

**Les effets du tapis T-training dans l'entraînement sensori-moteur visant la
prévention des blessures du membre inférieur :**

Protocole et réalisation de l'étude pilote

BERTSCHY AMÉLIE

Étudiante HES – Filière Physiothérapie

THILO LOUISE

Étudiante HES – Filière Physiothérapie

TRAVAIL DE BACHELOR

Déposé à Loèche-les-Bains (VS-CH) le 11 juin 2021

En vue de l'obtention d'un

Bachelor of sciences HES-SO in Physiotherapy

Résumé

Introduction : L'entraînement sensori-moteur lors de la réadaptation du membre inférieur est un élément essentiel pour retrouver la totalité de ses capacités physiques et permet également de diminuer le risque de récurrence. Il existe peu de moyens d'évaluation des capacités sensori-motrices sans matériel spécifique. C'est pourquoi deux physiothérapeutes Valaisans ont créé le tapis T-training, composé de marquages qui permettent la réalisation d'une multitude de tests et d'exercices sensori-moteurs.

L'objectif primaire de ce travail est la réalisation d'une étude pilote basée sur un protocole d'entraînement sensori-moteur sur le tapis T-training, afin d'évaluer la faisabilité de l'étude à grande échelle. L'objectif secondaire a, lui, pour but d'évaluer les effets de l'entraînement sensori-moteur sur le tapis T-training.

Méthode : Étude pilote randomisée contrôlée et monocentrique réalisée sur 12 participants répartis dans deux groupes d'intervention et un groupe contrôle. Pour valider l'étude, cinq critères doivent être pris en compte : le temps de recrutement, le taux de participation, la durée d'intervention et la clarté du programme d'entraînement.

Résultats : Dans le cadre de l'étude pilote, les critères de faisabilité d'une étude à grande échelle ont pu être validés. Selon l'objectif secondaire, une tendance à l'amélioration des capacités sensori-motrices a été relevée dans les deux groupes d'intervention (avec et sans tapis) et la pertinence d'un feedback visuel pour la réalisation des exercices a été jugée haute par les participants.

Discussion/Conclusion : A grande échelle, l'étude pourrait être effectuée selon le protocole mais à deux conditions : la collaboration avec des établissements de santé en possession d'un tapis T-training et l'augmentation du temps prévu pour les bilans doivent être garantis.

Mots clés : T-training – Entraînement – Sensori-moteur – Neuromusculaire – Prévention – Blessures – membre inférieur

Zusammenfassung

Einleitung: Sensomotorisches Training der unteren Extremität ist während der Rehabilitation ein wesentliches Element zur Wiedererlangung der vollen körperlichen Leistungsfähigkeit. Des Weiteren ist dieses Training für die Reduzierung des Wiederverletzungsrisikos von hoher Bedeutung. Es gibt nur wenige Möglichkeiten sensomotorische Fähigkeiten ohne spezielle Geräte zu testen. Eine Möglichkeit verschiedene solcher Tests durchzuführen, bietet die T-Trainingsmatte, die von zwei Walliser Physiotherapeuten entwickelt wurde. Mithilfe verschiedener Markierungen auf der Matte kann den Patient*innen darüber hinaus ein visuelles Feedback im Trainingsalltag gegeben werden, wodurch die Autonomie der Patient*innen bei der Durchführung von Übungen gestärkt wird.

Das primäre Ziel dieser Forschungsarbeit ist die Durchführung einer Pilotstudie, auf der Basis eines sensomotorischen Trainingsprotokolls auf der T-Trainingsmatte, um die Machbarkeit der Studie in einem großen Maßstab zu evaluieren. Das sekundäre Ziel ist es, die Auswirkungen des sensomotorischen Trainings auf der T-Trainingsmatte zu bewerten.

Methode: zufällige, kontrollierte, monozentrische Pilotstudie mit 12 Proband*innen, aufgeteilt in zwei Interventionsgruppen und eine Kontrollgruppe. Um die Studie validieren zu können, müssen folgende Kriterien in Betracht gezogen werden: Rekrutierungszeit, Teilnahmequote, Dauer der Intervention und Verständnis des Trainingsprogramms.

Resultat: Im Zuge der Pilotstudie konnten die Machbarkeitskriterien einer grossangelegten Studie validiert werden. Im Rahmen der Sekundäranalyse wurde in beiden Interventionsgruppen ein Trend zur Verbesserung der sensomotorischen Fähigkeiten festgestellt. Die Relevanz des visuellen Feedbacks für die Durchführung der Übungen wurde von den Proband*innen als sehr hilfreich für die Durchführung der Übungen eingestuft.

Diskussion/Schlussfolgerung: Abschliessend kann festgehalten werden, dass die Studie gemäß des Protokolls durchgeführt werden kann, jedoch unter zwei Bedingungen: eine Zusammenarbeit mit Gesundheitseinrichtungen die über eine T-Trainingsmatte verfügen und eine Verlängerung des zeitlichen Untersuchungsrahmens müssen gewährleistet werden.

Schlüsselwörter: T-training – Training – Sensomotorisch – Neurmuskulär – Prävention – Verletzungen – untere Extremität

Abstract

Introduction: Sensory-motor training during rehabilitation of the lower limb is an essential element to regain full physical capacity and to decrease the risk of injury recurrence. There are only a few ways to evaluate sensory-motor abilities without specific equipment. Therefore, two Swiss physiotherapists created the T-training mat with markings that allow to perform several sensory-motor tests and exercises.

Based on a protocol of sensory-motor training on the T-training mat, the primary objective of this research is the realization of a pilot study to evaluate the feasibility of the study at a large scale. The secondary objective is to evaluate the effects of sensory-motor training on the T-training mat.

Method: Randomized, controlled, and monocentric pilot study including 12 participants divided into two intervention groups and one control group. The evaluation of the feasibility is dependent on the consideration of five criteria: the recruitment time, the participation rate, the duration of the intervention, as well as the understanding of the training program.

