pourrait aider la science quant à l'avancement de ce sujet.

## 1.2 Énoncé du problème

### 1.2.1 Objectif

La présente étude vise à évaluer l'impact d'un programme d'entraînement de type pliométrique sur le temps de parcours d'une distance représentative d'une présence sur glace chez les jeunes joueurs élités de hockey.

### 1.2.2 Hypothèse

La présente étude émet l'hypothèse qu'un programme d'entraînement de type pliométrique aura comme effet de diminuer le temps nécessaire pour parcourir une distance représentative d'une présence sur glace.

### 1.2.3 Variables

Dans le cas présent, la variable dépendante sera le temps requis pour effectuer le parcours tandis que la variable indépendante sera l'application des méthodes pliométriques.

## 1.3 Importance de la recherche

Quinney, Dewart, Game, Snydmiller, Warburton & Bell (2008) établissent à l'aide des profils physiologiques des joueurs de la ligue nationale de hockey (LNH) que la condition physique des joueurs ne cesse d'augmenter depuis les dernières décennies. Les préparateurs physiques doivent donc utiliser des méthodes d'entraînement adaptées aux besoins des jeunes joueurs afin de les propulser au sommet de leurs performances. Or, la pliométrie est une méthode d'entraînement ayant démontré plusieurs fois ses bienfaits au niveau du gain de force, de la puissance et de l'accélération chez les athlètes (Shaffer, 2007). Néanmoins, bien que le hockey requière des contractions explosives, il reste un sport soutenu demandant un enchaînement de composantes tant physiques que tactiques. En effet, une présence sur glace peut être caractérisée par de longs déplacements et plusieurs virages. Il est donc important de valider l'incidence d'un programme d'entraînement de type pliométrique sur l'accomplissement d'un parcours correspondant à une présence sur glace.

#### 1.4 Limites

Des limites doivent être imposées afin de rendre le projet réalisable. La principale est l'homogénéité des groupes. En fait, il est impératif que le groupe témoin et le groupe expérimental soient semblables au départ de l'expérimentation. Pour ce faire, nous avons effectué des tests ayant pour but de mesurer le niveau d'aptitude physique des joueurs. Aussi, nous avons dispersé les joueurs ayant obtenu les meilleurs résultats afin d'obtenir un équilibre. Toutefois, deux phénomènes physiologiques doivent être pris en compte: la maturité et l'adaptation physique des jeunes sportifs. En effet, il est fort possible que l'on puisse observer une poussée de croissance chez certains participants pendant la collecte de données. Une augmentation des mesures anthropométriques et une force musculaire accrue découlant de cette maturation physique peuvent donc fausser les données. De surcroît, plusieurs raisons nous ont poussés à opter pour des joueurs de hockey élite âgés de 13 à 14 ans. L'une d'elle est le fait que les joueurs pratiquants à des calibres supérieurs sont déjà soumis pour la plupart à un programme d'entraînement de type pliométrique. Conséquemment, l'adaptation physiologique des joueurs à ce programme est un facteur pouvant causer une variation des résultats. Toutefois, les joueurs âgés de 13 à 14 ans ont pour la majorité très peu d'expérience dans le conditionnement physique. En ce sens, aucune intervention sportive pouvant interférer avec les méthodes d'entraînement de type pliométrique ne devra être accomplie par les groupes mises à part celles effectuées lors de l'expérimentation. En outre, certains facteurs liés aux interventions sportives devront être respectés tel que l'intervalle de temps entre le *pré-test* et le *post-test*. De plus, la durée des entraînements, le nombre de séances, le nombre de répétitions et le temps de repos requis entre les exercices seront fixes tout au long de l'expérimentation.

## CHAPITRE 2

### REVUE DE LA LITTÉRATURE

La partie suivante abordera trois thèmes spécifiques à mon objectif de recherche soit l'analyse physiologique d'une présence sur glace au hockey, l'habileté à répéter des sprints et l'analyse physiologique de la pliométrie.

#### 2.1 Analyse physiologique d'une présence au hockey sur glace

La capacité physique est nécessairement un aspect primordial à considérer au hockey sur glace puisqu'elle permet à l'athlète de reproduire plusieurs fois les mouvements demandés, et ce, de façon efficace. En fait, les périodes de jeux demandent aux athlètes d'effectuer à répétitions des efforts soutenus et intenses tels que des sprints à haute vélocité, des changements de direction, et ce, combiné à plusieurs contacts avec les adversaires (Montgomery, 1998). De surcroît, V., Kostka, V., Grusova, D., Kovac, J., Machoucovai J., Pauer, M., pribylova, A., & Urbankova (1972) ont démontrés que 69 % de la demande énergétique au hockey provient de la capacité anaérobie tandis que 31 % de cette demande énergétique est attribuable à la capacité aérobie. Cela dit, la demande anaérobie et aérobie de ce jeu crée de la fatigue dont le résultat est la détérioration de la qualité du coup de patin et des habiletés fondamentales (Garrett, 2000). Un joueur bien entraîné physiquement devrait donc disposer d'une bonne puissance et d'une capacité anaérobie afin de performer lors des sprints ainsi que d'une capacité aérobie développée afin de récupérer rapidement entre les efforts (Burr, 2008). Selon une étude de Green, Pivarnik, Carrier & Womack (2006), il existe une relation entre la condition physique des joueurs et leurs performances sur la glace. De ce fait, les entraîneurs peuvent se baser sur la condition physique des joueurs afin de leur allouer leurs temps de glace respectifs en particulier lors des jeux de puissances et des désavantages numériques (Green, 2006). Afin d'évaluer cette capacité, de nombreux tests ont été développés au cours des dernières années. Toutefois, peu d'entre eux s'effectuent sur la glace ce qui amoindrit leurs spécificités. Notons que l'administration de tests hors glace a souvent été débattue durant ces dernières années (Buchheit, Lefebvre, Laursen & Ahmadi, 2010). En fait, les spécialistes démontrent que l'application de différentes variables aux tests à l'effort peut influencer le recrutement des muscles engagés, le coût métabolique, le niveau de participation de la capacité anaérobie et le *Vo2 max* (Buchheit, 2010). De plus, le port de l'équipement (Noonan, 2007), ainsi que le coefficient de friction exercée par les lames (Green,

2006) devraient être considérés afin de bien refléter l'effort fourni par un hockeyeur. Dans le même ordre d'idée, une étude de Leone, Léger, Larivière & Comtois (2007) démontre que les valeurs de  $Vo_2 MAX$  obtenues lors de tests sur glace évoquent des résultats supérieurs à ceux recensés lors des tests hors glace. Conséquemment, nous pouvons croire que les joueurs de hockey peuvent obtenir une sous-évaluation de leurs capacités aérobiques puisque ces derniers sont majoritairement évalués par des tests hors glace. Il est donc essentiel d'évaluer les athlètes dans leur contexte sportif avec leurs spécificités afin d'obtenir des valeurs représentatives à l'effort demandé lors d'une présence au jeu.

## 2.2 L'habileté à répéter des sprints

Tel que mentionné précédemment, le hockey sur glace est un sport se caractérisant pas l'enchaînement de plusieurs mouvements rapides de courtes durées et par l'intermittence de périodes de repos brèves (Cox, 1995). En fait, l'effort demandé lors d'une présence sur glace est caractérisé par plusieurs déplacements explosifs, et ce, sur une période de temps approximative de 30 à 80 secondes (Montgomery, 1998). Conséquemment, un joueur dominant se distingue par son habileté à répéter des sprints de façon efficace. Les préparateurs doivent donc porter attention à une qualité physique distincte : la résistance à la perte de vitesse.

Bishop & Spencer (2004) définissent l'habileté à répéter des sprints (RSA) comme l'aptitude à sprinter, récupérer et sprinter à nouveau. Afin de mesurer ce déterminant physique, il utilise un test composé de 5 sprints de 6 secondes avec 24 secondes de récupération entre les sprints. Une fois les résultats compilés, il additionne les 5 sprints et compare au travail idéal obtenu en multipliant la valeur du premier sprint par 5. La figure suivante démontre des données recueillies lors d'un projet de recherche portant sur la validation du test RSA (Bishop, Spencer., Duffield & Lawrence, 2001). L'échantillon était composé de dix hommes ayant une condition physique moyenne. Nous pouvons remarquer dans le cas suivant que la comparaison des 2 valeurs (travail total et travail idéal) montre une perte de 7,8%. Un participant ayant une perte faible se caractérise donc par une bonne RSA

## 2.2 Test de la RSA (Bishop, 2001)

<b>TEST DE 5 CYCLES DE 6 SECONDES</b>	
<b>Répétitions</b>	<b>Travail mécanique (kj)</b>
1	6,7
2	6,5
3	6,2
4	5,9
5	5,7
<b>Travail total</b>	30,9
<b>Travail idéal</b>	33,5
<b>Baisse en %</b>	$= 100 - ( Tt / Ti \times 100 )$ $= 100 - ( 30,9 / 33,5 \times 100 )$ $= 100 - 92,2$ $= 7.8\%$

## 2.2.1 Facteurs physiologiques

Plusieurs chercheurs ont développé des tests afin de pouvoir évaluer la RSA dans différentes disciplines sportives (Dawson, Ackland & Roberts, 1984; Dawson, Ackland, Roberts, & Lawrence, 1991. Dawson, Fitzsimons & Ward, 1993). Bien que ces tests soient caractérisés par des distances et des périodes de repos distinctes, les facteurs physiologiques demandés lors de ces enchaînements de sprints restent similaires. En fait, ces efforts intensifs créent une diminution de la créatine-phosphate (CP) emmagasinée ainsi qu'une accumulation d'acide lactique dans les régions musculaires sollicitées (Hirvonen, Nummela, Rusko, Rehunen & Harkonen, 1992). Par conséquent, les niveaux d'accumulation d'acide lactique et de diminution de créatine-phosphate dépendent de l'intensité et de la durée des efforts (Hirvonen, 1992). De plus, des hauts niveaux d'acide lactique ont été trouvés chez les participants ayant complété un test RSA lors d'une recherche menée par Dawson (1991). L'habileté à reproduire des sprints découle donc de l'efficacité du système Atp-cp et de la faculté à tamponner et à compenser l'acidose engendrée par les ions hydrogènes (H<sup>+</sup>) notamment inhibiteur de la force maximale lors d'exercices exécutés à grande intensité (Fitts, 1994). Bishop, Lawrence et Spencer (2003) portent attention à la resynthèse des créatines-phosphates et au tamponnement des ions hydrogènes lors d'un test de RSA accompli par des joueuses de hockey sur gazon. Il remarque une corrélation significative

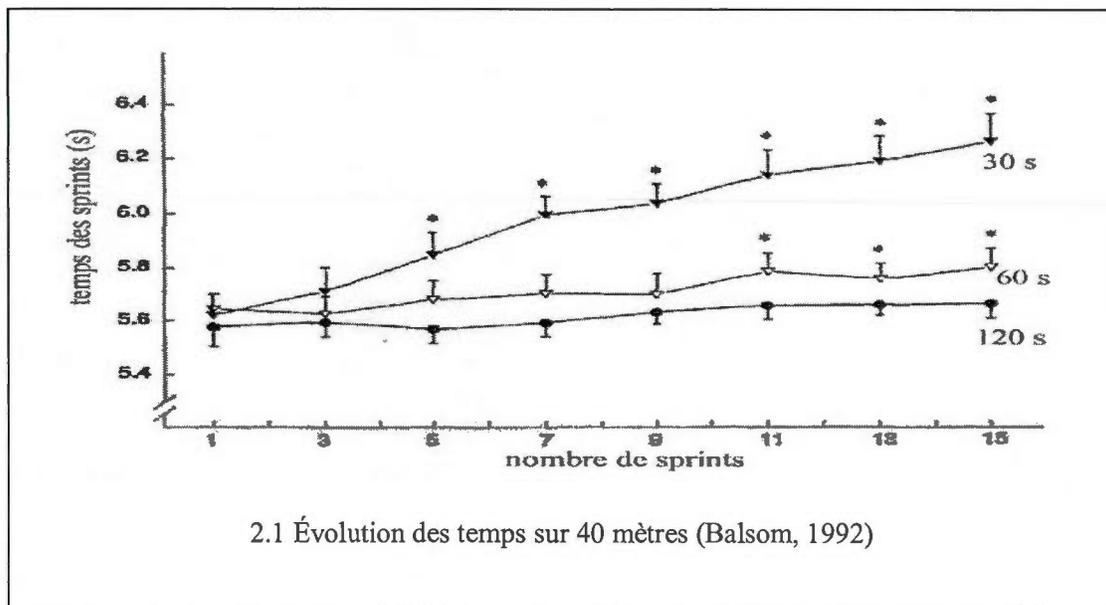
entre les changements de pH plasmatique et l'habileté à répéter des sprints. En fait, lors de cette étude, Bishop (2003) confirme que la diminution du pH plasmatique, créant un déséquilibre acido-basique, serait en grande partie responsable de la diminution de la performance et donc de l'augmentation des temps collectés.

### 2.2.2 La RSA et les sports

Les énoncés précédant nous démontrent que la RSA semble être une qualité physique à exploiter afin d'augmenter la performance sportive. Toutefois, bien que le test de RSA effectué sur un vélo stationnaire ait été validé (Bishop, 2001), il serait opportun de se renseigner sur l'incidence de la RSA selon différents contextes sportifs. En fait, une étude de Fitzsimons, Dawson, Ward & Wilkinson (1993) utilisent ce test pour comparer les résultats obtenus lors d'un effort maximal en cyclisme versus en course à pied. Ils indiquent qu'il n'existe pas de corrélation entre le meilleur sprint en vélo et le meilleur sprint à la course dû à l'absence du temps de suspension impliquée lors du pédalage. En outre, une étude réalisée par Wadley & Le Rossignol (1998) explique la relation entre les systèmes d'énergie aérobie et anaérobie vis à vis la RSA chez les joueurs australiens de *football rules*. Les résultats de cette recherche indiquent que le *Vo2 max* et le déficit d'oxygène accumulé (AOD), considérés comme des déterminants physiques importants dans ce sport, ne sont pas reliés à la perte en pourcentage du travail mécanique lors du test. Ces dernières affirmations pourraient hypothétiquement indiquer que les tests de RSA devraient être effectués sur un appareillage exploitant les qualités physiques du sport choisi.

