

**LES EFFETS D'UN PROGRAMME MUSCULAIRE  
EXCENTRIQUE EN DEBUT DE SAISON SUR LA FORCE ET  
SUR DES DOULEURS DE GENOUX DEJA PRESENTES CHEZ  
DES PROFESSEURS DE SKI À LA SAISON**

**SÉBASTIEN MANISE**

**Étudiant HES – Filière Physiothérapeutes**

**FLORENCE MULLER**

**Etudiante HES – Filière Physiothérapeutes**

**Directeur de mémoire : ROGER HILIFIKER**

**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES DÉPOSÉ ET SOUTENU A GENEVE EN 2007 EN VUE DE  
L'OBTENTION D'UN DIPLOME DE PHYSIOTHERAPEUTE HES**



**Haute école valaisanne  
Filière Physiothérapeutes**

# TABLE DES MATIÈRES

## Remerciement

## Résumé

## Introduction ..... 1

## Le ski et ses pathologies ..... 1

EVOLUTION DES LESIONS ..... 1

PATHOLOGIES SPECIFIQUES AU SKI ..... 3

JUSTIFICATION DE L'ETUDE ..... 10

HYPOTHESE DE LA RECHERCHE ..... 11

## Méthode de recherche ..... 11

DESIGN ..... 11

POPULATION ..... 11

SELECTION ..... 12

INSTRUMENTS DE MESURE ..... 12

*Myotest* ..... 12

*Protocole du test musculaire* ..... 13

*Calendrier* ..... 14

*Questionnaire de Lysholm* ..... 15

*Autres documents* ..... 15

Questionnaire de la première évaluation ..... 15

Le dossier d'anamnèse ..... 15

PROTOCOLE D'INTERVENTION ..... 16

LE PROGRAMME MUSCULAIRE ..... 16

PRINCIPE ETHIQUE DE RECHERCHE ..... 17

SECURITE ..... 17

## Résultats ..... 17

CLARIFICATION DU NIVEAU D'ANALYSE ..... 17

*Variables principales* ..... 17

Douleur ..... 17

Puissance ..... 18

Force ..... 18

Vitesse ..... 18

Echelle de Lysholm ..... 19

*Variables de contrôle* ..... 19

*Spécificité de l'échantillon* ..... 20

*Circonstances dans la prise de mesure* ..... 22

METHODE D'ANALYSE ..... 23

*Variables principales* ..... 23

Myotest ..... 23

Calendrier ..... 25

Questionnaire de Lysholm ..... 25

*Variables de contrôle* ..... 26

Quantité d'exercices par semaine ..... 26

Âge ..... 26

RESULTATS DU MYOTEST ..... 26

*Groupe Intervention* ..... 26

*Résumé des variables Myotest du GrI* ..... 28

*Groupe Contrôle* ..... 28

*Résumé des variable Myotest du GrC* ..... 29

RESULTATS DU CALENDRIER ..... 30

*Groupe Intervention* ..... 30

*Groupe contrôle* ..... 31

RESULTATS DU LYSHOLM .....	32
<i>Groupe Intervention</i> .....	32
<i>Groupe Contrôle</i> .....	32
VARIABLES DE CONTROLE .....	33
<i>Quantité d'exercice par semaine</i> .....	33
<i>Age</i> .....	33
<b>Discussion .....</b>	<b>35</b>
DIFFERENCES ENTRE LES GROUPES .....	35
JUSTIFICATION DES RESULTATS DU MYOTEST.....	35
<i>Groupe Intervention</i> .....	35
<i>Groupe Contrôle</i> .....	36
<i>Conséquences des résultats du Myotest</i> .....	38
<i>Efficacité de l'intervention sur Myotest</i> .....	39
JUSTIFICATION DES RESULTATS DE LA DOULEUR.....	40
<i>Groupe Contrôle</i> .....	40
<i>Groupe Intervention</i> .....	41
<i>Efficacité de l'intervention</i> .....	41
JUSTIFICATION DES RESULTATS DE LYSHOLM .....	43
<i>Groupe Intervention</i> .....	43
<i>Groupe Contrôle</i> .....	43
<i>Efficacité de l'intervention</i> .....	43
JUSTIFICATION DES RESULTATS DE LA VARIABLE DE CONTROLE DE L'AGE .....	44
<i>Groupe Intervention</i> .....	44
<i>Groupe Contrôle</i> .....	44
<i>Interprétation</i> .....	45
EFFICACITE DE L'INTERVENTION PAR RAPPORT A L'HYPOTHESE .....	45
ANALYSE DES BIAIS DE L'ETUDE.....	46
<i>Biais de sélections</i> .....	46
<i>Biais de clarification</i> .....	47
<i>Conséquences des biais sur les résultats</i> .....	47
NOUVELLES PISTES DE RECHERCHES .....	48
TRANSFERT DES RESULTATS DE L'ETUDE A LA PRATIQUE PROFESSIONNELLE .....	49
<i>Conséquence des résultats pour la pratique professionnelle</i> .....	49
<i>Ajustements proposés pour la pratique professionnelle</i> .....	49
<b>Conclusion .....</b>	<b>49</b>

## Références bibliographiques

## Remerciements

Pour le soutien et l'aide apportée qui a permis le bon déroulement et à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude, nous tenons à remercier chaleureusement les personnes suivantes :

- Les participants de l'étude pour leur collaboration, leur motivation et leur bonne humeur,
- Roger Hilfiker, directeur de mémoire, pour son aide précieuse, ses conseils et son expérience apportée tout au long de ce travail,
- Geneviève Pasche, responsable des mémoires de fin d'étude de la volée HES 03 de Loèche-les Bains, pour son aide et ses conseils lors de la rédaction du mémoire.
- Nicolas Mattieu, Physiothérapeute indépendant spécialisé dans le domaine du sport pour l'apport de son expérience et de ses connaissances,
- Toute l'équipe d'Acceltec et en particulier Patrick Flaction pour sa disponibilité et sa collaboration,
- Le Dr Spring pour la mise à disposition de deux appareils de mesure nécessaire à cette étude : le Myotest et du Kistler,
- Kurt Jordan, physiothérapeute, pour sa disponibilité et son aide lors des prises de mesure avec le Kistler,
- Les directeurs des Ecoles Suisses de Skis de Crans, de Montana, de Villars, et Swiss Mountain Sports, pour leur disponibilité et leur collaboration,
- John Hauptmann, physiothérapeute-chef à l'hôpital Régional du Chablais pour la mise à disposition d'une salle,
- Sarah Bressoud, Noémie Odiet, Barbara Aebi, pour la correction du mémoire de fin d'étude,
- A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la bonne réalisation de ce travail.

## **RÉSUMÉ**

Les douleurs de genou sont des souffrances courantes chez les professeurs de ski. Nous avons voulu évaluer les effets d'un programme musculaire de six semaines en début de saison sur les douleurs au moyen d'une étude randomisée. Nous avons séparé notre échantillon de professeurs de ski souffrant du genou en deux groupes, un groupe Intervention et un groupe Contrôle et nous avons observé l'évolution des paramètres de force, puissance, vitesse et douleur au long de la saison. L'intervention a montré une augmentation plus rapide de la puissance, de la force et de la vitesse de saut dans le groupe Intervention que dans le groupe Contrôle. En revanche, les douleurs évaluées sur l'ensemble de la saison n'ont subi aucune variation dans les deux groupes et sont restées stables. Par conséquent, nous pouvons conclure qu'un programme excentrique ne permet pas de réduire les douleurs au genou. Par contre, nous avons remarqué que ce programme prépare la musculature de manière rapide et efficace pour améliorer la force musculaire des membres inférieurs et pour atteindre un niveau de force qui reste constant tout au long de la saison.

### **Mots-clés :**

Douleur, genou, entraînement excentrique, ski alpin, enseignant de ski

## **INTRODUCTION**

Les sports des neiges attirent chaque année plusieurs centaines de milliers d'adeptes. Depuis le commencement de la pratique du ski jusqu'à nos jours, le nombre de personnes sur les pistes est en constante augmentation. Mais, comme dans tout sport, le ski comporte des risques et sa pratique peut provoquer des accidents, chutes ou blessures.

## **LE SKI ET SES PATHOLOGIES**

### **EVOLUTION DES LÉSIONS**

Cependant, d'une manière générale, les études démontrent une baisse de la fréquence d'accident en ski alpin [15]. Même en ne regardant que le membre inférieur, les études effectuées depuis les années 70 à nos jours indiquent une diminution progressive du risque d'accidents, que ce soit en Amérique ou en Europe [4]. Plusieurs stations de ski, dont quelques-unes en Suisse, ont fait l'objet d'études à ce niveau [11] [19] [34]. Les études les plus récentes à ce sujet ne montrent pas clairement de causes à cette baisse. Certains auteurs affirment que l'évolution du matériel en matière de sécurité est un bon élément de réponse [34]. De grands progrès ont permis aux fixations de mieux protéger les membres inférieurs et le port du casque en constante augmentation participe également à un recul de la gravité des accidents. Cependant, aucune évidence ne démontre que les instructions données par les enseignants des écoles de ski diminuent le taux de blessure [15].

La baisse la plus impressionnante dans les différents traumatismes rencontrés lors de la pratique du ski ces dernières années est celle des blessures au tibia ou aux chevilles. Celles-ci sont en diminution depuis les années 70. Ce fait est dû aux progrès réalisés dans la technologie des chaussures de ski. Grâce à cela, la fréquence des lésions de cette partie du corps a diminué de près de 90% [20].

Les pieds sont actuellement protégés par des coques résistantes, un spoiler<sup>1</sup> qui monte plus haut sur le tibia et ainsi qu'un chausson qui pour la plupart du temps est thermoformable (cela dépend des marques de chaussures). Ces trois éléments font que le pied et la jambe sont bien protégés et immobilisés en cas de choc. Cependant, ces modifications de fabrication de chaussures ont déplacé la lésion à l'articulation libre supérieure : le genou. Les lésions aux genoux sont l'un des seuls traumatismes dont la fréquence a progressivement augmenté [18]. Depuis les années 70, l'entorse du genou est quasiment devenue la principale lésion sur

---

<sup>1</sup> Définition de spoiler : Languette aérodynamique située sur l'avant de la chaussure de ski.

l'ensemble des pathologies du skieur. Des études américaines affirment que le genou atteint l'une des plus hautes fréquences de lésion sur l'ensemble des articulations du corps avec un taux de 35% [4]. Sur ce pourcentage, 65% des lésions touchent le ligament croisé antérieur (LCA) [35]. De plus, la lésion du ligament latéral interne (LLI) devient de plus en plus grave et arrive essentiellement à des skieurs expérimentés de sexe masculin, skiant avec des chaussures hautes et dures. Les statistiques américaines montrent que 2 à 3 skieurs sur 1000 et par jour se blessent en skiant [4] [15] [25].

Néanmoins, il faut préciser que ces statistiques et même la plupart des études publiées concernent la population skiant de manière récréative. Les touristes, puisque c'est d'eux qu'il s'agit dans la majorité des cas, sont présents sur les pistes pendant, en moyenne, deux semaines par hiver et puis repartent. Les skieurs de la région montent également sur les pistes principalement les week-ends, ce qui représente un maximum d'environ 30 jours de ski par hiver pour les plus assidus. Mais il reste une population en minorité dont il n'a pas encore été question. Il s'agit des enseignants de ski et des membres de la sécurité des pistes qui passent environ quatre à cinq mois sur les skis durant une saison. Avec cette présence continue et prolongée, nous pouvons nous demander si des lésions et/ou des douleurs peuvent apparaître et occasionner des gênes dans la pratique quotidienne du ski ou de l'enseignement.

Malheureusement, il n'existe pas encore d'études statistiques faites sur l'activité d'enseignant de ski en corrélation avec des pathologies précises telles que l'entorse du genou ou des douleurs au genou (cela arrivera dans quelques années selon les informations des statistiques de la SUVA). Mais dans les statistiques générales de 2004, qui comportent uniquement toutes les personnes salariées contribuables à l'assurance LAA, les accidents du genou à ski sont les plus fréquents juste après ceux de l'épaule et du bras : Les accidents des personnes qui se sont produits dans un cadre non professionnel en 2004 représentent 4'421 blessures au niveau du genou sur un total de 24'509 blessures. Les blessures au genou sont les plus fréquentes juste après celles de l'épaule et du bras qui représentent 4'580 cas. [Annexe A table 2]

Ceci laisse sous-entendre que les enseignants de ski qui passent en période nettement plus prolongée sur leurs skis, ont de fortes chances de se blesser également et peuvent être sujets à des douleurs de genou.

Les seules statistiques à notre disposition nous indiquent le nombre d'enseignants qui ont subi un accident de travail [Annexe A, table 1]. Mais le diagnostic posé suite à l'accident n'est pas précisé. Dans ces statistiques de l'année 2005, nous relevons que 338 enseignants se sont blessés.

Cependant nous pouvons supposer que le type de pathologie retrouvée chez les non-professionnels est similaire à celui des enseignants, ces derniers prenant d'avantage de risques étant donné leur activité prolongée à ski.

Il n'y a donc aucun moyen de connaître une éventuelle prévalence de lésion du LCA ou de simples douleurs récidivantes lors de la pratique de la glisse chez le professeur de ski.

Cependant, dans notre pratique du ski, nous avons souvent entendu des plaintes concernant l'articulation du genou de la part d'autres skieurs. C'est en partant de ces observations que nous nous sommes intéressés et penchés un peu plus sur le sujet.

### **PATHOLOGIES SPÉCIFIQUES AU SKI**

Les différents traumatismes qui peuvent atteindre le genou du skieur sont nombreux. L'entorse du genou est d'ailleurs l'une des pathologies la plus fréquente à ce niveau [18] [15]. Cette dénomination regroupe l'ensemble des lésions ligamentaires du genou, de la distorsion à la rupture. La blessure la plus fréquente est celle du LCA. Même si la cinématique de la marche reste normale en cas de lésion, elle peut entraîner beaucoup de phénomènes dégénératifs par la suite. Sa lésion est souvent isolée et est produite par des mouvements en rotation : soit en rotation interne du tibia combinée avec une hyperextension de genou, soit avec une rotation externe du tibia combinée avec un valgus. Les principaux facteurs de risque qui augmentent la prévalence de cette lésion sont la hauteur de la chaussure, sa dureté et la qualité du réglage de la fixation. Mais même après une lésion grave avec opération chirurgicale du LCA, une étude montre qu'il est possible de retourner à la compétition, et de retrouver une performance égale à celle d'avant la blessure [6]. Une autre pathologie fréquente en ski est la lésion combinée du LCA et du LLI. Le ligament latéral interne stabilise le genou au niveau interne. Si un accident ou une chute produit un valgus et une rotation externe du tibia exagérés, il y a de fortes chances que les deux ligaments (croisé antérieur et latéral interne) soient touchés [24].

De plus, il ne faut pas oublier une structure qui est également souvent touchée lors de la pratique du ski. Il s'agit des ménisques. Les lésions méniscales ont souvent lieu dans des activités avec des mouvements en rotation ou forces de cisaillement importantes au niveau des genoux. La plupart du temps, ces lésions sont combinées avec des blessures ligamentaires (ligaments croisés et latéraux) [24].

Par ailleurs, les professeurs de ski ont fait de leur sport leur profession, au même titre que les sportifs professionnels. Par conséquent, il n'est pas impossible que des syndromes de surcharge structurelle sur l'articulation apparaissent. Aux traumatismes lésionnels vus



précédemment peuvent donc s'ajouter plusieurs autres pathologies telles des tendinites ou bursites, mais également des luxations et des syndromes fémoro-patellaires qui causent souvent des douleurs sur la partie antérieure du genou suite à une instabilité. Les problèmes d'instabilité peuvent survenir de plusieurs manières, notamment congénitales ou suite à une distorsion ou à une rupture de ligaments. Il est important de noter qu'actuellement, la plupart des lésions ligamentaires sont souvent traitées de manière conservative. Si un ligament est déchiré et que la situation permet de ne pas opérer, les médecins opteront pour un traitement moins invasif et moins coûteux. Ainsi, ce défaut de stabilité articulaire doit être compensé par un travail musculaire plus important. De plus, il n'est pas impossible que des structures subissent une surcharge qui peut provoquer des gênes ou des douleurs [24].

Ainsi, plusieurs pathologies peuvent toucher l'enseignant de ski pendant la pratique de son sport. A cela, nous pouvons également ajouter les douleurs suite à la reprise intensive de la pratique du ski. Nous sommes tentés de penser que la douleur doit dominer lors des premiers jours de reprise. A ce jour, nous n'avons trouvé aucune étude traitant ce sujet. De plus, l'efficacité en termes de prévention d'un programme de préparation reste encore à être prouvée. Une étude a été menée durant trois saisons entre 1991 et 1994 en Amérique. Elle a développé une méthode pour tenter de réduire les entorses de genou sévères. Des participants incluant des instructeurs et des contrôleurs (« on-slopes staff <sup>2</sup>») ont suivi un programme de prévention (non développé dans l'abstract et article complet non disponible). Puis les auteurs ont relevé le taux d'entorses parmi ces participants et dans d'autres stations de ski à qui aucun enseignement n'avait été fait. Une baisse de 62% des entorses a été observée chez le groupe qui a reçu l'enseignement. Nous serions donc amenés à penser que les programmes de prévention pourraient jouer un rôle fondamental pour lutter contre la récurrence de cette lésion [8]. Ce genre de travaux sur une telle population reste cependant rare dans la littérature, ce qui nous a motivé à faire le design de cette étude.

Il est également intéressant de noter que plusieurs études montrent des différences entre la fréquence de lésion entre les hommes et les femmes. Que ce soit en ski ou dans n'importe quel autre sport, les femmes sont plus souvent touchées que les hommes. Une multitude d'études se sont développées à ce sujet et tentent d'approfondir les explications données à cette constatation. Une étude américaine de la NCAA (National Collegiate Athletic Association) a décompté le nombre de lésions au ligament croisé antérieur (LCA) et aux

---

<sup>2</sup> On slopes staff : Equipe de skieurs qui s'occupent de la sécurité et de l'organisation sur les pistes.

ménisques dans seize sports différents. Cette étude s'étendait sur une période de trois saisons de

1993-1994 à 1995-1996. Les taux de LCA les plus hauts étaient retrouvés en gymnastique féminine, en basket-ball féminin et en football féminin. En ce qui concerne les lésions méniscales, les athlètes les plus souvent blessés pratiquaient de la lutte, de la gymnastique féminine, du basket-ball féminin et du football féminin [13] [23]. Pour le ski, les études sont un peu plus controversées. Une enquête publiée en 1998 a montré une prévalence de lésion supérieure chez les femmes d'un facteur 2.3 chez des compétiteurs [30] tandis qu'une autre étude en 1999 ne montre aucune différence entre la fréquence des lésions chez des professionnels du ski (contrôleurs de pistes et instructeurs) [28].

D'une manière générale, il en ressort que les causes sont multiples et peuvent se répartir en trois catégories : les facteurs intrinsèques (non changeables), les facteurs extrinsèques (changeables) et des facteurs classés comme « autres » qui sont partiellement contrôlables [23].

Parmi les facteurs intrinsèques, nous pouvons retrouver :

1. **L'alignement** du membre inférieur : En temps normal, la tête fémorale, la patella et le troisième orteil du pied doivent être alignés sur une même droite imaginaire et plus ou moins verticale. Or chez la femme, le bassin est plus large, le fémur est en légère rotation interne, le membre inférieur affiche un genou en valgus, la largeur de la fosse intercondyloire est moins large et le tibia est en rotation externe. En revanche, les hommes ont un bassin plus étroit, une fosse intercondyloire bien large, un genou en position neutre, voire en léger varus et un tibia en rotation neutre, voire en rotation interne. Ainsi, l'alignement du membre inférieur est meilleur du côté masculin que du côté féminin bien qu'il existe des exceptions dans chaque parti. Cet alignement va bien évidemment avoir des retombées biomécaniques importantes sur les causes, la fréquence et la gravité des lésions au genou. Nous pourrions penser que l'alignement peut être modifié. Cela est vrai mais les corrections sont minimes et ne changent que très peu la statique finale de l'athlète.

2. La **musculature** joue également un rôle important dans la prévention des lésions. D'une manière générale, les muscles chez les femmes sont moins épais et ont un volume plus petit que chez l'homme. Par conséquent, la musculature féminine peut développer moins de force et, à l'image d'un élastique plus fin, a une souplesse plus élevée ce qui va engendrer une laxité plus importante dans l'articulation du genou. La

fonction protectrice active des muscles est donc amoindrie chez la femme. Physiologiquement, nous pouvons nous rendre compte que le vaste médial du quadriceps est moins développé (ce qui augmente le risque de luxation patellaire latérale, notamment) et que l'hyperextension en valgus est plus importante.

3. La **laxité rotatoire physiologique**. Certaines personnes ont une laxité plus importante des ligaments. Certes, cela est un avantage dans les disciplines sportives qui nécessitent une grande amplitude articulaire, comme la danse, la gymnastique, etc. Mais le risque de lésion n'en est qu'accru.

4. La **taille des ligaments**, et notamment les ligaments croisés antérieurs et postérieurs. Ils agissent également comme des élastiques. Plus un élastique est large et épais, plus il est difficile de l'étendre. A l'inverse, un élastique plus fin est beaucoup plus extensible et ce en utilisant bien moins de force. Les ligaments fonctionnent de la même manière. Leur épaisseur détermine leur résistance et leur capacité de limiter les mouvements articulaires.

5. Enfin, plusieurs études montrent que le taux de blessures varie en même temps que le **cycle hormonal** de la femme. Des récepteurs à œstrogènes sont présents dans le LCA. Le niveau d'œstrogène varie durant le cycle menstruel à partir du jour 6 avec un pic maximal au jour 12 durant la phase folliculaire. Dans une étude avec 28 femmes, les lésions du LCA étaient plus fréquentes entre le 10<sup>ème</sup> et le 14<sup>ème</sup> jour [31,]. Cependant, d'autres études montrent que la laxité antérieure du genou n'est aucunement liée à la variation du taux d'hormones chez la femme. [33] [5]. Ainsi, la problématique n'est pas clairement résolue. D'autres études permettant de comprendre les différences entre les résultats sont nécessaires afin donner une réponse plus précise sur le sujet.

Tous ces facteurs ne sont malheureusement pas influençables vu qu'ils sont issus du sexe de l'athlète et de sa génétique. En revanche, voici quelques facteurs extrinsèques qui eux sont modifiables :

1. La **force** : Comme dit auparavant, la force musculaire est nécessaire pour protéger l'articulation de manière active, contrairement aux ligaments qui sont considérés comme des structures passives.

2. La **condition physique** : une meilleure condition physique permet d'être attentif sur une plus longue durée pendant l'effort. Lorsque la fatigue s'installe, la vigilance baisse

et une blessure peut plus rapidement arriver, suite à une mauvaise position dans le geste sportif par exemple.

### 3. **Motivation**

4. **Le choix des chaussures** : Pour la course à pied par exemple, de nombreuses pathologies peuvent être évitées en choisissant une paire de chaussures adéquates. Le fameux syndrome du genou du coureur peut aisément être réduit avec des chaussures anti-pronation. Nous avons vu également que pour le ski, la chaussure révèle être d'une influence capitale sur les pathologies typiques rencontrées dans ce sport.

Enfin, parmi les facteurs combinés (ou partiellement contrôlables), nous retrouvons :

1. La **compétence** du sportif : Elle détermine le niveau technique du sportif. Un athlète plus compétent a une meilleure connaissance de l'exactitude du geste sportif à effectuer et est plus habitué à le réaliser d'une manière correcte et optimale. Le risque de blessure est donc théoriquement réduit. Par contre, un haut niveau de compétence permet également une pratique sportive de haut niveau qui met l'organisme à rude épreuve, à l'instar des sportifs professionnels ou des jeunes sportifs d'élite. De ce point de vue-là, le risque de lésion de surcharge augmente logiquement.

2. La **coordination** : Il faut passablement de temps pour acquérir une bonne coordination générale. L'idéal est de commencer ce travail dès un très jeune âge. La coordination augmente avec le temps et beaucoup de pratique. Puis, elle peut se spécialiser dans une discipline spécifique ce qui va engendrer une meilleure utilisation et gestion du corps dans le geste technique et diminuer le taux de surcharge ou de surutilisation de l'organisme et donc le risque de lésion.

3. **Proprioception** : Il s'agit, en d'autres termes, du sens de l'équilibre. Une proprioception correcte permet de garder les muscles prêts à réagir à n'importe quelle situation potentiellement dangereuse pour protéger les articulations.

4. **Ordre d'activation neuromusculaire** : Il détermine l'ordre dans lequel les muscles vont se contracter pour obtenir un mouvement voulu. Des études ont d'ailleurs montré que les femmes ont un retard dans l'activation des muscles postérieurs de la cuisse (les ischio-jambiers), groupe musculaire qui retient le plateau tibial de glisser vers l'avant (même rôle que le LCA). Il en résulte donc un risque potentiellement plus grand de lésion par rapport aux hommes [12].

5. **Temps d'activation neuromusculaire** : Comme dit précédemment, les femmes activent leurs ischio-jambiers plus tard que les hommes.

6. **Fatigue** : Des études montrent que l'activation des muscles du membre inférieur ralentit avec la fatigue [32].

7. **Rapport de la largeur de la fosse intercondyloire sur la largeur des condyles** : Un rapport inférieur à 0.2 est un facteur favorisant le risque de lésion du LCA [16].

Il est évident que cette liste n'est pas exhaustive et qu'elle peut concerner tous les sports en général. En ski, il faut rajouter l'importance du matériel qui est très souvent cause de lésion. Outre les chaussures dont il a déjà été question, quelques études évoquent l'importance des fixations [7] [9] [15]. Le réglage de sa résistance est à ajuster au mieux car cela permet de réduire le taux de lésion. Cependant, bien qu'incomplète, cette liste demeure d'une importance capitale car elle est une piste de départ pour mettre au point un programme de prévention en pré-saison.