Results: During the pilot study the five criteria of feasibility listed could be validated. Within the scope of the second objective a trend towards improved sensorimotor skills thanks to the use of the T-training mat was detected in both intervention groups. The relevance of visual feedback to perform the exercises was considered as high by the study participants.

Discussion/Conclusion: Based on the results of this research, the study can be carried out at a large scale pursuant the protocol, but under certain conditions: A collaboration with health institutions that have a T-training mat has to be ensured/is necessary and the timeframe for a valid assessment must be increased.

Keywords: T-training – Training – Sensorimotor – Neuromuscular – Injury – Prevention – Lower limb

Avertissement

Les prises de position, la rédaction et les conclusions de ce travail n'engagent que la responsabilité de ses auteurs et en aucun cas celle de la Haute École de Santé Valais, du Jury ou du Directeur du Travail de Bachelor.

Nous attestons avoir réalisé seules le présent travail, sans avoir utilisé d'autres sources que celles indiquées dans la liste de références bibliographiques.

Loèche-les-Bains, le vendredi 11.06.2021

Louise Thilo et Amélie Bertschy

The image shows two handwritten signatures in black ink. The first signature on the left is 'Louise Thilo' and the second signature on the right is 'Amélie Bertschy'. Both are written in a cursive, flowing style.

Remerciements

Nous souhaitons tout d'abord adresser notre reconnaissance à Nicolas Mathieu, notre directeur de travail de bachelor dont l'expertise et les conseils ont été un apport essentiel tout au long de la réalisation de ce travail.

Nous souhaitons également remercier l'ensemble des directeurs·rices de travaux de bachelor de la HES-SO Valais/Wallis filière physiothérapie pour leurs suggestions judicieuses.

Nous désirons adresser des remerciements à Nicolas Meyer et Marion Rosa, étudiants à la HES-SO initiateurs de la démarche de notre travail.

Nous tenons à remercier Roger Hilfiker et Sylvain Clément, personnes ressources pour l'analyse statistique et le traitement de données.

Notre gratitude s'adresse également à Valentin Sarrasin et Rinaldo Oggier, concepteurs du tapis T-training qui ont accepté de mettre à disposition 4 tapis, permettant la réalisation de l'étude pilote. Les conseils et la disponibilité de Valentin Sarrasin ont été une aide précieuse.

Nous avons également à cœur de remercier chaleureusement les 12 participants à l'étude pilote qui ont mis à disposition de leur temps lors des bilans, en réalisant le programme d'entraînement et en répondant au questionnaire de satisfaction.

La réalisation de l'étude pilote n'aurait été possible sans l'aide des responsables d'établissement de la HES-SO physiothérapie de Loèche-les-Bains, nous donnant l'accès aux bâtiments nécessaire au déroulement des bilans.

Nous souhaitons également adresser notre reconnaissance à Véronique Thilo, et Marie-Claude Bertschy pour la relecture et les corrections de la forme de notre travail.

Liste des abréviations

AKP PTP	Anterior Knee Pain Prevention Training Program
ANOVA	Analyze Of Variance
BESS	Balance Error Scoring System
CER-VD	Commission cantonale d’Ethique de la Recherche sur l’être humain du canton de Vaud
GAA14	Gaelic Athletic Association
LCA	Ligament Croisé Antérieur
OFSP	Office Fédérale de la Santé Publique
OTG	Organe tendineux de Golgi
PEP	Prevent Injury and Enhance Performance
RNM	Reprogrammation Neuro-Musculaire
ROM	Range Of Movement
RSH	Rebound Side Hop test
SEBT	Star Excursion Balance Test
SEBTm	Star Excursion Balance Test modified
SST	Standing Stork Test
SLH	Single Leg Hop test
SLS	Single Leg Squat
SNC	Système Nerveux Central
SRSH	Standardized Rebound Side Hop test

Table des matières

1. Introduction.....	1
1.1 Contexte.....	1
1.1.1 Contexte Général	1
1.1.2 Contexte physiothérapeutique.....	2
1.2 Conceptualisation	3
1.2.1 Système sensori-moteur.....	3
1.2.2 Contrôle postural	5
1.2.3 Équilibre	5
1.2.4 Reprogrammation neuromusculaire (RNM).....	6
1.3 Programmes d'entraînements	7
1.4 Tapis T-training	8
1.5 Résumé de la problématique.....	9
1.6 Question de recherche.....	9
1.7 Hypothèses.....	9
1.7.1 Hypothèse principale	9
1.7.2 Hypothèses secondaires	9
1.8 Objectifs.....	10
1.8.1 Objectifs primaires.....	10
1.8.2 Objectifs secondaires	10
2. Méthode	11
2.1 Design de l'étude	11
2.2 Participants	11
2.3 Taille de l'échantillon	12
2.4 Critères d'éligibilité	12
2.4.1 Critères d'inclusion.....	12

2.4.2 Critères d'exclusion	12
2.5 Recrutement des participants	12
2.6 Randomisation	12
2.7 Intervention.....	13
2.7.1 Groupes intervention	14
2.7.2 Groupe contrôle	14
2.7.3 Période de suivi.....	14
2.8 Outcomes	15
2.9 Méthode et processus de recueil de données	16
2.10 Analyses.....	17
2.10.1 Analyses statistiques.....	17
2.10.2 Analyse qualitative	18
2.11 Surveillance des données.....	18
2.12 Éthique et diffusion.....	18
2.12.1 Consentement éclairé.....	18
2.12.2 Confidentialité	19
2.13 Risques et bénéfices.....	19
3. Résultats.....	20
3.1 Critères de validation.....	20
3.2 Résultats statistiques (quantitatifs)	20
3.3 Résultats du questionnaire de fin d'étude (Qualitatif).....	22
4. Discussion.....	24
4.1 Interprétation des résultats	24
4.1.1 Résultats primaires : faisabilité de l'étude pilote.....	24
4.1.2 Résultats secondaires : efficacité du tapis T-training	25
4.2 Justification	26

4.3 Limites de l'étude	28
4.3.1 Risques de biais	28
4.4 Forces de l'étude.....	30
4.5 Pistes pour le futur	30
4.5.1 Critères de recrutement.....	31
4.5.2 Bilans	31
4.5.3 Déroulement/Planning de l'étude	32
4.6 Financement.....	32
5. Conclusion	33
6. Bibliographie	I
7. Liste des illustrations	VIII
8. Liste des Tableaux	X
9. Annexes	XI

1. Introduction

1.1 Contexte

1.1.1 Contexte Général

En Suisse, de 2012 à 2016, 55.9% des blessures dues au sport étaient localisées au niveau du membre inférieur (Bureau de prévention des accidents BPA, 2019).