Un article de Gilles Cometti (2005) portant sur la résistance à la vitesse propose une interrogation intéressante à ce sujet. L'auteur déplore que les tests de RSA ait plusieurs failles et qu'ils ne soient pas représentatifs des sports collectifs. Cometti (2005) explique que dans les sports collectifs, tels que le basket-ball et le soccer, la fréquence de sprints est nettement inférieure à celle proposée lors du test RSA de Bishop (2001). En fait, des études (Colli et Bordon, 2000. Castagna, 2002) réalisées dans le cadre de ces disciplines sportives démontrent des chiffres évocateurs. Les chercheurs notent 1 sprint toutes les 77 secondes au championnat italien de soccer (2000) et 1 sprint toutes les 50 secondes au championnat italien de basket-ball (2002). De surcroît, une étude de Bishop (2003) montre une corrélation entre le résultat au test RSA et des sprints répétés en simulant un match avec des courses de 20 à 30 m. Toutefois, on note une corrélation faible pour des distances répétées de 5 à 10 m. Cela dit, plusieurs sports collectifs incluent des efforts intenses sur des distance courtes (5 à 10 m), ce qui nous laisse douter que les tests de RSA sont bien représentatifs du contexte des sports collectifs.

Les travaux de Balsom, Seger & Ekblom (1992a, b) peuvent aider à mieux comprendre le facteur de résistance à la vitesse dans le contexte des sports collectifs. En fait, ces chercheurs illustrent que des efforts intenses effectués avec une minute de récupération peuvent être répétés presque indéfiniment sans perte de performance (Balsom, 1992a). Le tableau suivant démontre l'effet de la durée de récupération sur des sprints (Balsom, 1992b). Nous pouvons en conclure qu'il existe une augmentation des temps sur 40 m dès le 3e sprint avec 30 s de récupération, mais seulement au onzième sprint avec 60 s de repos.



À la lumière de ces lectures, nous pouvons conclure que les tests de RSA peuvent ne pas bien représenter les efforts demandés dans certains sports. En ce qui attrait notre projet d'étude, bien que la RSA reste une habilité distincte au hockey sur glace, il est tout de même difficile de croire que le test proposé par Bishop (2001) soit un test idéal afin de représenté une présence sur glace. Cela dit, il existe présentement plusieurs tests sur glace utilisés par les préparateurs physiques (Burchheit, 2010), (Petrella (2007), (Leone, 2007) ayant un protocole ajusté à la réalité sportive des joueurs de hockey.

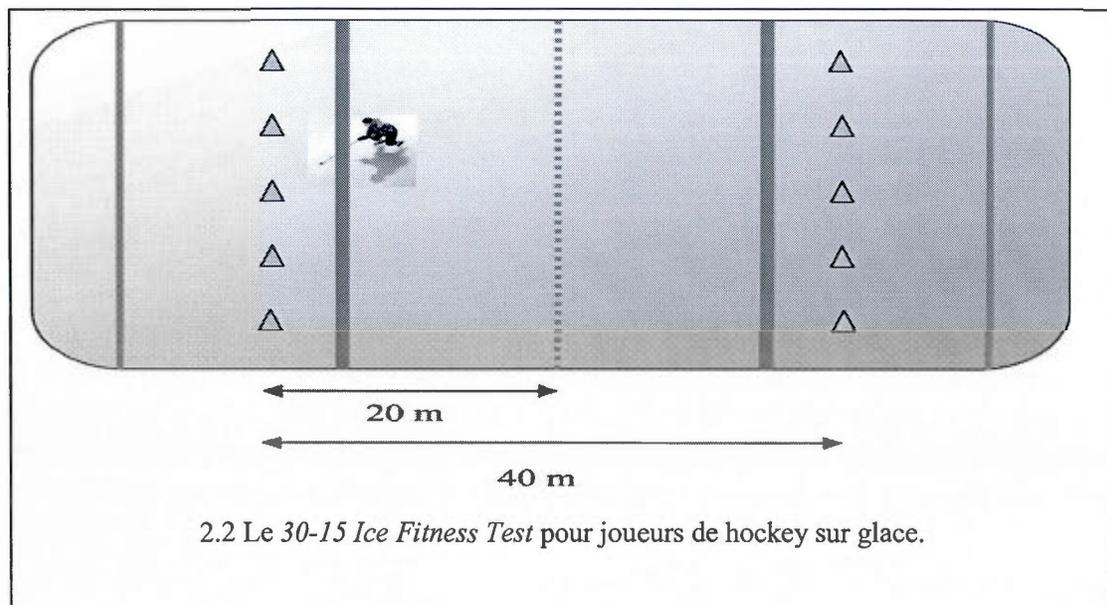
### 2.3 Les tests sur glace

Les évaluateurs physique s'occupant de clubs de hockey utilisent de nombreux tests afin d'évaluer diverses facettes de la condition physique de leurs joueurs. Voici quelques tests fréquemment utilisés par les spécialistes et ce, pour des calibres de jeux différents. Tel que mentionné, ces tests sont ajustés à la réalité sportive d'une présence sur glace au hockey. Les tests

présentés sont les suivants : Le *30-15 intermittent ice test*, le *Reed repeat sprint skate (RSS)*, l'épreuve aérobique de patinage de Faugh (fast protocol), le *skating multistage aerobic test (SMAT)*, le test de résistance en patinage et le test Marcotte. Les deux derniers tests mentionnés ne sont pas présentés ci-dessous puisqu'ils ont été retenus pour cette expérimentation. Ces tests seront présentés dans le cadre de la méthodologie.

### 2.3.1 le 30-15 Ice Fitness Test

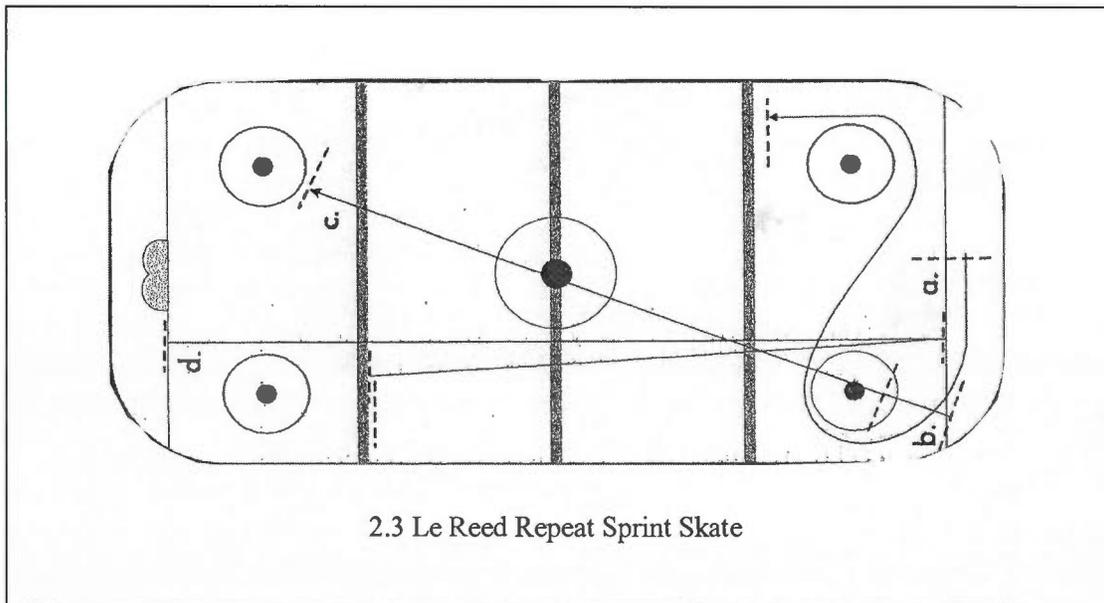
Le *30-15 intermittent test* fut conçu il y a dix ans par un français nommé Martin Buchheit(2010). Ce dernier voulait créer une épreuve représentant la qualité du travail physique d'un sport collectif. En fait, la grande majorité des tests de détermination de la vitesse maximale aérobique (VMA) et du  $\dot{V}o_2 \max$  s'effectue en continue, en course en ligne ou en navette (Léger & Boucher, 1980). Or, cette modalité d'évaluation diffère significativement de l'effort en match et des conditions d'entraînement. Buchheit(2010) a donc voulu innover en implantant un test progressif intermittent avec changements de direction, amenant les joueurs à répéter des accélérations pendant une durée déterminée. Afin de rendre ce test accessible au hockey, un article paru dans le *Journal of Strength and Conditioning Research* validait le *30-15 intermittent ice test* chez les jeunes joueurs élites de hockey (Buchheit, 2010). Le test est constitué de périodes de patinage d'une durée de 30 secondes, entrecoupées de périodes de récupération active de 15 secondes. Durant les périodes d'effort, il s'agit de patiner en aller-retour, sur une distance de 40 m, à une vitesse indiquée par une bande sonore, qui émet des "bips" à des intervalles de temps donné. La vitesse de patinage, initialement de 10.6 km/h, est ensuite incrémentée de 0.63 km/h à chaque palier (Buchheit, 2010).



Toutefois, après une lecture attentive de l'article, il est possible de remarquer que certains outils d'évaluation ne s'appliquent pas spécifiquement au hockey. Effectivement, la bande sonore émise par l'auteur provient du 30-15 intermittent test qui s'effectue à la course à pied. Évidemment, la distance parcourue, soit 40 mètres, peut s'accomplir plus facilement en patin qu'à la course. À titre d'exemple, les sujets peuvent réduire leurs efforts en se laissant glisser après des coups de patins ce qui ne s'applique pas lors de la course à pied. De ce fait, les valeurs obtenues lors de ce protocole peuvent représenter inadéquatement la réalité du joueur de hockey. Il aurait donc été préférable d'établir une bande sonore propre au travail sur glace afin d'obtenir une meilleure spécificité et validité de la demande physiologique des sujets.

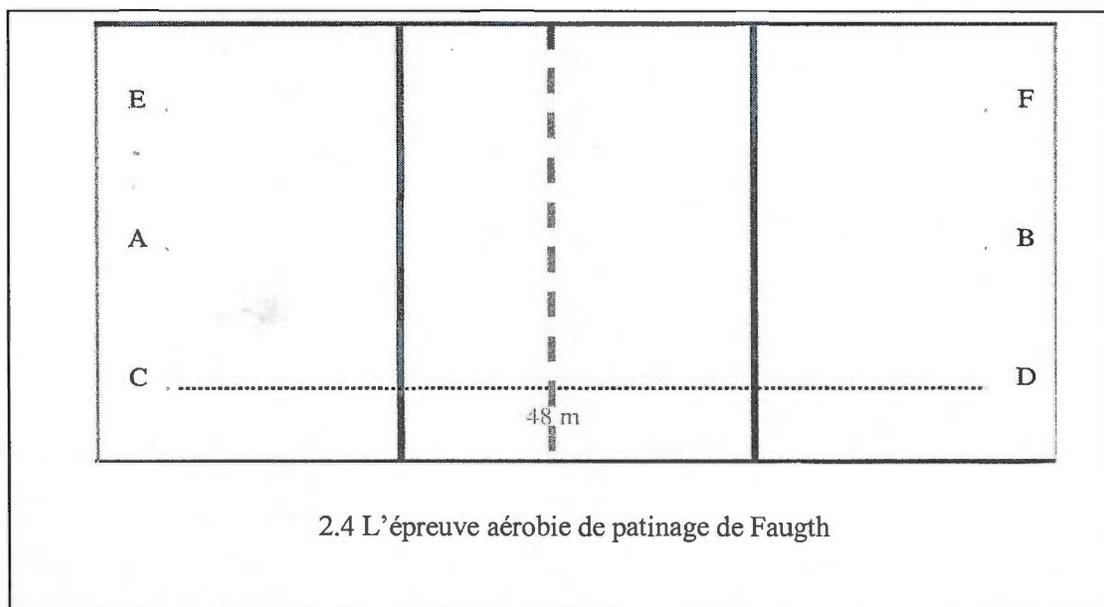
### 2.3.2 Le Reed Repeat Sprint skate (RSS)

Le Reed repeat sprint skate (RSS) fut utilisé par plusieurs chercheurs afin d'évaluer de nombreux déterminants physiques impliqués au hockey sur glace. Ce test est constitué de six répétitions d'accélération sur une distance de 300 pieds s'effectuant sur glace pendant une durée totale de trois minutes. Une période de 30 secondes est allouée pour effectuer les déplacements. Il est notamment possible d'obtenir une période de repos entre les paliers en supposant que les sujets complètent la distance avant le temps requis. L'auteur, A Reed et ses collaborateurs (Hansen, Cotton, Gauthier, Jette, Thoden & Winder, 1980) utilisent des joueurs provenant de niveaux différents (Midget, Junior, Collège, NHL) afin d'établir une réalité accordée au test. En outre, Bracko & Goerge (2001) utilisent une version modifiée du RSS afin d'identifier les variables hors glace pouvant prédire la performance de patinage chez les joueuses de hockey. De surcroît, Amett (1996) utilise le RSS afin d'évaluer la récupération des joueurs collégiaux après un exercice soutenu. Néanmoins, l'auteur réduit le nombre d'accélération à trois dû au jeune âge des joueurs



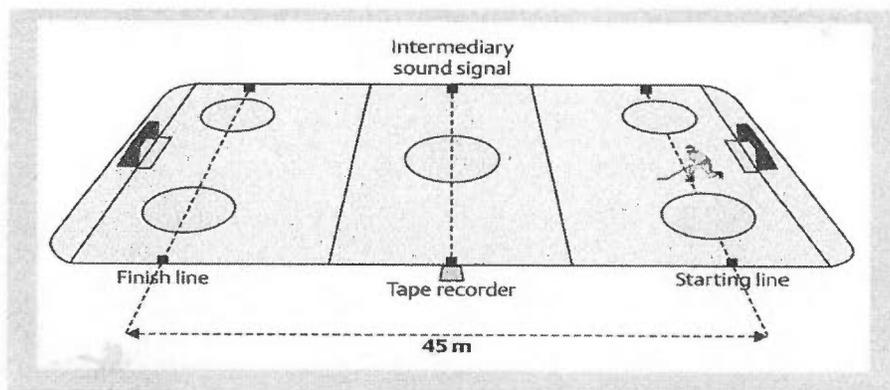
### 2.3.3 L'épreuve aérobique de patinage de Faughth ( FAST protocol )

L'épreuve aérobique de patinage de Faughth (FAST protocol ) a été validée lors d'une étude de Petrella et ses collaborateurs (Montelpare, Nystrom, Plyley & Faughth, 2007). Le but de cette étude était d'appliquer et de valider un test de terrain faisant référence à l'évaluation de la puissance aérobique maximale (PMA) au hockey sur glace. L'épreuve consiste à franchir la distance demandée, soit 160 pieds (48.8 mètres), et ce, dans le temps exigé. Le temps de cette activité de patinage continu débute à 15 secondes par palier (11.7 km/h) et diminue de 0.5 seconde ce qui réduit l'intervalle de temps entre deux signaux. Une analyse de régression multiple fut utilisée pour identifier les variables associées à une prédiction de la puissance aérobique maximale. Afin d'offrir une corrélation significative, les sujets ont participé au *Fast protocol* et à un test sur tapis roulant selon le protocole de Bruce. Le coefficient de détermination ajusté était de 0.387 tandis que l'erreur type d'estimation était de 7.25 ml.kg.min ( $p < 0,0001$ ). Ces observations justifient l'utilisation de l'épreuve aérobique de patinage de Faughth pour l'estimation de la PMA chez les joueurs de hockey. Toutefois, Buchheit(2010) explique que ce test n'est pas spécifique au mouvement accompli lors d'une partie et que cela pourrait créer une fatigue prématurée dans la région lombaire des joueurs.