Il est évident que l'idéal serait d'agir sur un maximum de facteurs. Mais parmi les causes citées plus haut, plusieurs d'entre elles ne sont pas ou trop peu influençables, comme les facteurs intrinsèques, l'environnement et les conditions météorologiques. Le comportement peut également être un élément crucial dans les lésions. Mais les professeurs de ski portent une lourde responsabilité en portant les vêtements représentant l'image de leur école et leur comportement doit être irréprochable pendant l'enseignement. Il est donc peu fréquent que leur comportement soit à risque durant ces heures. De plus, ils ont reçu, pour la plupart d'entre eux, une formation approfondie sur les dangers que recèle la montagne et comment les éviter. Notre compétence est également insuffisante et ce facteur sort donc du cadre de ce mémoire.

Finalement, seuls les facteurs extrinsèques, la compétence technique, la coordination et la proprioception et, indirectement, la fatigue peuvent faire l'objet d'une étude d'une envergure telle que ce mémoire. Parmi ce choix restant, nous avons décidé de nous délimiter à influencer la force car c'est un paramètre qui peut être amélioré en peu de temps et qui montre rapidement des effets. La compétence technique, la coordination et la proprioception demanderaient un suivi individuel beaucoup plus important et nos compétences sportives en ski ne nous permettent pas d'intervenir sur des corrections techniques en ski. Cela n'est donc pas réalisable par manque de disponibilité et de connaissance.

Le programme que nous voulons leur donner doit rester simple et court pour qu'ils ne soient pas découragés à le faire. Pour cette raison, nous laissons également de côté le paramètre de la

condition physique. Quant à la motivation, elle est un paramètre difficilement influençable et surtout objectivable. Enfin, il n'existe aucune chaussure qui protège mieux que d'autres les fractures des membres inférieurs et les entorses de genou. Comme dit auparavant, les chaussures plus dures et plus hautes favorisent la fréquence des lésions ligamentaires. Mais il faut ajouter que de telles chaussures permettent de skier avec plus de précision et que la réponse du matériel au mouvement voulu est plus vive et plus nette. Ces sensations sont souvent recherchées chez des skieurs de haut niveau tel que les enseignants et leurs démonstrations face à leurs clients ne seront que meilleures.

Ainsi, à part la prévention, notre action physiothérapeutique est très limitée à ce sujet. Par conséquent, notre choix définitif de paramètre influençable pour notre étude s'est porté sur la force. Par ailleurs, comme cette étude veut évaluer le bien-être des participants suite à un programme musculaire, il apparaît logique que la douleur soit également un paramètre de réévaluation.

Il s'agit donc de trouver un programme musculaire adéquat qui va agir sur les membres inférieurs et qui est susceptible de modifier rapidement les paramètres de force tout en restant proche de l'activité musculaire typique du ski.

Une étude récente, effectuée en 2003, a examiné les skieurs autrichiens sur quatre saisons entre 1997 et 2000. Vingt femmes et 28 hommes ont subi des tests en pré- et en post-saison, mesurant différents paramètres dont la force avec un vélo ergométrique et un dynamomètre avec une interface informatique. Cette étude montre que les compétiteurs de la Coupe du Monde de ski ont une puissance aérobie très développée, de même qu'une grande force musculaire des membres inférieurs [21]. La puissance aérobie est un élément crucial et déterminant du succès en ski de compétition [29]. Par contre, il n'y a pas de véritable majorité de type de fibres musculaires dans les données relevées. Seule une légère tendance à un taux plus élevé de fibres lentes a été détectée. En ce qui concerne le type de travail effectué par le muscle, une autre étude faite en 1992 démontre que la force excentrique des extenseurs et des fléchisseurs de genou était supérieure à la force concentrique [1].

Nous pouvons ainsi nous rendre compte que la force musculaire est un élément essentiel en ski et que le travail effectué serait plutôt de type excentrique. Cela va donc orienter notre programme musculaire vers un protocole de ce même type de travail.

En résumé, nos recherches ont montré que l'articulation du genou est très souvent sujette à des lésions, spécialement lors de la pratique du ski. Les femmes semblent être plus souvent touchées mais la littérature manque de données pour l'affirmer de manière sûre et certaine.

Toutes ces lésions pourraient être diminuées avec un programme de prévention mais, là encore, des recherches à ce sujet manquent. Parmi les différents facteurs pouvant influencer des lésions, nous avons décidé d'orienter leur programme d'entraînement de pré-saison vers un travail musculaire de type excentrique afin d'observer leurs effets sur une population d'enseignants de ski souffrant du genou et de voir les répercussions d'une augmentation de la force sur le bien-être de cette population et, éventuellement, sur la prévalence de lésion au genou. Le muscle aurait alors, suite à ce programme, une réponse plus rapide au choc après le type d'entraînement proposé, ce qui évitera ou diminuera les éventuels microtraumatismes et les douleurs de genou

### **JUSTIFICATION DE L'ÉTUDE**

L'ensemble de la réflexion effectuée nous permet de justifier les raisons de notre mémoire et de notre étude, d'une part par le nombre de blessures au genou encore très présentes dans ce sport [15], d'autre part, car il nous semble possible, dans notre métier, de pouvoir anticiper ces blessures par de la prévention.

Comme nous n'avons pas trouvé d'étude similaire à la nôtre dans la littérature, c'est pour nous l'occasion de faire une recherche novatrice et utile pour le praticien et cela au bénéfice du patient. Il est donc intéressant pour notre profession d'approfondir le thème de la douleur de genou chez les skieurs, car ils sont des sujets potentiels de demande de prise en charge thérapeutique. Le but étant de trouver une réponse à leur requête face à la douleur.

L'intérêt politique de cette étude porte sur la diminution des coûts de la santé. En effet, le programme de renforcement musculaire que nous avons effectué sur un certain nombre d'enseignants permettrait, s'il s'avère efficace, de retarder, voire d'annuler la première consultation médicale et donc, par la suite, d'éviter l'augmentation des coûts de la santé, voire de les baisser en évitant par exemple une hospitalisation. Ensuite, ce programme pourrait être prescrit dans le but de réduire les douleurs chez des personnes déjà sujettes à de telles souffrances quelques temps avant le début de l'activité sportive. Puis, il permettrait aux amateurs comme aux professionnels du ski d'avoir éventuellement une activité prolongée avant l'apparition des douleurs. Enfin, il pourrait faire baisser la fréquence des lésions au genou et prouver, ainsi, une action bénéfique d'un programme musculaire de prévention en pré-saison.

## **HYPOTHÈSE DE LA RECHERCHE**

L'hypothèse porte donc sur l'effet d'une augmentation de force musculaire sur des douleurs de genou chez des enseignants de ski à la saison. Notre premier objectif est d'analyser les effets de notre programme musculaire séparément sur chacune des variables. Puis, nous observerons les éventuelles corrélations qu'il pourrait exister entre elles. Nous voulons, en fin de compte, vérifier si un renforcement excentrique peut faire diminuer ces douleurs lorsqu'il est effectué avant le début de saison sur cette population.

## **MÉTHODE DE RECHERCHE**

### **DESIGN**

Ce travail est une étude randomisée qui a séparé un échantillon de professeurs de ski souffrant du genou en un groupe Intervention et un groupe Contrôle dans le but de vérifier notre hypothèse.

### **POPULATION**

Dès le mois d'août 2006, quatre écoles suisses de ski (ESS) ont été contactées pour leur demander leur collaboration. Il s'agit des ESS de Montana, de Crans, de Villars, ainsi que l'école Swiss Mountain Sports à Montana. Le choix de ces différents établissements a été fortement orienté par le travail en tant que moniteur occasionnel de ski des auteurs dans deux des quatre écoles et de par les relations qu'ils avaient avec les directeurs respectifs de chaque école. Tous très intéressés par le travail, ces derniers ont rapidement accepté d'entrer en collaboration pour la suite du travail. Dès septembre 2006, la recherche de patients a débuté par un recrutement de participants par voie électronique ou postale à l'aide d'un premier questionnaire et d'une lettre de présentation de l'étude [Annexe B et C] envoyés par les secrétaires des écoles aux professeurs de ski travaillant lors de la saison 06/07. Le statut d'enseignant à la saison est délivré par chaque école en fonction de leurs propres conditions. En général, les professeurs à la saison doivent travailler entre quatre et cinq mois au service de leur école pour bénéficier de ce statut. Afin d'obtenir le plus grand échantillonnage possible, aucune limite d'âge et d'années d'expérience n'ont été posées. De plus, aucune restriction n'a été portée sur la nationalité ou le sexe des volontaires. Aussi, nous avons ciblé notre étude sur les professeurs qui exerçaient le ski comme engin principal et secondaire. C'est-à-dire que les professeurs de snowboard, ski de fond ou télémark étaient exclus de notre étude sauf s'ils pratiquaient régulièrement le ski.



Les enseignants devaient ressentir des douleurs pour entrer dans les critères de notre étude. Ces douleurs pouvaient être de toute origine, hormis neurologiques centrales ou périphériques. Les douleurs pouvaient apparaître de manière ponctuelles ou rester constantes, et ce avant, pendant ou après la pratique du ski. Le moment où apparaissait la douleur (pendant l'enseignement, le ski libre, le moment de la journée, etc.) ne faisait pas parti des critères d'exclusion.

## **SÉLECTION**

Les premiers documents devaient nous être renvoyés pour le 22 septembre 2006. Sur l'ensemble des lettres que nous avons eues en retour, nous avons sélectionné les participants en fonction des critères d'inclusion et d'exclusion.

Une fois sélectionnés, les participants étaient répartis aléatoirement en deux groupes : un groupe Intervention (GrI) et un groupe Contrôle (GrC). De plus, comme nous agissions sur deux lieux géographiques différents, il nous était difficile de rassembler tous les participants dans un même endroit. Ainsi, nous nous sommes décidés pour former un groupe Contrôle et groupe Intervention pour chacun des sites.

## **INSTRUMENTS DE MESURE**

### **Myotest**

Comme le suggère le titre de ce travail, nous devons trouver un appareil suffisamment fiable nous permettant de mesurer la force. Il existe bon nombre d'instruments de mesure sur le marché pour un tel paramètre mais nous avons été orientés vers deux appareils plus fréquemment utilisés. Nous avons soit la possibilité d'utiliser une plate-forme de type Kistler<sup>3</sup>, exigeant donc une certaine mobilité de nos professeurs de ski étant donné qu'il existe peu de tels appareils en Valais et qu'il exige un matériel assez conséquent, soit nous pouvions employer le Myotest. Il s'agit d'un appareil de mesure accélérométrique nous permettant de mesurer la force concentrique et excentrique, la puissance et la vitesse d'un mouvement réalisé. L'analyse de l'activité musculaire dynamique peut s'effectuer en chaîne ouverte ou fermée. Il exprime ainsi les différentes données citées plus haut dans une charge guidée ou libre, sur une machine de fitness ou directement sur le sujet lors de bondissements. Couplé avec un ordinateur portable muni du logiciel d'interprétation, le système permet une représentation graphique précise du mouvement réalisé.

---

<sup>3</sup> Plate-forme Kistler Plate-forme dans laquelle est incorporé un capteur de type piézoélectrique qui mesure les forces s'exerçant entre les pieds et le sol pendant la marche, en station debout, pendant le saut, la course et la glissade. Elle permet entre autre l'analyse des performances et des charges musculaire.

Puisque nous agissions sur deux sites différents, nous avons donc un premier problème d'ordre géographique. Or cet appareil offre l'avantage majeur d'être très facilement transportable et rapidement utilisable.

Le Myotest a été testé et comparé à d'autres systèmes. Selon les études de validation réalisées par le fabricant Acceltec, l'appareil s'avère précis. En ce qui nous concerne, nous avons réalisé une étude interne au mémoire comparant le Myotest et une plate-forme Kistler au centre Swiss Olympic de Loèche-les-bains. Le déroulement et les résultats complets de fiabilité des deux instruments de mesure se situent à la fin de ce travail [annexe D] Globalement, nos analyses nous indiquent un certain décalage entre la mesure effectuée par le Myotest et le Kistler. Cependant, sur l'ensemble des mesures, le coefficient de corrélation interclasse reste relativement bon. Ces valeurs pour la vitesse, la force et la puissance varient entre 0.70 et 0.74. Certes, nous n'approchons que grossièrement les valeurs du constructeur mais cela reste relativement correct pour une étude de cette envergure. L'interprétation des données doit cependant être faite avec précaution car les résultats, bien que relativement fiables, comprennent une erreur relative qu'il faut prendre en compte dans l'analyse des données.

### **Protocole du test musculaire**

Le test musculaire s'effectue sous forme de plusieurs séries de sauts bipodaux, et unipodaux à droite et à gauche. Les sujets se munissent d'une ceinture où est fixé le capteur accélérométrique et effectuent d'abord quatre séries de cinq sauts consécutifs enchaînés le plus rapidement possible et le plus haut possible. Il est à noter que les participants doivent faire un échauffement préalable. Cette première partie du test s'effectue d'abord sur les deux pieds. La position de départ est verticale en restant immobile. Après le cinquième saut, il doit se réceptionner normalement et reprendre la position verticale de départ sans bouger. Une petite pause de 30 secondes de récupération est opérée entre chaque série.

Puis, le sujet doit effectuer trois séries de cinq sauts sur le pied gauche. A ce moment-là, la position du capteur reste la même que précédemment. L'évalué doit se mettre en appui sur le pied gauche en position verticale et effectuer cinq sauts le plus haut possible. Le constructeur Acceltec nous a demandé de bien suivre le protocole de sauts préparés par leurs soins de manière à ce qu'il puisse réutiliser les valeurs de sauts à titre statistique. Ainsi, il nous était demandé de faire la réception du cinquième saut sur les deux jambes. Une pause de 30 secondes est également effectuée ente chaque série.

Enfin, le sujet effectue trois séries de cinq sauts sur le pied droit. Le déroulement est identique aux sauts sur le pied gauche à la différence près que le capteur se trouve à la hauteur du grand trochanter droit.

Plus de détails sur les protocoles de sauts, le déroulement complet et décrit dans les annexes à la fin de ce travail [annexe E]

Pour obtenir le résultat le plus fiable, le capteur doit être placé à la hauteur du grand trochanter et le plus verticalement possible. Si le capteur est fixé plus haut, il aura tendance à suivre le mouvement du dos lors de la prise d'élan du saut. Selon Acceltec, l'inclinaison du capteur ne fait aucunement varier la fiabilité des données jusqu'à un angle de rotation de 10 degrés. Au-delà, les résultats affichés ne sont guère ou pas interprétables. Une étude interne a démontré que lors des sauts bipodaux, l'inclinaison du capteur varie entre 4 et 10 degrés lorsque la ceinture est bien positionnée sur le grand trochanter. Il faut cependant vérifier régulièrement l'emplacement de la ceinture car elle a tendance à bouger pendant l'exécution d'une série de sauts. Les détails se trouvent en [annexe D]

### **Calendrier**

Le deuxième thème de l'étude est la douleur au genou. Afin de la décrire jour après jour, nous avons confectionné un calendrier pour l'avant-saison et la saison de ski dans lequel les sujets devaient remplir au jour le jour la présence ou non de douleur, le type de douleur ressentie (constante, intermittente), l'activité qui l'a déclenchée, le moment de la journée où elle apparaît et l'intensité de la douleur. Les sujets devaient également noter le nombre de jour où ils pratiquaient du ski ou une autre activité sportive et, pour le groupe Intervention, le nombre de jour où les exercices ont été réalisés. En réalité, nous avons réalisé deux calendriers par personne. Le premier nous donnait les informations susmentionnées durant les six semaines qui précédaient le début de la saison de ski, alors que le GrI effectuait son programme de renforcement musculaire et que le GrC continuait ses activités habituelles. Le deuxième calendrier nous informait simplement sur les douleurs comme décrit précédemment. Un exemple d'un tel document se trouve en [annexe J] de ce document.

Certes, ce document n'a aucunement été validé. Mais il s'agissait, pour nous, du moyen le plus simple de nous renseigner sur l'évolution des douleurs au cours de la saison. Les consignes de remplissage du calendrier ont été simplifiées le plus possible pour permettre une compréhension rapide et efficace des données à y inscrire.

## **Questionnaire de Lysholm**

Cet auto-questionnaire [annexe F] est un test visant à examiner quelques paramètres objectifs et subjectifs du patient en lien avec son genou. Quelques éléments tels que l'instabilité ressentie, les blocages ou les douleurs en fonction de l'activité doivent être cochés en fonction des items décrits et proposés. Une certaine valeur est attribuée à chaque item choisi dont la somme donnera une valeur comprise entre 0 et 100. Enfin, le résultat est en lien avec une appréciation : mauvaise, moyen ou bon/excellent. Selon les études, la reproductibilité est acceptable. En revanche, sa validité et sa sensibilité au changement nécessitent un peu plus d'étude pour être confirmée. Beaucoup d'autres tests sensibles et mieux reproductibles permettent d'analyser les mêmes données que le Lysholm tels que le KOS-ADLS<sup>4</sup> ou l'IKDC<sup>5</sup> [3]. Cependant, ils requièrent un matériel important et sont fastidieux à remplir. Ainsi, nous n'avons pas trouvé de tests plus simples et aussi courts que le Lysholm qui nous permettent d'avoir un autre paramètre objectivable sur l'état du genou de nos sujets. C'est pour cela que nous avons décidé d'utiliser quand même cet auto-questionnaire dans notre étude. Le score du test de Lysholm peut apporter un appui supplémentaire sur les perceptions subjectives de l'état des genoux de nos professeurs de ski.

## **Autres documents**

### ***Questionnaire de la première évaluation***

Ce premier document a été envoyé à toute la population de professeurs de ski des quatre écoles de ski en début de saison. Nous avons sélectionné notre population spécifique sur la base des réponses obtenues. Il nous renseignait sur la présence ou non de douleur au genou, sur l'activité déclenchant la souffrance, sur les antécédents chirurgicaux et sur les activités sportives ou professionnelles annexes durant l'année (toutes saisons confondues). Il a été accompagné d'une lettre décrivant le déroulement de l'étude.

### ***Le dossier d'anamnèse***

Il s'agit du document de suivi de nos patients. Nous y inscrivons les premières données reçues dans le questionnaire de première évaluation et nous le complétons avec nos propres questions afin d'affiner la documentation des douleurs, des activités des sujets, etc. Il s'agit donc d'un support qui devrait pouvoir nous aider dans l'interprétation des résultats dont nous allons parler ultérieurement.

---

<sup>4</sup> KOS-ADLS : Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale

<sup>5</sup> IKDC : International Knee Documentation Committee

## **PROTOCOLE D'INTERVENTION**

Trois évaluations étaient prévues pour les deux groupes de chaque site. Lors de la première rencontre entre la fin octobre et le début novembre (27 octobre pour l'équipe de Villars et 10 novembre pour l'équipe de Crans-Montana), nous avons expliqué l'étude aux participants, ainsi que les documents qu'ils devaient remplir et les exercices que le groupe Intervention devait faire. (Les exercices sont décrits dans le chapitre suivant.) Nous avons analysé les douleurs qu'ils ressentaient en les documentant le mieux possible et nous avons testé la force musculaire globale des membres inférieurs. Puis, nous avons réévalué la force six semaines plus tard lors de la deuxième rencontre. A ce moment-là, nous avons mesuré une nouvelle fois la force musculaire de tous les participants et nous avons récolté leur calendrier des douleurs. Lors de cette seconde rencontre, les volontaires recevaient également les instructions pour la suite de l'étude : ils allaient devoir remplir le second calendrier de douleur jusqu'à la fin de la saison de ski 06/07. Après la fermeture des pistes de ski, les participants étaient une dernière fois évalués au niveau de la force et nous avons rassemblé les calendriers de la douleur le 21 avril 2007 pour l'équipe de Villars et le 28 avril 2007 pour celle de Crans-Montana.

## **LE PROGRAMME MUSCULAIRE**

Suite à ce qui a été dit précédemment, le groupe Intervention devait effectuer un programme d'exercices de type majoritairement excentrique. Les exercices proposés étaient donnés environ six semaines avant le début de la saison et devaient être pratiqués trois fois par semaine, à savoir le lundi, mercredi et vendredi. Comme ce type d'effort est astreignant pour la physiologie musculaire, il était préférable de laisser 48h de repos entre chaque séance. De plus, le week-end était laissé libre d'exercice afin de permettre une meilleure récupération en fin de semaine.

Le programme comportait trois exercices :

1. Un travail unipodal de flexion sur une jambe puis sur l'autre à raison de trois séries de dix répétitions par jambe.
2. Un travail bipodal où le sujet doit sauter en contrebas d'une marche d'escalier et freiner la chute jusqu'à atteindre une flexion de genou et de hanche suffisante pour que les cuisses soient à l'horizontale. Cet exercice doit également être effectué sur trois séries de dix répétitions.
3. Un travail bipodal où le sujet doit sauter sur une marche en partant d'une position de flexion de genou et de hanche suffisamment importante pour que les cuisses soient à l'horizontale. Puis, une fois atterri sur la marche supérieure, le sujet doit amortir le

saut en reprenant la même position que celle de départ. L'exercice se répète sur trois séries de dix sauts.

Les détails du programme musculaire figure en fin de ce document [annexe G]

### **PRINCIPE ÉTHIQUE DE RECHERCHE**

Durant le déroulement de notre étude, nous avons travaillé en respectant les principes éthiques selon la convention d'Helsinki ainsi qu'en gardant le secret professionnel. Une lettre d'information [annexe B] sur l'étude ainsi qu'un questionnaire de consentement [annexe H] pour la participation à l'étude ont été transmis aux participants. Le premier document cité les renseignait sur le déroulement de l'étude et le second les avisait de leurs droits tant que participant à cette étude.

### **SÉCURITÉ**

En ce qui concerne la sécurité, nous avons estimé le risque d'accident potentiel trop peu élevé pour faire venir un professionnel de la santé, particulièrement à cause du nombre de déplacements importants et imprévus qu'il a fallu gérer, ainsi nous n'avons pris aucune mesure particulière.

## **RÉSULTATS**

### **CLARIFICATION DU NIVEAU D'ANALYSE**

Sur l'ensemble des résultats, nous avons décidé de porter plus d'attention sur certaines variables principales qui semblaient, à nos yeux, plus représentatives. Les résultats de l'étude porteront sur l'évolution de la douleur, l'échelle de Lysholm, la force, la vitesse et la puissance.

### **Variables principales**

#### ***Douleur***

Il s'agit du seul paramètre subjectif dans notre étude. Son intensité a été quantifiée selon une échelle simplifiée comportant trois indicateurs : faible, moyenne, forte. Cette échelle de mesure n'est, à l'état actuel de nos connaissances, pas validée mais il était important pour nous de rendre la description de l'intensité de la douleur aussi facile que possible. Ainsi, nous avons jugé qu'une échelle de douleur de 0 à 10 aurait rendu la tâche de nos patients plus compliquée. Le caractère de la douleur (coup de couteau, constante, intermittente, électrique, brûlante, etc.) avait été demandé mais a finalement été laissé de côté par manque de donnée et pour simplifier l'analyse statistique.

### ***Puissance***

Cette variable et les suivantes sont toutes des variables objectives. En physique, la puissance est définie par la quantité d'énergie fournie par un système par unité de temps. En se référant aux formules, nous pouvons écrire :

$$P = \frac{E}{t}$$
$$\Leftrightarrow P = \frac{F \cdot d}{t}$$
$$\Leftrightarrow P = F \cdot v$$

Ainsi, le paramètre « puissance » est intimement lié à la force utilisée pour effectuer le mouvement et la vitesse avec lequel le mouvement est effectué. En sport, plus les muscles arrivent à utiliser d'énergie par unité de temps pour effectuer un mouvement, plus il est puissant.

### ***Force***

Dans notre étude, nous avons décidé de parler de la force concentrique, c'est-à-dire de la force qui est développée lors de l'impulsion qui fait décoller le sujet. En effet, cette variable est moins sujette à des erreurs de mesure car la force excentrique utilisée pour freiner l'atterrissage du saut était souvent faussée au dernier contact au sol après le cinquième bond. La plupart des patients atterrissait en gardant les jambes presque tendues et en utilisant très peu d'amplitude de flexion de genou et de hanche pour effectuer un mouvement correctement amorti. Par conséquent, une partie des derniers sauts présentaient une force excentrique nettement supérieure par rapport aux quatre premiers bonds. De plus, il nous était difficile de connaître précisément les patients qui avaient effectué une série de bondissements « faussés ». Par ailleurs, comme il n'était pas possible de connaître l'ICC de la force excentrique, nous avons préféré rejeter son interprétation.

### ***Vitesse***

Il s'agit de la valeur maximale de la vitesse de déplacement du capteur (et donc du sujet) lors de décollage. Plus concrètement, il s'agit du moment précis où les pieds quittent le sol au moment de l'impulsion. En effet, dès que les pieds quittent le sol, la phase aérienne débute. Pendant toute cette phase, plus aucune force musculaire ne permet de gagner de la vitesse et de lutter contre la gravité terrestre. Ainsi, la vitesse diminue et devient même négative lors de la descente jusqu'au sol.

### *Echelle de Lysholm*

Nous n'avons pas utilisé les appréciations (mauvais, moyen ou bon/excellent) dans notre statistique. Seuls les chiffres qui s'y réfèrent ont une valeur statistique acceptable et permettent d'avoir une sensibilité au changement plus précise.

### **Variables de contrôle**

En ce qui concerne les variables de contrôle, nous en avons plusieurs. La première est le décompte des jours où les exercices ont été effectués par les patients. Cette variable influence notre hypothèse dans la mesure où, si les patients n'ont pas effectué les exercices sur un nombre de jours suffisant par semaine, cela ne respecterait pas les conditions de notre étude. L'analyse de cette variable de contrôle est observable via la comparaison entre les groupes Intervention et Contrôle que nous avons faite.

La seconde covariable est l'âge des participants. Celui-ci influence l'étude dans la mesure où une personne âgée a un organisme un peu plus ralenti. La capacité d'exécution d'un mouvement peut être rendue un peu plus difficile par un manque de coordination et par une perte de force physiologique due à l'âge. De plus, les personnes âgées ne gagnent pas autant de force lors d'un entraînement de renforcement que les personnes plus jeunes. Il peut donc être intéressant d'observer les évolutions des patients en fonction de l'âge.

La troisième variable de contrôle est le nombre de jours pendant lesquels les participants ont pratiqués du ski. Cette variable a une influence sur la force musculaire. En effet, plus l'enseignant passe de jours sur ses skis, plus la force musculaire peut augmenter. Néanmoins, il faut préciser que lors de notre étude, la plupart des sujets ont mal rempli leur calendrier et il ne nous a pas été possible de prendre cette variable en compte.