La réadaptation, suite à une blessure du membre inférieur, est un facteur essentiel pour retrouver le plus rapidement la totalité de ses capacités physiques et ainsi permettre le retour à une activité sportive. Le physiothérapeute du sport intervient, d'une part, lors de la préparation physique en prévention et, d'autre part, lorsqu'un athlète s'est blessé, pour sa rééducation. (Dr Michel Hunkeler, s. d.)

La prise en charge se divise en trois périodes de durée variable et dépendantes de la nature de la lésion. La première phase est une phase d'arrêt de l'activité. C'est une phase essentielle, mais qui devrait être la plus brève possible. Puis vient une deuxième phase dite de rééducation, où le physiothérapeute et le sportif vont collaborer afin de retrouver les capacités fonctionnelles, soit les amplitudes articulaires, la force et la stabilité. La dernière phase est la phase de réathlétisation et de reprise sportive. Le travail du physiothérapeute et du patient va être beaucoup plus spécifique à l'activité sportive du patient. L'accent, lors de cette troisième phase, est également mis sur l'entraînement neuromusculaire (Dr Michel Hunkeler, s. d.).

Lors de ces trois phases, la rééducation sensori-motrice ou neuromusculaire est très importante pour optimiser le rétablissement total du patient, tant pour les activités quotidiennes que pour des activités plus spécifiques. Cependant, il faut noter que le système sensori-moteur ou neuromusculaire reste encore méconnu du grand public et de certains sportifs. (Han et al., 2016)

La fonction d'équilibre statique et dynamique, chez l'être humain, est le résultat de l'association des informations des systèmes vestibulaire, visuel et proprioceptif. Une structure lésée ne récupère pas toutes ses fonctions proprioceptives d'elle-même, c'est pourquoi un entraînement ciblé et englobant tous les composants associés est indispensable. (Nguyen & Degos, s. d.)

1.1.2 Contexte physiothérapeutique

L'entraînement sensori-moteur permettrait de diminuer les risques de blessure au niveau des articulations du genou et de la cheville (Dargo et al., 2017; Rivera et al., 2017).

Dans notre pratique de la physiothérapie, il n'existe pour le moment que peu de moyens d'évaluation précise des qualités proprioceptives ou sensori-motrices du membre inférieur et la majorité de ces moyens d'évaluation nécessite du matériel spécifique (Han et al., 2016).

D'après plusieurs études, suite à une blessure de la cheville ou du genou, la déficience principale concerne le contrôle neuromusculaire, ce qui entraîne une instabilité dynamique du membre inférieur et entrave les mouvements fonctionnels. L'entraînement sensori-moteur permettrait d'améliorer la stabilité de l'articulation concernée et par conséquent de diminuer le taux de récurrences. (Barrack et al., 2001).

Évaluer les capacités sensori-motrices et proprioceptives de chaque patient est indispensable pour garantir un suivi adéquat et assurer une rééducation efficace (Holme et al., 1999; Schiftan et al., 2015).

Les deux moyens d'évaluation principaux décrits dans la littérature sont, d'une part, le *Star Excursion Balance Test* (SEBT) ou dans sa version simplifiée le *Star Excursion Balance Test modified* (SEBTm) et, d'autre part, le test d'équilibre de la cigogne (Han et al., 2016; Picot et al., 2018).

Nicolas Meyer et Marion Rosa, ex-étudiants en physiothérapie à la HES-SO Valais, se sont penchés, lors de leur travail de Bachelor, sur l'utilisation d'un support visuel pour l'évaluation et pour l'entraînement du système sensori-moteur, le tapis T-training.

Le tapis T-training, créé en 2016 par Valentin Sarrasin et Rinaldo Oggier (physiothérapeutes du sport expérimentés), est un outil élaboré pour regrouper sur 4m² un maximum de tests fonctionnels validés par la littérature et, ainsi, instaurer un protocole de testing en physiothérapie et physiothérapie du sport à la SUVA.

Avec la pratique les développeurs de cet instrument se sont rendu compte que ce tapis était non seulement un outil de mesure, mais devenait un outil intéressant lors de la rééducation sensori-motrice. En effet, c'est un outil créé par des physiothérapeutes pour des physiothérapeutes et il permet d'apporter un support visuel avec un aspect ludique et motivationnel.

Le tapis T-training n'ayant encore jamais été évalué comme outil d'entraînement, nos prédécesseurs ont élaboré pour leur travail de bachelor un protocole d'entraînement sensori-moteur adapté au tapis T-training. Leur démarche nous paraissant pertinente, nous souhaitons la poursuivre sur le terrain avec la réalisation pratique d'une étude pilote.

1.2 Conceptualisation

1.2.1 Système sensori-moteur

Le système sensori-moteur intègre les informations des systèmes afférent, efférent et central, afin de maintenir une stabilité fonctionnelle des articulations (Riemann & Lephart, 2002).