### 2.3.4 Le skating multistage aerobic test (SMAT)

Le *skating multistage aerobic test* (SMAT) fut développé par des chercheurs provenant d'universités québécoises (UQAM, UdeM). L'objectif de ce projet était de construire et valider un test sur glace pouvant prédire le  $Vo_2 MAX$  des joueurs de hockey. Le test choisi à titre de comparaison fut le *off-ice maximal aerobic 20-m shuttle run test* (20 MSRT). Les auteurs affirment qu'une faible corrélation entre ses deux procédures pourrait confirmer la spécificité du test sur glace. Le SMAT consiste à patiner le plus rapidement possible en aller retour sur une distance de 45 mètres. Les 30 sujets doivent patiner pendant 30 secondes subséquentes à une période de repos passive de 60 secondes. La vélocité initiale du premier palier fut appliquée à  $3.5m \cdot s^{-1}$ . Toutefois, bien que la procédure de ce test ressemble amplement à celle du *30-15 intermittent ice test* proposé Ici-haut, Buchheit (2010) semble en désaccord avec certains éléments émis dans la publication de Leone(2007). En fait, l'auteur assure que la performance évaluée dans le test SMAT peut être influencée par la capacité anaérobie des joueurs résultants potentiellement une sur prédiction du  $Vo_2 MAX$ . Plusieurs aspects permettent au test SMAT de se réaliser facilement tout en étant spécifique aux conditions des joueurs de hockey : le test peut s'effectuer sur une glace régulière ce qui permet aux sujets de porter leurs équipements, l'application du test ne demande pas d'équipement spécifique et est peu coûteux, la conception intermittente du test permet au sujet d'obtenir une période de repos (30 secondes), ce qui reflète la capacité cardiovasculaire et non la fatigue musculaire, la prédiction du  $Vo_2 max$  est valide. ( $P < 0.01$ )



2.5 Le *skating multistage aerobic test*

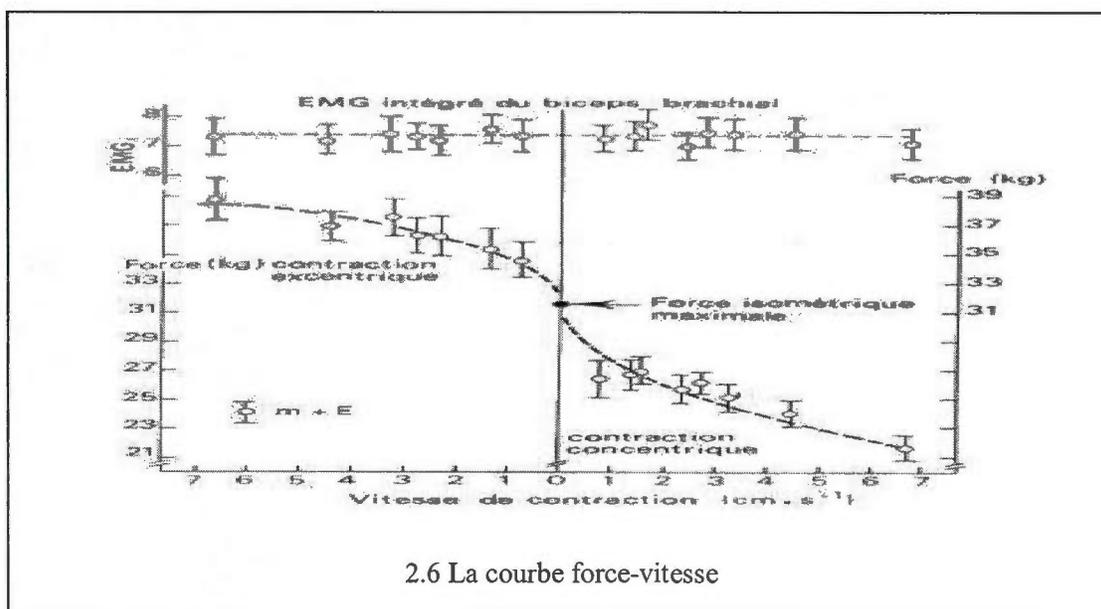
## 2.4 Analyse physiologique de la pliométrie

Selon Gilles et Dominique Cometti, conjointement auteurs de l'ouvrage *La pliométrie : Méthodes, entraînement, exercices* (2007), le terme *pliométrie* provient du grec "plio" qui signifie "plus" tandis que "métrique" signifie "mesurer". Cette méthode se distingue donc par une augmentation mesurable des composantes recherchées (Cometti, 2007). Les premières expérimentations de cette méthode furent effectuées dans les années soixante par Zatsiorski qui reprit le travail de Margaria afin de justifier l'entraînement mettant en jeu le réflexe d'étirement (Cometti, 2007). Également en 1966, un entraîneur et physiologiste soviétique nommé Yuri Verkhoshanski découvrit que l'application d'entraînement prônant des sauts pouvait améliorer significativement l'habileté à sauter et à sprinter de ses athlètes (Verkhoshansky, 1969). Dans les années 80, les chercheurs Adams (1992), Fatouros (2000), Polhemus (1981) démontrèrent avec justesse que la combinaison des entraînements pliométriques et des entraînements avec charges pouvait augmenter davantage la puissance des athlètes que l'application d'entraînement avec charge seule (Radcliffe & Farentinos, 1999). Ces conclusions peuvent s'expliquer par un phénomène physiologique distinct : Le cycle d'étirement-raccourcissement.

### 2.4.1 Le cycle d'étirement-raccourcissement

On obtient une action musculaire pliométrique lorsqu'un muscle qui se trouve dans un état de tension est d'abord soumis à un allongement et qu'ensuite, il se contracte en se raccourcissant (Bosco, Vitasalo, Komi et Luthanen, 1982). Les physiologistes nomment ce phénomène « *the stretch-shortening cycle* » soit le cycle étirement-raccourcissement (CER). Cavagna, Dusman et Maragia démontrent qu'un muscle en contraction ayant subi un étirement au préalable génère plus de force qu'un muscle n'ayant pas subi d'étirement (Thomas, 1988). En guise de comparaison, il faut simplement penser à une bande élastique. Lorsque cette dernière est étirée, il existe un potentiel d'énergie pouvant la ramener rapidement à sa forme initiale. En fait, le terme le mieux adapté pour décrire cette situation est appelé réactivité élastique (Gambetta, 1986). Cette réactivité élastique se définit par la force générée pour débiter le mouvement ainsi que le mouvement produit par cette force (Radcliffe, 1999). Cela dit, l'intervention du CER requiert trois conditions soit une bonne pré-activation des muscles avant la phase excentrique, une phase excentrique courte ainsi qu'une transition immédiate entre la phase d'étirement et de raccourcissement (Komi & Gollhofer, 1997). Ces conditions sont facilement représentées dans la plupart des disciplines sportives. Par exemple, lors d'un triple saut, nous notons une absorption du contact au sol par la flexion de la hanche, du genou ainsi que de la cheville. Cette action est rapidement suivie par une extension de ces régions musculaires lors de la poussée. L'énergie

entreposée pendant la phase excentrique sera en partie redistribuée lors de la phase concentrique, ce qui permet à l'athlète d'avoir une meilleure performance (Chu, 1983). Bosco réalise de nombreux ouvrages portant sur ce phénomène d'entreposage d'énergie (1981, 1982, 1992). Il démontre que la variation de la vitesse pendant la phase de pré-étirement ainsi que celle du temps de couplage (le temps entre la portion excentrique et concentrique) peut être associée à l'augmentation de la performance (Bosco & Komi, 1981). Il observe aussi dans la composition mécanique des muscles, que la stratégie pour maximiser le travail élastique dépend notamment de la vitesse appliquée dans le mouvement (Bosco & Belli, 1992). La figure suivante permet de mieux comprendre la relation existant entre la force et la vitesse. En fait, on note, lors des conditions excentriques, que les forces maximales développées sont dues à la mobilisation des tissus non contractiles du muscle pendant la phase de pré-étirement du muscle (Commeti, 2007). Conséquemment, cette phase permet d'accumuler de l'énergie élastique qui sera restituée pendant la phase de contraction qui s'identifie au cycle d'étirement-raccourcissement.



Toutefois, le potentiel d'énergie développé lors de ce processus peut être dissipé en forme d'énergie thermique si l'allongement du muscle (phase excentrique) n'est pas immédiatement suivi d'un raccourcissement musculaire (phase concentrique) (Chu, 1992). Le temps de contact au sol est donc un facteur physiologique fondamental à considérer lors de l'entraînement pliométrique (Lundin, 1985). Les méthodes pliométriques ont plusieurs fois démontré leurs bienfaits au niveau du gain de puissance musculaire dû à l'étirement musculaire. Zatsiorsky (1966) nous démontre qu'un athlète exécutant des exercices pliométriques spécifiques peut

développer des forces supérieures à celles résultant d'un squat à charge maximale isométrique. En fait, des tests effectués sur des plaques de force démontrent qu'un athlète opérant un saut en contrebas peut développer des forces supérieures d'une fois et demie, voire deux fois, sa force maximale isométrique.

#### 2.4.2 Élasticité musculaire

L'élasticité musculaire nécessite une attention particulière afin de bien comprendre les fondements du CER. En fait, Bosco (1992) suggère que les propriétés élastiques des muscles est le principal facteur favorisant une augmentation de l'efficacité musculaire lors du CER. Cela dit, on trouve dans le muscle une composante élastique en série intervenant dans l'efficacité de l'action musculaire. Cette composante détient une fraction passive se retrouvant dans les tendons et une fraction active se trouvant dans les ponts actine-myosine (Cometti, 2007). Selon Cometti (2007), la phase excentrique sollicitée lors des exercices pliométriques permet d'augmenter le nombre de ponts. En fait, au cours de l'allongement, le nombre de ponts serait 1.8 fois supérieur à celui de la contraction isométrique. De plus, l'auteur mentionne que lors de la phase excentrique, la qualité des ponts est supérieure du fait que chaque pont fonctionne de façon plus efficace. L'augmentation du nombre de ponts et l'accentuation de la qualité de ceux-ci permettent une meilleure contraction musculaire et donc une force supérieure. En outre, une protéine musculaire nommée titine se situant dans le sarcome est un élément essentiel du phénomène d'élasticité musculaire. En effet, cette protéine est destinée à ramener le sarcomère dans sa position initiale à la suite d'un allongement (Cometti, 2007). Elle sert par ailleurs, à maintenir le bon alignement de la myosine par rapport à l'actine (Cometti, 2007). De nombreux auteurs lui attribuent aujourd'hui le rôle de production de force en phase excentrique et de contribution au CER et montrent que la titine est particulièrement sollicitée pendant les étirements (Komi, 2003. Friden et Lieber, 2001)

#### 2.4.3 Le réflexe d'étirement

Le réflexe d'étirement, aussi appelé réflexe myotatique, a son origine dans les fuseaux neuromusculaires que l'on trouve dans la plupart des muscles. Ce réflexe joue un rôle primordial dans le cycle d'étirement-raccourcissement. Effectivement, lors de l'allongement musculaire, les fuseaux neuromusculaires envoient des influx nerveux à la moelle épinière pour qu'elle puisse assimiler cette information (Purves & Coquery, 2005). Ce trajet neurologique active le réflexe myotatique causant alors une contraction musculaire afin de résister au changement de la longueur du muscle (Pritchard & Alloway, 2002). Par conséquent, plus la modification de l'allongement du muscle est rapide, plus l'implication du réflexe d'étirement sera importante

résultant en une contraction du muscle étiré plus forte (Thomas, 1988). Cela dit, lors de l'entraînement de type pliométrique, la contraction involontaire causée par le réflexe myotatique contribue à l'augmentation de la force générée puisqu'elle s'ajoute à la contraction volontaire du muscle (Lundin, 1985). Il est à noter que le réflexe myotatique est probablement le plus simple et le plus rapide du corps humain (Pritchard, 2002). Cela est dû à la connexion directe entre les récepteurs sensoriels dans le muscle et aux cellules dans les corps spinaux (Purves, 2005). D'autres réflexes agissent plus lentement que le réflexe d'étirement parce qu'ils doivent être transmis par plusieurs interneurons ainsi qu'au système nerveux central avant qu'une réaction ne soit émise (Chu, 1992). Nous pouvons identifier l'influence de ce réflexe dans la contraction musculaire à l'aide d'un protocole établi par Schmidtbleicher (1985). En fait, ce chercheur établit chez des sujets débutants et entraînés, une différence significative concernant l'implication du réflexe d'étirement. Une lecture attentive de ce protocole nous démontre que le débutant développe une force supérieure à la MVC alors qu'il est encore en l'air et que le réflexe d'étirement survient alors que l'activité électrique cesse. Conséquemment, il ne s'ajoutera pas à l'action volontaire du sujet. Or, le sujet entraîné prépare son muscle avant le contact au sol (60% de la MVC environ) pour agir au maximum lors du contact. Le réflexe myotatique s'ajoute alors à cette activité ce qui augmente la puissance du sujet.

#### 2.4.4 L'intervention des facteurs nerveux

Des facteurs nerveux doivent également être pris en considération afin de bien comprendre l'implication physiologique lors des exercices pliométriques. Sale (2003) démontre l'augmentation de la force grâce au recrutement de nouvelles unités motrices. En fait, l'auteur explique dans sa publication que dans le cas d'effort explosif, les unités motrices peuvent être recrutées dans un temps plus court. De ce fait, la mobilisation accrue d'unités motrices permet une meilleure propagation de l'influx nerveux et par le fait même une meilleure contraction musculaire. De surcroit, Duchateau et Hainaut (2003) évoquent une activation plus rapide des motoneurons lors d'exercices dynamiques. Effectivement, les auteurs démontrent que les unités motrices atteignent leur force maximale plus rapidement. De plus, ils mentionnent que ce type d'entraînement augmente de façon importante l'activité de l'ATPase et les mouvements de calcium. Finalement, l'ouvrage des frères Cometti (2007) mentionné ci-haut illustre brièvement plusieurs facteurs nerveux pouvant influencer sur la physiologie de muscle lors de l'entraînement de type pliométrique. En fait, on note une diminution de l'inhibition du réflexe myotatique, une augmentation du seuil des récepteurs de Golgi, une amélioration de la sensibilité des fuseaux

neuromusculaires, une diminution du temps de couplage et une augmentation de la raideur musculaire.