La dernière variable de contrôle est le sexe. Celui-ci influence les données car de manière générale, la force musculaire de l'homme est plus importante que celle de la femme. Et la capacité à développer cette force peut donc être influencée par le sexe. Cependant, il nous faut également rejeter cette covariable étant donnée la répartition particulière de nos deux groupes. En effet, le groupe Intervention ne contient qu'un seul homme pour trois femmes. Nous ne pouvons donc que difficilement interpréter les gains de force en fonction du sexe dans ce groupe car les valeurs d'une seule personne ne sont évidemment pas suffisamment démonstratives pour représenter l'évolution masculine des variables Myotest<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Nous parlerons souvent plus tard des « variables Myotest ». Cette terminologie regroupe les trois variables mesurées par l'appareil, soit la puissance, la force et la vitesse



## **Spécificité de l'échantillon**

La population totale de professeurs de ski et snowboard de quatre écoles travaillant à la saison se montait à environ 250 professeurs (Villars 78). Sur cette population, 11 personnes de Villars et 17 des écoles de Crans-Montana (ESS Montana, ESS Crans, Swiss Mountain Sports) ont répondu présentes pour l'étude ce qui fait un total de 28 personnes. Sur ces 28 personnes, seules 24 ont été sélectionnées pour faire parti de l'échantillon final car les autres ne répondaient pas aux critères d'inclusion.

Concernant les différentes caractéristiques de la population, il nous est difficile de nous prononcer car nous n'avons pas effectué les démarches nécessaires suffisamment tôt pour obtenir des informations pertinentes à ce sujet. Par conséquent, nous ne pouvons pas effectuer une comparaison entre notre échantillon et la population.

Sur ces 24 personnes sélectionnées pour l'étude, 4 d'entre elles n'ont jamais commencé l'étude. Puis sur les 20 participants restants, 11 se sont désistés en cours d'étude dont 2 personnes pour cause de blessure durant la saison, 3 d'entre elles ne pouvaient pas se rendre à l'évaluation aux dates proposées et une seule n'a pas donné de justification. En fin d'étude, il nous restait donc 9 personnes ayant participé à l'étude jusqu'au bout. Il faut ajouter que dans les participants restants des l'école de ski de Crans-Montana, aucun représentant de l'école Swiss Mountain Sports n'a participé à l'étude.

En ce qui concerne le GrI, la médiane de l'âge est de 43 ans, la valeur minimum de 24 ans, le P25 est de 37 ans, le P75 de 63 ans, la valeur max de 63 ans. Ce groupe est composé de 3 femmes et d'un homme. Tous ont déclaré faire une activité sportive régulière en dehors du ski. Le nombre de personnes ayant eu des antécédents chirurgicaux liés aux genoux est de 2 sur 4.

Pour ce qui est du GrC, la médiane de l'âge est de 43 ans, la valeur minimum de 21 ans, le P25 est de 34 ans, le P75 de 55 ans, la valeur max de 73 ans. Ce groupe est composé de 4 hommes et d'une femme. Tous affirment également pratiquer régulièrement une activité sportive en dehors du ski à l'exception d'une personne. Le nombre de sujets ayant des antécédents médicaux liés au genou est de 4 sur 5.

En comparant les valeurs des deux groupes, nous constatons que la médiane de l'âge est identique d'un groupe à l'autre. Puis, de manière générale, nous remarquons que les sujets jeunes ont environ le même âge, par contre plus les sujets deviennent âgés, plus la différence d'âge devient importante.

Il faut souligner que le ratio homme /femme dans les deux groupes est presque inversé, soit trois femmes et un homme dans le groupe Intervention et quatre hommes et une femme dans le groupe Contrôle. Il s'agit ici d'une erreur due au hasard. En effet, lors des premières interventions, après avoir effectué la répartition aléatoire des patients dans les deux groupes, il y avait d'avantage de participants et la répartition des sexes était mieux équilibrée (Table 1). En revanche, il y a une distribution relativement équilibrée des participants de Villars et de Crans-Montana dans chacun des groupes, soit deux participants de l'école de Villars dans le groupe Intervention pour deux participants de Crans-Montana, ainsi que trois participants de Villars dans le groupe Contrôle pour deux participants de Crans-Montana.

Pour ce qui est des variables de puissance, de force et de vitesse, elles présentent toutes une médiane plus élevée dans le groupe Contrôle que dans le groupe Intervention. De plus, les valeurs de P25, P75, Min et Max sont généralement plus basses dans le GrI que dans le GrC à l'exception de la vitesse. Ainsi, nous pouvons observer que le groupe Intervention est généralement moins puissant que le groupe Contrôle (Table 2).

Ainsi, on peut observer de nombreuses différences entre les deux groupes, tant du point de vue de la répartition des sexes et que dans l'évaluation préliminaire de la puissance du groupe. Les groupes ne sont donc pas similaires dès le départ de l'étude. Il faudra en tenir compte plus tard dans l'étude.

	Nombre	Femme	Homme	Médiane	Min	P25	P75	Max
GrI	4	3	1	43	24	37	63	63
GrC	5	1	4	43	21	34	55	73

<b>Table 2</b>					
<b>Puissance</b>					
	Médiane	P25 - P75	Ecart interquartile	Min - Max	Ecart min - max
Grl	2003	1739.5 à 3420	1690.5	1360 à 3938	2578
GrC	3268,5	2780,25 à 3710	929.75	2487 à 5196	2709
<b>Force</b>					
	Médiane	P25 - P75	Ecart interquartile	Min - Max	Ecart min - max
Grl	1380	1152.5 à 1677	524.5	929 à 2448	1519
GrC	1676	1577.25 à 1845.5	268.25	1383 à 2037	654
<b>Vitesse</b>					
	Médiane	P25 - P75	Ecart interquartile	Min - Max	Ecart min - max
Grl	173.9	166.5 à 252.15	85.65	163.3 à 303.4	140.1
GrC	226.2	205.05 à 241.23	36.18	190.5 à 289	98.5

### **Circonstances dans la prise de mesure**

Le premier élément à noter est que l'échauffement prévu au départ avant les tests musculaires n'a pas été effectué par tous les participants. Certains d'entre eux ont refusé de le faire. Ainsi, nous avons décidé de ne plus faire d'échauffement pour le reste de l'intervention afin que tous les participants effectuent le test avec les mêmes conditions initiales.

En ce qui concerne les tests effectués avec le Myotest, ils ont été réalisés par deux personnes différentes, ce qui peut influencer la prise de mesure. Outre cet élément, il faut rappeler que les mesures ont été effectuées à deux endroits différents. Les environnements de test ne sont donc pas identiques.

Lors de l'évaluation avec le Myotest, le manque de coordination du patient pour réaliser l'activité demandée a parfois posé problème. Il a donc parfois fallu répéter les sauts à plusieurs reprises pour obtenir des résultats valides selon le protocole. Le fait d'avoir dû refaire certains sauts, pour les raisons citées précédemment, a provoqué une certaine fatigue musculaire et donc a potentiellement changé la capacité musculaire initiale à développer un saut à intensité maximale.

Par ailleurs, nous avons eu quelques soucis informatiques avec le programme Acceltec Medical avec lequel nous analysions les sauts. Lors de notre première rencontre avec le groupe de Villars, nous n'avions pas pu transférer les données des sauts au fur et à mesure

pour libérer la mémoire de l'appareil Myotest. Ainsi, nous avons été contraints de limiter le nombre de séries de chaque participant. Le problème est que le nombre de données était bien évidemment insuffisant et tous les sujets n'avaient pas pu effectuer les sauts. Ainsi, nous avons été obligés d'inviter tous les participants pour une nouvelle évaluation de sauts une semaine plus tard, le temps de régler ce problème technique.

Enfin, nous avons eu un dernier problème à la fin de la saison pour évaluer les paramètres de puissance, force et vitesse avec le groupe de Crans-Montana. En effet, la grande majorité d'entre eux n'étaient pas disponibles le jour de l'évaluation. Nous avons donc dû arranger plusieurs rendez-vous personnalisés quelques jours avant le jour d'évaluation officiel. Ainsi, les participants ont été testés à des endroits différents et ils n'ont donc pas tous eu le même environnement d'évaluation. Ceci peut donc influencer quelque peu les résultats.

En ce qui concerne les calendriers, le manque d'assiduité des sujets pour le remplissage quotidien est une autre source d'erreur à prendre en compte dans l'analyse des résultats. En effet, ces oublis occasionnels ou récurrents peuvent engendrer une annotation non représentative de la situation réelle des douleurs ressenties parce que les patients, par souci de bien faire et pour rattraper leur retard, ajoutent des données aléatoires dans les cases vides. Ainsi, certains documents présentent un décalage visible qui peut sembler peu cohérent avec une situation antérieure.

Enfin, le questionnaire de Lysholm a été rempli par les participants eux-mêmes à chaque évaluation et présente donc peu de marge d'erreur. Pourtant, certains d'entre eux ont souligné que ce questionnaire n'était pas toujours représentatif de leur problème spécifique. Cependant de manière globale, il nous a semblé très bien résumer le problème de genou de chacun des participants.

## **MÉTHODE D'ANALYSE**

### **Variables principales**

#### ***Myotest***

L'analyse des données issues du Myotest se fait groupe par groupe en suivant l'évolution des variables à trois moments différents : l'évaluation de départ (t0), la première réévaluation (t1) et la réévaluation finale (t2). Les histogrammes réalisés pour chaque groupe montrent une dispersion anormale. De plus, comme le nombre de sujets est assez faible suite aux abandons et aux refus de poursuivre l'étude, il est difficile d'analyser correctement les données avec des

tests paramétriques. Ainsi avons-nous décidé de poursuivre avec des tests non-paramétriques. Nous allons donc illustrer nos résultats sous forme de boxplots et observer l'évolution des groupes à chaque temps. (Tous les boxplots et les graphiques de ce travail ont été réalisés avec le logiciel Microsoft Excel).

Lors de chaque série de cinq sauts, le logiciel de traitement de données fournis par Acceltec a calculé la moyenne de puissance, force et vitesse des trois meilleurs sauts effectués par le patient. Il n'est pas utile de prendre le meilleur saut de chaque série car nous ne nous occupons pas d'athlètes de sport de pointe. Nous visons à voir si les variables liées à l'activité musculaire montrent, en moyenne, une augmentation significative de force suite à notre programme de renforcement. Nous ne visons donc en aucun cas la performance ou la capacité du sujet à développer une musculature comparable aux meilleurs descendeurs de la Coupe du Monde de ski.

Par ailleurs, nous avons préféré ne présenter qu'une partie des résultats. En effet, la quantité de données est telle qu'il est inconcevable d'analyser la totalité des résultats. Par conséquent, sur l'ensemble des types de sauts réalisés, nous n'avons retenu que les séries de bonds bipodaux. Ce choix a été dirigé par le fait qu'il était plus difficile pour les patients de réaliser des sauts sur un seul pied sans vouloir compenser la sensation de manque de puissance par un mouvement des bras ou du dos. Beaucoup de patients ont, ainsi, effectué des mouvements parasites lors de la phase aérienne. Etant donné que les sauts s'effectuent sur un seul pied, le contrôle du saut est nettement plus difficile. L'idéal lors de la réalisation d'un test à l'aide du Myotest est d'effectuer un saut parfaitement vertical sans déplacement latéral et antéropostérieur. Ce n'était malheureusement que difficilement le cas lors des sauts bipodaux et donc encore moins lors des sauts sur un pied. De plus, lors de notre étude interne au mémoire sur la validité du Myotest avec la plateforme Kistler, les coefficients de corrélation interclasse n'ont été calculés que sur certaines variables des sauts sur les deux pieds [voir annexe D].

Par ailleurs, il faut également souligner, qu'au vu du nombre de participants à notre étude, nous avons décidé de considérer qu'il a amélioration des variables de puissance force et vitesse à partir du moment où les différences sont supérieures à 0.

Enfin, il est important de noter que le nombre de patients varie entre les différentes évaluations. A t0 et t1, ce chiffre s'élève à 12 personnes tandis qu'à t2, il tombe à 9. Comme certains participants ont abandonné l'étude à différentes étapes du planning, nous avons dû opérer une sélection pour que l'analyse des données reste plausible. Concrètement, nous avons décidé de garder les résultats de tous les sujets ayant participé aux deux premières

rencontres pour l'analyse de t0 à t1. Ainsi, nous sommes passés de 20 à 12 personnes. Puis des abandons supplémentaires ont fait chuter ce dernier chiffre à 9.

### ***Calendrier***

Pour analyser l'évolution des douleurs, nous avons attribué un score à chaque indicateur : 1 point pour faible, 2 points pour moyenne et 3 points pour forte. Puis, nous avons comptabilisé le nombre de jours douloureux par semaine en fonction des trois intensités. En multipliant ces totaux par le score vu précédemment et en additionnant ces scores semaine par semaine, nous obtenons un résultat nommé « score-semaine » que nous allons utiliser pour voir l'évolution des douleurs tout au long de la saison. Cette manière d'analyser offre l'avantage d'englober les résultats des trois indicateurs. En revanche, un résultat de 7 peut être interprété comme sept jours à douleurs faibles, comme trois jours à douleurs moyennes et un jour faible ou encore deux jours à douleurs fortes et un jour à douleur faible. Ainsi, tout un mélange d'intensité de douleur peut nous faire arriver à un même score-semaine. Par conséquent, il faut parfois être prudent en regardant les données. Nous observons donc le comportement des douleurs tout au long de la saison groupe par groupe afin de pouvoir comparer l'évolution de la douleur.

Il faut ajouter que certaines données du calendrier n'ont pas été prises en compte pour l'analyse des données, car les participants à l'étude n'ont pas rempli de manière régulière le calendrier pour les éléments suivants : le nombre de jours de ski effectués pendant la saison, le nombre de jours où une activité sportive autre que le ski a été effectuée, le moment de la journée où les douleurs apparaissent, ainsi que la description de la douleur, continue ou intermittente lorsqu'elle est présente.

En ce qui concerne le nombre de participants, nous avons décidé de garder tous les participants qui ont rempli les deux calendriers tout au long de la saison. Ainsi, nous avons pu analyser neuf documents sur l'ensemble de l'étude.

### ***Questionnaire de Lysholm***

Enfin, l'analyse du Lysholm s'effectue de la même manière que les données du Myotest. Le nombre de données étant ici nettement insuffisant pour obtenir un histogramme normalement distribué, nous nous sommes également décidés à utiliser les tests non-paramétriques pour l'analyse des valeurs. La comparaison se réalise également groupe par groupe.

Le nombre de sujets dont les résultats ont été pris s'élève à 12 pour t0 et t1 et à 9 pour t2. Là également, nous avons choisi de garder les participants qui étaient présents aux deux

premières évaluations pour l'analyse de t0 à t1. Puis les abandons durant la période t1 – t2 ont fait diminuer le nombre final de participants à 9.

## Variables de contrôle

### *Quantité d'exercices par semaine*

L'analyse de cette variable se fait assez facilement. En effet, au total, les patients pouvaient effectuer un maximum de 18 séances d'entraînement. Or, tous les sujets de groupe intervention ont effectué la totalité des exercices demandés. Ainsi, l'efficacité de notre intervention s'observe en comparant directement les évolutions des variables principales dans les groupes.

### *Âge*

Nous avons dû séparer chaque groupe en deux en fonction de la médiane de l'âge. Puis, nous avons observé les différences d'évolution de chaque variable principale dans chaque demi-groupe pour comparer l'évolution des plus âgés par rapport aux plus jeunes.

## RÉSULTATS DU MYOTEST

### Groupe Intervention

Concernant la *puissance*, nous constatons que la médiane augmente de t0 à t1. Puis, elle diminue légèrement de t1 à t2. Le P25 augmente également entre t0 et t1 et diminue légèrement tout comme la médiane. Le P75 diminue de t0 à t1 et continue à diminuer de t1 à t2. La valeur extrême la plus haute diminue entre t0 et t1, ainsi que t1 et t2 de manière encore beaucoup plus importante qu'entre t0 et t1. La valeur extrême la plus basse augmente entre t0 et t1 et augmente encore d'avantage entre t1 et t2.

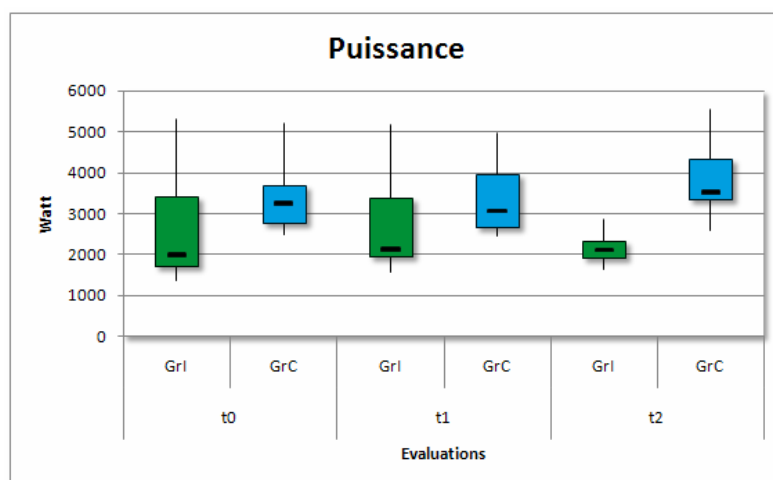


Figure 1

A propos de la **force**, la médiane augmente entre t0 et t1, puis diminue entre t1 et t2. Le P25, lui, diminue entre t0 et t1 et augmente entre t1 et t2 en dessus de la valeur de t0. Le P75 diminue entre t0 et t1 et il en est de même entre t1 et t2. La valeur extrême la plus haute diminue entre t0 et continue à diminuer entre t1 et t2. La valeur extrême la plus basse augmente entre t0 et t1, puis diminue entre t1 et t2.

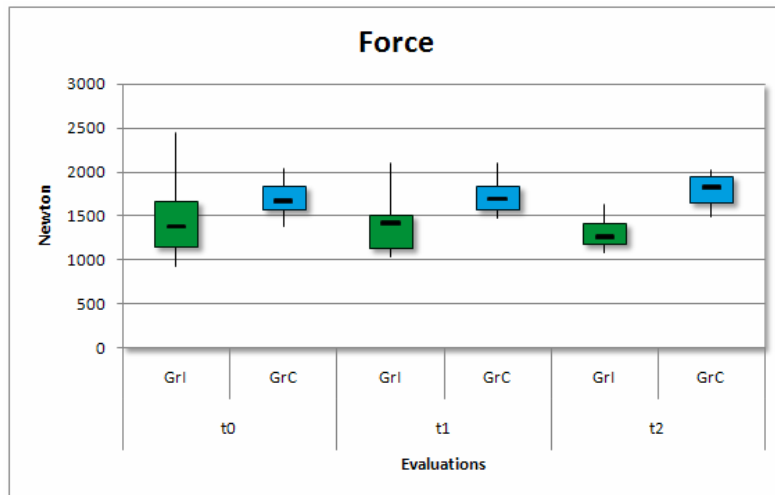


Figure 2

Pour la **vitesse**, nous constatons que la médiane augmente entre t0 t t1 ainsi qu'entre t1 et t2. Le P25 augmente entre t0 et t1 et entre t1 et t2. Alors que le P75 augmente entre t0 et t1 et diminue entre t1 et t2. La valeur extrême la plus haute diminue entre t0 et t1 ainsi qu'entre t1 et t2. Alors que la valeur extrême la plus basse augmente entre t1 et t2 et diminue entre t1 et t2.

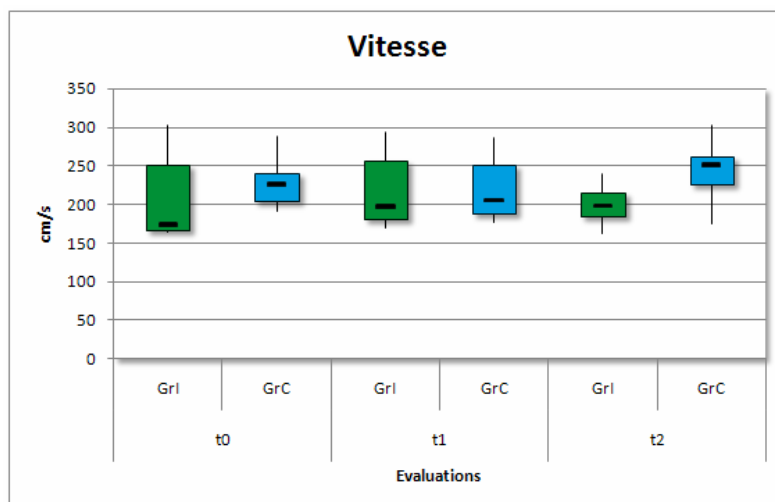


Figure 3



## Résumé des variables Myotest du GrI

De manière générale pour le **groupe Intervention**, la médiane augmente entre t0 et t1 pour la puissance, la force et la vitesse. Par contre, pour les valeurs entre t1 et t2, les valeurs de puissance et de force diminuent alors que celle de la vitesse augmente. Pour la valeur du P25, elle augmente entre t0 et t1 pour la puissance et la vitesse, alors qu'elle diminue pour la force, puis entre t1 et t2 la valeur augmente pour la force et la vitesse, mais diminue pour la douleur. Concernant la valeur du P75, elle diminue entre t0 et t1 pour la puissance et la force, mais par contre elle augmente pour la vitesse. Puis entre t1 et t2 les trois valeurs de la puissance de la force et de la vitesse diminuent.

La valeur extrême la plus haute diminue entre t0 et t1 pour la puissance, la force et la vitesse, et diminue encore d'avantage entre t1 et t2, surtout pour la puissance. La valeur extrême la plus basse augmente entre t0 et t1 pour la puissance la vitesse et la force, puis entre t1 et t2, elle continue d'augmenter pour puissance et la force, mais diminue pour la vitesse.

## Groupe Contrôle

Pour ce qui est de la **puissance**, la Médiane diminue entre t0 et t1 et augmente entre t1 et t2. Le P25 diminue entre t0 et t1 et augmente entre t1 et t2. Alors que le P75 augmente entre t0 et t1 ainsi qu'entre t1 et t2. La valeur extrême la plus haute diminue entre t0 et t1 et augmente entre t1 et t2. La valeur extrême la plus basse diminue entre t0 et t1 et augmente entre t1 et t2.

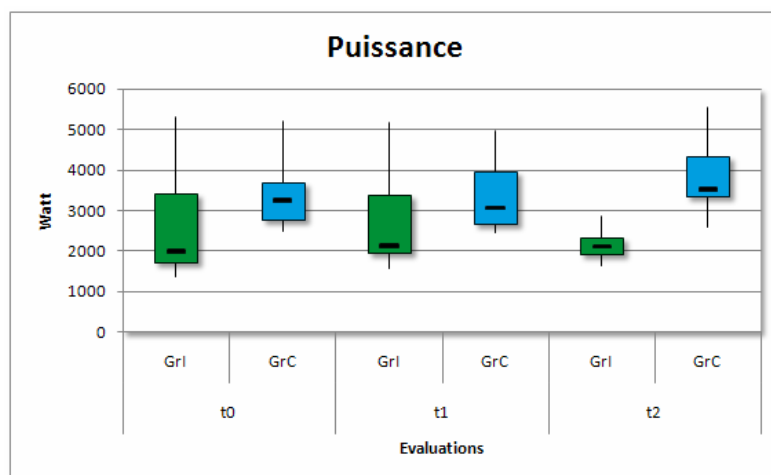


Figure 1

A propos de **la force**, la médiane augmente entre t0 et t1 ainsi qu'entre t1 et t2. Le P25 augmente entre t0 et t1 ainsi qu'entre t1 et t2. Alors que le P75 diminue entre t0 et t1 et augmente entre t1 et t2. La valeur extrême la plus haute augmente entre t0 et t1 et diminue entre t1 et t2. La valeur extrême la plus basse augmente entre t0 et t1 ainsi qu'entre t1 et t2.

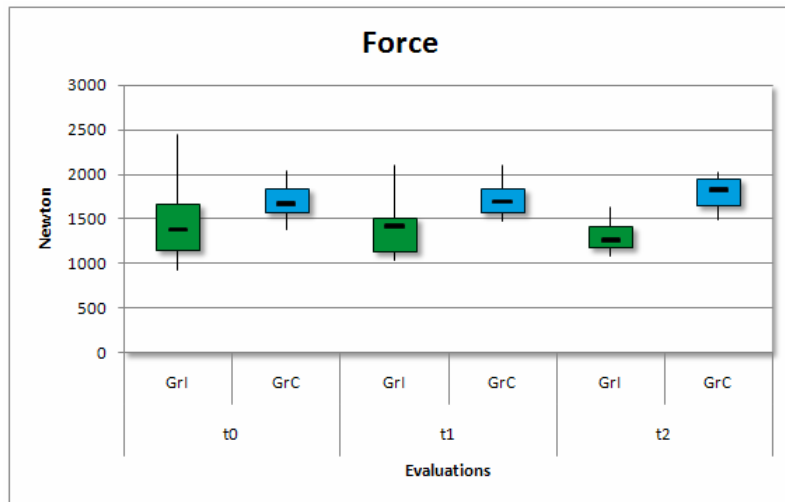


Figure 2

En ce qui concerne **la vitesse**, la médiane diminue entre t0 et t1 et augmente entre t1 et t2. Le P25 diminue entre t0 et t1 et augmente entre t1 et t2. Alors que le P75 augmente entre t0 et t1 ainsi qu'entre t1 et t2. La valeur extrême la plus haute diminue entre t0 et t1 et augmente entre t1 et t2. La valeur extrême la plus basse diminue entre t0 et t1 ainsi qu'entre t1 et t2.