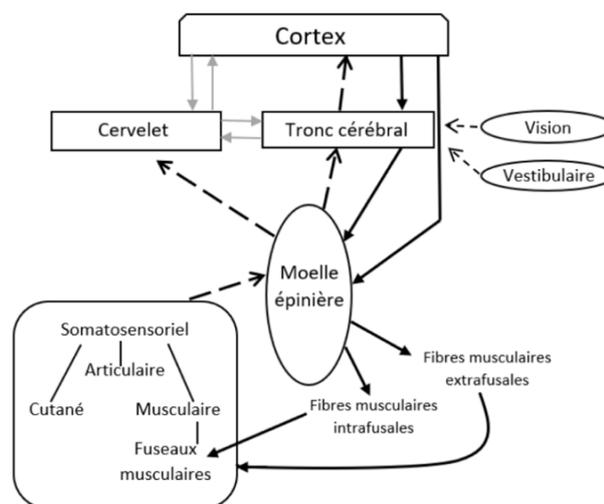


Figure 1: Schéma du système sensori-moteur traduit de (Riemann & Lephart, 2002)

La stabilité est optimisée par l'étroite relation entre le système passif (les ligaments, les capsules articulaires et les structures osseuses) et le système dynamique (les muscles). Différents mécanorécepteurs résident dans ces tissus, c'est pourquoi, il est important, lors de l'entraînement sensori-moteur, de travailler autant la proprioception, l'équilibre que le contrôle postural et la force (Sugimoto et al., 2015).

Le système sensoriel (efférent)

Le système sensoriel amène les informations au SNC (système nerveux central) par différentes voies sensibles. Le système visuel, le système vestibulaire (oreille interne) et le système somato-sensoriel ou proprioceptif sont les 3 sources les plus importantes qui assurent le bon fonctionnement du système sensori-moteur (Williams et al., 2001).

Le système visuel localise les objets et permet donc de se situer dans l'espace (Shumway-Cook & Woollacott, 2001).

Le système vestibulaire, situé dans l'oreille interne, donne des informations du mouvement du corps et de la vitesse (Williams et al., 2001).

Le système somato-sensoriel (ou proprioceptif), lui, intervient dans le contrôle postural et donne les informations de position, de vitesse et de direction de chaque segment du corps lors d'un mouvement. Des mécanorécepteurs sont situés dans les tissus cutanés, dans les articulations et dans la musculature, ils envoient ces informations au SNC (*La proprioception - Marc Julia, Daniel Hirt, Stéphane Perrey, Stéphane Barsi, Arnaud Dupeyron - Sauramps Medical - Grand format - Le Hall du Livre NANCY, s. d.*)

Ces informations somesthésiques sont dirigées vers le système nerveux central par 3 voies ascendantes principales : la voie lemniscale et la voie spinothalamique qui transmettent les informations au cortex somatosensoriel et la voie spinocérébelleuse qui transmet les informations directement au cervelet (Marieb & Hoehn, 2014).

Le système moteur (afférent)

Le système moteur régit le cortex moteur dans le lobe frontal et active la réponse motrice aux informations envoyées par le système sensoriel. Les différentes zones du lobe préfrontal se coordonnent pour planifier l'exécution d'un mouvement (Shumway-Cook & Woollacott, 2001).

Le contrôle moteur est la réponse aux informations envoyées par les trois systèmes sensoriels. Le système proprioceptif est le plus rapide tandis que le système visuel est le plus précis. Le système vestibulaire est moins réactif et n'agit que dans les situations d'urgence (*La proprioception - Marc Julia, Daniel Hirt, Stéphane Perrey, Stéphane Barsi, Arnaud Dupeyron - Sauramps Medical - Grand format - Le Hall du Livre NANCY, s. d.*)

1.2.2 Contrôle postural

Le contrôle postural est défini comme l'acte de maintenir, d'atteindre ou de rétablir un état d'équilibre durant une posture ou une activité (Pollock et al., 2000)

Les stratégies de contrôle postural peuvent être soit réactives (compensatoires), soit prédictives (anticipatives) ou une combinaison des deux (Pollock et al., 2000).

Les stratégies prédictives sont utilisées en prévision d'une perturbation de l'équilibre. Elles peuvent impliquer un mouvement volontaire ou une contraction musculaire (Bouisset et al., 2000).

Les stratégies réactives, elles, impliquent une réaction musculaire à la suite d'une perturbation (Alexandrov et al., 2005).

Les réactions peuvent venir de la cheville, de la hanche (stratégie d'appuis fixe) mais peuvent également être un changement d'appuis : préhension avec une main ou faire un pas (Pollock et al., 2000).

Lors de la rééducation, ces stratégies sont importantes car elles permettent d'améliorer la qualité et l'efficacité d'un mouvement qui requiert une certaine stabilité du corps (Mesure et al., s. d.).

1.2.3 Équilibre

L'équilibre peut être défini comme la capacité d'une personne à ne pas tomber (Pollock et al., 2000). L'équilibre dépend de plusieurs systèmes : visuel, vestibulaire, postural, proprioceptif ou encore moteur. Si l'un de ses systèmes sont défaillants, on peut se trouver en déséquilibre (L. Sturnieks et al., 2008)

1.2.4 Reprogrammation neuromusculaire (RNM)

La reprogrammation neuromusculaire ou rééducation proprioceptive a pour but de ré-entraîner un système sensori-moteur de contrôle articulaire défaillant afin de retrouver un mouvement efficace et ainsi s'ajuster aux contraintes des activités quotidiennes (Dr Rodineau Jacques, 2004).