#### 2.4.5 Planification

Une planification d'entraînement inadéquate peut rapidement entraîner des effets indésirables tels que des blessures, une contre-performance ainsi qu'un surentraînement chez les athlètes de tout genre. Cela dit, deux grandes considérations doivent donc être prises en compte avant l'élaboration d'une planification d'entraînement de type pliométrique : l'expérience des participants et l'intensité des exercices choisis (Chu, 1998).

La littérature nous démontre qu'il est approprié de prescrire des exercices pliométriques à des jeunes âgés de plus de 12 ans (Valik, 1966. McFarlane, 1982). Néanmoins, il est nécessaire pour les préparateurs physiques de bien préparer les participants à ce type d'entraînement pouvant être "choquant" pour les structures musculaire et le système nerveux. En fait, une période d'adaptation, caractérisée par des mouvements unidirectionnels afin de développer les techniques de bases et de solliciter adéquatement le système nerveux (Chu, 1998), est indispensable. Cela dit, cette préparation aura pour effet de diminuer le risque de blessures et d'augmenter l'efficacité du travail des muscles stabilisateurs (Radcliffe, 1999). Cette phase préparatoire ayant une durée approximative de 3 à 4 semaines est suivie de la phase spécifique où l'on se concentre davantage sur les gestes sollicités lors de la discipline sportive (McNelly, 2007). En fait, la phase spécifique, caractérisée par une intensité élevée et un volume bas, doit représenter des situations dans lesquelles le joueur devra performer (Carrio, 2008). La prescription d'exercices pluridirectionnels est donc de mise. Notamment en raison de la nature stressante de la pliométrie et de la recherche de la qualité du travail effectué, ces entraînements devraient être effectués en début de séance d'entraînement (Chu, 1998).

Un autre point important à souligner est la fatigue musculaire. En fait, la fatigue est un phénomène complexe qui peut être défini comme une insuffisance à générer de la force (Bigland & Woods, 1984) ou une incapacité de maintenir une intensité exigée lors d'un effort (Edwards, 1981). En ce qui a trait aux entraînements pliométrique, elle résulte en une réduction de l'efficacité du mouvement et une perturbation du cycle d'étirement-raccourcissement (Gollhofer, 1987). Cometti (2007), note aussi une modification de l'architecture musculaire au niveau de la titine et de la nébuline indiquant la diminution de la performance. De surcroît, Avela, Komi et Rama (1999) remarquent une diminution de la sensibilité du réflexe myotatique. Des périodes de

récupération doivent donc être considérées afin de ne pas surcharger l'athlète. En fait, une période de repos avoisinant les 48 heures est idéale afin de récupérer adéquatement d'une séance d'entraînement (Avela et coll., 1999)

## CHAPITRE 3

### MÉTHODOLOGIE

#### 3.1 Participants

##### 3.1.1 Population et mode de sélection

L'échantillon utilisé sera composé de garçons de 13 et 14 ans inscrits au programme de hockey sur glace niveau Bantam. Les participants choisis ( $n=20$ ) proviennent tous de l'équipe de hockey mineur sport-étude de la Polyvalente De Mortagne située à Boucherville. Le nombre de participants par groupe fut imposé puisqu'il s'agit d'une cohorte regroupant 20 élèves. Les responsables du programme ont constitué deux groupes pour les fins de notre étude : l'un, expérimental, formé de 10 athlètes et l'autre, témoin, de 10 athlètes. La formation de ces groupes a été réalisée en tenant compte d'un système de pairage qualitatif basé sur l'âge, la grandeur, le poids et la performance. Cette contrainte de pairage sera assumée au départ, mais une analyse de la distribution des sujets (tests d'homogénéité) à l'aide des pré-tests sera aussi effectuée. Comme on le verra, le groupe expérimental et le groupe témoin sont semblables en termes de performance initiale.

Entre les mois de septembre et mars, ces participants s'entraînent en moyenne entre 10 et 12 heures par semaine à raison de six séances d'entraînement. Ces athlètes-élèves sont soumis à des critères d'admission et de réadmission sportifs et scolaires. Ils sont encadrés par 4 entraîneurs (PNCE niveau 1 à 3) et se répartissent sur 3 sites d'entraînement.

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

###### Critères d'inclusion

- Faisant partie du programme sport-étude de la polyvalente De Mortagne niveau Bantam

###### Critères d'exclusion

- Refus de participation
- Impossibilité de participer à la totalité de l'étude
- Présence de toute pathologie contre-indiquant l'activité sportive de compétition et la réalisation de tests prévus par le protocole.
- Être gardien de but.

### 3.1.3 Aspects déontologiques et consentement

Cette recherche a reçu l'approbation du Comité de déontologie du Département de Kinanthropologie (CDKIN), un sous-comité du Comité institutionnel d'éthique de la recherche chez l'humain (CIÉR) de l'Université du Québec à Montréal (voir annexe). Un formulaire visant l'information et le consentement fut distribué aux participants de ce protocole (voir annexe). Puisque les sujets sont mineurs, une autorisation parentale fut exigée. Il est à noter qu'aucune compensation monétaire ne fut distribuée aux participants. Toutefois, ces derniers profiteront d'une périodisation d'entraînement gratuite qui pourrait augmenter leurs performances sportives. De plus, un résumé des résultats de recherche sera transmis aux responsables du programme au terme du projet afin de démontrer, le cas échéant, les améliorations obtenues. En outre, il n'y a pas de risque supplémentaire associé à la participation à ce projet. En ce sens, le risque de blessure occasionné par ce type d'entraînement est moindre que celui rencontré lors d'une partie de hockey. La participation des sujets fut volontaire. Cela dit, ils furent entièrement libres de mettre fin à leur participation et de se retirer du projet en tout temps. Finalement, aucune information permettant d'identifier les participants ne fut divulguée.

## 3.2 Conditions

### 3.2.1 Conditions de mesure

Les groupes témoins et expérimentaux furent distingués dans le traitement par des méthodes d'entraînements différentes, soit l'entraînement conventionnel pour le groupe témoin et l'entraînement pliométrique pour le groupe expérimental. Tous les entraînements eurent lieu en gymnase pour les deux groupes. Nous avons pris en charge l'entraînement pliométrique du groupe expérimental et un éducateur physique du programme fut responsable des entraînements conventionnels pour le groupe témoin.

#### Entraînement conventionnel (voir annexes)

Ces entraînements faisaient déjà partie de la planification sportive utilisée par les préparateurs physiques du programme avant l'expérimentation. Ils sont majoritairement composés d'exercices visant le gain de tonus musculaire réalisés sur des machines à charges sélectives ou avec poids libres. Ces exercices sont effectués avec une vitesse d'exécution lente (tempo 3-0-3) afin de ne pas exploiter les mêmes facteurs physiologiques recherchés lors des entraînements de type

pliométrique. Les entraînements ont une durée de 45 minutes incluant les échauffements. Ils ont eu lieu deux fois par semaine soit les lundis et mercredis.

#### Entraînement pliométrique (voir annexes)

Ils sont définis comme des entraînements exploitant le cycle d'étirement raccourcissement. Ils sont composés, pour la plupart, d'exercices explosifs visant le gain de puissance musculaire tels que des sauts et des foulées bondissantes. La littérature scientifique suggère de conserver une progression dans la planification des méthodes d'entraînement pliométriques (Radcliffe, 1999). Pour ce faire, nous avons opté pour deux volets exploitant des déterminants physiques distincts soit l'endurance-vitesse (volet 1) et la puissance musculaire (volet 2). En fait, le volet 1, caractérisé par un volume élevé et une intensité faible, sera administré pendant les trois premières semaines. L'objectif de ce volet est de développer chez les participants des habiletés motrices reliées aux sauts afin de réduire le risque de blessures. Le volet 2, caractérisé par un volume faible et une intensité élevée, sera administré pendant les semaines 4 à 6. L'objectif de ce dernier est de représenter des situations dans lesquelles le joueur devra performer. Les séances d'entraînements auront lieu deux fois par semaine soit les lundis et mercredis. En outre, une séance d'échauffement spécifique sera effectuée par les participants avant de débiter les exercices.

### 3.3 Mesures

#### 3.3.1 Collecte et traitement des données

Ce devis de recherche utilise des mesures pré-expérimentales sur 5 tests, un traitement expérimental de 6 semaines et des mesures post-expérimentales sur les 5 tests. Nous avons utilisé un ANOVA factoriel mesures répétées 2 X 2 groupes indépendants afin de vérifier, le cas échéant, les différences significatives entre nos groupes témoins et expérimentaux sur les 5 tests. Une grille d'observation (voir annexes) fut utilisée afin de noter les résultats et d'assurer le suivi des participants.

### 3.4 Procédures

#### 3.4.1 Entraînement physique

La période d'expérimentation a débuté le 24 octobre 2011. Tous les entraînements furent effectués dans le gymnase réservé au sport étude de la polyvalente De Mortagne. Pendant six semaines, à raison de deux entraînements de 45 minutes par semaine, le groupe expérimental a

participé à un entraînement de type pliométrique pendant que le groupe empirique participait à l'entraînement conventionnel.

#### 3.4.2 Tests

Les pré-tests furent administrés avant la première semaine d'entraînement (semaine 0). L'objectif était de compiler les résultats des participants avant de débiter l'expérimentation. Ces tests qui correspondent aux instruments d'évaluation furent effectués en partie dans l'aréna, en partie dans une salle de musculation. Tous les tests ont eu lieu la même journée pour les deux groupes. Les post-tests ont eu lieu après la dernière semaine d'entraînement (semaine 7). Le responsable du projet fut l'administrateur pour l'ensemble des tests mais fut aidé par l'entraîneur responsable du groupe témoin (PNCE niveau 3). Il est important de noter qu'une période d'échauffement a précédé la batterie de tests proposés. De plus, les entraîneurs ont motivé chacun des élèves pendant leurs tests. Tous les tests proviennent du manuel de testing hockey Québec Bantam (février 1987). Les tests choisis sont les suivants: test de saut en longueur, test de prédiction de la force maximale des membres inférieurs, test d'agilité des membres inférieurs, test de résistance de patinage et le test Marcotte. Des mesures anthropométriques et composition corporelle ont aussi été recueillies.

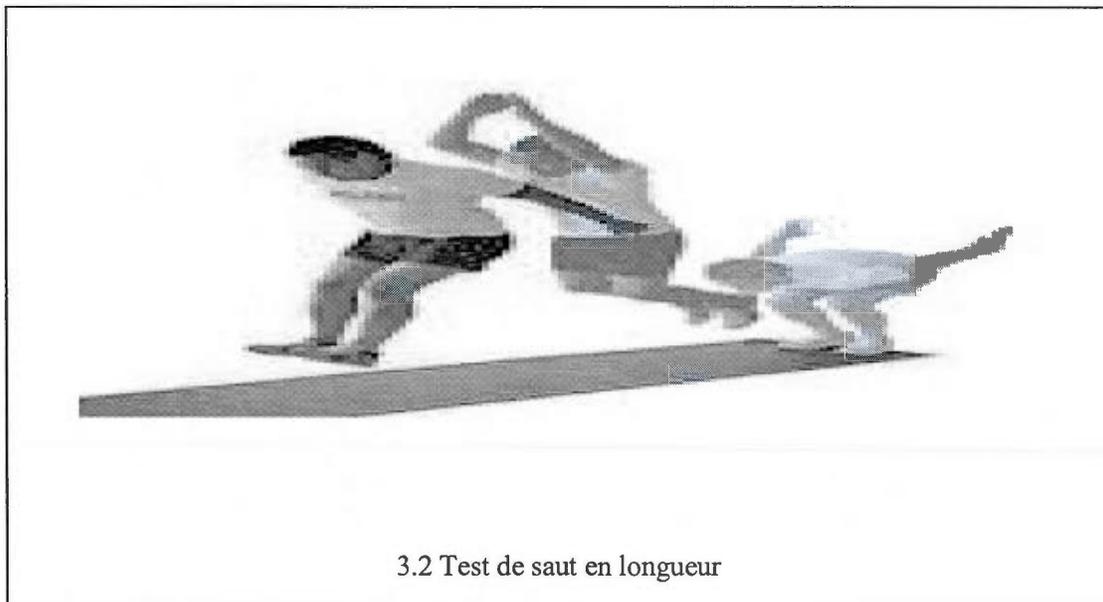
## Mesures anthropométriques



### 3.1 Tests des mesures anthropométriques

- Objectif :** Déterminer la longueur des segments (fémur et tibia) des membres inférieurs des participants. Déterminer le poids et la grandeur des participants
- Matériel et espace requis :** Un ruban à mesurer.
- Habillement du participant :** Le joueur est vêtu légèrement, préférablement d'une culotte courte et d'un chandail à manche courte.
- Procédure:** L'administrateur prend la longueur des segments et la grandeur du participant à l'aide d'un ruban à mesurer. Les segments pris sont le fémur et le tibia. L'administrateur prend le poids du participant à l'aide d'une balance.