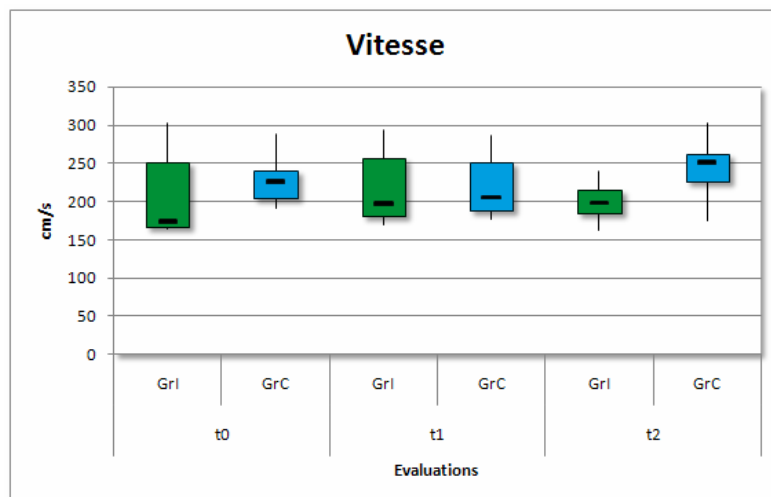


Figure 3

### Résumé des variable Myotest du GrC

De manière générale pour le **groupe Contrôle**, la médiane diminue entre t0 et t1 pour la puissance et la vitesse, mais augmente pour la force. Mais pour ce qui est des valeurs entre t1 et t2 nous constatons que les valeurs de puissance, de force et de vitesse augmentent. Pour la

valeur du P25, la valeur diminue entre t0 et t1 pour la puissance et la vitesse, alors qu'elle augmente très légèrement pour la force. Puis, la valeur augmente pour la puissance, la force et la vitesse.

Pour la valeur du P75, elle augmente entre t0 et t1 pour la puissance et la vitesse, mais reste relativement semblable pour la force avec une très légère diminution. La valeur extrême la plus haute diminue entre t0 et t1 pour la puissance et la vitesse et augmente pour la force. La valeur augmente entre t1 et t2 pour la puissance la force et la vitesse. La valeur extrême la plus basse diminue entre t0 et t1 pour la puissance la vitesse et augmente pour la force, puis entre t1 et t2, elle continue d'augmenter pour puissance et la force, mais diminue pour la vitesse.

## **RÉSULTATS DU CALENDRIER**

### **Groupe Intervention**

Pour plus de clarté dans la description des résultats, nous parlerons dans le texte suivant des sujets qui sont illustrés dans le graphique du groupe Intervention qui suit par I1 pour le premier participant du tableau, I2 pour le deuxième et ainsi de suite. Il en est de même pour le graphique du groupe Contrôle par la représentation de C1 pour le premier candidat, C2 pour le deuxième, etc.

Pour le groupe Intervention, en regardant uniquement, dans un premier temps, les résultats des six premières semaines de renforcement musculaire, les deux premiers participants (I2 et I4) ont un score-semaine de douleurs qui reste relativement stable et bas, alors que le troisième participant (I3) présente un score-semaine élevé par rapport à la tendance sur l'ensemble des semaines de la saison, mais ce score reste globalement plutôt bas. Le quatrième participant (I1) présente un score semaine très fluctuant.

Concernant les 18 semaines de la saison, les deux premiers participants (I2 et I4) qui étaient stables durant les six premières semaines le restent tout au long de la saison. Par contre, comme évoqué précédemment, le troisième participant (I3) a eu une diminution du score-semaine durant la saison par rapport aux six semaines de renforcement. Le dernier participant (I1) évoqué dans le paragraphe précédent, continue de présenter score-semaine fluctuant tout au long de la saison.

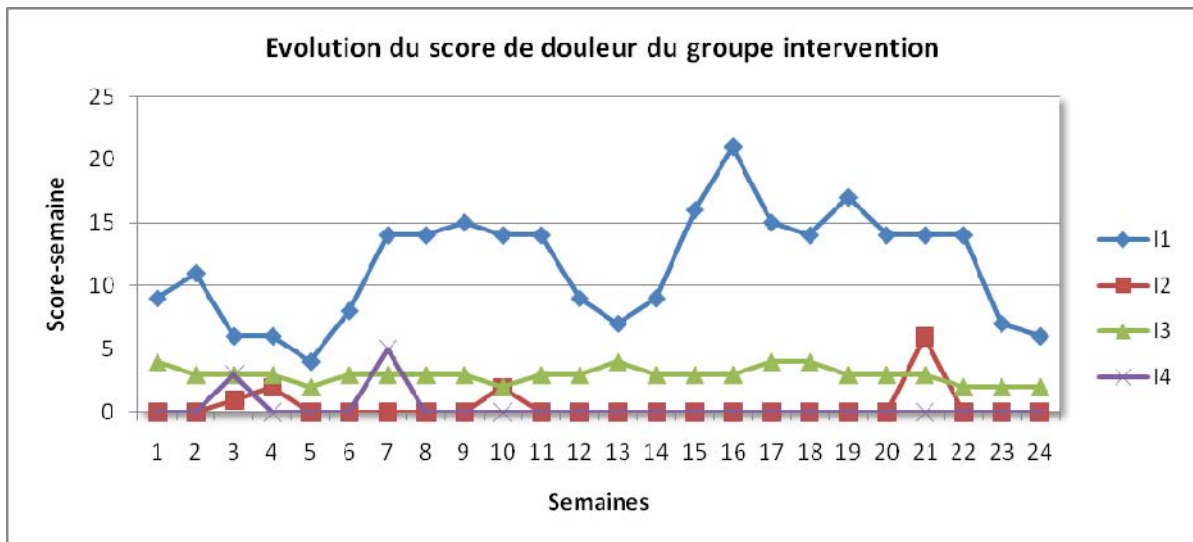


Figure 4

### Groupe contrôle

Lors des six semaines d'entraînement, nous constatons que les sujets C2, C4 et C5 présentent un score-semaine faible à nul. Le troisième participant (C3) présente un score-semaine moyen sur les six semaines, mais très stable. Enfin, le sujet C1 présente un score-semaine très fluctuant avant le début de saison avec une courbe variant entre un score faible et moyen.

Pour ce qui est de la saison, les sujets C2 et C5 sont toujours aussi stables qu'auparavant. A eux viennent s'ajouter le participant C1 qui, contrairement à l'avant-saison, montre un score-semaine faible et stable. En revanche, le sujet C4 montre une évolution plutôt fluctuante 13 à 21, puis redevient stable avec un score nul. Enfin, le troisième sujet (C3) présente un score nul en début de saison mais augmentant en restant stable à partir de la semaine 12.

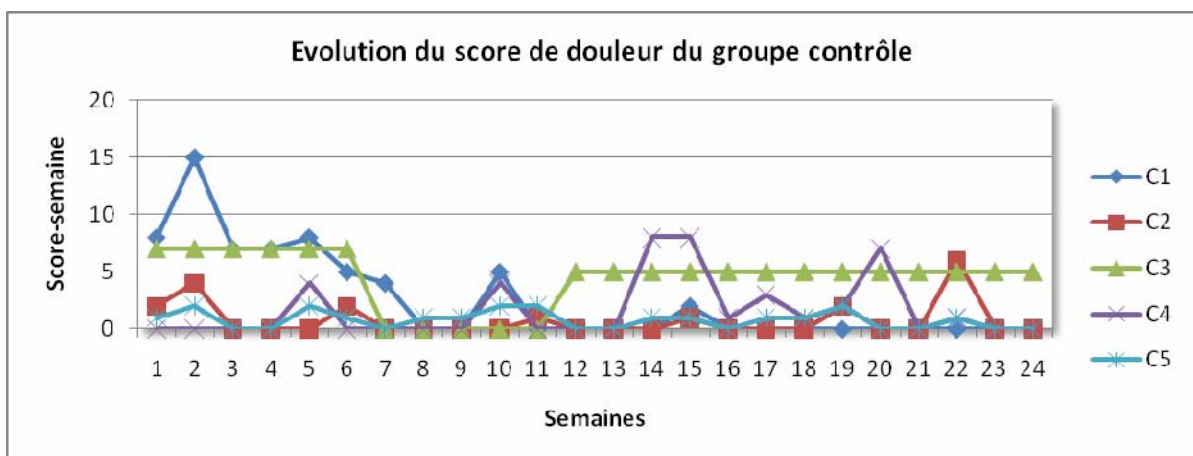


Figure 5

En résumé, les données relevées dans le calendrier concernant la douleur ne présentent pas de tendance particulière pour chaque groupe c'est-à-dire d'augmentation ou de diminution au cours des 6 semaines de renforcement et des 18 semaines de la saison. Chacun des participants évolue de manière très différente. Il nous est donc difficile de ressortir un élément particulièrement significatif de ces résultats.

## RÉSULTATS DU LYSHOLM

### **Groupe Intervention**

Considérons d'abord les résultats du groupe Intervention. Nous pouvons remarquer qu'au cours des trois évaluations, la tendance reste relativement stable et varie peu entre chaque intervalle de temps affichant une légère amélioration de 3 points de t0 à t1 et de 2.5 point de t1 à t2. En revanche, la valeur de P25 montre une amélioration plus marquée de t0 à t1 en passant d'un score de 57 à 80. Une baisse jusqu'à 69.5 points peut être observée ensuite à t2. Le P75 montre une faible diminution passant de 94 à 87.25 points de t0 à t2. Il est à noter que l'écart interquartile est plus étroit à t2 et surtout à t1. Enfin, relevons que la valeur maximale varie peu sur l'ensemble de l'étude et que la valeur minimale progresse de t0 à t1 pour redescendre quelque peu à t2.

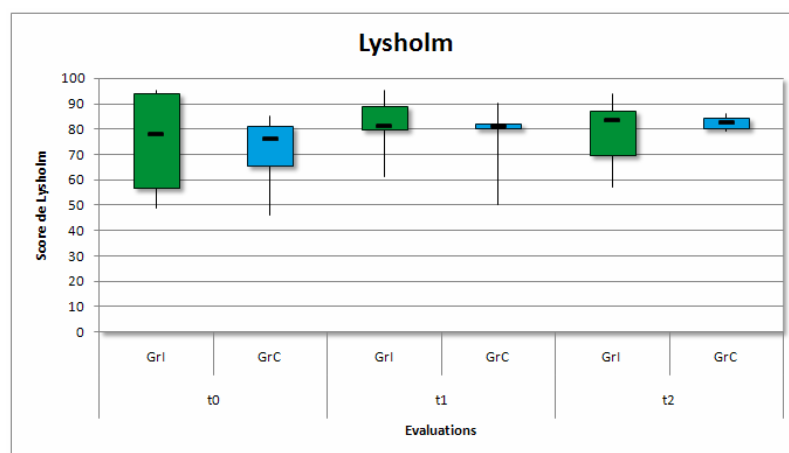


Figure 6

### **Groupe Contrôle**

En observant la médiane de ce groupe, nous pouvons voir une petite amélioration de t0 à t1 et de t1 à t2 ce qui fait progresser la valeur de 76 à 82.5 sur l'ensemble de l'étude en passant par 81. En revanche, la progression du P25 est plus franche de t0 à t1. Puis elle stagne jusqu'à t2. La valeur du P75 reste relativement stable bien qu'apparaisse une légère progression globale de 3.5 points sur l'ensemble de l'étude. Là également, l'écart interquartile est plus petit à t2 qu'à t0 et il est encore plus réduit à t1. Par ailleurs, la valeur minimale évolue positivement à

chacune des réévaluations en grippant légèrement de 46 à 50 points entre t0 et t1 et en montant plus fortement jusqu'à 79 à t2. Enfin, la valeur maximale progresse quelque peu de t0 à t1 pour redescendre à t2 à une valeur proche de t0.

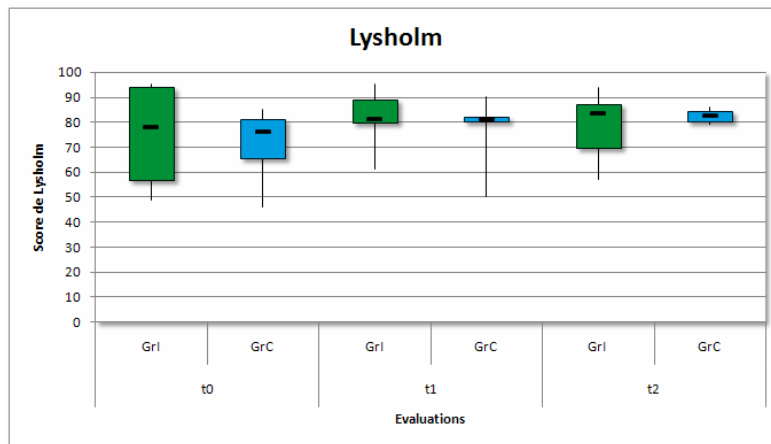


Figure 6

## VARIABLES DE CONTRÔLE

### **Quantité d'exercice par semaine**

Comme dit précédemment, tous les sujets du groupe Intervention ont effectué la totalité des exercices demandés. L'efficacité de notre intervention s'observe en comparant directement les évolutions des variables principales dans les deux groupes.

### **Age**

Nous remarquons que le groupe Intervention des participants plus jeunes (GrI-J), de manière globale diminue la puissance, la force et la vitesse entre chaque intervention.

Pour le groupe Intervention des participants plus âgés (GrI-A), toujours de manière globale, les diverses valeurs (la médiane, le P25, le P75, la valeur minimum et la valeur maximum) augmentent les variables de puissance, force et vitesse entre les trois évaluations.

Pour le groupe Contrôle des participants les plus jeunes (GrC-J) nous constatons globalement que les diverses valeurs augmentent entre les interventions pour la puissance, la force et la vitesse.

Pour le groupe Contrôle des participants les plus âgés (GrC-A), nous observons que les diverses valeurs restent relativement stables voir diminuent légèrement d'une évaluation à l'autre sans grande variation.

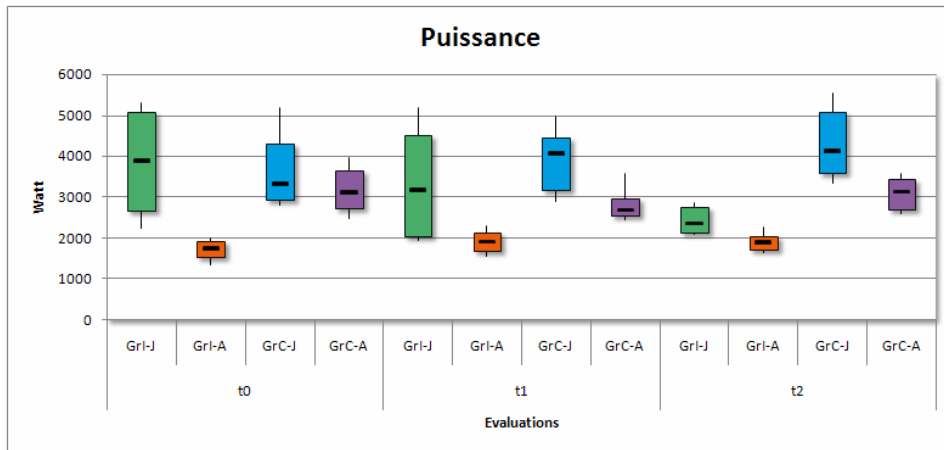


Figure 7

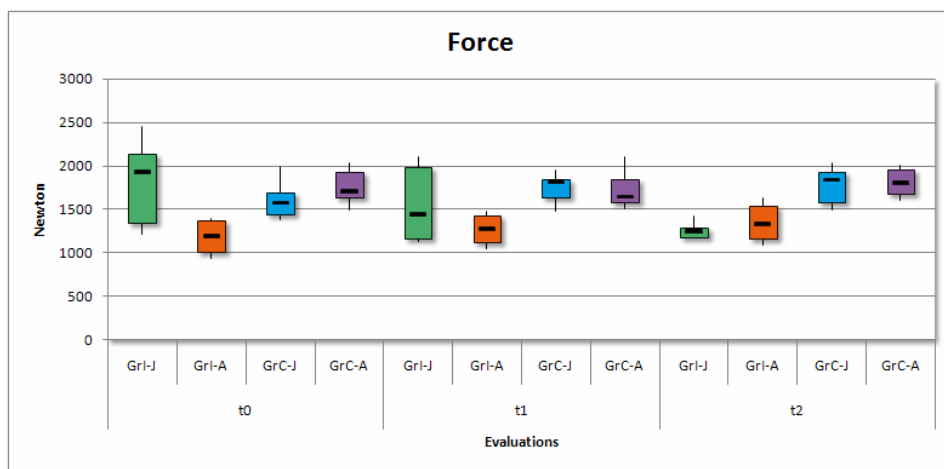


Figure 8

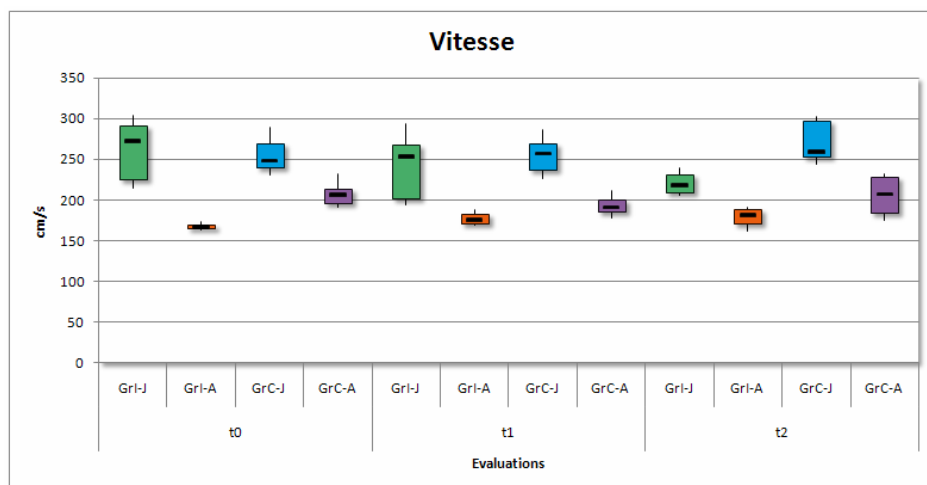


Figure 9

# **DISCUSSION**

## **DIFFÉRENCES ENTRE LES GROUPES**

Les valeurs plus élevées du groupe Contrôle par rapport au groupe Intervention peuvent se comprendre aisément en se reportant à la composition des groupes. Rappelons-nous que les femmes étaient nettement majoritaires dans le GrI et que les hommes étaient, par contre, plus nombreux dans le GrC. Comme cité plus haut dans le travail, les hommes développent généralement une plus grande force que les femmes lors d'un exercice de force. A moins d'avoir une personne de sexe féminin entraînée comme une athlète de haut niveau (ce qui était le cas de l'un de nos sujets), la physiologie humaine fait que les femmes sont capables de générer moins de force lors de la réalisation d'un mouvement. Ainsi, comme les trois variables de puissance, force et vitesse sont liées entre elles, il apparaît donc logique qu'elles soient plus petites dans le GrI que dans le GrC. [27]

Cela étant dit, notre étude s'intéresse nettement plus à l'évolution et aux progrès réalisés par les participants entre les deux groupes au long de l'étude qu'aux valeurs absolues de puissance, force et vitesse de chaque participant. Par ailleurs, des études montrent que les pourcentages de progrès lors d'un entraînement de force entre les femmes et les hommes sont les mêmes [27].

## **JUSTIFICATION DES RÉSULTATS DU MYOTEST**

### **Groupe Intervention**

En observant l'évolution du GrI de t0 à t1, nous constatons que les sujets ont augmenté leur valeur de puissance, force et vitesse de saut durant les six semaines que durait l'intervention. Plus précisément, étant donné que les valeurs de P75 et de Max varient peu, nous pouvons supposer que les sujets avec des valeurs comprises entre Min et P50 à t0 ont amélioré leur résultat à t1 tandis que les participants avec des valeurs déjà hautes se sont peu améliorés. De plus, il faut ajouter que sur les cinq sujets du groupe, quatre d'entre eux ont vu leur performance s'améliorer, ce qui représente une amélioration de 80% du groupe. Cette proportion favorise évidemment une augmentation des valeurs dans les résultats.

Ces résultats s'approchent volontiers d'une autre étude où les investigateurs comparaient le gain de force des ischio-jambiers entre un entraînement concentrique et excentrique. Leur intervention durait six semaines à raison de deux séances de renforcement par semaine. A la fin de l'étude, les résultats ont révélé que le groupe ayant suivi le programme excentrique



avait montré une meilleure progression que le groupe concentrique. Certes, il existe plusieurs différences avec notre étude. Premièrement, leur échantillon, plus nombreux (n=27), était composé exclusivement d'hommes et ils ne présentaient aucune pathologie particulière. Deuxièmement, la fréquence d'entraînement n'était pas identique puisque notre protocole prévoyait trois séances de renforcement par semaine. Par ailleurs, les musculatures visées sont différentes et les instruments de mesure utilisés ne sont pas les mêmes. Cela dit, les effets de l'entraînement excentrique sont bien visibles dans les deux études bien que les grandeurs des effets ne soient pas quantifiables et comparables. [14]

Par la suite, la relative stagnation des valeurs indique que les performances atteintes ont apparemment été conservées tout au long de la saison. Nous pouvons donner une explication à la raison de cette stabilité de l'évolution. Il est possible que l'augmentation de puissance, force et vitesse durant les six semaines d'intervention soit arrivée à un stade qui est suffisant à la pratique de ski en tant qu'enseignant et qu'il n'est donc pas nécessaire pour le corps de renforcer encore plus la musculature des membres inférieurs durant la suite de la saison pour une pratique du ski adéquate et sécurisée. Ainsi, seules deux personnes se sont améliorées durant cette période de t1 à t2 : il s'agit du sujet qui ne s'était pas amélioré durant les six premières semaines et qui a donc rattrapé son retard au cours de la saison, et d'un autre sujet dont les performances se sont améliorées de manière très discrète. En revanche, il faut noter que les valeurs de Max et de P75 diminuent de manière importante entre t1 et t2. Cela s'explique par un fait assez simple. L'échantillon du groupe Intervention se composait de trois femmes et de deux hommes de t0 à t1. Cependant, un des sujets masculins a dû quitter notre étude pour une blessure pendant la saison. Il s'agissait justement du participant le plus performant du groupe et qui avait obtenu les meilleures valeurs dans chacune des variables. Il avait donc tendance à tirer les résultats vers le haut.

Ainsi, d'une manière générale, nous pouvons observer une amélioration rapide et importante de toutes les variables de la grande majorité des sujets du GrI et une stabilisation voire une diminution des valeurs en fin de saison, certainement due à un changement dans le nombre de participants du groupe et due au fait que la force était peut-être suffisamment élevée pour la pratique du ski en tant qu'enseignant de ski.

### **Groupe Contrôle**

Concernant les résultats de l'évolution du groupe Contrôle, nous nous attendions plutôt à une stagnation, voire une légère variation des valeurs entre t0 et t1 mais les statistiques nous montrent le contraire. L'évolution nous montre plutôt une légère diminution globale des

variables. Il est vrai que dans ce groupe, seules trois personnes sur sept (soit 43%) ont vu leur score s'améliorer pour la puissance et seulement une personne sur sept pour la vitesse (soit 14%) durant le premier intervalle de temps. Pour les autres, nous observons plutôt une diminution assez légère, voire même forte pour deux sujets.

Les raisons de cette diminution sont peu claires. Nous pouvons néanmoins justifier la baisse de performance d'un des participants par la présence de fortes douleurs lors de la réalisation de l'évaluation avec le Myotest ce qui l'a empêché d'atteindre la hauteur de saut subjectivement ressentie comme la plus haute. C'est d'ailleurs cette personne qui a subi la plus grande baisse de puissance à t1. Pour les autres sujets, il n'est guère aisé de trouver une explication plausible à cette diminution. Il n'est pas impossible que les sujets se soient accordés une période de transition sans activité physique durant cette période précédant le début de la saison de ski. Nous savons que l'inactivité ou une activité avec une faible intensité d'effort diminue la synthèse protéinique de la musculature assez rapidement [22]. Ceci peut donc justifier une baisse de la force maximale. Mais encore une fois, il est difficile de pencher avec certitude sur cette hypothèse car le manque de données concernant les activités physiques des sujets durant la période t0 – t1 ne nous permet pas d'opter définitivement pour cette explication.

Dans un deuxième temps, il nous faut relever l'amélioration des valeurs P75 de puissance et de vitesse. Cela est dû à l'amélioration impressionnante d'un des sujets de ce groupe. En effet, cette personne a fait progresser sa puissance de 800 W durant ces six semaines. C'est d'avantage que la meilleure amélioration des sujets du groupe intervention. Là également, il n'est pas possible de connaître les raisons précises à cette augmentation surprenante. La seule explication que nous avons trouvée est une erreur dans la prise de mesure du poids du participant aux évaluations. En effet, de t0 à t1, le sujet aurait pris 10 kg. Ce paramètre a effectivement été contrôlé à t1 mais pas à t0. Cette différence de poids change naturellement les résultats étant donné qu'il entre dans l'algorithme qui calcule la puissance et la force.

Concernant la force, la légère augmentation globale chez les sujets durant le premier intervalle de temps peut s'expliquer en reprenant un fait cité plus haut. Il s'agit de ce patient qui a augmenté curieusement sa puissance pour une raison peu claire. Là également, la progression de sa force concentrique a pu tirer la médiane vers le haut. Un deuxième élément peut expliquer cette légère amélioration : Un autre patient a également fait un peu de vélo de route durant le mois de décembre et a, en outre, skié dans une autre station ouverte plus précocement. Enfin, nous pouvons aussi supposer qu'un effet Hawthorne est venu influencer

les résultats. Il s'agit, en réalité, de la situation où les résultats d'une expérience ne sont pas dus aux facteurs expérimentaux mais au simple fait que les sujets ont conscience de participer à une étude et qu'ils se sentent concernés par notre intérêt à leur problème. Ceci se traduit généralement par une plus grande motivation. Mais outre ces explications, nous n'arrivons pas à poser de raisons très claires sur cette progression de la force alors que les sujets n'ont suivi aucun entraînement préparé par nos soins.

En revanche, en observant les résultats du reste de la saison, les sujets ont augmenté leurs paramètres de puissance, force et vitesse avec la pratique du ski mais avec un décalage temporel par rapport au groupe Intervention. Ainsi, la pratique quotidienne du ski, sport qui nécessite une musculature des membres inférieurs suffisamment développée pour résister à des charges importantes, a dû entraîner progressivement cette musculature et justifie donc l'amélioration de l'ensemble du groupe.

Ainsi, même si ce groupe n'a suivi aucune intervention visant à améliorer la force avant le début de la saison, nous pouvons remarquer que la grande majorité des sujets se sont améliorés durant le reste de l'hiver, rattrapant ainsi le retard par rapport au groupe Intervention.