L'un des principes de la reprogrammation neuromusculaire est la mise en place d'une progression visant à récupérer ses capacités fonctionnelles (Bizzini, 2000; *Rééducation de l'entorse externe de la cheville*, s. d.). Cette progression peut se faire en complexifiant, dans les exercices, plusieurs paramètres en passant :

- De l'analytique au fonctionnel
- De bipodal à unipodal
- De statique à dynamique
- De sollicitation faible à intense
- De lent à rapide
- De stable à instable

Les boucles sensori-motrices répondent par deux systèmes d'adaptations (Williams et al., 2001). Un premier système rétroactif, dit en feedback, qui intervient grâce aux retours sensori-moteurs des récepteurs périphériques. Le mouvement réalisé va être corrigé suivant le mouvement attendu, c'est pourquoi le contrôle rétroactif s'applique seulement lors de mouvements lents (Williams et al., 2001). Cependant, le laps de temps de réaction est trop long pour éviter une lésion (Terrier et al., 2012). Le deuxième système est le système d'anticipation, dit proactif ou en feedforward. Il concerne les gestes préprogrammés. Les muscles péri-articulaires se mettent en état de pré tension musculaire ce qui permettrait de contrer les mécanismes lésionnels (BILLUART et al., 2005; Desmurget & Grafton, 2000). Cette pré-programmation se fait en répétant le geste afin de stocker le mouvement dans sa mémoire motrice et ainsi d'être capable de le reproduire en cas de mécanisme lésionnel.

Après une lésion du membre inférieur, la RNM joue un rôle indispensable et prépondérant lors de la récupération des fonctions initiales des mécanorécepteurs (BILLUART et al., 2005; Desmurget & Grafton, 2000; Schifftan et al., 2015). Elle permet également de diminuer les récurrences de blessures du membre inférieur (LaBella et al., 2011; Zech et al., 2009).

1.3 Programmes d'entraînements

Dans la littérature, il existe déjà des programmes ayant pour but de prévenir les blessures des membres inférieurs. Nous pouvons citer, par exemple les programmes Fifa 11+, le PEP (Prevent Injury and Enhance Performance), le GAA15 (Gaelic Athletic Association) ou encore le AKP PTP (Anterior Knee Pain Prevention Training Programm). Ces programmes ont été testés et validés dans la littérature. (Herman et al., 2012; O'Malley et al., 2017).

Ces programmes combinent des exercices de renforcement musculaire, d'entraînement sensori-moteur ainsi que d'endurance musculaire. Le programme de cette étude pilote [Annexe I : Protocole d'entraînement] en est inspiré, pour ce qui est de la forme et des exercices.

1.4 Tapis T-training

Le tapis T-training existe en deux versions. Une version de 2x2m, constitué de 4 cercles dans lesquels sont répartis les lettres de l'alphabet de A à X. Ces cercles sont divisés par huit lignes en étoiles graduées. L'autre version, semblable à la première, mesure 4x2m et possède une zone supplémentaire de sauts.

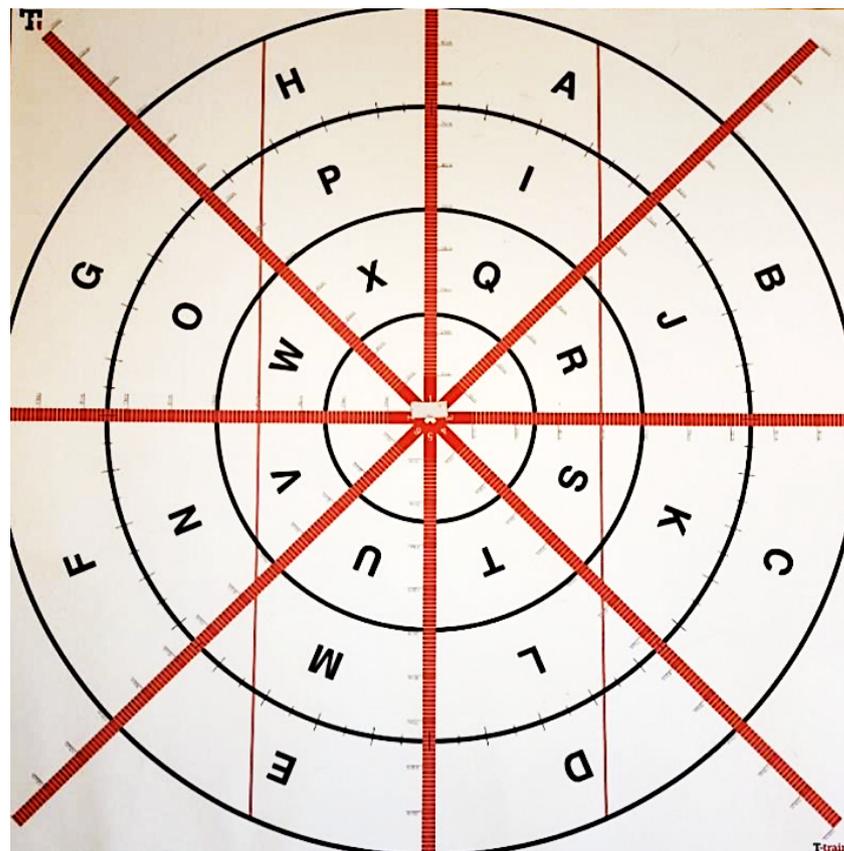


Figure 2: Tapis T-training (Rosa & Meyer, 2020)

1.5 Résumé de la problématique

L'entraînement des capacités sensori-motrices est indispensable lors d'une bonne prise en charge thérapeutique et cela, tout particulièrement pour les thérapies du membre inférieur (McKeon & Wikstrom, 2016; Nyland et al., 2017).

D'après la littérature, il existe peu de moyens d'évaluer précisément la proprioception du membre inférieur sans matériel spécifique (Han et al. 2016).

Le tapis T-training regroupe plusieurs marquages qui permettent de réaliser la plupart de ces tests et, de plus, il permet au patient, par le biais des lignes et des zones circulaires du tapis, d'avoir une certaine autonomie lors de la réalisation de ses exercices.

1.6 Question de recherche

Est-ce que l'étude formalisée par Rosa et Meyer (2020), visant à évaluer les effets du tapis T-training dans l'entraînement sensori-moteur, est réalisable ?

1.7 Hypothèses

1.7.1 Hypothèse principale

- L'étude est réalisable avec un plus grand échantillon et avec des personnes présentant des blessures du membre inférieur.