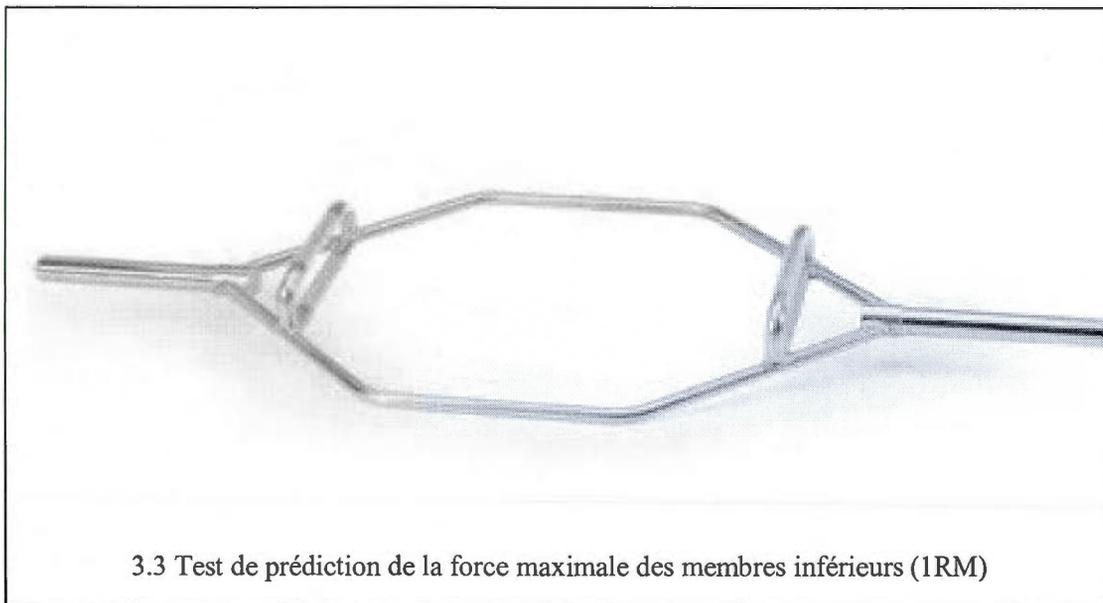
### Test de saut en longueur



3.2 Test de saut en longueur

- Objectif :** Déterminer la puissance musculaire maximale des membres inférieurs.
- Matériel et espace requis :** Un ruban à mesurer
- Habillement du joueur :** Le joueur est vêtu légèrement, préférablement d'une culotte courte et est chaussé d'espadrille.
- Procédure :** Le participant prend place à la ligne du départ, les bras allongés et les jambes à la largeur des épaules. Lorsque le joueur est prêt, il fléchit les jambes, abaisse les bras puis, détend rapidement les jambes tout en lançant les bras vers l'avant. La donnée recueillie est l'endroit où les talons ont eu contact. Le participant doit conserver la position finale sinon il devra répéter le test.

### Test de prédiction de la force maximale des membres inférieurs (1RM)

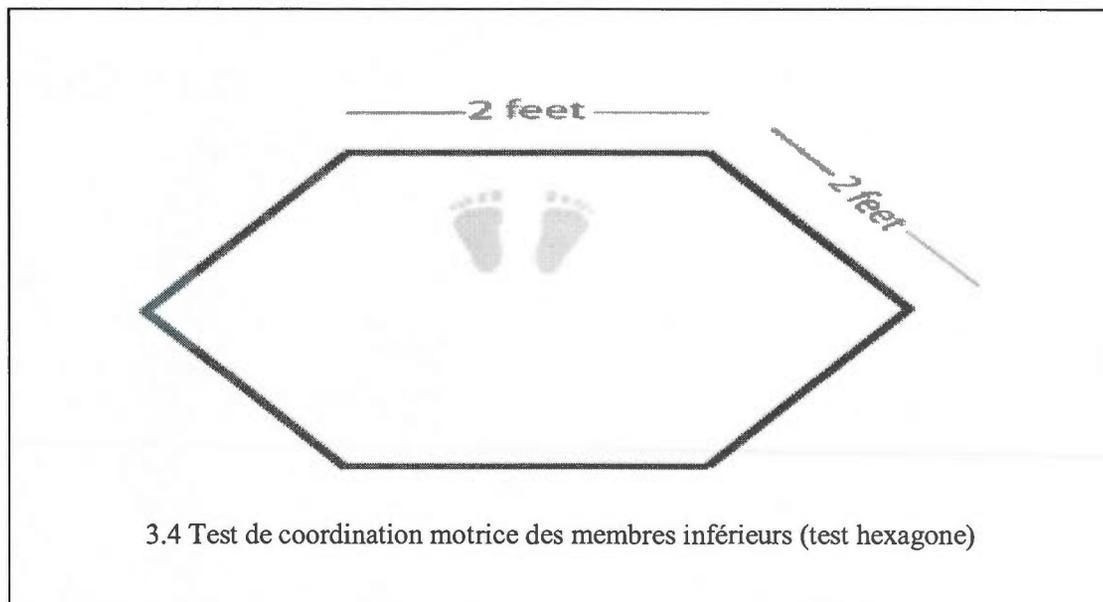


3.3 Test de prédiction de la force maximale des membres inférieurs (1RM)

- Objectif :** Déterminer la force musculaire maximale des membres inférieurs.
- Matériel et espace requis :** Une barre hexagonale de 60 lbs
- Habillement du joueur :** Le joueur est vêtu légèrement, préférablement d'une culotte courte et est chaussé d'espadrilles.
- Procédure :** Le joueur est debout, regarde droit devant lui, les genoux fléchis, il abaisse les bras pour prendre les poignées de la barre hexagonale. Le buste est droit, les talons à la largeur du bassin et la pointe des pieds légèrement vers l'extérieur. Il pousse en contractant les cuisses et les fessiers en ne tendant pas complètement les genoux. Il redescend lentement. Si la première tentative est réussie, le participant doit prendre un repos de 3 à 5 minutes et recommencer avec une charge plus lourde. La procédure doit être répétée jusqu'à échec.

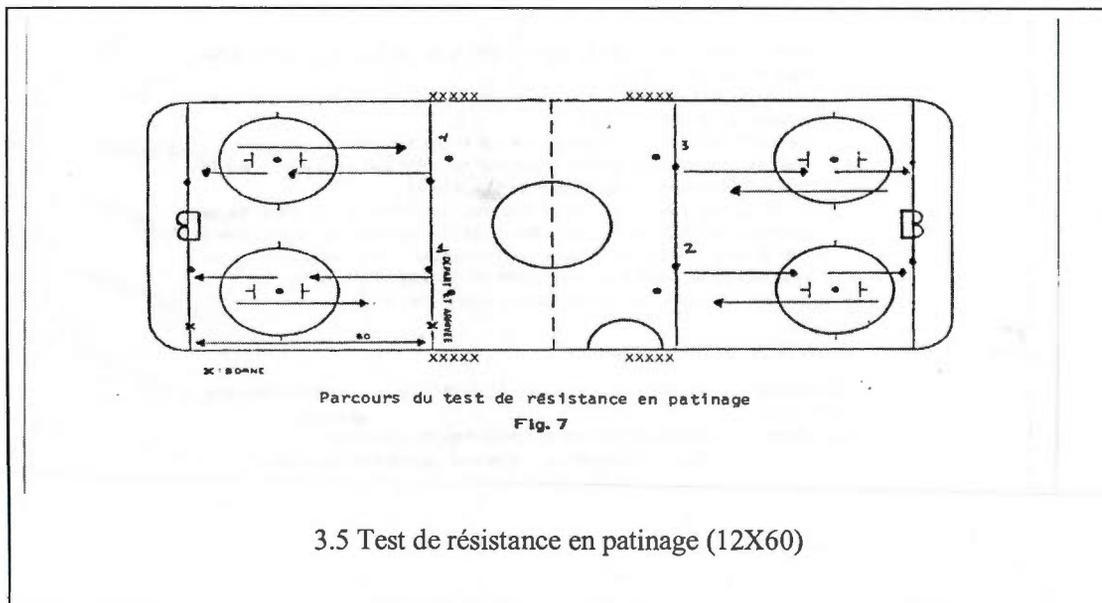
*Note :* Les joueurs peuvent utiliser des sangles pour que la force de préhension ne soit pas une limite au développement de la charge.

Test de coordination motrice des membres inférieurs (test hexagone)



- Objectif :** Déterminer le niveau de coordination et d'agilité du participant.
- Matériel et espace requis :** Ruban adhésif (6 bandelettes de 60.5 cm)
- Habillement du joueur :** Le joueur est vêtu légèrement, préférablement d'une culotte courte et est chaussé d'espadrilles
- Procédure :** Le participant doit sauter devant et au-dessus de la ligne ainsi que revenir en sautant vers l'arrière pour revenir au centre de l'hexagone. Il doit franchir tous les côtés de l'hexagone pour faire un tour complet. Le participant doit compléter trois tours au total. Le test est effectué dans les deux sens de rotation.

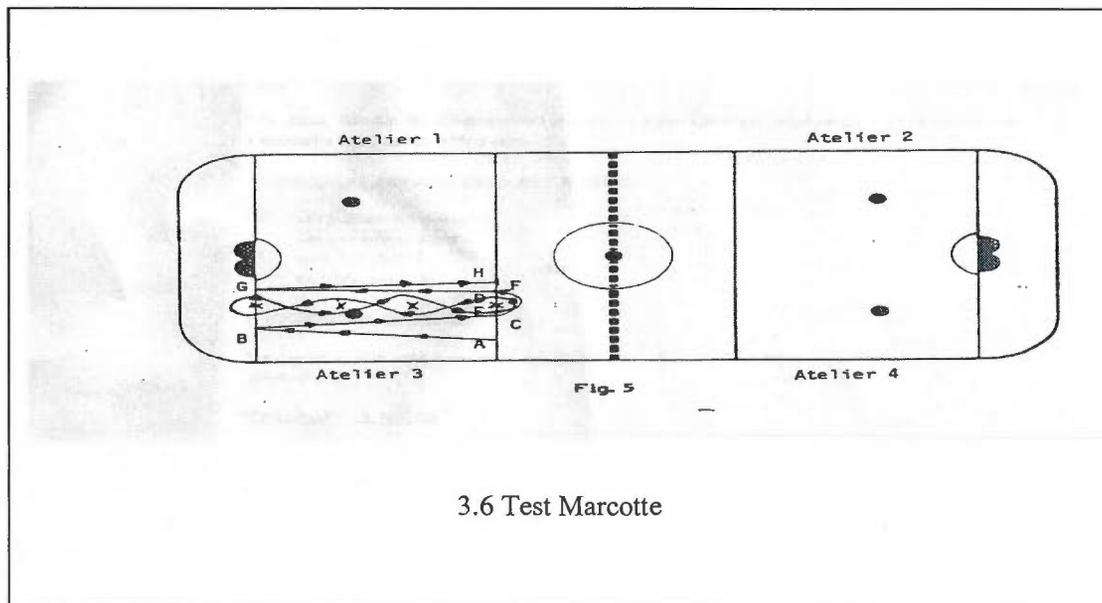
### Test de résistance en patinage (12X60)



### 3.5 Test de résistance en patinage (12X60)

- Objectif :** Ce test donne de l'information sur la capacité physique de travail anaérobique (résistance organique) du joueur.
- Matériel requis :** Un chronomètre, deux bornes.
- Habillement du joueur :** Le joueur est vêtu de son équipement de hockey régulier sans bâton
- Procédure :** À la demande de l'administrateur, le joueur place ses patins vis-à-vis le cône de départ. Au signal de départ, il patine de l'avant sur une distance de 60 pieds, effectue un arrêt brusque à la hauteur des bornes indiquant la limite de cette distance, puis revient vers la ligne de départ. Le joueur répète ce circuit six fois de façon à couvrir à douze reprises la distance de 60 pieds. Il doit tenter de franchir la distance totale le plus rapidement possible tout en prenant soin d'atteindre à chaque reprise la ligne de retour ou la ligne de départ avant de repartir dans le sens inverse. Le chronomètre est arrêté lorsque le premier patin touche la ligne d'arrivée.

## Test Marcotte



- Objectif :** Ce test donne de l'information sur la capacité à accomplir un parcours représentatif d'une présence sur glace
- Matériel requis :** Un chronomètre, quatre bornes, un ruban à mesurer
- Habillement du joueur :** Le joueur est vêtu de son équipement de hockey régulier sans bâton
- Procédure :** À la demande de l'administrateur, le joueur place ses patins vis-à-vis le cône du départ. À gauche du cône de départ, s'il est gaucher, à droite s'il est droitier. Au signal du départ, le joueur patine jusqu'à l'extrémité du parcours où il effectue un arrêt brusque pour revenir immédiatement sur ses pas afin d'exécuter un virage brusque autour du premier cône et de poursuivre sans arrêt sa course par des mouvements de slalom entre les cônes pour les allers et retours. Le joueur complète le parcours en effectuant un autre virage brusque autour du dernier cône pour immédiatement accélérer en ligne droite jusqu'à l'extrémité du tracé où il freine brusquement pour finalement revenir en ligne droite et traverser la

ligne d'arrivée. Le chronomètre est arrêté lorsque le premier patin touche la ligne d'arrivée.

*Note* : Nous utiliserons une version modifiée du test Marcotte. En fait, nous avons conclu que le test devra être effectué sans rondelle puisque notre recherche porte uniquement sur le développement des qualités physiques.

### 3.5 Quantification et analyse

Le fondement de ce projet de recherche se base sur la comparaison de deux groupes, l'un expérimental et l'autre témoin, et deux tests. Notre étude comporte donc deux groupes indépendants, deux tests (mesures répétées) et trois variables dépendantes. De ce fait, un modèle groupe par tests avec mesures répétées sur les tests, c'est-à-dire un modèle factoriel avec blocs réduits (Kirk, 1992),  $2 \times 2$  sera appliqué afin de vérifier, le cas échéant, les différences significatives entre nos groupes témoin et expérimental sur les 5 tests.

## CHAPITRE 4

### ANALYSE DES RÉSULTATS

#### 4.1 Résultats

Les données sont présentées en incluant 7 participants de chacun des groupes (expérimental et témoin). En ce qui concerne la mortalité expérimentale sur la période de 8 semaines, il faut noter l'absence du participant 6 (groupe expérimental) aux post-tests hors glace et l'absence du participant 4 (groupe expérimental) aux post-tests sur glace. Au cours de la collecte de données, trois participants du groupe expérimental n'ont pu poursuivre les entraînements, deux d'entre eux pour des raisons académiques et l'autre pour une blessure causée lors d'une partie de hockey. Ces derniers ont été exclus du projet de recherche. Afin de rendre les groupes équitables, les chercheurs ont décidé d'exclure trois participants du groupe témoin.

##### 4.1.2 Mesures anthropométriques

Les caractéristiques anthropométriques des participants sont présentées dans le Tableau 4.1. On peut noter qu'il y a peu de différences entre les moyennes des résultats des participants des deux groupes, expérimental (E) et témoin (T). Aussi, on remarque que, durant la durée de l'étude, les moyennes des caractéristiques anthropométriques diffèrent peu (pré vs post) dans les deux groupes. En fait, on note peu de changement au niveau de la longueur des segments, de la grandeur et du poids

4.1 Caractéristiques anthropométriques des participants

Variables	Gr E (n=7)	Gr T (n=7)	Gr E (n=6)	Gr T (n=7)
	Pré	Pré	Post	Post
Poids (lbs)	131,6 (18,1)	133,7 (38,9)	129,5 (18,9)	134,5 (38,8)
Grandeur (cm)	169,5 (6,4)	170,6 (7,9)	170,3 (6,9)	170,7 (7,9)
IMC	20,7	20,8	20,3	20,9
Segment 1 (fémur)	20 (2,3)	20 (2,4)	19,8 (2,5)	20,3 (2,1)
Segment 2 (tibia)	16,2 (1,1)	15,9 (1,1)	16,6 (0,9)	15,9 (1,1)

moyenne et (écart type)

#### 4.1.3 tests hors glace

Les résultats pour les tests hors glace sont présentés dans le Tableau 4.2. Nous remarquons pour les deux groupes une légère amélioration de la moyenne au test de force des membres inférieurs (1RM) ainsi qu'au test de coordination des membres inférieurs (test hexagone). Le groupe témoin se démarque par une amélioration de la moyenne au test de saut en longueur.