### **Conséquences des résultats du Myotest**

Ainsi, nous pouvons remarquer que la majorité des participants du groupe Intervention avaient une musculature préparée dès le début de la saison tandis que l'autre groupe a dû rattraper le retard par la suite. Ce temps de latence représente une période où la musculature peut probablement moins bien réagir face à un mouvement pathologique susceptible de créer une lésion. Ainsi, le groupe Contrôle pourrait avoir un taux de risque d'accident plus élevé que le groupe Intervention. Bien entendu, chaque enseignant de ski reste conscient de ces moments en début de saison un peu plus fébriles, particulièrement si l'activité estivale n'est pas suffisante pour maintenir un niveau de force identique à celui nécessaire durant l'hiver. En règle générale, les premiers jours de ski se font à basse vitesse pour reprendre les sensations de ski, retrouver le feeling de la résistance du ski face à la neige. Bref, les débuts à ski sont plus doux et les professeurs de ski commencent à skier sans mettre trop d'agressivité et de dynamisme dans leur façon de skier. Cependant, l'hypothèse d'un taux de risque d'accident plus élevé chez les professeurs non préparés nécessiterait de plus amples investigations. Les recherches actuelles en matière de prévention d'accident de ski sont encore trop peu importantes, surtout concernant les professeurs de ski.

Cependant, une étude sur des footballeurs a démontré qu'un entraînement excentrique des ischio-jambiers, combiné avec des assouplissements musculaires, réduit l'incidence d'entorse de ces muscles [2]. Par conséquent, si une telle préparation s'appliquant sur cette musculature apporte de tels résultats, il est probable que notre protocole d'intervention produise le même effet protecteur chez nos participants. Ainsi, un renforcement musculaire en début de saison se justifierait en tant que préparation de la musculature pour le début de la saison afin de réduire l'incidence de lésion au niveau du genou durant les premières semaines de ski. Il faudrait, néanmoins, plus d'investigations sur ce sujet pour vérifier cette hypothèse.

### **Efficacité de l'intervention sur Myotest**

Suite à cela, nous pouvons effectivement nous demander si ces résultats sont réellement l'effet de l'intervention ou celui d'un autre facteur. Les études longitudinales parlent régulièrement de l'effet Hawthorne où l'évolution de différents paramètres est examinée au cours du temps. L'avantage de notre type d'étude, bien que le nombre de participants soit assez réduit, c'est qu'il comporte un groupe Contrôle et un groupe Intervention. L'effet Hawthorne peut affecter chacun des participants de l'étude tant dans le groupe Intervention que dans le groupe Contrôle. Selon nous, nous estimons que la majorité de l'échantillon a subi cet effet Hawthorne. Les améliorations de performance due à cet effet sont donc probablement réparties équitablement entre les deux groupes. Ainsi, chaque amélioration doit être la somme de différents facteurs comme, notamment, les effets de l'intervention, la forme du jour, etc. et, justement, cet effet Hawthorne. Nous estimons donc, de ce point de vue, que les deux groupes partent du même pied d'égalité puisque le taux d'amélioration dû à cet effet les touche de manière égale. Alors, comment expliquer la différence d'amélioration entre t0 et t1 entre les deux groupes ? Si nous comparons l'évolution des douleurs, on peut respectivement constater que l'intensité des douleurs de la grande majorité des sujets est stable. Ainsi nous ne pouvons pas conclure à une amélioration des symptômes de la pathologie des participants. Par ailleurs, un autre avantage des études avec groupe Contrôle est qu'elles nous protègent contre les biais dus aux variables externes non identifiées. Par la suite, il nous faut encore éliminer un dernier biais : celui de l'observateur, qui désire tellement voir un effet qu'il manque de neutralité et influe les résultats. Le seul moyen de pallier à ce problème est l'étude en double aveugle. Malheureusement, cette méthode est pratiquement impossible à réaliser en physiothérapie. Cependant, les résultats ont été analysés en majorité par une personne externe à notre mémoire, en la personne de notre directeur de projet. Ainsi, il avait en main l'ensemble de nos données disponibles concernant les variables du Myotest

pour effectuer les opérations nécessaires à l'obtention des résultats. Par ce procédé, nous essayons de minimiser le plus possible ce facteur d'influence dû aux investigateurs.

Par conséquent, nous estimons pouvoir affirmer avec une faible probabilité d'erreur que les améliorations observées des variables du Myotest sont effectivement dues à notre intervention. Cependant, il faut admettre que les améliorations que l'on peut observer dans les deux groupes ne sont pas significatives. En effet, les tests statistiques (Table 3) montrent clairement que les différences ne sont pas assez importantes, cela à cause du faible nombre de sujets dans l'échantillon. Ainsi, les améliorations sont certes visibles mais statistiquement peu valables.

<b>Table 3</b>								
<b>Tests statistiques</b>								
Diff t0 - t1	Diff t1 - t2	Diff t0 - t2	Diff GrI t0 - t1	Diff GrI t1 - t2	Diff GrI t0 - t2	Diff GrC t0 - t1	Diff GrC t1 - t2	Diff GrC t0 - t2
0.343	0.032	0.286	0.876	0.556	0.556	0.432	non disp	non disp

### **JUSTIFICATION DES RÉSULTATS DE LA DOULEUR**

L'interprétation des douleurs n'a guère été facile. En effet, nous avons remarqué par la suite que la plupart des calendriers étaient remplis sans un respect complet des consignes d'annotation du document. Par conséquent, il nous manquait un certain nombre de données comme le nombre de jours de ski sur la saison, le moment ou l'élément qui déclenchait la douleur, etc. Ainsi, nous avons été obligés de ne plus tenir compte de ces données.

### **Groupe Contrôle**

Les résultats des calendriers présentés sur la figure 5 montrent globalement très peu de variations ou de diminutions des douleurs sur l'ensemble de la saison. Tous les sujets de ce groupe ont enseigné toute la saison. Il n'y a qu'une seule exception à cela : il s'agit du sujet C4. En effet, il skiait uniquement avec ses propres clients pendant une période précise de la saison. Ses douleurs en augmentation correspondent justement à la période où cette personne a donné des cours. Ainsi son activité a fait augmenter ses souffrances alors que son genou n'était guère préparé à supporter une charge telle que le fait subir la pratique du ski. Il y a également le patient C1 qui présente des douleurs plus importantes en pré-saison et une diminution subite durant le reste de la saison. La seule explication que nous avons est celle que le patient nous a donnée : selon lui, le fait de porter plus d'attention aux douleurs durant

les six premières semaines de l'étude lui ont fait plus fortement prendre conscience de ses souffrances qu'auparavant. Par conséquent, il avait l'impression d'avoir plus souvent mal au genou que d'habitude et surtout de manière plus forte. L'expérience devient intéressante en prolongeant l'analyse lors de la deuxième partie de l'étude qui se déroulait donc entre t1 et t2 : le score-semaine a nettement diminué par rapport à l'intervalle t0 – t1. Durant la saison, le sujet dit avoir volontairement oublié ses douleurs et pensait à tout autre chose qu'à son genou. Il était focalisé sur son enseignement et continuait sa vie comme si l'étude n'avait jamais existé. A part quelques épisodes douloureux, la grande majorité de la saison s'est déroulée sans souffrance particulière et sans dérangement spécifique causé par son genou.

Cet événement influence bien évidemment notre interprétation des données des calendriers. En effet, si cette perception de la douleur subjectivement ressentie comme augmentée est présente chez chacun de nos sujets, nous pouvons en déduire que les données qui sont ressorties des calendriers peuvent potentiellement être plus élevées dans notre étude que dans un cadre hors étude. Ainsi, il faut être conscient, lors de l'interprétation des données de douleur, de la présence possible de cet effet qui peut soit faire augmenter l'intensité des douleurs perçues. Par ailleurs, n'oublions pas non plus que les sujets peuvent, par désir de satisfaire l'investigateur, décrire des douleurs comme diminuées en pensant que cela peut arranger notre étude et qu'il donne une intensité de douleur plus faible que ressentie en tant normal (c'est-à-dire dans un cadre hors étude)

### **Groupe Intervention**

En observant dans la figure 4 l'évolution des douleurs du GrI, nous pouvons remarquer peu de variation et d'amélioration des douleurs entre l'avant-saison et la saison de ski. A part un sujet, les douleurs sont relativement basses, voire inexistantes, sur l'ensemble de la saison. Une exception doit être faite pour le patient II qui montre une intensité très variable généralement liée à son activité en ski. Cependant, nous pouvons observer une sérieuse augmentation du score entre les semaines 6 et 7. Ceci est un des exemples où les calendriers étaient remplis de manière peu consciencieuse. Nous avons donc été contraints de prendre les données telles qu'elles nous étaient présentées. Certes nous aurions pu retirer ce patient de l'étude des douleurs, mais il ne nous aurait plus resté assez de patients pour une analyse, elle-même comptabilisant un nombre de participants déjà insuffisant.

### **Efficacité de l'intervention**

Sur l'ensemble de ces résultats, nous pouvons constater que l'évolution des douleurs est rigoureusement identique dans les deux groupes. Le programme musculaire n'a donc

apparemment produit aucune différence d'intensité de douleur. Nous pouvons généreusement admettre qu'il n'y a eu ni amélioration, ni détérioration de ce point de vue. Ainsi, nous pouvons volontiers conclure que l'intervention n'a absolument pas eu d'effet sur l'intensité des douleurs lors de la saison dans le groupe Intervention. Par conséquent, le fait de préparer la musculature en début de saison ne change visiblement rien au niveau de la douleur ressentie. Une étude américaine a également observé les effets d'un programme excentrique de 12 semaines contre un programme de réhabilitation traditionnel sur des patients opérés pour une reconstruction du ligament croisé antérieur. Les investigateurs n'ont pas non plus trouvé d'amélioration des douleurs dans leur échantillon, que ce soit dans le groupe traditionnel ou le groupe excentrique [10].

En revanche, une autre étude anglaise a étudié les effets d'un programme excentrique de 12 semaines sur des tendinopathies patellaires douloureuses chroniques. La plupart des sujets ont ressenti une nette baisse des douleurs sur l'échelle visuelle analogique en passant d'une moyenne de 74.2 mm à 28.5 mm [26]. Les résultats de cette dernière étude peuvent suggérer quelques éléments de réponses au manque d'effet du programme excentrique sur les douleurs chez nos sujets. Premièrement, le temps de traitement est différent. Il n'est pas impossible que la durée de notre intervention soit trop faible pour obtenir des résultats significatifs sur les douleurs. De plus, l'instrument de mesure que nous avons utilisé ne satisfait aucun critère de validité et n'offre que peu de marge aux possibilités d'interprétation. Deuxièmement, il semblerait que les problèmes aigus réagissent moins bien au traitement excentrique que les problèmes chroniques par rapport aux douleurs. Il faut rappeler que les pathologies de nos participants étaient assez différentes les unes des autres. La plupart d'entre elles n'étaient d'ailleurs pas éclaircies par un bilan médical complet. Certains semblaient souffrir d'arthrose tandis que d'autres présentaient des signes peu évidents d'instabilité structurelle au niveau du genou. D'autres encore se plaignaient du genou de manière très épisodique sans lien avec une cause particulière. Dans ces circonstances, nous pouvions donc supposer que les effets ne seraient pas les mêmes chez tout le monde étant donné que ne nous savions pas quelle structure anatomique était la cause du mal. Mais notre but n'était pas de traiter un mal par des séances de renforcement mais de voir si la force était corrélée avec une diminution des douleurs. Il s'agit là, certainement, de la plus grande différence entre notre étude et celles d'autres auteurs, Purdam [26] notamment.

## **JUSTIFICATION DES RÉSULTATS DE LYSHOLM**

### **Groupe Intervention**

Les résultats décrivent une médiane du score de Lysholm assez bon et relativement stable. Nous retrouvons une amélioration du score de P25 et de Min, montrant une amélioration de l'état de genou des sujets avec un moins bon score tandis que les genoux moins symptomatiques ont une amélioration plus discrète, symbolisé par des P75 et surtout des Max variant peu. Ceci peut s'expliquer de la même manière qu'avec les résultats du Myotest. En effet, les volontaires avec un faible score ont un potentiel d'amélioration beaucoup plus grand que les sujets avec un haut score de Lysholm. Par contre, il est intéressant de noter que le P25 et le Min montent rapidement et fortement en six semaines et ce de la même manière que la variable de puissance, force et vitesse du Myotest.

Par la suite, de t1 à t2, seule la valeur de P25 diminue réellement en perdant dix points durant ce laps de temps. Nous pouvons expliquer cette chute par la perte d'un patient entre t1 et t2 sur blessure ainsi que par la diminution du score de Lysholm de l'un des patients pour une raison inconnue. Par ailleurs, tous les patients n'ont pas rendu leur questionnaire auto-évaluatif. Il nous manque donc certaines données.

### **Groupe Contrôle**

Pour la période entre t0 et t1, le groupe Contrôle progresse de manière similaire que le GrI. La médiane est déjà assez haute et monte légèrement à t1 et t2. Les autres valeurs, à part le Max montent régulièrement tout au long de l'étude mais avec peu de différence entre chaque évaluation. Par contre, bizarrement, le P25 monte fortement de t0 à t1. Ceci s'explique par le nombre de personnes qui progressent. En effet, sur l'échantillon de huit sujets dans ce groupe, cinq se sont améliorés dont un avec une progression de 35 points. Cette progression est certes intéressante mais peu d'éléments viennent donner des indices sur les raisons de cette amélioration. Nous pouvons lancer quelques éléments de réponses en disant que le jour de la deuxième rencontre, ce sujet avait consommé quelques boissons éthyliques qui ont probablement altéré sa capacité critique et la façon de s'auto-évaluer dans ce questionnaire.

### **Efficacité de l'intervention**

L'effet de l'intervention n'est guère net sur cette variable. Les valeurs de médiane sont pratiquement identiques entre les deux groupes tout au long de l'étude. Pour les autres valeurs, elles sont quand même assez proches et varient pratiquement du même delta entre les évaluations. Par conséquent, nous sommes plutôt tentés de dire que notre programme excentrique n'a pas d'influence sur le score de Lysholm. Une étude canadienne sur des



sportifs touchés au ligament croisé postérieur observe également les effets de 12 semaines de traitement par des exercices excentriques en chaîne fermée. Leurs résultats montrent une augmentation du score de Lysholm très bien corrélée avec une augmentation de la force. Mais là encore, il a fallu trois mois de renforcement pour obtenir de tels résultats. Il n'est pas impossible là encore que la durée de notre intervention soit trop courte pour observer un résultat similaire [17].

### **JUSTIFICATION DES RÉSULTATS DE LA VARIABLE DE CONTRÔLE DE L'ÂGE**

Notre première variable de contrôle est celle du nombre de séances de renforcement effectué par les participants. La comparaison entre le groupe Intervention et Contrôle montre effectivement les différences de gain de force. Nous ne revenons pas sur ce chapitre.

En revanche, il peut être intéressant d'observer l'évolution des variables Myotest en fonction de l'âge. Cependant, en voyant les résultats décrits sur les figures 7, 8 et 9, nous pouvons remarquer des données surprenantes.

#### **Groupe Intervention**

D'une manière assez logique, le petit sous-groupe des plus âgés voit ses paramètres puissance, force et vitesse augmenter. Ces résultats sont sans surprise étant donné les conclusions tirées plus haut dans ce travail sur l'efficacité de l'intervention. En revanche, il peut paraître peu compréhensible que les données du sous-groupe des plus jeunes diminuent autant. Mais, en observant les données individuelles des participants, nous pouvons trouver quelques explications. Parmi les trois membres de ce sous-groupe, une personne a vu ses paramètres diminuer de t0 à t1 pour cause de douleurs au genou lors des tests. De plus, le groupe Intervention – jeune a perdu un patient de t1 à t2. Enfin, sur les deux personnes restantes, un sujet très sportif a vu ses performances diminuer fortement à la dernière évaluation et nous n'arrivons pas à mettre de raisons crédibles sur cette défaillance.

#### **Groupe Contrôle**

Les résultats de ce groupe peuvent également paraître étonnants. En effet, même si nous pouvons logiquement comprendre que les plus âgés voient leurs variables Myotest diminuer, nous pouvons nous demander pourquoi ces variables augmentent parmi les plus jeunes durant le premier intervalle t0 – t1. Apparemment, ce sous-groupe est assez sportif et semble avoir préparé le début de saison par une pratique d'activités physiques. Par conséquent, il n'est pas impossible que leur puissance ait donc augmenté pour cette raison.

Par la suite, le sous-groupe des plus jeunes garde des performances assez stables en fin de saison. Nous sommes tentés de dire que leurs activités pré-saisonnières ont suffisamment préparé leur musculature. Pour les aînés, ils augmentent généreusement leur résultat en cours de saison suite à la pratique du ski, comme évoqué plus haut.

### **Interprétation**

Il est difficile de tirer des conclusions de cette petite analyse. En effet, les résultats semblent fausser par les deux groupes de plus jeunes, soit par une activité trop importante en début de saison pour le groupe Contrôle, soit par des défauts lors des tests d'évaluation de la force pour le groupe Intervention et un manque de participants.

### **EFFICACITÉ DE L'INTERVENTION PAR RAPPORT À L'HYPOTHÈSE**

Finalement, sur l'ensemble de cette discussion, nous pouvons en retirer que notre programme excentrique effectué avant le début de la saison de ski a eu des effets bénéfiques sur les variables de puissance, de force concentrique et de vitesse dans le cadre de sauts pliométriques bipodaux bien que les améliorations aient été peu significatives. Cependant, nous avons remarqué que le gain dans chacune des variables apporté par l'intervention de six semaines est bien plus élevé dans le groupe Intervention que dans le groupe Contrôle. Par ailleurs, le niveau atteint était globalement maintenu, voire légèrement diminué jusqu'en fin de saison. En revanche, en ce qui concerne la douleur, nous n'avons remarqué aucune différence d'évolution entre les deux groupes. Les douleurs étaient stables chez chacun des participants, voire même augmentées avec l'activité de ski chez un sujet du groupe Intervention. Ainsi, nous avons pu conclure qu'un programme de préparation de type excentrique n'influence guère l'intensité des douleurs. De plus, en observant l'évolution du score de Lysholm des deux groupes, nous pouvons remarquer que les valeurs des tests non-paramétriques sont grossièrement identiques à chaque intervalle de temps et évoluent donc de la même manière. Ainsi, les améliorations de l'état du genou ne dépendent certainement pas de l'intervention.

Par conséquent, nous pouvons d'ores et déjà affirmer que notre hypothèse, dans le cadre précis de cette étude, ne peut pas se vérifier. Aucune diminution des douleurs n'a eu lieu dans le groupe qui a suivi le programme d'intervention. Les raisons de ce résultat peuvent être nombreuses. Dans un premier temps, nous allons développer les biais que nous avons subis lors de l'étude spécialement lors de l'échantillonnage. Il est vrai que les participants ne nous ont guère avantagé pour effectuer une analyse correcte. Par ailleurs, nous pourrions nous demander si les sujets du groupe Intervention ont réellement bien suivi le programme à

domicile. Avec le calendrier, il leur était demandé de noter précisément le jour où les exercices ont été faits. Lors de notre analyse des documents, nous avons pu constater que les participants avaient tous très bien respecté les consignes et effectué les exercices les jours demandés. Ainsi, nous pouvons écarter cette hypothèse.

Mais il faut tout de même souligner qu'il n'est pas impossible que certains participants aient rempli le calendrier en notant qu'il avait fait les exercices mais sans les avoir fait. Mais nous leur avons donné des explications sur l'importance de l'annotation correcte du calendrier pour la fiabilité des données. Il nous semble que nous pouvons leur faire confiance.

Par contre, nous pouvons nous demander si un programme plus intensif et/ou plus long aurait pu avoir un peu plus d'effet sur les douleurs. En commençant le programme plus tôt et en le rendant plus intensif au fur et à mesure de l'approche du début de la saison, nous aurions mieux préparé la musculature. Certes une progression visible de la force des membres inférieurs est constatée, mais peut-être n'est-elle pas suffisante pour pallier à des souffrances au niveau du genou. Nous avons vu plus haut que la plupart des études actuelles se basent sur un entraînement excentrique de 12 semaines pour évaluer les performances de l'échantillon.

### **ANALYSE DES BIAIS DE L'ÉTUDE**

Dans cette partie d'interprétation, il nous faut également faire le point sur les éléments qui limitent l'exactitude et la fiabilité de nos résultats. Le premier élément important dans le cadre de cette étude est la grandeur de l'échantillon. En effet, celui-ci est relativement petit (9 participants) par rapport au nombre de patients acceptés au départ de l'étude selon les critères d'inclusion cités précédemment.

#### **Biais de sélections**

Concernant les biais de sélection, il faut noter que sur l'échantillon, le taux d'abandon est important. Il est dû à diverses raisons citées dans le chapitre « Spécificité de l'échantillon ».

Après avoir recueilli les résultats, nous avons constaté qu'une personne devait être éliminée de l'étude car il nous manquait des données. En effet la patiente n'avait ni rempli le calendrier, ni fait les exercices demandés. Son manque d'assiduité nous a amené à la sortir de l'étude.

Il faut notamment rappeler que le ratio homme/femme dans les deux groupes est presque inversé comme cité dans le chapitre « Spécificité de l'échantillon ».

## **Biais de clarification**

Un autre élément qui apparaît est la «non mise en évidence» des pathologies dans l'étude. En effet, il aurait été judicieux de les mettre en évidence pour une éventuelle sélection d'échantillon ou pour un classement dans l'étude. Une clarification nous aurait permis de traiter le sujet de manière plus précise. Le problème qui s'est posé pour une sélection de ce type est le nombre insuffisant de participants et par conséquent le manque de pathologies communes à ceux-ci. C'est en partie pour cette raison que nous n'avons pas fait de sélection par pathologie.

Rappelons également le temps de battement de deux semaines entre les interventions effectuées à Villars et celles effectuées à Crans-Montana et cela parce qu'il nous était impossible de nous rendre sur les deux sites le même jour. Les conditions de sauts (type de sol, environnement...) sont donc différentes et la période d'exécution des exercices ne commence pas pour tous les candidats en même temps, mais avec deux semaines de décalage. Il implique également que les candidats de Villars ont terminé les exercices de renforcement une semaine avant le début de saison et ceux de Crans-Montana une semaine après.

De plus, il faut ajouter un temps de décalage de deux semaines entre la fin de saison de ski et les dernières mesures prises à Crans-Montana à cause du manque de disponibilité de certains participants. Il en résulte donc que les paramètres de force, de vitesse et de puissance sont évalués à une période plus éloignée de la fin de saison à Crans-Montana qu'à Villars et donc ces paramètres se sont probablement modifiés par rapport à la fin de la saison effective pour le groupe de Crans-Montana. La prise de mesure des professeurs de Crans-Montana et de Villars n'a donc pas été effectuée dans les mêmes conditions pour la dernière évaluation.

## **Conséquences des biais sur les résultats**

Par conséquent, nous pouvons observer de nombreux biais et problèmes qui limitent l'interprétation de nos résultats. Il faut donc être conscient que les conclusions sur l'efficacité de notre intervention doivent néanmoins être prises avec précaution, spécialement à cause de la faible ampleur de notre échantillon.

Comme cette étude est certainement l'une des premières à utiliser une telle population, nous espérons que les prochaines études pourront tirer parti de notre expérience et éviter les erreurs que nous avons faites durant la réalisation et que les résultats pourront servir de base à d'autres travaux en faveur de cette population.

## **NOUVELLES PISTES DE RECHERCHES**

Pour une nouvelle étude sur ce sujet, nous proposons de travailler sur un échantillonnage beaucoup plus important, c'est-à-dire par exemple en prenant comme population de base les écoles de ski du Valais, de suisse romande, voire éventuellement de toute la Suisse et de sélectionner l'échantillon sur cette base. Cela nous permettrait d'avoir plus de poids dans la fiabilité des résultats.

De plus, un échantillon plus important nous autoriserait d'avoir d'avantage de critères de sélection par rapport au type de douleur ressentie ou sur la fréquence de celles-ci, mais permettrait également de mettre en évidence les pathologies sous-jacentes dont souffrent les participants. Ces critères de sélection montreraient d'avantage de spécificité dans les résultats obtenus.

Pour les mesures de force musculaire, nous suggérons d'utiliser un appareil plus précis. C'est pourquoi nous proposons le « Kistler ». Malgré son encombrement assez important et par conséquent la difficulté à le transporter, il faut avouer que sa précision est bien meilleure que celle du Myotest.

Concernant le moyen utilisé pour évaluer la douleur, le calendrier est un bon outil, mais nous proposons de faire un document plus facile à remplir (par exemple, au moyen de cases à cocher) et en y intégrant l'EVA (échelle visuelle analogique). Cela permettrait au participant de n'oublier aucun paramètre de mesure et que ce document soit moins contraignant à remplir. Cette précision faciliterait également le recueil des données.

L'échelle de Lysholm reste un bon moyen rapide pour évaluer le genou. L'inconvénient qu'elle présente est un manque de sensibilité au changement, mais permet tout de même de montrer une évolution par les chiffres que donnent les résultats, sans pour autant que le participant change de catégorie. N'oublions pas que cette échelle est encore très utilisée dans les études. Nous pensons donc qu'il serait judicieux de garder cette échelle pour des raisons pratique. Il est vrai qu'il existe d'autres échelles validées telle que l'IKDC qui sont plus précises certes, mais qui demanderaient beaucoup plus de matériel et de temps pour effectuer l'intervention.

Nous constatons qu'il serait important de suivre les patients toutes les semaines durant la durée de renforcement musculaire. Durant se suivi, nous ferions un contrôle des exercices ainsi qu'un entraînement du groupe Intervention une fois par semaine avec les auteurs de

l'étude. Il faudrait également mesurer durant la saison, une fois par mois, les valeurs force vitesse et puissance avec le « Kistler » chez tous les participants. Cette manière de procéder permettrait d'avoir un meilleur suivi des patients et de leur évolution, ainsi qu'un contrôle régulier sur la façon dont les exercices sont effectués.