1.7.2 Hypothèses secondaires

- La réalisation des tests sur le tapis est reproductible et précise.
- Les participants qui s'entraînent sur le tapis auront un taux de satisfaction plus important quant à la facilité de réalisation des exercices demandés.
- Les participants faisant partie des deux groupes d'intervention obtiendront de meilleurs résultats que ceux du groupe contrôle.

1.8 Objectifs

1.8.1 Objectifs primaires

Démontrer la faisabilité de l'étude finale à l'aide des critères suivants :

- Procédure de recrutement des participants
- Documents de rassemblement et de gestion des données
- Déroulement et processus de l'intervention
- Évaluation du programme d'entraînement de manière qualitative

1.8.2 Objectifs secondaires

Évaluer les effets du tapis T-training sur les capacités sensori-motrices ainsi que l'aspect motivationnel du feedback visuel

- Évaluer les mesures des indicateurs observés
- Évaluer les capacités sensori-motrices des participants
- Évaluer la satisfaction des participants du groupe intervention

2. Méthode

2.1 Design de l'étude

Le design de cette étude pilote est randomisé, contrôlé et monocentrique. Cette étude pilote a été réalisée en vue d'une étude à plus grande échelle qui aurait comme but de valider le tapis T-training en tant qu'outil d'entraînement des capacités sensori-motrices.

L'étude pilote est composée de trois groupes : deux groupes d'intervention qui réalisent un programme d'entraînement avec ou sans tapis T-training et un groupe contrôle qui ne réalise aucun programme d'entraînement.

Pour formaliser cette étude, les lignes directrices utilisées sont celles du modèle SPIRIT selon Chan et al. (2013) et Thabane et al. (2010) et selon les recommandations de Lancaster et al. (2004). (Chan et al., 2013; Lancaster et al., 2004; Thabane et al., 2010).

L'étude pilote s'est déroulée à l'interne de la HES-SO filière physiothérapie afin de vérifier le processus avec la collaboration de participant en bonne santé, consentant à la démarche de l'étude pilote.

L'étude pilote a été réalisée selon l'ordonnance relative à la recherche sur l'être humain (ordonnance relative à la recherche sur l'être humain (ORH), 2013) (*SR 810.301 - Ordinance of 20 September 2013 on Human Research with the Exception of Clinical Trials (Human Research Ordinance, HRO)*, s. d.) Le formulaire de demande soumis à la commission d'éthique par nos prédécesseurs a été rempli selon les critères d'une étude observationnelle. L'erreur de formulaire n'ayant pas été prise en compte, les changements mineurs ordonnés par la commission d'éthique ont été appliqués lors de la première correction sur le même document. Le formulaire ad hoc de demande respectant les informations exigées par l'Oclin, selon le chapitre 4 doit être finalisé.

2.2 Participants

Les participants à l'étude pilote sont des étudiants volontaires de la HES-SO Valais-Wallis (Haute École de Santé Suisse-Occidentale) en filière physiothérapie à Loèche-les-Bains dont l'âge est situé entre 20 et 28 ans. Cette population représente une population jeune, saine et active. Ce choix a été effectué dans le but de valider le protocole de l'étude et ainsi de vérifier la faisabilité d'une étude à grande échelle.

2.3 Taille de l'échantillon

La taille de l'échantillon de l'étude pilote s'élève à 12 étudiants de la HES-SO Valais Wallis. Les 12 participants ont été répartis en 3 groupes de 4 participants. Deux groupes d'intervention qui s'entraînent avec et sans tapis et un groupe contrôle qui ne s'entraîne pas.

2.4 Critères d'éligibilité

2.4.1 Critères d'inclusion

Sont incluses toutes les personnes saines de la population des étudiants de la HES-SO Valais Wallis, filière physiothérapie âgés entre 20 et 28 ans, de genre féminin ou masculin, consentant à la démarche de l'étude pilote.

2.4.2 Critères d'exclusion

Sont exclues toutes les personnes ayant des antécédents récents (moins de 6 mois) de chirurgie ou de fracture des membres inférieurs, de symptômes aigus de blessures du membre inférieur. Les atteintes de troubles du système vestibulaire ou d'antécédents de commotion cérébrale récents (6 derniers mois) font également partie des critères d'exclusion.

2.5 Recrutement des participants

Le recrutement des participants a été effectué de manière volontaire au sein de la classe bachelor physiothérapie "BA18" à l'aide d'un e-mail d'information auquel a été joint un résumé du projet. Les participants ayant répondu positivement ont été conviés à une séance d'information en visioconférence, suite à laquelle ils ont confirmé ou non leur souhait de collaborer à l'étude. Ces volontaires ont ensuite signé un document de consentement éclairé [Annexe II : Lettres d'informations et de consentement éclairé].

2.6 Randomisation

Une randomisation de paires de sexe a été effectuée à l'aide d'une enveloppe opaque, afin de répartir de manière homogène les participants.

2.7 Intervention

La durée globale du projet a été de 9 semaines, période de recrutement comprise. Les deux premières semaines ont été utilisées pour prendre contact avec les participants, réaliser la séance d'information ainsi que le bilan initial. Ensuite, les deux groupes intervention ont réalisé, à la maison, le même programme d'exercices avec ou sans tapis T-training, à raison de trois entraînements par semaine, durant 6 semaines. Le groupe contrôle n'a pas effectué le programme d'entraînement. La neuvième semaine était consacrée au bilan final et à la réponse, par les participants, au questionnaire de satisfaction.