4.2 Tests hors glace des participants

Variables	Gr E (n=7)	Gr T (n=7)	Gr E (n=6)	Gr T (n=7)
	Pré	Pré	Post	Post
Test hexagone (s)	25,5 (2,4)	25,2 (1,3)	23,2 (3,5)	24,3 (3,5)
Saut en longueur (cm)	209,6 (16,3)	214,9 (5,5)	208,1 (15,9)	215,1 (5,8)
1RM Squat (lbs)	185,7 (5,3)	191,4 (10,7)	186,7 (8,2)	192,8 (11,1)

moyenne et (écart type)

#### 4.1.4 tests sur glace

Les résultats des participants pour les tests sur glace sont présentés dans le Tableau 4.3. Ce dernier nous illustre que la moyenne des scores a subi peu de changement en ce qui concerne le test 12 X 60 dans le cas des deux groupes.

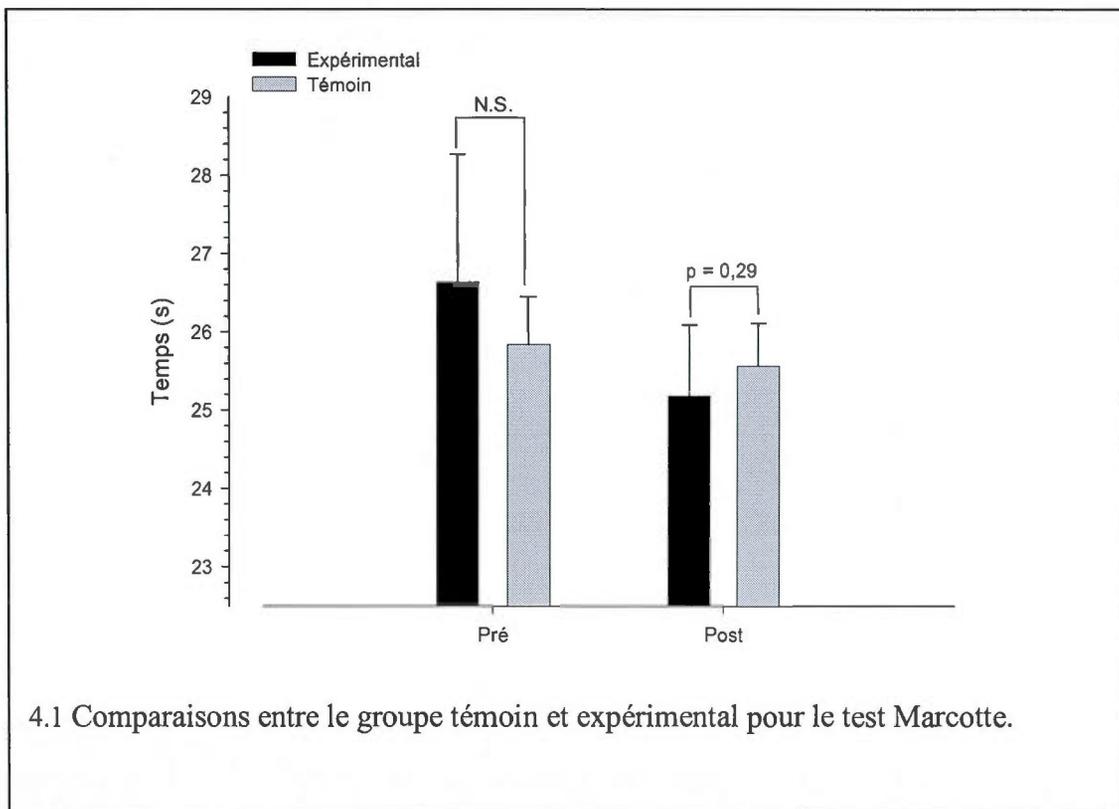
4.3 Tests sur glace des participants

Variables	Gr E (n=7)	Gr T (n=7)	Gr E (n=6)	Gr T (n=7)
	Pré	Pré	Post	Post
12 X 60	55,3 (3)	54,9 (1,9)	54,1 (2,2)	54,0 (1,5)
Test Marcotte	26,4 (1,6)	25,8 (0,6)	25,1 (0,9)	25,6 (0,5)

moyenne et (écart type)

#### 4.2 Résultats des Anovas

Tel que présenté dans le tableau suivant (4.4), l'ANOVA factoriel mesures répétées 2 X 2 groupes indépendants indique que les échantillons étaient semblables à la semaine 0, c'est-à-dire que les valeurs ne sont pas significatives par rapport à la valeur critique au seuil de signification 0.05. Après 6 semaines d'entraînements pliométriques à raison de deux séances par semaine, le groupe expérimental se démarque significativement du groupe témoin sur un seul test. En fait, on note une amélioration significative au niveau du test Marcotte ( $F(1, 11) = 6,32, p=,029$ ). Fait particulier, on note aussi une différence significative en ce qui concerne le poids des participants ( $F(1, 11) = 8,45 p=,014$ ). La figure 4.1 nous illustre les comparaisons entre le groupes témoin et expérimental pour le test Marcotte.



4.1 Comparaisons entre le groupe témoin et expérimental pour le test Marcotte.

## 4.4 Résultats des tests chez tous les participants pré et post intervention

Variables	Groupe Expérimental			Groupe Témoin			ANOVA sur les valeurs Post-tests		
	Pré-tests	Post-tests	Pré-tests	Post-tests	Inter	Intra	Inter	Intra	Intra
	N=7	N=6	N=7	N=7	F	F	P	F	P
Poids (lbs)	131,6 (18,1)	129,5 (18,9)§	133,7 (38,9)	134,5 (38,8)*	0,59	8,45	0,813	8,45	0,014
Grandeur (cm)	169,5 (6,4)	170,3 (6,9)	170,6 (7,9)	170,7 (7,9)	0,18	1,040	0,895	1,040	0,330
Fémur (cm)	20 (2,3)	19,8 (2,5)	20 (2,4)	20,3 (2,1)	0,61	0,934	0,810	0,934	0,355
Tibia (cm)	16,2 (1,1)	16,6 (0,9)	15,9 (1,1)	15,9 (1,1)	1,057	3,215	0,326	3,215	1,00
Test hexagone (s)	25,5 (2,4)	23,2 (3,5)	25,2 (1,3)	24,3 (3,5)	0,205	0,398	0,660	0,398	0,541
Saut en longueur (cm)	209,6 (16,3)	208,1 (15,9)	214,9 (5,5)	215,1 (5,8)	1,419	7,908	0,259	7,908	0,17
1RM Squat (lbs)	185,7 (5,3)	186,7 (8,2)	191,4 (10,7)	192,8 (11,1)	1,739	0,04	0,214	0,04	0,954
12 X 60 (s)	55,3 (3)	54,1 (2,2)	54,9 (1,9)	54,0 (1,5)	0,157	0,829	0,699	0,829	0,382
Marcotte (s)	26,4 (1,6)	25,1 (0,9)*§	25,8 (0,6)	25,6 (0,5)	0,180	6,32	0,679	6,32	0,029

Moyenne ± (É.T.); \* différence significative ( $p < 0,05$ ) inter groupe; § différence significative ( $p < 0,05$ ) intra groupe.

#### 4.3 Aspect pédagogiques

L'assimilation des exercices pliométriques par les participants du groupe empirique n'a posé aucune difficulté. En fait, tous les sujets ont rapidement appris à réaliser chacun des mouvements dès les premières séances d'entraînements pour les deux planifications. Par ailleurs, autant de l'avis des participants que des entraîneurs, l'intérêt pour la pratique de cette méthode s'est maintenu.

## CHAPITRE 5

### DISCUSSION

Dans le cadre de cette recherche exploratoire, la méthode d'entraînement pliométrique semble supérieure à une méthode dite traditionnelle en termes d'efficacité par rapport à une variable expérimentale. En fait, L'ANOVA factorielle à bloc réduit (2X2) démontre une amélioration significative au niveau du test Marcotte ( $F(1, 11) = 6,32, p=,029$ ). En outre, le test Marcotte représente adéquatement une situation de présence aux jeux en termes de qualités physiques et l'entraînement pliométrique semble avoir avantaagé le groupe expérimental en améliorant la vitesse de patinage ainsi que l'agilité sur glace. Ainsi, les résultats obtenus permettent d'accepter l'hypothèse selon laquelle l'entraînement pliométrique, dans le cadre d'un programme adapté aux jeunes joueurs de hockey sur glace, diminue le temps d'accomplissement d'une distance représentative d'une présence sur glace.

#### 5.1 Entraînement pliométrique

Les entraînements pliométriques ont démontré à plusieurs reprises leurs bienfaits chez les athlètes de diverses disciplines sportives tels que le football, le tennis, le golf, le volley-ball, le basket-ball ainsi que l'athlétisme (Shaffer, 2007). Des études plus spécifiques illustrent les bienfaits de l'entraînement pliométrique au niveau de la puissance sur glace et hors glace chez les joueurs de hockey (Brophey, 2007. Reyment, 2006) Néanmoins, nous démontrons dans cette recherche exploratoire que l'entraînement de type pliométrique peut aider à améliorer la performance lors de la présence au jeu d'un jeune joueur de hockey en améliorant la vitesse de patinage ainsi que l'agilité sur la glace. Nous pouvons présumer que l'amélioration de ses deux déterminants physiques peut s'expliquer par les phénomènes physiologiques relatés au chapitre 2. En fait, la répétition d'entraînements pliométriques développe l'efficacité du cycle d'étirement-raccourcissement résultant en une meilleure redistribution d'énergie par les propriétés élastiques des muscles (Koutedakis, 1989). En outre, l'augmentation de la puissance musculaire causée par les contractions involontaires du réflexe myotatique doit aussi être considérée (Purves, 2005). En fait, en tenant compte du protocole de Schmidtbleicher (1985), le groupe expérimental ayant effectué plusieurs entraînements pliométriques développerait une aptitude nerveuse leur permettant de préparer les muscles sollicités avant le contact au sol pour agir au maximum lors du contact. Ces derniers éléments pourraient donc avoir favorisé l'augmentation de la puissance de

des participants se manifestant par une performance accrue lors de leur test représentatif à une présence au jeu.

Un point particulier à souligner est le fait que le groupe expérimental ne se démarque pas du groupe témoin en ce qui a trait au test de saut en longueur. En fait, contrairement à l'étude de Faigenbaum (2007) démontrant une augmentation de la puissance au saut en longueur pour un groupe de jeunes garçons, aucune différence significative n'est soulignée pour notre étude. Toutefois, la recherche de Faigenbaum avait pour méthode de combiner les entraînements pliométriques à des entraînements en résistance. Cela dit, il serait intéressant de découvrir si la combinaison des entraînements pliométriques et des entraînements en résistance pourrait avoir des effets positifs sur la performance au jeu des jeunes joueurs de hockey.

## 5.2 Entraînement conventionnel

Même si la force musculaire (test de 1 RM) ainsi que l'endurance musculaire (test 12 X 60) des membres inférieurs se sont améliorées chez les élèves du groupe expérimental, cette amélioration n'est pas significativement meilleure que chez les sujets du groupe témoin. On peut supposer que l'entraînement spécifique de la musculation du groupe témoin peut être une des raisons expliquant le gain de force musculaire des membres inférieurs. En effet, plusieurs exercices provenant de la planification d'entraînement de ce groupe (T) répliquaient le mouvement du *Squat* effectué lors du test de force maximale des membres inférieurs. De plus, l'entraînement conventionnel effectué par le groupe témoin était effectué en circuit contenant plusieurs répétitions et peu de repos. Il serait donc probable que les participants de ce groupe (T) aient développé une meilleure endurance musculaire lors de ces entraînements.

## CHAPITRE 6

### CONCLUSION

En somme, le but de cette recherche était de découvrir si l'entraînement pliométrique pourrait améliorer la vitesse de patinage sur un parcours représentatif d'une présence au jeu. Cela dit, les préparateurs physiques tentent par plusieurs moyens d'améliorer la performance au jeu de leurs athlètes en utilisant diverses méthodes d'entraînement et divers tests de prédiction de la condition physique. Tel que démontré dans ce projet de recherche, les participants ayant accompli les entraînements pliométriques ont amélioré significativement leurs performances au test Marcotte qui est, selon les spécialistes, représentatif d'une présence au jeu au hockey sur glace. Nous pouvons donc croire qu'il serait bénéfique d'accentuer les planifications sportives vers davantage d'exercices pliométriques afin d'améliorer la performance aux jeux des jeunes joueurs de hockey. De plus, les entraînements pliométriques sont peu coûteux puisqu'ils nécessitent peu de matériel et peuvent être réalisés pratiquement à n'importe quel endroit. Ces derniers aspects peuvent être intéressants pour les clubs-écoles et le hockey mineur qui ont, pour la majorité, un budget restreint à respecter. Toutefois, les entraînements pliométriques doivent être appliqués avec précautions chez les jeunes athlètes. Il est donc opportun que des spécialistes tels que des kinésiologues et des éducateurs physiques se chargent de la périodisation sportive. Finalement, il est proposé suite à cette recherche de possiblement combiner l'entraînement pliométrique et l'entraînement par résistance en gardant la même variable expérimentale soit le test Marcotte. Ainsi, il serait possible de découvrir si la combinaison de ces deux entraînements a un effet profitable sur la performance au jeu.