## **TRANSFERT DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE À LA PRATIQUE PROFESSIONNELLE**

### **Conséquence des résultats pour la pratique professionnelle**

Les résultats obtenus à l'aide du Myotest sur la force montrent que notre programme de renforcement musculaire offre une augmentation rapide et efficace de la puissance musculaire nécessaire à la pratique du ski chez des enseignants de ski. Cette constatation nous mène à penser que le genre d'exercices effectués dans notre étude pourrait également suffire à bien préparer les skieurs au type d'activité musculaire effectuée pendant la pratique du ski et nous serviraient donc d'outil pour une préparation musculaire avant le début de saison chez le skieur récréatif. Un programme de prévention simple composé de quelques exercices précis effectués pendant six semaines pourrait veiller à préparer correctement la musculature des membres inférieurs et peut-être, ainsi, contribuer à diminuer le taux de blessures à ski. Notre rôle de physiothérapeute est ainsi majoritairement préventif.

### **Ajustements proposés pour la pratique professionnelle**

L'élément principal qu'il nous est possible d'ajuster à la pratique professionnelle dans cette étude est le type de renforcement musculaire qu'il faudrait utiliser dans une préparation à une saison de ski ou à des vacances à ski. L'efficacité du travail excentrique n'est plus à démontrer à l'heure actuelle, spécialement en rééducation. Ici, il est également conseillé à titre préparatoire dans une discipline sportive. Pour un ajustement optimal de celui-ci sur nos futurs patients, il nous est néanmoins nécessaire d'avoir d'avantage d'expérience pratique dans ce domaine. Il s'agit de prendre en compte, la capacité physique du patient, c'est-à-dire, l'endurance, la charge optimale pour le patient, la mobilité et surtout la douleur pour adapter au mieux le traitement ou la préparation sportive.

## **CONCLUSION**

Au terme de ce mémoire, nous constatons que le renforcement musculaire des membres inférieurs avant le début de saison de ski n'a pas d'effet significatif sur les douleurs de genou chez les professeurs de ski travaillant à la saison. Mais il faut souligner que cette étude a été effectuée à une très petite échelle, et elle ne certifie donc pas que ces mêmes résultats seraient obtenus avec une population plus importante.

Néanmoins, cette recherche montre par ses résultats qu'un renforcement musculaire de type excentrique durant six semaines avant la saison augmente la puissance des membres inférieurs et peut être bénéfique à la pratique du ski. En effet, la force musculaire acquise chez nos participants a été maintenue tout au long de la saison, ce qui montre que les six semaines de renforcement musculaire suffisent à obtenir une force nécessaire à la pratique du ski pour des conditions optimales pour chacun.

Malgré le rejet de notre hypothèse de départ, ce travail, nous a permis de montrer le bénéfice de force acquise par le type de renforcement proposé afin d'avoir une force suffisamment stabilisée et utile à la pratique du ski.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Abe, T., Kawakami, Y., Ikegawa, S., Kanehisa, H. & Fukunaga, T. (1992). Isometric and isokinetic knee joint performance in Japanese alpine ski racers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32(4), 353-357
- [2] Arnason, A., Andersen, TE., Holme, I., Engebretsen, L. & Bahr, R. (2007). Prevention of hamstring strains in elite soccer : an intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. [Epub ahead of print]
- [3] Chaory, K. & Poirauveau, S. (2004). Les grilles d'évaluation dans la ligamentoplastie du LCA. *Annales de réadaptation et de médecine physique*, 47, 309-316
- [4] Davidson, TM. & Laliotis, AT. (1996). Alpine skiing injuries. A nine-year study. *Western Journal of Medicine*, 164(4), 310-314
- [5] Eiling, E., Bryant, AL., Petersen, W., Murphy, A. & Hohmann, E. (2006). Effects of menstrual-cycle hormone fluctuations on musculotendinous stiffness and knee joint laxity. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Athroscopy*. [Epub ahead of print]
- [6] Ekeland, A., Holtmoen, A. & Lystad, H. (1993). Lower extremity equipment-related injuries in alpine recreational skiers. *American Journal of Sports Medicine*, 21(2), 201-205
- [7] Ekeland, A. & Vikne, J. (1995). Treatment of acute combined knee instabilities and subsequent sport performance. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Athroscopy*, 3 (3), 180-183
- [8] Ettlinger, CF., Johnson, RJ. & Shealy, JE. (1995). A method to help reduce the risk of serious knee sprains incurred in alpine skiing. *American Journal of Sports Medicine*, 23(5), 531-537
- [9] Finch, CF. & Kelsall, HL. (1998). The effectiveness of ski bindings and their professional adjustment for preventing alpine skiing injuries. *Sports Medicine*, 25(6), 407-416
- [10] Gerber, JP., Marcus, RL., Dibble, LE., Greis, PE., Burks, RT. & Lastayo, PC. (2007). Safety, feasibility and efficacy of negative work exercise via eccentric muscle activity following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 37(1), 10-18
- [11] Gorschewsky, O. (1992). Anterior cruciate lesions and the protective components of ski bindings. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin*, 40(4), 163-167
- [12] Huston, LJ. & Wojtys, EM. (1996). Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 24(4), 427-436.
- [13] Ireland, ML. (1999). Anterior cruciate ligament injury in female athletes: epidemiology. *Journal of Athletic Training*, 34(2), 150-154
- [14] Kaminski, TW., Wabbersen, CV. & Murphy, RM. (1998). Concentric versus enhanced eccentric hamstring strength training: clinical implications. *Journal of Athletic Training*, 33(3), 216-221
- [15] Koehle, MS., Lloyd-Smith, R. & Taunton, JE. (2002). Alpine ski injuries and their prevention. *Sports Medicine*, 32(12), 785 – 793
- [16] LaPrade, RF. & Burnett, QM 2nd. (1994). Femoral intercondylar notch stenosis and correlation to anterior cruciate ligament injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 22(2), 198-202
- [17] MacLean, CL., Taunton, JE., Clement, DB., Regan, WE. & Stanish, WD. (1999). Eccentric kinetic chain exercise as a conservative means of functionally rehabilitating chronic isolated insufficiency of the posterior cruciate ligament. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 9(3), 142-150



- [18] Maes, R., Andrianne, Y. & Rémy, P. (2002). Increasing incidence of knee ligament injuries in Alpine skiing : epidemiology and etiopathogenique hypotheses. *Revue Médicale Bruxelles*, 23(2), 87-91
- [19] Matter, P. & Ziegler, WJ. (1987). The ski accident in the last 15 years. Correlations with equipment. *Zeitschrift für Sportverletzungen/Sportschaden*, 1(4), 157-160
- [20] Natri, A., Beynnon, BD., Ettlinger, CF., Johnson, RJ. & Shealy, JE. (1999). Alpine ski bindings and injuries. Current findings. *Sports Medicine*, 28(1), 35-48
- [21] Neumayr, G., Hoertnagl, H., Pfister, R., Koller, A., Eibl, G. & Raas, E. (2003). Physical and physiological factors associated with success in professional alpine skiing. *International Journal of Sports Medicine*, 24(8), 571-575
- [22] Paddon-Jones, D., Sheffield-Moore, M., Cree, MG., Hewlings, SJ., Aarsland, A., Wolfe, RR. & Ferrando, AA. (2006). Atrophy and impaired muscle protein synthesis during prolonged inactivity and stress. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 91(12), 4836-4841
- [23] Perrin, D. H. (1999). *The injured athlete* (3ème édition). Philadelphia: Lippincott – Raven Publishers. (pp. 370-373)
- [24] Peterson, L. & Renström, P. (2002). *Verletzungen im Sport: Prävention und Behandlung* (3ème édition, revue et complétée). Köln : Deutscher Ärzte-Verlag
- [25] Pressman, A. & Johnson, DH. (2003). A review of ski injuries resulting in combined injury to the anterior cruciate ligament and medial collateral ligaments. *Arthroscopy*, 19(2), 194-202
- [26] Purdam, CR., Jonsson, P., Aflredson, H., Lorentzon, R., Cook, JL. & Khan, KM. (2004). A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar tendinopathy. *British Journal of Sports Medecine*, 38(4), 395-397
- [27] Spring, H., Dvorak, J., Dvorak, V., Schneider, W., Tritschler, T. & Villiger, B. (2005) *Theorie und Praxis der Trainingstherapie* (2ème edition, non complétée). Stuttgart: Thieme-Verlag, p 51
- [28] Stevenson, H., Webster, J., Johnson, R. & Beynnon, B. (1998). Gender differences in knee injury epidemiology among competitive alpine ski racers. *Iowa Orthopaedic Journal*, 18, 64-66
- [29] Tesch, PA. (1995). Aspects on muscle properties and use in competitive Alpine skiing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(3), 310-314
- [30] Viola, RW., Steadman, JR., Mair, SD., Briggs, KK. & Sterett, WI. (1999). Anterior cruciate ligament injury incidence among male and female professional alpine skiers. *American Journal of Sports Medicine*, 27(6), 792-795.
- [31] Wentorf, FA., Sudoh, K., Moses, C., Arendt, EA. & Carlson, CS. (2006). The effects of estrogen on material and mechanical properties of the intra- and extra-articular knee structures. *American Journal of Sports Medicine*. [Epub ahead of print]
- [32] Wojtys, EM., Wylie, BB. & Huston, LJ. (1996). The effects of muscle fatigue on neuromuscular function and anterior tibial translation in healthy knees. *American Journal of Sports Medicine*, 24(5), 615-621
- [33] Zazulak, BT., Paterno, M., Myer, GD., Romani, WA. & Hewett, TE. (2006) The effects of the menstrual cycle on anterior knee laxity: a systemtatic review. *Sports Medecine*, 36(10), 847 - 862
- [34] Ziegler, WJ. & Matter, P. (1993). Alpine skiing--accident--and equipment studies. *Zeitschrift für Unfallchirurgie und Versicherungsmedizin, Supplément 1*, 68-81
- [35] Zucco, P. (1994). Effect of equipment on current ski injuries, their development in the last 20 years and their prevention. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, (1), 8-12

# Annexe A

## Tableau 1

SAMMELSTELLE FÜR DIE STATISTIK DER UNFALLVERSICHERUNG UVG (SSUV)  
SERVICE DE CENTRALISATION DES STATISTIQUES DE L'ASSURANCE-ACCIDENTS LAA (SSAA)  
SERVIZIO CENTRALE DELLE STATISTICHE DELL'ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI LAINF (SSAINF)

SSUV - INSGESAMT (enthält die Angaben aller UVG-Versicherer)

### Berufsunfälle nach ausgewähltem Beruf 2005

Beruf	Häufigkeit	Prozent	Kumulative Häufigkeit	Kumulativer Prozentwert
Instructeur de ski	1	0.3	1	0.3
Moniteur de ski	92	22.8	93	23.1
Moniteur de snowboard	16	4.0	109	27.1
Monitrice de ski	8	2.0	117	29.0
Professeur de ski	12	3.0	129	32.0
Professeure de ski	1	0.3	130	32.3
Responsable d'école de ski	1	0.3	131	32.5
SKIINSTRUKTOR	1	0.3	132	32.8
SKILEHRER	18	4.5	150	37.2
SNOWBOARDLEHRER	4	1.0	154	38.2
Skiinstruktor	1	0.3	155	38.5
Skilehrer	136	33.8	291	72.2
Skilehrerin	67	16.6	358	88.8
Skischulleiter	4	1.0	362	89.8
Skischulleiterin	1	0.3	363	90.1
Snowboardlehrer	26	6.5	389	96.5
Snowboardlehrer / Snowboardlehrerin	1	0.3	390	96.8
Snowboardlehrerin	13	3.2	403	100.0

Quelle: FIS12/GA01, Ergebnisse aus dem Versicherungsbetrieb der UVG-Versicherer

Luzern, 04.08.2006 SSUV/gut

Tableau 2

SSAA-Globalement (contient les données de tous les assureurs LAA)

Accidents de ski alpin par région du corps blessée et genre de blessure, AANP et AAC en 2004

Estimation sur la base des résultats de l'échantillon et recensement complet

Genre de blessure <sup>1</sup>	Valeur absolue											Total	
	Fractures	Déchirures du ménisque	Luxations	Entorses, foulures, déchirures de tendons	Lésions intra-crâniennes, nerveuses, internes, médullaires	Plaies ouvertes	Traumatismes superficiels	Contusions, écrasements	Brûlures, substances chimiques	Intoxications, effets toxiques, piqûres d'insectes	Pénétration de corps étrangers		Complications et séquelles de traumatismes
Région du corps blessée <sup>1</sup>													
Crâne, cerveau	-	-	-	-	341	-	-	-	-	-	-	-	341
Visage, os du visage, nez, oreilles	60	-	-	20	-	920	-	-	-	-	-	-	1 000
Yeux, paupières, amplexes de l'œil	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	20
Cou, autres parties de la tête ou non précisées	-	-	-	-	-	40	20	340	-	-	-	60	460
Rachis	100	-	-	1 580	-	-	-	-	-	-	-	-	1 680
Tronc, dos et postérieur	440	-	-	-	61	-	-	1 840	-	-	-	220	2 561
Epaule, bras	960	-	540	1 440	-	20	-	1 320	-	-	-	300	4 560
Avant-bras, coude	280	-	20	120	-	-	-	220	-	-	-	-	640
Poignet, main, doigts	280	-	60	1 440	-	20	20	260	-	-	-	220	2 300
Extrémités supérieures, parties non attribuables	-	-	-	1	20	-	40	-	-	-	-	41	102
Hanche	21	-	-	400	-	-	-	120	-	-	-	-	541
Cuisse	20	-	-	-	-	-	-	120	-	-	-	-	140
Genou, rotule	-	981	40	2 560	-	-	-	820	-	-	-	-	4 421
Jambe, cheville	620	-	-	300	-	-	-	260	-	-	-	-	1 180
Pieds, orteils	40	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	-	120
Extrémités inférieures, parties non attribuables	-	-	-	3 601	-	140	-	20	-	-	-	420	4 181
Autres et parties multiples non précisées	20	-	-	60	-	-	-	40	-	-	-	102	222
Tout le corps (effets systémiques)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	20
Total	2 841	981	660	11 542	422	1 140	80	5 460	-	-	-	1 363	24 509
%-Anteil	11,6%	4,0%	2,7%	47,1%	1,7%	4,7%	0,3%	22,3%	0,0%	0,0%	0,0%	5,6%	100,0%

<sup>1</sup> Le genre de blessure et la région du corps blessée sont dérivés du diagnostic principal selon Baret et alii. Si un cas présente plusieurs lésions, est considérée comme diagnostic principal (codé selon CIM-9) la lésion pour laquelle ont été observés, sur la moyenne des cas présentant le même diagnostic dans cette année d'enregistrement, le même diagnostic dans cette année d'enregistrement, les frais de traitement les plus élevés.

Source: statistique spéciale LAA

Lucerne, 08.08.2006 SSAA/qlua

## **Annexe B**

Sébastien Manise et  
Florence Muller  
Etudiants HEVs en physiothérapie  
Loèche-les-Bains

St-Saphorin le 1 septembre 2006

Professeurs des écoles de ski de Crans-Montana  
et Villars

### **Etude sur les douleurs de genou**

Madame, Monsieur,

Actuellement étudiants en quatrième année à l'école de physiothérapie de Loèche-les-Bains, nous sommes occasionnellement enseignants à l'école suisse de ski de Montana et de Villars pendant les périodes de haute saison.

Nous préparons actuellement notre travail de mémoire et cherchons des volontaires pour participer à cette étude. Le thème de ce mémoire est le suivant : « L'effet d'un programme musculaire sur les douleurs de genou chez les professeurs de ski travaillant à la saison. »

L'objet de cette recherche porte sur les douleurs de genou et leurs éventuels liens avec la force. Nous avons choisi ce sujet car il apparaît fréquemment chez les skieurs d'avoir des douleurs à ce niveau. Nous nous sentons concernés par ce problème en tant que skieurs et sujets potentiels à ces douleurs dans les temps à venir. De plus, par notre future profession, nous serons amenés à traiter des skieurs souffrant du genou. C'est pour ces raisons qu'il nous paraît important de trouver un moyen pour réduire ces douleurs.

Nous sélectionnons une population de professeurs de ski travaillant uniquement à la saison pour faire cette étude. Ces derniers étant constamment sur leurs skis et donc potentiellement plus sujets aux microtraumatismes, par conséquent aux douleurs éventuelles du genou.

L'étude se déroulera de la manière suivante : dans un premier temps, nous recrutons des volontaires par le biais de cette lettre à laquelle nous joignons un questionnaire à remplir afin de mieux orienter notre étude. Une fois les personnes sélectionnées, nous les rencontrons une première fois le 27 ou 28 octobre pour les professeurs de Villars, et le 3 ou 4 novembre pour les professeurs de Crans-Montana, pour un enseignement des exercices de renforcement, une première évaluation des paramètres de chacun (douleurs, force...), ainsi que des informations concernant le suivi de l'évolution ces paramètres. L'évaluation de ces paramètres se fera par un questionnement sur le type de douleur et une évaluation de la force à l'aide d'un appareil appelé « Myotest ».

Le suivi se fera au moyen d'un calendrier que chaque participant devra remplir de manière rapide pendant la durée du programme de renforcement qui durera six semaines. Les exercices seront simples et le calendrier facile à remplir afin que ce programme ne soit pas trop contraignant.

Après ce délai, à la mi-décembre, le 8 décembre pour les professeurs de Villars et le 15 ou 16 pour les professeurs de Crans-Montana, nous rencontrerons à nouveau les participants pour une nouvelle évaluation des paramètres et un premier bilan. Puis nous laisserons passer la saison et nous les retrouverons pour la dernière évaluation en fin de celle-ci, à la fin du mois d'avril. Enfin, nous analyserons les données et établirons un bilan final de cette recherche.

Les risques et inconforts de cette étude sont d'éventuelles douleurs musculaires (courbatures) en début de programme. Celles-ci sont les signes d'un effort physique auquel le corps doit s'adapter. Elles sont certes inconfortables, mais n'ont pas d'effets néfastes majeurs sur l'organisme. Il n'existe pas d'autres risques importants à effectuer ce programme.

Les bénéfices attendus potentiellement par ce programme sont une augmentation de la force musculaire chez la majeure partie des individus ainsi qu'une diminution des douleurs du genou. Dans la mesure où ce programme s'avère effectif, il nous permettra de faire de la prévention auprès des personnes pratiquant le ski afin d'éviter, par anticipation, d'éventuelles douleurs au genou ainsi que de réduire les lésions (microtraumatismes) à ce niveau. Dans un domaine plus politique, cette étude pourrait amener à contribuer à la diminution des coûts de la santé toujours grâce à la prévention.

En ce qui concerne la confidentialité, il est évident que toutes données concernant les participants à l'étude seront conservées dans l'anonymat. Seules les deux personnes rédactrices de l'étude (Sébastien Manise et Florence Muller) auront accès aux données personnelles de chacun. Il n'y aura que les résultats relatifs à l'étude qui seront exposés et cela de manière anonyme !

Pour chaque participant, nous nous mettons à disposition pour toutes questions ou complément d'information dès maintenant et jusqu'à la fin de l'étude. Vous pouvez nous joindre à tout moment pour un entretien personnel aux coordonnées suivantes :

Pour les professeurs de Crans-Montana :

Sébastien Manise  
Ch. Fontanetta 24  
3971 Ollon (VS)  
076/509.43.76 ou 027/458.33.64  
sebastienmanise@netplus.ch

Pour les professeurs de Villars :

Florence Muller  
La Mouette  
1071 St-Saphorin (Lavaux)  
078/608.59.82  
florence\_muller@bluewin.ch

Toute personne s'étant dans un premier temps annoncée comme participant à l'étude peut, à tout moment, se désister sans que cela lui porte quelque préjudice. Nous espérons, néanmoins, que les personnes qui s'engagent prennent au sérieux cette étude et qu'elles y portent considération. Attention, la réponse concernant participation au projet devra être rendue le 22 septembre au plus tard.

Pour des raisons de normalisation de la procédure de recrutement, nous devons demander aux participants une confirmation concernant leur participation à l'étude lors de notre première rencontre. Cela devra se faire au moyen d'un document signé du participant et des deux auteurs de l'étude.

Si vous êtes intéressé par l'étude, que vous souffrez de douleur de genou quelles qu'elles soient et que vous souhaitez y participer ou si vous désirez de plus amples informations à ce sujet, n'hésitez pas à nous contacter à l'une des deux adresses ci-dessus.

Nous espérons que cette recherche vous intéresse et nous tenons à souligner que le nombre de personnes participant à ce travail aura une grande influence sur les résultats de notre étude. C'est pourquoi nous attendons votre candidature avec impatience.

Dans le cas d'accord de votre part, vous pouvez déjà remplir le questionnaire ci-joint (qui nous permettra de mieux organiser notre travail) et nous le faire parvenir soit par courrier, soit par e-mail, selon le type de document que votre école de ski vous aura transmis. N'oubliez pas que le délai d'inscription à l'étude est fixé au 22 septembre prochain.

Nous vous remercions de l'attention portée à ces lignes et nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, nos meilleures salutations.

Sébastien  
Manise

Florence  
Muller

Annexes mentionnées

# Annexe C

## Questionnaire / Inscription à l'étude

Nom et Prénom : _____	Date de naissance : _____
Ecole de ski : _____	Sexe : M / F
Tél. privé : _____	Natel : _____
E-mail : _____	

Ressentez-vous des douleurs au genou lorsque vous skiez ? *Ces douleurs peuvent survenir seulement en début ou pendant toute la saison. Leurs origines peuvent être connues comme inconnues. Elles peuvent apparaître et disparaître aussitôt, pendant un virage, à la réception d'un saut, etc. Tous les cas de figures sont envisageables. Si oui, essayez de décrire ces douleurs de votre mieux et avec le plus de détails possibles : où sur le genou, quand (virage, saut, en ski libre, pendant enseignement...), quand dans la journée/nuit, dans quel type de neige, quand ça disparaît...*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Souffrez-vous d'autres problèmes, maladies ou avez-vous été opéré(e) ?     Oui     Non  
(Si oui, lesquelles ?)

---

---

---

---

---

Que faites-vous comme activité(s) durant l'été (sports, activités professionnelles...)

---

---

---

Pratiquez-vous régulièrement un ou des sports en dehors du ski ?  Oui  Non  
(Si oui, lesquels ?)

---

---

---

Exercez-vous une autre activité rémunérée durant la saison d'hiver ?  Oui  Non  
(Si oui, laquelle ?)

---

---

---

Acceptez-vous de participer à la suite de cette étude comme elle est décrite dans la lettre de présentation ?

Oui  Non

Lieu/date : \_\_\_\_\_

Signature :

# **Annexe D**

## **Etude de fiabilité du Myotest et de la plateforme Kistler**

### **Introduction**

La mesure de la force est un souvent un élément important dans l'évaluation de sportifs de haut niveau visant la performance pour optimiser le gain de puissance musculaire ou alors chez des patients en rééducation pour objectiver leur évolution dans la thérapie. Les instruments de mesure de ces variable sont divers et variés sur le marché. Un appareil parmi eux a attiré notre attention pour sa simplicité d'emploi et sa facilité de transport : Le Myotest. Il s'agit d'un appareil de mesure accélérométrique fabriqué par la firme Acceltec développé pour les milieux sportifs et médicaux qui permet une analyse pertinente de l'activité musculaire dynamique lors de mouvements en chaîne ouverte ou fermée.

Comme peu d'études ont été publiée sur la fiabilité de cette machine, il nous a été proposé de la comparer avec une plateforme Kistler lors de plusieurs sauts de type pliométriques (Counter Movment Jump).

### **Méthodologie**

#### Protocole d'intervention

La plateforme utilisée se trouvait au centre Swiss Olympic de Loèche-les-bains. Trois participants ont effectué une série de dix sauts chacun. Ils sautaient sur la plateforme Kistler tout en étant muni de la ceinture Myotest et du capteur accélérométrique. Les mesures étaient ainsi prises simultanément avec les deux appareils lors d'un même saut.

Lors de l'analyse de ces premières données, nous avons obtenu un coefficient de corrélation interclasse étrangement mauvais (ICC). Nous nous sommes alors rendu compte que le positionnement du capteur sur la ceinture n'était pas adéquat et ne suivait pas entièrement le protocole proposé par le fabricant (Acceltec). Ceci nous a donc poussé de refaire une série de sauts comparatifs entre le Myotest et la plateforme Kistler et modifiant la position du capteur accélérométrique.

La deuxième soirée test était composée cette fois-ci de cinq participants. Comme auparavant, ils devaient effectuer un série de dix sauts chacun sur la plateforme en étant muni du capteur accélérométrique. La position de ce dernier était par contre plus basse que lors de la première soirée de tests et donc beaucoup mieux centrée sur le grand trochanter. Les séries de sauts étaient d'ailleurs filmées par une caméra qui a permis une analyse visuelle par vidéo de l'inclinaison du



capteur. L'appareil était placé à 2 m à la gauche du sujet placée plus au moins à la hauteur de la mi-cuisse des participants.

### Population

Pour la première soirée, les participants étaient composés de deux élèves de l'école de physiothérapie de Loèche-les-bains, une femme et un homme âgé de 24 et 23 ans respectivement, ainsi qu'un de leur enseignant de 36 ans. Ils pratiquent tous régulièrement une activité physique à raison de deux à trois séances d'entraînement par semaine.

Lors de la deuxième soirée, les trois mêmes participants ont effectué les séries de sauts. Deux élèves de l'école de physiothérapie se sont joints à l'échantillon. Il s'agit de deux personnes de sexe féminin, âgées toutes les deux de 22 ans. Elles exercent également une activité physique régulière.

### Méthode d'analyse

Les valeurs concernant les variables de puissance, de force concentrique et de vitesse ont été relevées pour chaque appareil et pour chaque même saut. Un logiciel de statistique a permis de calculer les différences entre chaque valeur et de calculer le coefficient de corrélation interclasse.

Pour ce qui est de l'analyse vidéo, nous avons analysé la différence d'angle entre la position

### **Résultats**

Lors de la première soirée de test (Table 1), le Myotest montre une différence moyenne était de 449.615 W au niveau de la puissance avec un intervalle de différence compris entre -494.896 et 1394.127. Le coefficient de corrélation interclasse (ICC), pour cette variable, est de 0.768. Pour la force, la moyenne de différence s'élève à 83.288 N, l'intervalle de différence s'étend de -279.942 à 446.517 et l'ICC montre une corrélation à 0.266. En ce qui concerne la vitesse, la différence moyenne est de -0.019 m/s avec des valeurs comprises entre -0.527 et 0.489. L'ICC, quant à lui, est de 0.688.