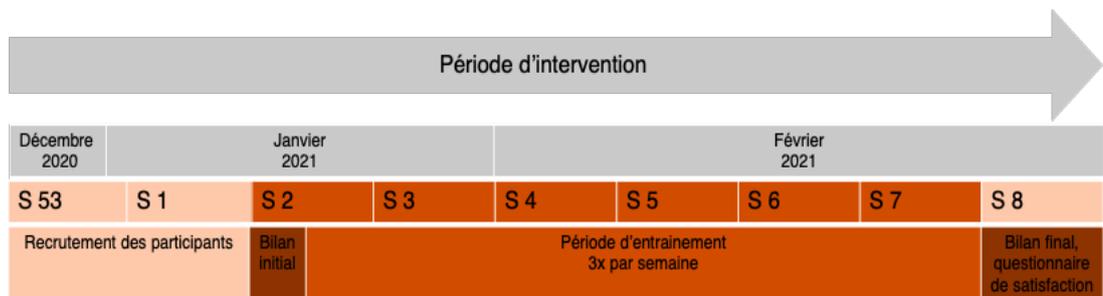


Figure 3: Période d'intervention (Bertschy & Thilo, 2021)

Arrivée sur le lieu	15 min	
Installation du matériel		
Accueil du participant	5 min	12 participants
Explication des tests		
Échauffement	5 min	
Prises de mesures (Tests: SEBT _{mod} , SS, BESS, SLH, RSH)	30 min	Temps total des mesures : 8 heures
Rangement du matériel	10 min	Temps total brut du testing : 8h25
Départ des lieux		

Tableau 1: Minutage des bilans (Bertschy & Thilo, 2021)

2.7.1 Groupes intervention

Les 8 participants des deux groupes d'intervention (entraînement avec et sans tapis T-training) ont reçu un programme d'entraînement des capacités sensori-motrices à effectuer trois fois par semaine, durant six semaines. Ce temps d'intervention est suffisant pour obtenir des adaptations à court terme et ainsi provoquer une amélioration des capacités neuromusculaires et du temps de réaction (Zouhal et al., 2019). Chaque participant s'est entraîné individuellement dans le lieu de son choix, à l'aide d'un support vidéo [Annexe III : QR code pour les vidéos]. Le groupe qui a réalisé le programme sur le tapis T-training a reçu un tapis T-training en prêt pour la durée de l'étude. Le bilan initial a été réalisé avant le premier entraînement et le bilan final après le dernier entraînement.

	Phase 1		Phase 2		Phase 3
Reverse lunges	10 répétitions par jambe	Cross over lunges	10 répétitions par jambe	Side skaters	10 répétitions par jambe
One-legged stance	30 secondes	One-legged stance Heel raised (on a tennis ball)	30 secondes	One-legged stance Heel raised + eyes closed	30 secondes
Lateral jump and hold	10 répétitions par jambe	Lateral jump and hold + minisquat	10 répétitions par jambe	Lateral jump, continuous movements	10 répétitions par jambe
One-legged stance dynamic (Small range)	30 secondes	One-legged stance dynamic (Wide range)	30 secondes	One-legged stance dynamic Heel raised (on a tennis ball)	30 secondes
Forward Jump	10 répétitions	Forward jump, landing on one leg	10 répétitions par jambe	Forward jump, landing one leg + rebound	10 répétitions par jambe
Pause entre les exercices : 15 secondes					
Pause entre les 2 sets : 2minutes					

Tableau 2: Protocole d'entraînement (Bertschy & Thilo, 2021)

2.7.2 Groupe contrôle

Les 4 sujets restants n'ont pas réalisé le programme d'entraînement. Il ne leur a pas été demandé de changer leurs habitudes d'activité physique durant la période d'intervention. Ces participants ont donné leur consentement quant à la non-réalisation du programme d'entraînement. Ce groupe contrôle est utile à la validation du protocole d'entraînement, mais ne serait pas mis en place lors de la réalisation d'une étude à grande échelle.

2.7.3 Période de suivi

La durée du programme d'entraînement était de 6 semaines ; l'entraînement s'est effectué à raison de 3 séances par semaine, espacées d'au moins 24 heures. Les investigateurs se sont tenus à disposition en cas de problème technique ou de questions.

2.8 Outcomes

L'issue primaire de cette étude pilote était de démontrer la faisabilité de l'étude à grande échelle. Pour ce faire, il a été question de valider les critères suivants, établis par Rosa et Meyer, en 2020.

- Le recrutement des participants n'a pas duré plus de deux semaines.
- Le nombre de participants à la fin de l'étude pilote s'élève au moins à 75% des participants présents au bilan initial.
- Les documents utilisés pour reporter et gérer les données des participants sont adéquats et n'ont pas dû subir de modifications majeures lors du déroulement de l'étude.
- L'intervention s'est déroulée comme prévu et dans le temps imparti.
- Le programme d'exercices (que ce soit pour le groupe intervention ou même pour le groupe contrôle) est clair et facilement réalisable. Ce critère sera évalué qualitativement à l'aide d'un questionnaire distribué aux participants lors du bilan final à l'aide de l'obtention d'au moins 80% de réponses satisfaisantes.

L'issue secondaire de cette étude était l'évaluation des effets du tapis T-training sur les capacités sensori-motrices et l'aspect motivationnel du feedback visuel.

Il s'agissait d'évaluer de manière quantitative la progression, en comparant les résultats des tests du bilan initial avec ceux du bilan final, puis, de manière qualitative, en utilisant une échelle qualitative visuelle (Bailey et al., 2011) [Tableau 3] qui permet d'objectiver la qualité de mouvement. Une analyse statistique a permis de déterminer si la progression est significative ou non.

Note	Critère de hanche et de genou
Excellent	La flexion de la hanche est de plus de 65°, abduction/Adduction de hanche de moins de 10°, Valgus/Varus de genou de moins de 10°
Bien	Deux des critères ci-dessus sont remplis
Médiocre	Un seul des critères ci-dessus sont remplis
Faible	Aucun des critères sont remplis ou le patient perd l'équilibre ou il tombe

Tableau 3: Critères qualitatifs de hanche et de genou, traduction non validée (Bailey et al., 2011)

Finalement, nous pourrions mesurer l'aspect motivationnel du feedback visuel au moyen du questionnaire de satisfaction [Annexe IV : Questionnaire de satisfaction] et ainsi démontrer qu'il serait ou non plus aisé de s'entraîner avec un feedback visuel tel que le tapis T-training.