ANNEXES



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

**«L'impact d'un programme de type pliométrique sur le temps de parcours d'une distance représentative d'une présence sur glace chez les jeunes joueurs élités de hockey»**

**IDENTIFICATION**

**Responsable du projet : Guillaume LeBlanc**

**Programme d'enseignement : Maîtrise en kinanthropologie (physiologie de l'exercice)**

**Adresse courriel : leblanc.guillaume.4@courrier.uqam.ca**

**Téléphone : 514-971-1214**

**BUT GÉNÉRAL DU PROJET ET DIRECTION**

**Votre enfant est invité à prendre part à ce projet visant à déterminer les effets d'un entraînement en pliométrie sur leur performance sur glace et hors glace. Ce projet de recherche est réalisé dans le cadre d'un mémoire de maîtrise sous la direction de Alain-Steve Comtois et de Pierre Sercia , professeurs au département de Kinanthropologie de la Faculté des sciences de l'UQAM. Ils peuvent être joints au (514) 987-3000 poste 1506 et 2668 respectivement ou par courriel à l'adresse : comtois.alain-steve@uqam.ca, sercia.pierre@uqam.ca**

**La direction de l'école de votre enfant ainsi que le directeur du sports-étude, Jacques Hébert ont également donné leur accord à ce projet.**

**La contribution de votre enfant favorisera l'avancement des connaissances dans le domaine de la physiologie de l'exercice**

#### **PROCÉDURE(S)**

**Avec votre autorisation et l'accord de votre enfant, il sera invité à participer en salle à deux séances d'entraînement de type pliométrique (environ 30 minutes) par semaine pendant six semaines. Nous comptons également effectuer des tests sur glace et hors glace afin de pouvoir analyser et comparer les résultats de votre enfant. Cette période d'expérimentation débutera à la prochaine rentrée scolaire (septembre 2011).**

#### **AVANTAGES ET RISQUES D'INCONFORT**

**Il n'y a pas de risque associé à la participation de votre enfant à ce projet. Les activités proposées à votre enfant sont similaires à celles qu'il rencontre dans une journée de classe sportive ordinaire. En ce sens, les entraînements de type pliométrique supervisés par un professionnel de l'activité physique ne comportent pas plus de risque que l'entraînement effectué conventionnellement. Néanmoins, soyez assuré que le responsable du projet demeurera attentif à toute manifestation d'inconfort chez votre enfant durant sa participation.**

#### **ANONYMAT ET CONFIDENTIALITÉ**

**Les renseignements recueillis auprès de votre enfant sont confidentiels et seul le responsable du projet et ses directeurs de recherche auront accès à ces données. L'ensemble du matériel de recherche sera conservé sous clé par le chercheur responsable pour la durée totale du projet. Les participants pourront réclamer leurs résultats une fois la recherche terminée.**

#### **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. Pour les enfants qui ne participeront pas au projet, des exercices habituels leur seront proposés en salle par leurs préparateurs physiques associés.

Votre accord à participer implique également que vous acceptez que le responsable du projet puisse utiliser, aux fins de la présente recherche, 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 (articles, conférences et communications scientifiques) .

#### COMPENSATION

Votre enfant ne sera pas compensé monétairement. Cependant, il pourra bénéficier d'une planification d'entraînement de type pliométrique sans frais qui pourrait augmenter sa performance au jeu. Un résumé des résultats de recherche vous sera transmis au terme du projet.

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

Cette recherche a reçu l'approbation du Comité de déontologie du Département de Kinanthropologie (CDKIN), un sous-comité du Comité institutionnel d'éthique de la recherche chez l'humain (CIÉR) de l'Université du Québec à Montréal (UQAM). Toute question sur le projet, plainte ou commentaire peut être adressé au chercheur. Pour toute question sur les responsabilités des chercheurs au plan de l'éthique de la recherche avec des êtres humains ou dans l'éventualité où la plainte ne peut leur être adressée directement, vous pouvez faire valoir votre situation auprès du CDKIN en contactant le responsable, M. Marc Bélanger (514-987-3000 poste 6862 ou [belanger.m@uqam.ca](mailto:belanger.m@uqam.ca)) ou auprès du CIÉR en contactant le Président du comité d'éthique, M. Joseph Joseph Levy (514-987-3000 poste 4483 ou [levy.joseph\\_josy@uqam.ca](mailto:levy.joseph_josy@uqam.ca)). Il peut être également joint au secrétariat du CIÉR au numéro (514) 987-3000 # 7753

## REMERCIEMENTS

**Votre collaboration et celle de votre enfant sont essentielles à la réalisation de ce projet et nous tenons à vous en remercier.**

## 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 responsable du projet a répondu à mes questions de manière satisfaisante, et que j'ai disposé de 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. Il lui suffit d'en informer un membre de l'équipe. Je peux également décider, pour des motifs que je n'ai pas à justifier, de retirer mon enfant du projet.**

**J'autorise mon enfant à effectuer des tests:            OUI            NON**

**J'accepte que mon enfant effectue deux séances d'entraînement de type pliométrique par semaines pour une durée de six semaines:            OUI            NON**

**Signature de l'enfant : \_\_\_\_\_**

**Date :**

**Signature du parent : \_\_\_\_\_**

**Date :**

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

\_\_\_\_\_

---

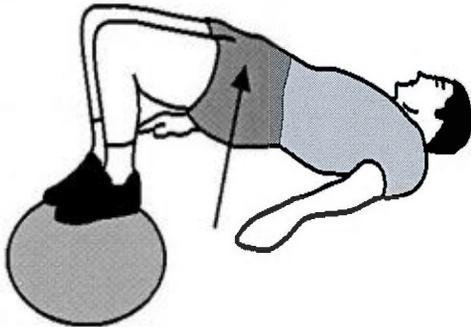
**Signature du responsable du projet :** \_\_\_\_\_ **Date :**

## Entrainement conventionnel volet 1

**Squats**

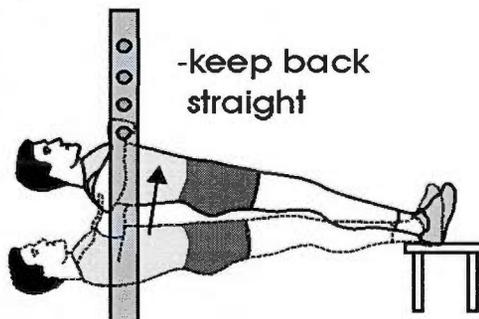
Fléchir les genoux jusqu'à ce que les cuisses parviennent à l'horizontale. Garder le tronc droit et le buste sorti. Étendre les jambes pour revenir à la position initiale.

Séries: 4  
Répétitions: 12  
Repos: 60 secondes

**Flexion des genoux pieds sur ballon**

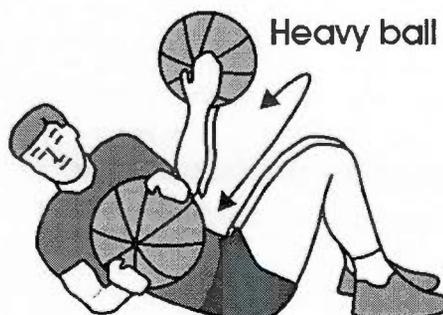
Fléchir les genoux en tirant le ballon vers soi. Les hanches doivent être vers le haut et les bras au sol.

Séries: 4  
Répétitions: 12  
Repos: 60 secondes

**Tirade renversée**

Les pieds au sol ou sur un banc. Effectuer une flexion des coudes pour que la poitrine puisse atteindre la barre.

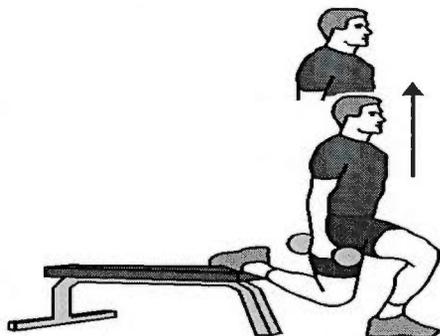
Séries: 4  
Répétitions: 12  
Repos: 60 secondes

**Rotation du tronc avec Ballon**

En position assise mais le tronc légèrement vers l'arrière. Étendre les bras et effectuer une rotation du tronc pour que le ballon touche le sol de chaque côté.

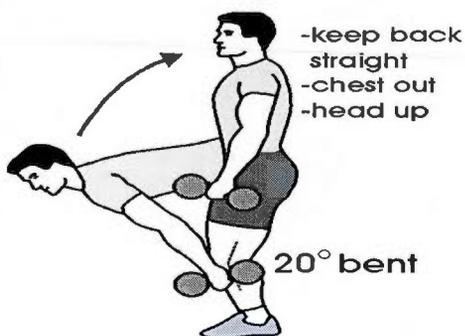
Séries: 4  
Répétitions: 12  
Repos: 60 secondes

## Entraînement conventionnel volet 2

**Fentes pied sur banc**

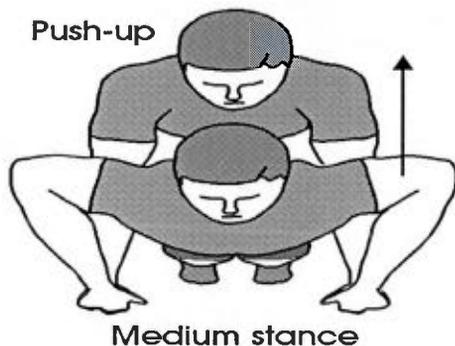
Un pied sur le banc, Fléchir le genou opposé jusqu'à ce que la cuisses parviennent à l'horizontale. Garder le tronc droit et le buste sorti. Étendre les jambes pour revenir à la position initiale. Répéter avec l'autre jambe

Séries: 4  
Répétitions: 12  
Repos: 60 secondes

**Extension du tronc**

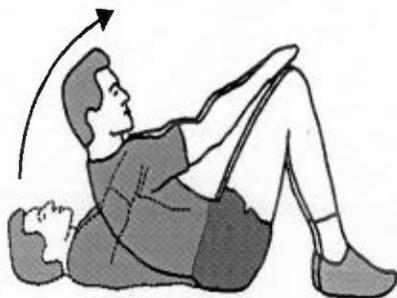
Les genoux légèrement fléchis. Pencher le tronc vers l'avant en conservant le buste sorti, le dos droit et en regardant vers l'avant. Étendre le tronc pour revenir à la position initiale sans modification de l'inclinaison du dos.

Séries: 4  
Répétitions: 12  
Repos: 60 secondes

**Extension des coudes au sol (*Push-up*)**

Le tronc droit et les mains au sol à la largeur des épaules. Effectuer une extension des coudes. Revenir à la position initiale sans que la poitrine touche le sol.

Séries: 4  
Répétitions: 12  
Repos: 60 secondes

**Redressement assis**

Allonger sur le dos, les genoux fléchis et les mains sur les cuisses. Effectuer un redressement tout en conservant le buste sorti, le dos droit et en regardant vers l'avant.

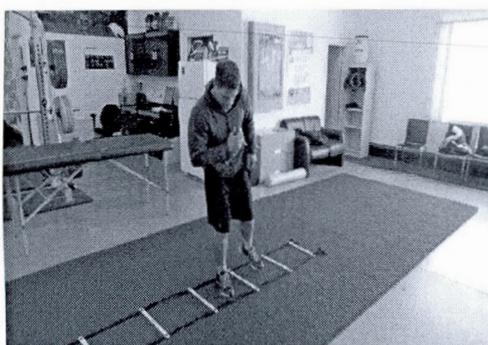
Séries: 4  
Répétitions: 12  
Repos: 60 secondes

## Entrainement pliométrique jour 1 (volet 1)

**Déplacements dans échelle**

Déplacement dans l'échelle (10 pieds de long) vers l'avant, deux pieds dans chaque case.

Séries: 10  
Répétitions: Un aller-retour  
Repos: 30 secondes

**Déplacements dans échelle**

Déplacement de côté dans l'échelle (10 pieds de long), deux pieds dans chaque case.

Séries: 10  
Répétitions: Un aller-retour  
Repos: 30 secondes

**Sauts sur step (20 cm)**

Propulsion du corps vers le haut et l'avant pour atteindre le *step*

Séries: 10  
Répétitions: 10  
Repos: 30 secondes

**Déplacements sur le step**

Propulsion du corps vers le coté pour atteindre la partie opposée à l'endroit du départ. Le participant garde un pied sur le *step* lors de la position de départ.

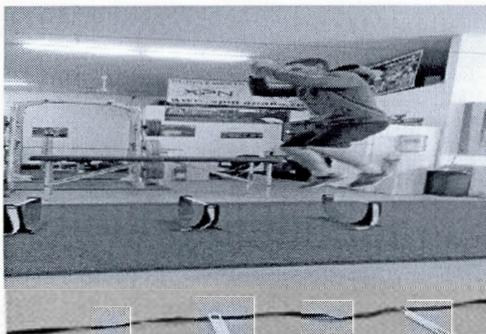
Séries : 10  
Répétitions: 10  
Repos: 30 secondes

## Entrainement pliométrique jour 2 (volet 1)

**Sauts au-dessus de l'échelle**

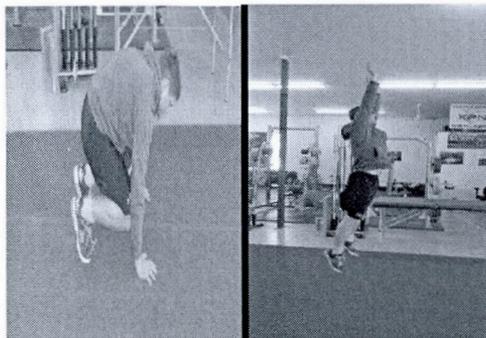
Propulsion du corps vers l'avant et au-dessus de l'échelle pour atteindre la partie obliquement opposée à l'endroit du départ. Le participant garde les pieds joints tout au long de l'exercice.

Séries : 10  
 Répétitions: Un aller-retour  
 Repos: 60 secondes

**Sauts au dessus des petites haies**

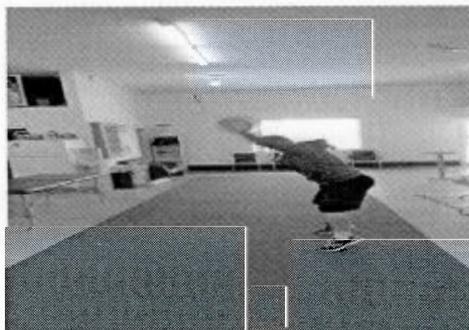
Saut au-dessus d'une haie, répéter trois fois, un bond entre chaque haie.

Séries: 10  
 Répétitions: 3 sauts  
 Repos: 30 secondes

**Birpies**

Placer les mains et pieds au sol, ramener les pieds vers les mains, effectuer un saut vers le haut.

Séries: 10  
 Répétitions: 5  
 Repos: 30 secondes

**Projection d'un ballon lourd au sol**

Le ballon (2 livres) au dessus de la tête, le participant effectue une projection rapide du ballon au sol, les genoux fléchis.

Séries: 10  
 Répétitions: 10  
 Repos: 30 secondes

## Entrainement pliométrique jour 1 (volet 2)

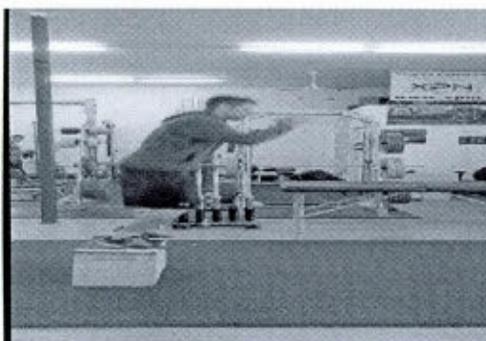
**Déplacements dans un carré**

Déplacements à un pied, horizontaux et verticaux, de façon à accomplir le parcours en carré formés par les lignes au sol.