Lors de la deuxième session de tests (Table 2), la moyenne des différences de puissance s'élève cette fois à 743.036 W avec un intervalle de différence allant de -620.764 à 2106.836 et avec un ICC à 0.740. La force affiche cette fois-ci une moyenne négative de -144.141 N. Les valeurs de différence s'échelonnent dans un intervalle de -542.826 à 254.545 avec un ICC à 0.737. Enfin, la vitesse chiffre une différence moyenne de 0.154 m/s avec un intervalle compris entre -0.346 et 0.654. L'ICC est à 0.744.

Grossièrement, en analysant les données complètes, nous pouvons remarquer que les valeurs de force et de vitesse sont, en général, 13% plus élevées et celles de puissance 33% plus élevées qu'avec le Kistler lors de la deuxième session de sauts.

En ce qui concerne l'analyse vidéo, il est difficile d'avoir une vision précise du capteur le long du trajet de la prise d'élan. A l'œil nu lors des séances, nous avons l'impression de voir une infime rotation du capteur. Sur la vidéo, nous pouvons, en revanche, observer que la ceinture est encore un peu trop haute chez deux sujets filmés sur trois. Chez le participant avec la meilleure position du capteur, l'inclinaison varie de 4 à 10°. Chez les deux autres personnes, il s'incline de 15 à 20° vers l'avant.

<b>Table 1</b>		
<b>Puissance (en Watt)</b>		
Moy différence	Intervalle diff.	ICC
449.615	-494.896 à 1394.127	0.765
<b>Force (en Newton)</b>		
Moy différence	Intervalle diff.	ICC
83.288	-279.942 à 446.517	0.266
<b>Vitesse (en m/s)</b>		
Moy différence	Intervalle diff.	ICC
-0.019	-0.527 à 0.489	0.688

<b>Table 2</b>		
<b>Puissance (en Watt)</b>		
Moy différence	Intervalle diff.	ICC
743.036	-620.764 à 2106.836	0.74
<b>Force (en Newton)</b>		
Moy différence	Intervalle diff.	ICC
-144.141	-542.826 à 254.545	0.737
<b>Vitesse (en m/s)</b>		
Moy différence	Intervalle diff.	ICC
0.154	-0.346 à 0.654	0.744

## Discussion

D'une manière générale, nous pouvons remarquer que les moyennes des différences sont plus élevées dans la première session qu'à la deuxième. Cela est peut-être dû au nombre de participants un peu plus élevé à la seconde rencontre. Comme plus de sauts ont été effectués, cela peut augmenter de manière non négligeable ces moyennes de différences. Parallèlement, on peut se rendre compte également que les intervalles dans lesquelles sont comprises les différentes valeurs augmentent également, certainement pour la même raison d'augmentation de la population de l'échantillon.

Nous pouvons remarquer que la puissance et la force montre une corrélation très correcte avec une ceinture placée un peu plus haut que le grand trochanter (première session). L'ICC de la puissance est même légèrement meilleur lors des premiers tests. En revanche, la force montre une corrélation tout à fait déplorable lorsque le capteur est mal positionné.

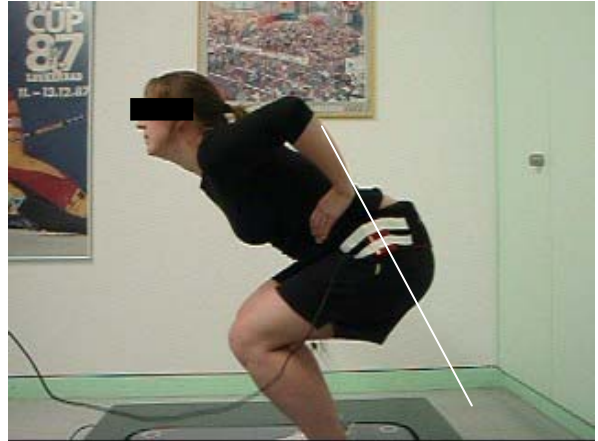


Figure 4 – Exemple de capteur positionné trop haut

Lors de la deuxième session, on peut remarquer agréablement que les trois variables de puissance, force et vitesse ont une bonne corrélation avec le Kistler. Cette fois-ci, la hauteur du capteur a été observée avec plus d'attention et cela a semblé être bénéfique sur la qualité de la corrélation entre les deux instruments de mesure. Cette amélioration peut simplement se comprendre. En effet, par définition, ce capteur mesure les accélérations subies lors du mouvement. Or une inclinaison de quelques degrés même sans mouvement change la valeur d'accélération affichée et donc fausse les résultats qui



Figure 5 – Exemple de ceinture correctement positionnée. Le capteur reste vertical

seront transmis à l'ordinateur. Ainsi, le capteur fonctionne très bien sur des machines de fitness étant donné qu'il se pose sur les plaques de poids et que leur mouvement est parfaitement guidé verticalement. Les accélérations mesurées sont donc purement celles des plaques et aucun artefact n'est possible. En revanche, lorsque le capteur est fixé sur le sujet à l'aide de la ceinture, celui-ci peut subir des inclinaisons dues aux mouvements du dos au moment de l'impulsion et de l'atterrissage. Ainsi, il est très important d'observer la hauteur à laquelle est fixée le capteur. En effet, lorsque celui-ci est trop haut, il va suivre le mouvement du dos et effectuer une légère rotation

vers l'avant (Fig. 1). L'expérience a montré que le seul point qui ne subissait aucune influence de la position du dos lors du mouvement de saut est le grand trochanter. Plus le capteur est éloigné de ce point, plus les résultats ont une chance d'être faussés. Par contre, en s'en rapprochant, les résultats deviennent meilleurs (Fig. 2). Rappelons enfin que deux sujets sur les trois qui ont été filmés présente un capteur encore un peu haut et que les résultats peuvent très bien être encore améliorés en prêtant encore un peu plus d'attention à ce détail.

En revanche, en observant les illustrations graphiques et en analysant un peu mieux celles-ci, il semblerait que les différences deviennent de plus en plus importantes au fur et à mesure que les valeurs de force, de vitesse et surtout de puissances deviennent élevées. Autrement dit, plus le sujet est puissant, plus la différence de valeur par rapport au Kistler est importante. Cette constatation ne guère en faveur de l'évaluation de la performance de sportifs étant donné qu'ils développent généralement une puissance musculaire assez élevée. La raison de l'augmentation de l'imprécision de mesure est pour l'instant inconnue.

Par contre, en reprenant les données des études réalisées par Acceltec, nous pouvons remarquer que les différences au niveau de la force sont en moyenne moins élevées dans cette étude. En effet, Acceltec avait trouvé une moyenne de différence de 20% lors d'une étude menée en mai 2005 comparant le Myotest avec une plateforme Kistler et un autre système de mesure accélérométrique : le Physilog. En effet, le Myotest affichait une erreur systématique et reproductible avec des valeurs de force concentrique supérieure à celles du Kistler. Même si notre étude montre une majoration de 12% de la force concentrique, il est, cependant, difficile de comparer ces deux études car le manque de données concernant cette étude d'Acceltec ne permet pas de juger les similitudes et les différences avec notre mini étude. En revanche, il est possible de noter que l'échantillon n'est pas identique étant donné que notre étude comporte trois et cinq sujets alors que l'autre étude ne contient qu'un seul sujet.

## **Conclusions**

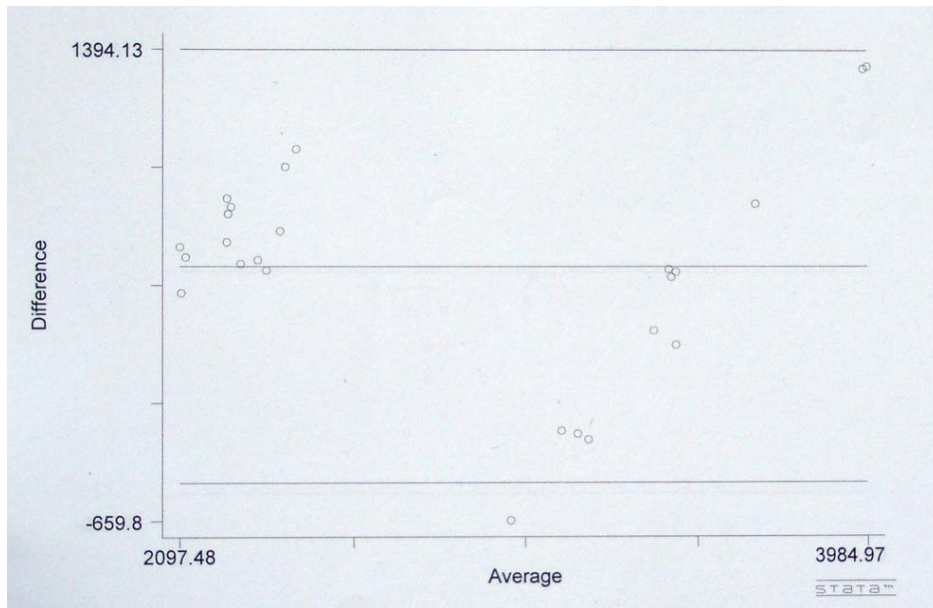
Lors de notre étude de validation du Myotest avec une plateforme Kistler, nous avons pu remarquer que la hauteur de la ceinture et, par conséquent, la position du capteur par rapport au grand trochanter, joue un rôle primordial sur la qualité de la corrélation des deux instruments de mesure. Nous pouvons, en effet, juger cette corrélation comme bonne dans le cadre de sauts libres tels que sont les counter movement jumps. En revanche, il est à noter que les différences entre les valeurs de puissance, de force concentrique et de vitesse augmentent de plus en plus au fur et à mesure que la puissance développée lors de sauts devient haute. Cela signifie que l'appareil est moins précis avec

des athlètes qui développent beaucoup de puissance lors de sauts libres que ceux tester dans cette étude. Une investigation plus particulière de ce phénomène est nécessaire par le fabricant pour en découvrir la raison.

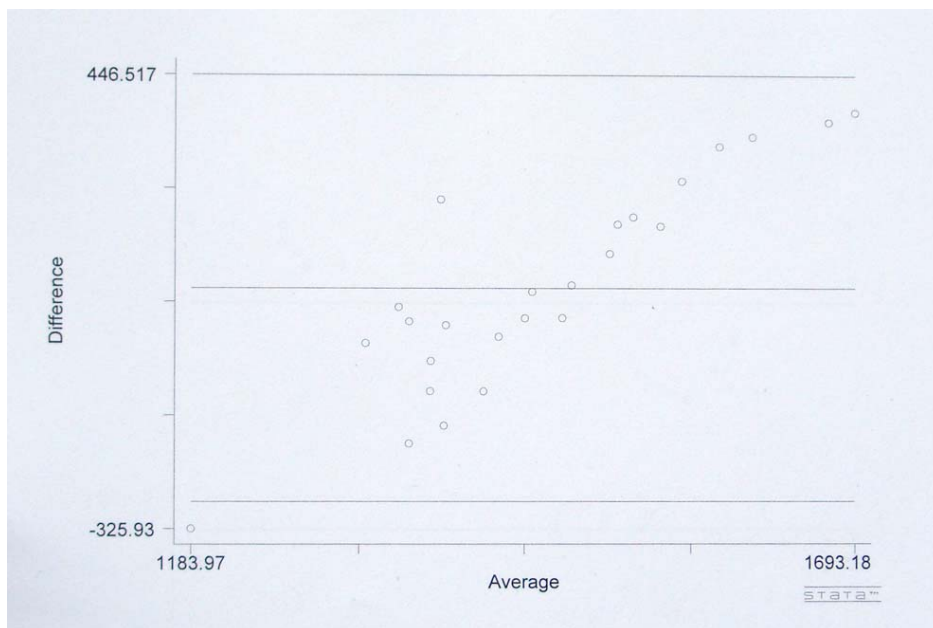
## Résultats graphiques des différences de valeurs entre le Myotest et le Kistler

### Résultats lors de la première séance

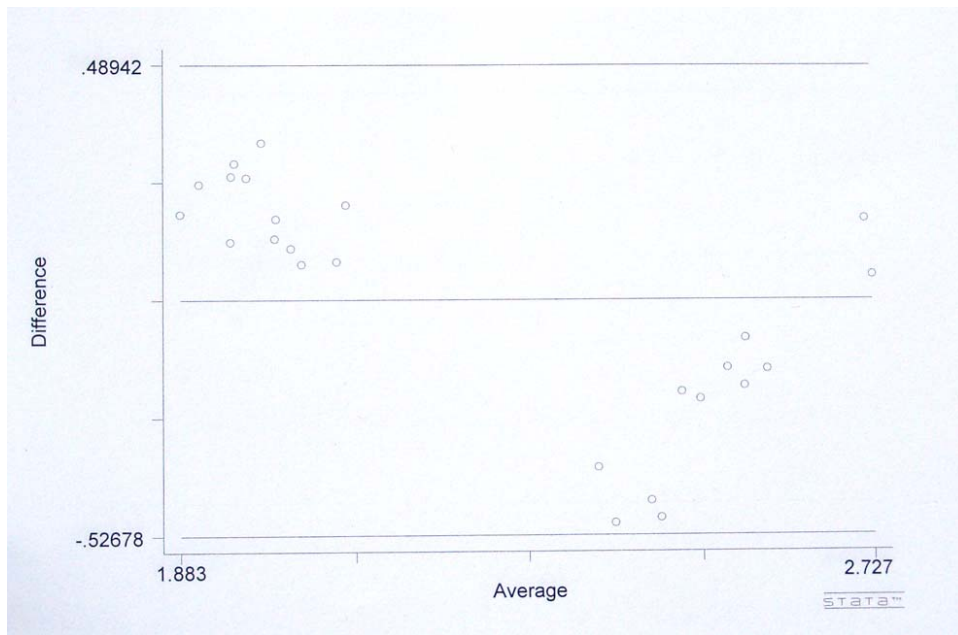
#### *Puissance*



#### *Force*

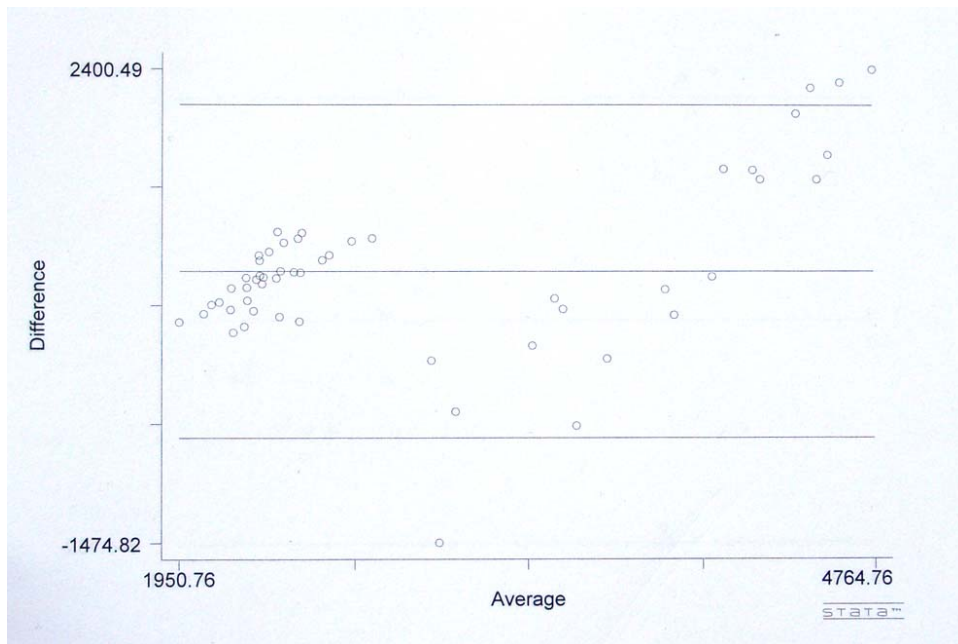


*Vitesse*

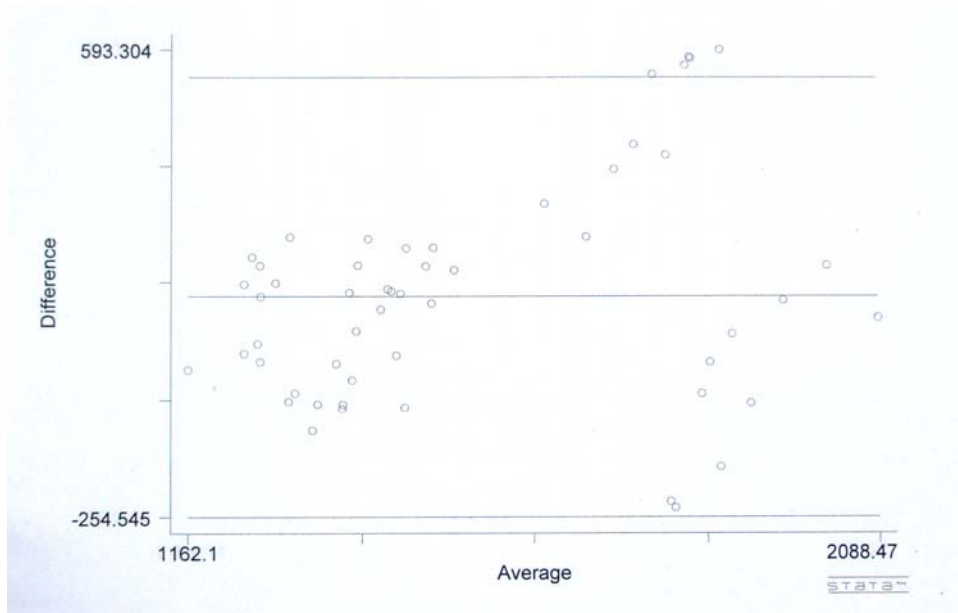


Résultats lors de la deuxième séance

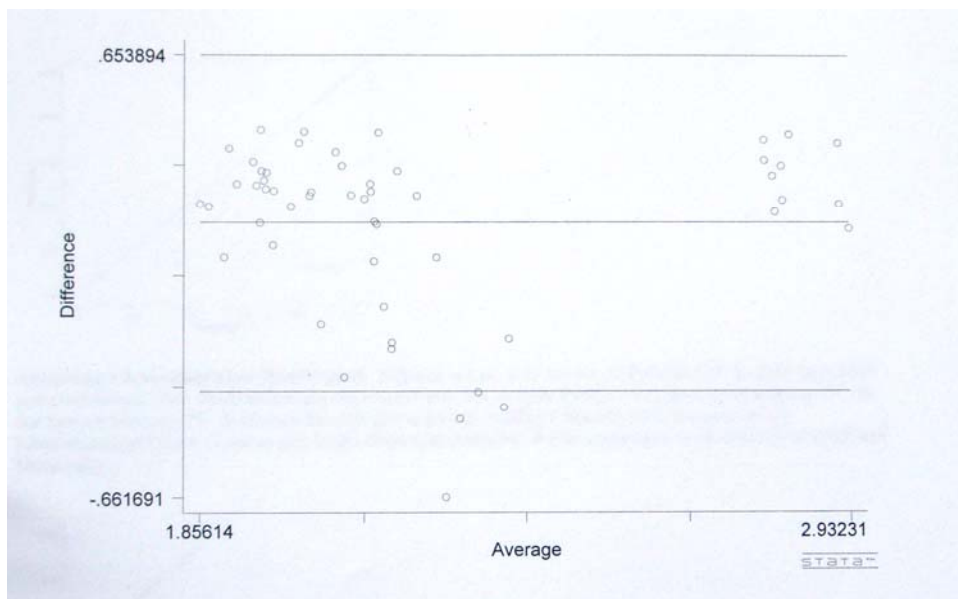
*Puissance*




*Force*



*Vitesse*



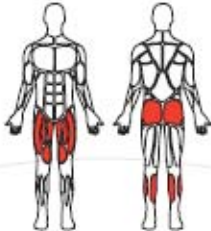
## Annexe E




**myotest**

**PUISSANCE**  
**FORCE**  
**VITESSE**

- Sports collectifs
- Sports de raquette
- Athlétisme
- Gymnastique
- Ski alpin



# PLIOMÉTRIE



**RÉACTIVITÉ DES MEMBRES INFÉRIEURS**  
**VALEURS PRINCIPALES: VITESSE**

## Objectifs du test

Mesurer les qualités contractiles des muscles des membres inférieurs (réactivité, raideur musculaire, coordination intermusculaire), soit l'efficacité du muscle lors d'un cycle étirement-contraction.

Déterminer la progression des qualités de raideur musculotendineuses et de vitesse de contraction musculaire, facteurs d'amélioration de la puissance.

**Temps nécessaire:** 5 min.










**Matériel nécessaire:** Surface plane en sol dur (béton idéal). Chaussures à semelles dures

**SPORT AND MEDICAL**  
swiss measuring system

PLIOMÉTRIE



## CHECKLIST

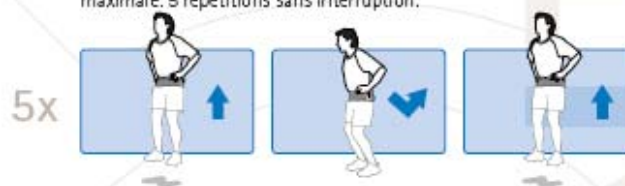
- 1  Presser la touche «MEASURE» du Myotest. La fenêtre «MEASURE – MYOTEST READY» apparaît. (S'assurer d'avoir effectué au préalable les réglages de l'appareil pour le test, voir «préparation du test - Myotest et capteur», p.2).
- 2  L'entraîneur dit: «EN POSITION DE DÉPART, REGARD DROIT DEVANT», l'athlète se met en position de départ et fixe son regard sur le point convenu.
- 3  L'entraîneur vérifie que le capteur indique bien une valeur entre [g] 0.00 et [g] -0.02. Si ce n'est pas le cas, ajuster l'inclinaison du capteur à la main afin qu'il soit parfaitement vertical.
- 4  L'entraîneur vérifie que l'athlète est en position de départ correcte, puis dit: «PRET?» et attend la quittance de l'athlète: «PRET!»
- 5  L'entraîneur presse «ENTER» pour démarrer la mesure, et attend 2 secondes d'immobilisation de l'athlète en position de départ.
- 6  L'entraîneur dit «GO».
- 7  L'athlète saute et fait 5 impacts au sol le plus court possible avec la plus grande hauteur de saut possible.
- 8  Après 5 sauts, l'entraîneur dit: «STOP». L'athlète revient en position de départ.
- 9  L'entraîneur attend 2 secondes d'immobilité de l'athlète et presse «ENTER» pour stopper la mesure et signale la fin du test à l'athlète.
- 10  À la fin de la mesure, l'écran indique «SAVING DATA», puis affiche le résultat sous forme de graphique. Contrôler la mesure en déplaçant le graphique à l'aide des flèches du Myotest, et contrôler qu'il y a bien une ligne horizontale au début et à la fin du test, signe que l'athlète a respecté les périodes d'immobilité.
- 11  Si le test est correct, appuyer sur «ENTER» pour sauver. Si ce n'est pas le cas appuyer sur «CLEAR» pour supprimer le test. L'appareil revient au menu principal. Attendre un minimum de 3 minutes de pause de l'athlète avant de répéter le test le cas échéant.

## Le test doit être annulé et répété si:

- Les mains perdent le contact avec les hanches.
- L'athlète perd l'équilibre à la réception d'un saut.
- L'exécution du mouvement n'a pas été correcte.
- La flexion des genoux est trop importante.

## DESCRIPTION DU MOUVEMENT

Départ debout, les deux pieds au sol, mains sur les hanches et regard droit devant, se propulser en hauteur en prenant élan sur les genoux, puis rebondir 5 fois le plus haut possible sur la plante des pieds en gardant le corps raide, comme sur un trampoline (saut en pieds). Le temps de contact au sol doit être minimal et effectué avec toute la plante des pieds (les talons doivent toucher le sol), avec une flexion minimale des genoux (env. 140°). Chercher à atteindre la hauteur maximale. 5 répétitions sans interruption.



Les informations obtenues par ce test permettent d'évaluer la progression des qualités contractiles des muscles inférieurs (réactivité, raideur musculaire, coordination intermusculaire). Autrement dit de l'efficacité du muscle lors d'une propulsion précédée d'un étirement.

Les actions les plus courantes sont la plupart du temps pliométriques. La course à pied (impacts courts au sol), les sports collectifs (inversion de direction) illustrent très bien cette action puisqu'on retrouve dans ces mouvements les 2 phases (excentrique-concentrique) à chaque impact au sol. Il est dès lors clair que l'amélioration de ce type de mouvement a une influence sur la performance musculaire.

### Prérequis

Le sujet doit impérativement avoir une musculature générale lui permettant de supporter les contraintes du test. Il doit également être au bénéfice d'une bonne santé dorsale.

Si ces deux points ne sont pas respectés, il est fortement recommandé de préparer le sujet avant de faire ce test. Un bon échauffement est indispensable.

### Matériel

- Surface plane en sol dur (béton idéal).
- Les chaussures utilisées par l'athlète doivent être munies de semelles dures et toujours les mêmes d'un test à l'autre.

## PRÉPARATION DU TEST

### Myotest et capteur

Le Myotest doit avoir été configuré avant son utilisation, voir p. 6 à 12 du mode d'emploi du Myotest.

- Fixer le capteur à la hanche de l'athlète au moyen de la ceinture Myotest. Celle-ci doit être placée autour du bassin, en dessous des reins, comme indiqué sur l'illustration



- Le capteur est fixé à la ceinture par la bande velcro précisément entre l'os de la crête iliaque (os supérieur du bassin) et le col du fémur.
- Le capteur doit être parfaitement droit et vertical, le câble positionné vers le haut lorsque l'athlète se tient debout immobile.

EDIT  
CLEAR

Myotest: presser «EDIT» afin de modifier les paramètres pour le test qui va suivre:

USER ID	Entrer un n° d'identification pour l'athlète.
LOAD	Entrer le poids de l'athlète en kg.
ANGLE	Si un goniomètre est utilisé, choisir l'angle d'inclinaison à laquelle il doit biper.
MEASURE TYPE	Choisir le type de test, ici «JUMP», à l'aide de la touche 1.
DURATION	Durée conseillée: 12" (fréquence d'échantillonnage à 500Hz, soit 2ms - configuration: choisir «SETUP3) Sampling rate», voir mode d'emploi p. 9).

ENTER

Myotest: presser «ENTER» pour valider chaque paramètre.