Séries: 5

Répétitions: 4 (de chaque pied, dans les deux sens)

Repos: 60 secondes

**Drop jumps + saut vers l'avant**

À partir d'une boîte (30 cm), se laisser tomber vers l'avant et effectuer un saut vers l'avant après le contact au sol.

Séries: 8

Répétitions: 1

Repos: 60 secondes

**Triple sauts**

Trois sauts effectués rapidement vers l'avant.

Séries: 5

Répétitions: 3

Repos: 60 secondes

**Déplacements au dessus des haies**

Déplacements horizontaux et verticaux de façon à accomplir le parcours en "L" formées par des petites haies.

Séries: 5

Répétitions: 4 (dans les deux sens)

Repos: 60 secondes

## Entrainement pliométrique jour 2 (volet 2)

**Déplacements de patineur**

De façon horizontale, se propulser rapidement à l'aide d'une jambe, en reproduisant le mouvement effectué lors du patinage sur glace.

Séries: 5

Répétitions: 8 (de chaque jambe)

Repos: 60 secondes

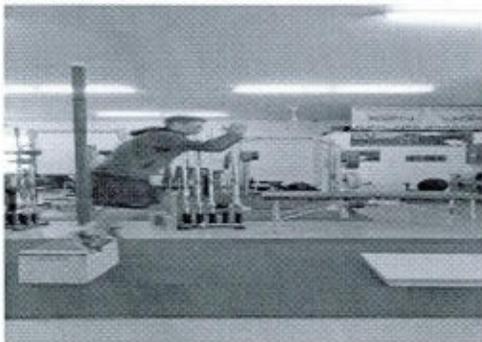
**Fentes sautés**

Sauts à partir d'une position de fente au sol, en changeant de jambe après chaque saut.

Séries: 5

Répétitions: 8 (de chaque jambe)

Repos: 60 secondes

***Drop jump + saut sur step***

À partir d'une boîte (30 cm), se laisser tomber vers l'avant et effectuer un saut après le contact au sol pour atteindre un *step* (20 cm).

Séries: 8

Répétitions: 1

Repos: 60 secondes

**Saut à la haie**

Propulsion du corps vers le haut pour passer au-dessus de la haie.

Séries: 8

Répétitions: 1

Repos: 60 secondes



## RÉFÉRENCES

- Amett, M.G.** 1996. *Effects of specificity training on the recovery process during intermittent activity in ice hockey.* J. Strength Cond. Res. 10:124–126.
- Avela, J. Komi, P.V., & Rama, D.** 1999. *Reduced reflex sensitivity persists several days after long-lasting stretch-shortening cycle exercise.* J. Appl. Physiol. 86(4): 1292–1300.
- Balsöm, P.D. Seger, J., & Ekblom, Y.** 1992a. *Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise.* J. Appl Physiol 65:144-149.
- Balsöm, P.D. Seger, J., & Ekblom, Y.** 1992b. *Maximal-Intensity Intermittent Exercise: Effect of Recovery Duration.* J. Sports Med. 13: 528-533.
- Bracko, M., & George, J.** 2001. *Prediction of Ice Skating Performance with Off-Ice Testing in Women's Ice Hockey Players.* Journal of Strength and Conditioning Research, 2001, 15(1), 116–122.
- Bigland, B., & Woods, J.** 1984. *Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue.* Muscle Nerve 7: 691–699.
- Bishop, D. Lawrence, S., & Spencer, M.** 2003. *Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players.* Journal of Science and Medicine in Sport 6 (2): 199-209.
- Bishop, D., & Spencer, M.** 2004. *Determinants of repeated-sprint ability in well-trained team-sport athletes and endurance-trained athletes.* J Sports Med Phys Fitness; 44:1–7.
- Bishop, D. Spencer, M. Duffield, R., & Lawrence, S.** 2001. *The validity of a repeated sprint ability test.* Journal of Science and Medicine in Sport 4 (1): 19-29.
- Bosco, A., & Belli, A.** 1992. *Influence of stretch-shortening cycle on mechanical behaviour of triceps surae during hopping.* Laboratories of Physiology, Universities of St Etienne and Lyon, France and Departments of Biology and Physical Activity, University of Jyväskylä, Finland. ISSN 0001-6772.

**Bosco, C., & Komi, P.V.** 1981. *Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement*. Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, Finland. ISSN 0001-677.

**Bosco, C. Vitasalo, J. T. Komi, P. V., & Luthanen, P.** 1982. *The combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise.* Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, Finland. ISSN 0001-6772.

**Brophey, P., & Lockwood, K** 2004. *The Effect of a Plyometrics Program Intervention on Skating Speed in Junior Hockey Players: The Sport Journal* .7.

**Buchheit, M. Lefebvre, B. Laursen, P., & Ahmadi, S.** 2010. *Reliability, usefulness and validity of the 30-15 intermittent ice test in young elite ice hockey players*. Journal of Strength and Conditioning Research .National Strength and Conditioning Association.

**Burr, J.F.** 2008. *Relationship of physical fitness test results and hockey playing potential in elite-level ice hockey players*. J Strength Cond Res, 22(5): p. 1535-43.

**Carey, D .Drake, M. Pliego, G., & Raymond, R.** 2007. *Do hockey players need aerobic fitness? Relation between Vo2Max and fatigue during high-intensity intermittent ice skating*. Journal of Strength and Conditioning Research, 2007, 21(3), 963–966.

**Carrío, C.** 2008. *Échauffement, gainage et pliometrie pour tous de l'entretien à la performance* .Édition amphora.320 pages.

**Castagna, C.** 2002 .*Repeated Sprint Ability*, Teknosport.com.

**Chu, D.** 1992. *Jumping into Plyometrics*. Second edition. Human Kinetics. 183 p.

**Chu, D.** 1983. *Plyometrics : the link between strength and speed* :National Strength and Conditioning Journal 5, (2), 20-21.

**Colli, R., & Bordon, C.** 2000. *Analisi degli spostamenti dei giocatori di calcio durante incontri ufficiali*, conférence au Master de Rome.

**Cometti, G.** 2005. *La résistance à la vitesse : Clé de la préparation physique en sports collectifs?* Faculté des Sciences du sport - UFR STAPS Dijon BP 27877, 21078 Dijon Cedex, France.

**Cometti, G., & D.** 2007. *La pliométrie : Méthodes, entraînement, exercices.* Paris: Édition Chiron. 299 pages.

**Cox, M. Miles, D. Verde, T., & Rhodes, E.** 1995. *Applied physiology of ice hockey.* Sports Medicine 19, (3), 184-201.

**Dawson, B. Ackland, T. & Roberts, C.** 1984. *A new fitness test for team and individual sports.* Sports Coach 8(2): 12-17.

**Dawson, B. Ackland, T. Roberts, C. & Lawrence, S.** 1991. *Repeated effort testing: The phosphate recovery test revisited.* Sports Coach 14(2): 12-17.

**Dawson, B. Fitzsimons, M. & Ward, D.** 1993. *The relationship of repeated sprint ability to aerobic power and performance measures of anaerobic work capacity and power.* Australian Journal of Science and Medicine in Sport 25(4): 88-93.

**Duchateau, J., & Hainaut, K.** 2003. *Mechanism of muscle and Motor Unit Adaptation to Explosive Power Training*, Strength and power in Sport Paavo V.Komi (ed), -Osney Mead, Oxford: Blackwell Science Limited. -184-202s. - ISBN O-632-05911-7.

**Durocher, J. Jensen, D. Arredondo, A. Leetun, D., & Carter, J.** 2008. *Gender differences in hockey players during on-ice graded exercise.* Journal of Strength and Conditioning Research. Volume 22. Num 4.

**Edwards, R.** 1981. *Human muscle function and fatigue.* In: *Human Muscle Fatigue: Physiological Mechanisms*, edited by R.Porter and J. Whelan. London: Pitman, p. 1-18.

**Faigenbaum, A. McFarland, J. Keiper, F. Tevlin, W. Ratamess, N. Kang. & Hoffman, J.** 2007. *Effects of a short-term plyometric and resistance training program on fitness Performance in boys age 12 to 15 years.* Journal of Sports Science and Medicine. 6, 519-525.

**Fatouros, I.G., Jamurtas, A.Z., Leontsini, D., Kyriakos, T., Aggelousis, N., Kostopoulos, N., & Buckenmeyer, P.** 2000. *Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jump performance and leg strength.* Journal of Strength and Conditioning Research 14, 470-476.

**Fitts, R.H.** 1994. *Cellular mechanisms of muscle fatigue.* Physiological Reviews 74(1): 49-94.

**Fitzsimons, M. Dawson, B. Ward, D., & Wilkinson, A.** 1993. *Cycling and running tests of repeated sprint ability.* The Australian Journal of Science and Medicine in Sport 25 (4):82-87.

**Friden, J., & Lieber, R.L.** 2001. *Eccentric Exercise-Induced Injuries to Contractile and Cytoskeletal. Muscle Fibre Components,* Acta Physiol Scand.; 171 (3): 321-6. Review.

**Gambetta, V.** 1986. *Velocity of shortening cycle as an explanation for the training effect of plyometric training.* The second Allerton Symposium, G. Winkler (Chair) , Track and Field training, November, At Monticello.

**Garrett, W., & Kirkendall, D.** 2000 *Exercise and sport science,* Lippincott William & William.

**Gollhofer, A.** 1987. *During stretch-shortening cycle exercises: changes in mechanical performance of human skeletal muscle.* Int. J. Sports Med. 8:71-78.

**Green, MR. Pivarnik, JM. Carrier, DP., & Womack, CJ.** 2006. *Relationship between physiological profiles and on-ice performance of a National Collegiate Athletic Association Division I hockey team.* J Strength Cond Res 20: 43-46.

**Hirvonen, J. Nummela, A. Rusko, H. Rehunen, S., & Harkonen, M.** 1992. *Fatigue changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400m sprint.* Canadian Journal of Sport Science 17(2): 141-144.

**Hockey Québec,** 1987. Manuel de testing hockey Québec Bantam.

**Hoff, J.** 2005. *Strength and endurance differences between elite and junior elite Ice hockey players, the importance of allometric scaling.* Int J Sports Med. 26: 537-541.

**Kirk, R.** 1982. *Experimental design: procedures for the behavioral sciences* (2e ed). Brooks/Cole Pub Co: Belmont, California.

**Komi, P.V.** 1992. *Stretch-shortening cycle*. In: Komi, P.V. (Ed.), *Strength and Power in Sport*. Blackwell Scientific Publ, Oxford, pp. 169-179.

**Komi, P.V., & Gollhofer, A.** 1997. *Stretch reflexes can have an important role in force enhancement during SSC exercise*, *J Appl Biomech*; 13 (4): 451-460

**Komi, P.V.** 2003. *Stretch-shortening Cycle*. *Strength and Power in Sport/ Paavo V. Komi (ed)*.

**Koutedakis, Y.** 1989. *Muscle Elasticity – Plyometrics: Some Physiological and Practical Considerations*. *Journal of Applied Research in Coaching and Athletics*. 4:35-49

**McFarlane, B.** 1982. *Jumping exercises*. *Track and Field Quarterfly Review*. 82. 54-55

**McNeely, E. Sandle, D.** 2007. *Power plyometrics: The complete program*. Meyer & meyer. 161 pages.

**Montgomery, DL.** 1998. *Physiology of ice hockey*. *Sports Med*. 1988 Feb; 5(2):99-126.

**Leger, L.A., & Boucher, R.** 1980. *An indirect continuous running multistage field test: the University of Montreal track test*. *Can J Appl Sport Sci*. 5(2): p. 77-84.

**Leone, M. Léger, L. Larivière, G., & Comtois, A.S.** 2007. *On-ice aerobic maximal multistage shuttle skate test for elite adolescent hockey players*. *Sports Med* 28: 823–828.

**Lundin, P.** 1985. *A review of plyometric training*, *NSCA journal*, Volume 7, Numéro 3.

**Noonan, B.** 2007. *The effects of hockey protective equipment on high-intensity intermittent exercise*. *Journal of the American College of Sports Medicine*

**Novacheck, T.** 1997. *The biomechanics of running*. *Gait and Posture* 7 .77–95.

**Pritchard, T. Alloway, K.** 2002. *Neurosciences médicales: les bases neuroanatomiques et neurophysiologiques*. De boeck Supérieur. 528 pages

- Purves, D., & Coquery, J-M.** 2005. *Neurosciences*, De boeck 3ième édition, 840 pages.
- Quinney, HA, Dewart, R, Game, A, Snyder, G, Warburton, D., & Bell, G.** 2008. *A 26 year physiological description of a National Hockey League team*. Appl Physiol Nutr Metab 33: 753–760.
- Radcliffe, J., & Farentinos, R.** 1999. *High powered plyometrics*. Human Kinetics. 2<sup>nd</sup> edition. 184 pages.
- Reed, A, Hansen, H, Cotton, C, Gauthier, R, Jette, M, Thoden, J., & Winder, H.** 1980. *Development and validation of an on-ice hockey fitness test* [abstract]. Can. J. Appl. Sport Sci. 5:245.
- Reyment, C, Bonis, M, Lundquist, J., & Tice, B.** 2006. *Effects of a Four Week Plyometric training Program on Measurements of Power in Male Collegiate Hockey Players*: J. Undergrad. Kin. Res.; 1(2): 44-62.
- Sale, D.G.** 2003. *Neural Adaptation to Strength Training, Strength and Power in Sport*. In: Komi, P.V. (Ed.), *Strength and Power in Sport*. Blackwell Scientific Publ, Oxford, pp. 281-287.
- Seliger, V., Kostka, V, Grusova, D., Kovac, J., Machoucovai J., Pauer, M., pribylova, A., & Urbankova, R.** *Energy expenditure and physical fitness of ice hockey players*. Internationale Zeitschrift Fur Angewandte Physiologie Einschliesslich Arbeitsphysiologie, 1972 ~ 283-291
- Shaffer, J.** 2007. *The Effects of a Six-Week Land-Based and Aquatic-Based Plyometric Training Program on Power, Peak Torque, Agility, and Muscle Soreness*
- Schmidtbleicher, B.** 1985. *L'entraînement de force ; 1<sup>ière</sup> classification des méthodes*. Science du sport.
- Verkhoshanski, Y.** 1969. *Perspectives in the improvement of speed-strength preparation of jumpers*. Yessis review of soviet physical education and sports. 4(2), 28-34.
- Zatsiorski V. M.** 1966. *Les qualités physiques du sportif*, In traduction Insep.