- Contrôler que le capteur soit droit et que le Myotest indique bien une valeur entre [g] 0.00 et [g] -0.02. Si ce n'est pas le cas, contrôler la position du capteur (vertical). Au cas où l'appareil n'indique toujours pas [g] 0.00, le capteur doit être calibré (voir mode d'emploi p. 9 à 10).

## POSITIONS

L'entraîneur explique à l'athlète la position de départ et l'exécution du geste:

### POSITION DE DÉPART



- L'athlète est debout, le corps en position droite et neutre.
- Pieds écartés à la largeur des hanches.
- Mains sur les hanches (crêtes iliaques).
- L'athlète regarde droit devant lui: définir un point situé à hauteur des yeux à fixer du regard durant le test. Garder le même point lors de chaque saut.

## EXÉCUTION DU GESTE

### 1x FLÉCHISSEMENT DES GENOUX POUR ÉLAN



- En position de départ, fléchir les genoux pour prendre son élan et sauter le plus haut possible en se propulsant des deux jambes.

- A la réception, rebondir du plat des pieds en gardant les jambes et le corps rigides, comme sur un trampoline (5 impacts).

- Le temps de contact au sol doit être minimal et le rebond doit se faire en cherchant à atteindre la hauteur maximale. Le ratio (temps de vol/temps de contact) doit être le plus élevé possible (référence: >4=bon).

### 1x SAUT D'ÉLAN



- Les mains doivent rester sur les hanches durant tout l'exercice.

- Continuer de sauter de la même manière pour 5 répétitions d'affilée, sans interruption (saut de départ et d'arrivée non compris).

- Après réception finale, revenir à la position de départ.



#### RÉPÉTITION ET CONTRÔLE

- L'entraîneur explique et fait une démonstration des positions et de l'exécution du geste.

- L'athlète effectue 2 ou 3 sauts d'essais sous la supervision de l'entraîneur.

- Au besoin, l'entraîneur corrige la position et le mouvement de l'athlète.

### 5x REBOND



#### ECHAUFFEMENT

Avant le test, l'athlète s'échauffe par:

- 5 minutes d'activité à intensité basse à moyenne (footing)
- Échauffement du tronc par des exercices classiques
- 1 série de 10 sauts à intensité moyenne
- 1 série de 5 sauts à intensité plus élevée
- 1 série de 3 sauts avec un temps de contact court et une hauteur moyenne
- 1 série de 3 sauts avec un temps de contact court et une hauteur maximale

Observer 3 minutes de récupération après cet échauffement avant de commencer le test.

## RÉSULTATS DU TEST

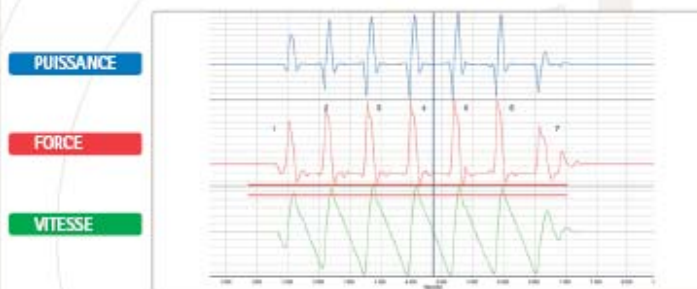
Transfert des données du Myotest au PC: voir le mode d'emploi du Myotest p. 14 à 16 et 35 à 38.

### Graphique

La retranscription graphique des données du test par le logiciel donne les trois courbes ci-dessous. Elles représentent les valeurs de **puissance** (watts), **force** (newton) et **vitesse** (cm/s) de l'athlète lors du test.

Le premier pic (1) correspond au premier saut (prise d'élan). Les 5 pics suivants sont clairement visibles et correspondent aux 5 impacts (2 à 6). Le dernier pic (7) est l'atterrissage final.

INFO: Si les courbes obtenues ne correspondent pas à la configuration ci-dessous, le test n'est pas correct et doit être annulé et répété.



### Contrôle visuel

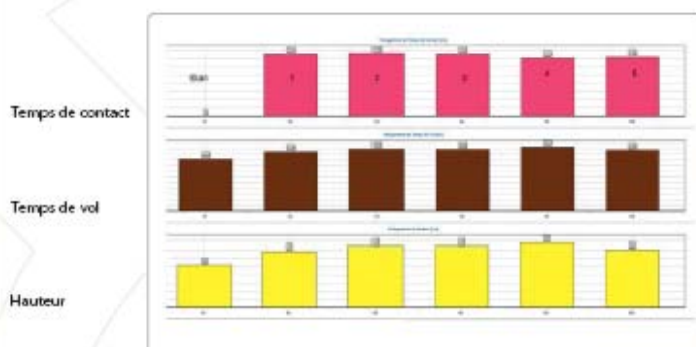
Différents paramètres sont à contrôler pour s'assurer que le test a été effectué correctement:

1. Que le graphe compte bien 7 pics.
2. Que les pics de vitesse (2 à 6) soient plus ou moins de même grandeur (régularité).

## OUTILS D'ANALYSE

Pour pouvoir analyser ce test, il faut cliquer sur le bouton «histogramme» sous le graphique, (obtention des histogrammes: voir p. 24 à 26 du mode d'emploi).

La figure ci-dessous montre les 6 pics (élan + 5 impacts) sous forme d'histogramme. Les valeurs clés pour ce test sont: la hauteur, le temps de vol (TV) et le temps de contact (TC).



- temps de contact (TC) de chaque saut (le premier n'a pas de t. de contact puisque c'est le saut d'élan)
- temps de vol (TV) de chaque saut
- hauteur de chaque saut

Valeurs d'analyse	1	2	3	4	5	Moy. 3 meilleurs
Temps de contact (ms)	152	152	152	142	144	146
Temps de vol (ms)	524	550	548	562	538	553
Ratio	3.4	3.6	3.6	4	3.7	3.8
Hauteur (cm)	34	37	37	39	35	38

### Outils d'analyse

Plusieurs outils d'analyse des valeurs obtenues sont proposés par le logiciel (voir p. 20 à 29 du manuel d'utilisateur).

C'est en fonction des aspects que l'on veut faire ressortir dans la performance de l'athlète (comparaisons, suivi de la performance, etc.) que l'on choisira un ou plusieurs de ces outils d'analyse.

La représentation graphique par histogramme des sauts permet de suivre la hauteur des sauts en cm.

Objet :



## **Myotest – Protocoles de test pour les sauts sur une jambe**

Destiné aux utilisateurs de l'appareil  
Myotest

*Acceltec décline toute responsabilité dans  
l'utilisation du présent protocole*

Acceltec SA - TECHNO-Pôle

3960 Sierre  
Switzerland

Tel. +41 27/ 456 18 20 Fax +41 27/ 456 18 22

<http://www.acceltec.ch> [info@acceltec.ch](mailto:info@acceltec.ch)





## Saut sur une jambe

### Préparation de l'appareil

#### Environnement


*Les données relatives à l'appareil et au logiciel se rapportent au Myotest et à ses accessoires*

- pour pouvoir évaluer correctement la position du sujet, l'investigateur doit se placer à la hauteur du sujet, de trois quarts
- regard de l'athlète en direction neutre
- sur sol dur

#### Réglage – paramétrage



```
MEASURE - MYOTEST READY
TIME [sec] : 15
ANGLE [deg] : 125
NOOCL [°] : -0.00
Press ENTER to start
```

- la ceinture Myotest est placée autour de la hanche de l'athlète, le capteur est fixé verticalement sur cette dernière, précisément entre la crête iliaque et le col du fémur.
- l'utilisateur vérifie que le capteur soit vertical lorsque le sujet est debout immobile et qu'il indique bien 0g. Si ce n'est pas le cas, le capteur doit être calibré (cf manuel d'utilisation de l'appareil)
- l'utilisateur doit choisir la fréquence d'échantillonnage de la mesure (2ms ou 10ms) dans « SETUP  , 3) Sampling rate
- l'athlète doit indiquer son poids

### Préparation de l'athlète

### Position de départ



- athlète est dans le champ de vision de l'investigateur
- corps en position droite neutre
- pieds écartés à la largeur des hanches
- mains sur les hanches (crêtes iliaques)
- regard droit devant lui (définir un point à fixer du regard et situé à hauteur des yeux ; choisir le même point lors de chaque saut)

### Position 2



- athlète dans le champ de vision de l'investigateur
- en partant de la position 1, déplacer le centre de gravité du corps de la jambe d'appui
- mains posées sur les hanches (crêtes iliaques)
- genou de la jambe d'appui tendu
- pied de la jambe de suspension tenu légèrement vers l'arrière et sans contact avec le sol
- regard droit devant lui (définir un point à fixer du regard et situé à la hauteur des yeux ; choisir le même point lors de chaque saut)

### But

A partir de la position monopodale (Position 2), sauter le plus haut possible en fléchissant les genoux autant que nécessaire, mais sans retirer les mains des crêtes iliaques. Rejoindre la position 1 de départ à la réception

### Instruction

L'investigateur explique la position de départ et l'exécution du saut et fait lui-même une démonstration.

### Saut d'essai

L'athlète effectue 1 ou 2 sauts d'essai sous la supervision de l'investigateur


Correction par l'investigateur

1. l'athlète se met en position de départ, l'investigateur : « regarde droit devant toi »


2. presser sur « Measure » 

### Déroulement du test

Indications et manipulation de l'appareil (déroulement chronologique)

3. presser sur « Edit »  afin de modifier les données du test. Il est possible de changer le « USER ID », il faut entrer le poids de l'athlète « LOAD », si le goniomètre est branché choisir l'angle d'inclinaison à l'aide de « ANGLE », et enfin choisir le type de mesure réalisé sous « MEASURE TYPE ». Dans ce cas-ci sélectionner « JUMP » à

l'aide de la touche  . A chaque paramètre

choisi, appuyer sur « ENTER » .

4. la fenêtre « MEASURE - MYOTEST READY » apparaît. Vérifier que le capteur indique bien 0 [g]. Si ce n'est pas le cas, ajuster l'inclinaison du capteur à la main afin qu'il soit parfaitement vertical
5. l'investigateur vérifie que l'athlète soit dans la position de départ et dit : « prêt ? »
6. presser sur « ENTER » pour démarrer la mesure
7. après 1-2 seconde d'immobilisation du sujet dans la position de départ, l'investigateur dit : « A DROITE » et fait un signe de main vers la droite (réciproquement même démarche pour la jambe gauche).
8. l'athlète déplace son poids sur la jambe droite (Position 2)
9. dès que l'athlète a retrouvé la position 2 , l'investigateur dit: « GO »
10. l'athlète fléchit les genoux et saute le plus haut possible, et atterrit sur les deux jambes, puis revient dans la position de départ et reste immobile debout
11. après le saut, l'investigateur mesure après 1-2 secondes d'immobilisation de l'athlète puis stop la mesure en appuyant sur la touche « ENTER »
12. l'athlète se tient dans la position finale, sans bouger, jusqu'au signal de fin de mesure de l'investigateur
13. A la fin de la mesure l'écran indique « SAVING DATA » puis affiche le résultat sous forme de graphique Il est important de contrôler qu'il n'y ait pas de contre mouvement (voir photo exemple correcte et incorrecte (cf Manuel d'utilisation du





Myotest), Presser « ENTER » pour sauver la mesure

ou « CLEAR »  pour ne pas l'enregistrer.

14. l'appareil revient au menu principal.

- choisit par l'entraîneur (1 à 3)
- lors de saut il est conseillé de choisir une fréquence d'échantillonnage de 2 ms, ce qui signifie que la mesure dure 7 sec.

### Nombre de sauts

### Critères d'interruption

Le saut doit être répété si l'un des critères suivants est vérifié :

- les mains perdent le contact avec les crêtes iliaques
- perte d'équilibre à la réception : la position finale ne correspond pas à la position de départ
- la puissance maximale subjective n'a pas été atteinte
- mouvement d'élan (contre mouvement):
  - observation subjective de l'investigateur
  - courbe, hauteur sur temps. Baisse évidente des résultats, une petite baisse étant acceptable

Dérive des mesures : affichage du message « NV » pour la hauteur ou/et pour le temps de vol.

Merci de poser vos questions ou de nous lire sur notre site (rubrique FAQ)

Techno-pôle, Sierre, Suisse

26.08.05

« Texte inspiré du Manuel de référence des Protocoles de Bosco établi par Swiss Olympic Medical Centers »

## Annexe F

### Echelle du genou de Lysholm

#### **Boiterie (5 points)**

Aucune 5 \_\_\_\_\_  
Légère ou périodique 3 \_\_\_\_\_  
Sévère ou constante 0 \_\_\_\_\_

#### **Moyen Auxiliaire (5 points)**

Aide totale 5 \_\_\_\_\_  
Canne ou béquilles 3 \_\_\_\_\_  
Maintient du poids impossible 0 \_\_\_\_\_

#### **Monter les escaliers (5 points)**

Sans problème 5 \_\_\_\_\_  
Légèrement diminué 3 \_\_\_\_\_  
Une marche après l'autre 2 \_\_\_\_\_  
Impossible 0 \_\_\_\_\_

#### **S'accroupir (5 points)**

Sans problème 5 \_\_\_\_\_  
Légèrement diminué 3 \_\_\_\_\_  
Ne passe pas au-delà de 90 degré 2 \_\_\_\_\_  
Impossible 0 \_\_\_\_\_

-----  
**TOTAL** \_\_\_\_\_

#### *Marcher courir et sauter*

#### **Instabilité (30 points)**

Jamais eu d'instabilité 30 \_\_\_\_\_  
Rarement instable  
excepté pour les efforts  
athlétiques ou important 25 \_\_\_\_\_  
Instable fréquemment  
pendant les événements  
athlétique 0 \_\_\_\_\_  
Occasionnellement pendant  
les AVQ 10 \_\_\_\_\_  
Souvent pendant les AVQ 5 \_\_\_\_\_  
A chaque pas 0 \_\_\_\_\_

#### **Enflure (10 points)**

Aucune 10 \_\_\_\_\_  
Avec l'évolution 7 \_\_\_\_\_  
Pendant un effort important 5 \_\_\_\_\_  
Pendant un effort ordinaire 2 \_\_\_\_\_  
Constante 0 \_\_\_\_\_

#### **Douleurs (30 points)**

Aucune 30 \_\_\_\_\_  
Inconstante et légère  
pendant certains efforts 25 \_\_\_\_\_  
Marquée lors d'instabilité 20 \_\_\_\_\_  
Marquée pendant un  
effort important 15 \_\_\_\_\_  
Marqué pendant ou après avoir  
marché plus de  
1,25 miles (= 2,01125 km) 10 \_\_\_\_\_  
Marqué pendant ou après avoir  
marché plus de 1,25 miles 5 \_\_\_\_\_  
Constant et sévère 0 \_\_\_\_\_

#### **Atrophie de cuisse (5 points)**

Aucune 5 \_\_\_\_\_  
1-2 cm 3 \_\_\_\_\_  
> 2 cm 0 \_\_\_\_\_

-----  
**TOTAL** \_\_\_\_\_

## Annexe G

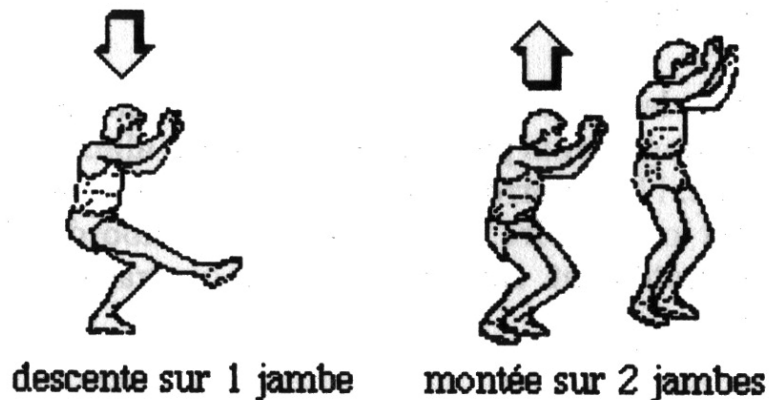
### Programme musculaire excentrique

#### Premier exercice

La personne doit se mettre en équilibre sur un pied et descendre le plus bas possible sur ce pied, sans que l'autre pied ne touche par terre. Une fois le plus bas possible, elle remonte sur les deux jambes.

Répétition: 3 séries de 10 répétitions pour chaque pied

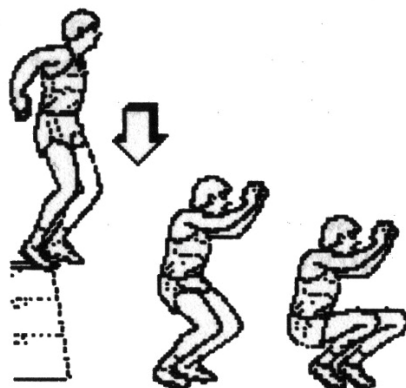
Il est préférable d'avoir une petite minute de récupération entre chaque série. Pour cela, au lieu de faire toutes les séries sur le même pied, il est tout à fait possible d'alterner une série sur un pied, une autre série sur l'autre pied et de continuer ainsi de suite jusqu'à réaliser toutes les séries.



#### Deuxième exercice

La personne doit monter sur une marche, un tabouret... de manière à prendre un peu de hauteur. L'exercice consiste à sauter de cette marche jusqu'au sol et de s'immobiliser sur les deux jambes en pliant bien les genoux de manière à ce que les cuisses soient à l'horizontale. Puis elle recommence.

Répétition: 3 séries de 10 sauts pour chaque pied

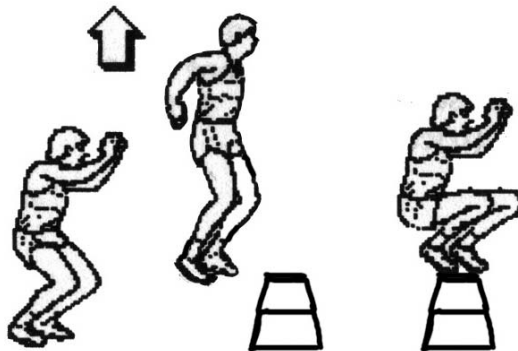


Là aussi, il faut faire une petite minute de récupération entre chaque série.

### Troisième exercice

Cet exercice est l'inverse du deuxième exercice. Il s'agit donc de sauter sur la marche depuis le sol et de s'immobiliser sur la marche en finissant dans la même position finale que dans l'exercice 2.

Répétition: 3 séries de 10 sauts pour chaque pied, après une journée de ski



Là aussi, il faut faire une petite minute de récupération entre chaque série.

Remarque générale :

Il est important de faire les exercices en fin de journée car c'est à ce moment-là que les muscles sont le plus fatigués. Ce programme utilise justement cette fatigue pour augmenter l'efficacité du travail sur les muscles.

## Annexe H

### Consentement écrit du patient à la participation de l'étude expérimentale

- S'il vous plaît, lisez ce formulaire très attentivement.
- S'il vous plaît, posez des questions si vous ne comprenez pas quelque chose ou si vous voulez plus d'information.

<b>Titre de l'étude</b> <i>Les effets d'un programme musculaire excentrique en début de saison sur la force et sur des douleurs de genoux déjà présentes chez des professeurs de ski travaillant à la saison.</i>
<b>Lieu de l'étude</b>
<b>Dirigeants de l'étude</b> Nom et Prénom <i>Florence Muller &amp; Sébastien Manise</i>
<b>Patient</b> Nom et Prénom

- J'ai été informé par les dirigeants de l'étude d'une manière écrite et orale des buts, du déroulement de l'étude, des effets attendus, des avantages et inconvénients possibles ainsi que des éventuels risques.
- J'ai lu et j'ai compris la lettre d'information destinée aux patients que j'ai reçue en même temps que le questionnaire à remplir. Je peux garder cette lettre d'information et j'obtiens une copie de mon consentement écrit.
- J'ai suffisamment de temps pour prendre ma décision de participation ou non à l'étude.
- Je suis informé qu'aucune assurance ne me couvre en cas de dommage dans le cadre de l'étude, c'est-à-dire durant les trois évaluations, durant l'exécution des exercices et le remplissage du calendrier.
- Je suis d'accord que seuls les dirigeants de l'étude ainsi que leur directeur de mémoire ont accès et utilisent mes données personnelles au seul but de cette étude et que toutes traces de ces données seront détruites dès la fin de l'étude en juillet 2007.
- Je prends part à cette étude de manière complètement volontaire. Je peux me retirer de l'étude en tout temps et sans donner de raison et sans qu'il ne m'en porte préjudice par la suite.



- Je suis conscient des exigences décrites dans la lettre d'information et/ou par oral par les dirigeants de l'étude et je suis prêt à faire mon possible pour les respecter.

Lieu, date	Signature du patient
Lieu, date	Signature de Florence Muller, responsable de Villars
Lieu, date Montana	Signature de Sébastien Manise, responsable de Crans-

# Annexe I

## Planning du mémoire

### Août

- 18 : Délai de fin d'écriture du texte de projet (B, C, D, E, F)
- 26 : Terminer les lettres de présentation au patient
- 30 : Faire des copies des lettres au patient et les donner aux écoles

### Septembre

- 1 : Délai de dépôt du projet écrit
- 11 : Défense du projet
- 22 : Récolte des documents auprès des écoles

*Sélection de notre population spécifique et répartition en groupes*

### Octobre

- 8 Envoi des informations aux participants sélectionnés
- 27-28 Evaluation du premier groupe de patients (Villars)
- 30 Début des exercices pour le groupe 1

### Novembre

- 3-4 : Evaluation du deuxième groupe de patients Crans-Montana
- 6 : Début des exercices pour le groupe 2

*Entraînement des candidats de manière personnelle (6 semaines par groupe)*

### Décembre

- 7 : Fin des exercices pour le groupe 1
- 8 : Première réévaluation du groupe 1
- 14 : Fin des exercices pour le groupe 2
- 15-16 : Première réévaluation du groupe 2

### Décembre à avril

*Analyse des premières données et début d'écriture du mémoire.*

### Avril

- 21 : Evaluation finale du groupe 1
- 28 : Evaluation finale du groupe 2

### Avril- Juin

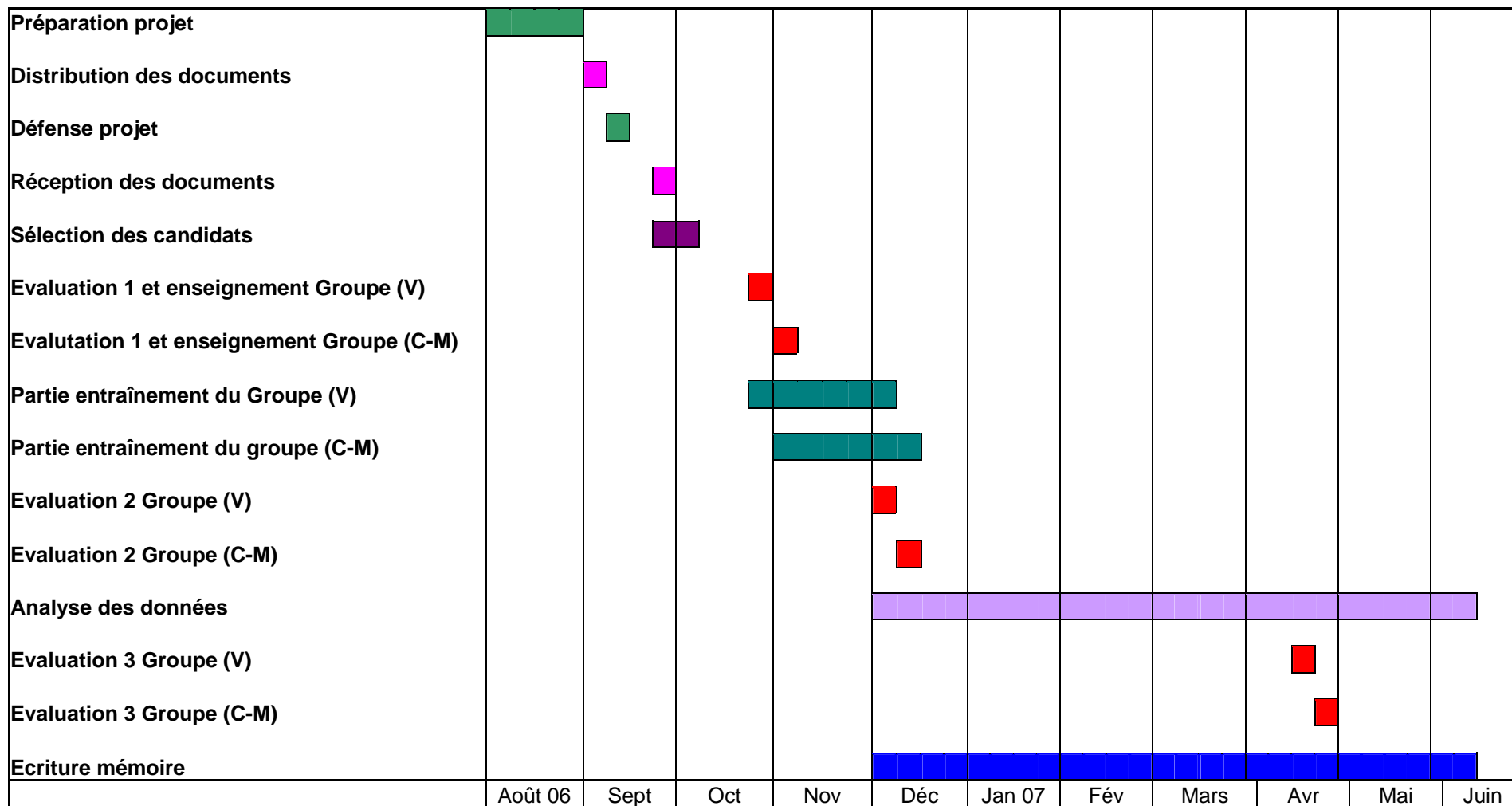
Fin d'analyse des dernières données et fin de l'écriture du mémoire.

### Juillet

- 16 : Remise du travail écrit

### Septembre

- 5 : Défense orale du mémoire



Légende : (V) : Villars (C-M) : Crans-Montana



# Novembre 2006

LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19

# Novembre 2006

LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

# Décembre 2006

LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10

# Décembre 2006

LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24



# Décembre 2006

LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
25	26	27	28	29	30	31