Ces tests sont :

- Star Excursion Balance Test modifié (SEBTm) (Gribble et al., 2012, 2013; Gribble & Hertel, 2003)
- Balance Error Scoring System (BESS) (Bell et al., 2011; Guskiewicz et al., 2001)
- Standing Stork Test (Yeux ouverts) (Brian Mackenzie, 2005; Panta et al., 2015)
- Single leg Hop test (SLH) (Dingenen et al., 2019a)
- Rebound Side Hop Test (RSH) (Gustavsson et al., 2006)

Le protocole de réalisation de ces tests est présenté de manière précise et standardisée dans l'annexe V pour éviter certains risques de biais lors de la formulation des consignes de ces tests par l'examineur.

2.9 Méthode et processus de recueil de données

Le recueil des données a été réalisé par les investigateurs de cette étude pilote et non par d'autres investigateurs comme l'avaient prévu Rosa et Meyer, en 2020. Les résultats ont été récoltés dans les formulaires prévus à cet effet et ce pour chaque participant [Annexe VI : Document de recueils de données]. Les données ont ensuite été retranscrites sur le logiciel Microsoft Excel. Les données sources utilisées dans le projet ont été le genre de la personne, l'âge, les activités physiques pratiquées, les antécédents de blessures du membre inférieur et la longueur de jambe des participants.

2.10 Analyses

2.10.1 Analyses statistiques

La taille de l'échantillon de l'étude pilote s'élevait à 12 participants (échantillon de convenance). Rosa et Meyer (2020) ont estimé ce nombre suffisant afin de valider les critères de faisabilité établis.

Le traitement statistique a été assuré par le logiciel « Python ». Le seuil de significativité était fixé à $p \leq 0.05$. Toutes les données récupérées ont été exprimées en moyenne ainsi qu'en écart-type. Afin de tester la normalité de la courbe des données des deux groupes, le test de Kolmogorov-Smirnov a été utilisé. En ce qui concerne la comparaison des résultats inter-groupes et intra-groupes, en raison des trois groupes, une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée.

Concernant l'étude à grande échelle, il faudrait recruter 126 personnes (taille d'échantillon évaluée à l'aide du logiciel « RMPD ») par l'application de la formule suivante (Julious, 2004).

$$n = \frac{t^2 \times p \times (1 - p)}{m^2}$$

« n » représente la taille d'échantillon minimale pour l'obtention de résultats significatifs.

« t » est le niveau de confiance : il s'élève à 95% ce qui signifie 1.96.

« p » a comme signification la proportion estimée de la population qui représente la caractéristique.

« m » symbolise la marge d'erreur qui est généralement fixée à 5% (relativement élevée, afin de rester le plus réaliste possible).

Afin de déterminer la valeur de « p », le nombre approximatif de personnes âgées entre 18 et 25 ans en Suisse a été calculé. Cette tranche d'âge représente 9% de la population suisse totale qui s'élevait à 8'570'000 en 2019. Il en résulte un total de 771'300 personnes se retrouvant dans les critères.

Le résultat de la formule de calcul de la taille d'échantillon s'est élevé à 125.85. Étant donné qu'il y a un taux de réponse moyen de 70% lors de ce type d'étude, il s'agirait de contacter au minimum 180 personnes (*Medical Statistics*, s. d.).

2.10.2 Analyse qualitative

A la fin de notre programme, nous avons distribué aux participants deux questionnaires de satisfaction [Annexe IV]. Le premier questionnaire, destiné à nos deux groupes d'intervention, comporte 31 questions divisées en 5 thèmes qui sont :

1. La qualité des vidéos
2. La qualité du programme
3. La réalisation des exercices
4. Pratique future
5. Général

Comme le groupe contrôle n'a pas réalisé le programme, il a répondu à une version simplifiée de ce questionnaire. Seule la partie 4, "Pratique future" a été présentée ainsi que le relevé d'informations quant à leur activité physique lors de la durée du programme.

Ces questionnaires nous ont permis d'évaluer plusieurs aspects qui nous permettront de déterminer la qualité de notre étude et d'ainsi répondre à certaines de nos hypothèses secondaires.

2.11 Surveillance des données

En raison de la pandémie COVID-19, pour la réalisation de cette étude pilote, deux autres investigateurs n'ont pas été recrutés (comme prévu par Rosa et Meyer, 2020). En effet, il était préférable de ne pas impliquer des investigateurs supplémentaires, l'objectif de l'étude pilote étant principalement de vérifier le processus.

2.12 Éthique et diffusion

2.12.1 Consentement éclairé

Une lettre de consentement éclairé a été signée et datée par tous les participants avant le début de l'étude [Annexe II].

2.12.2 Confidentialité

Les données du projet ont été récoltées avec la plus grande discrétion et ont été traitées uniquement par les investigateurs. Au sein des documents de recueil de données, les participants ont été identifiés par un numéro, de manière à ce que les données récoltées soient anonymes. Les listes contenant les informations personnelles des participants ont été utilisées uniquement par les examinateurs et placées sur un disque dur protégé, afin d'éviter toute divulgation non autorisée ou accidentelle, d'éviter une modification ou une suppression des données, ainsi que la copie ou le vol.

Les données codées sont accessibles via l'étude. Cependant, toute information personnelle liée à ce codage sera supprimée. Cela signifie qu'en cas de publication, les données agrégées ne seront pas imputables aux participants.

2.13 Risques et bénéfices

Aucune blessure n'a été contractée en lien avec l'étude pilote. Le risque de blessures pour les participants en comparaison au potentiel d'amélioration des capacités sensori-motrices était faible, tant que les participants respectaient les consignes données par les investigateurs. Afin de minimiser le risque de blessure, le programme d'entraînement comporte une phase d'échauffement ainsi qu'un retour au calme.

En cas de dommages ou de blessures liés au projet, la responsabilité civile de la HES- SO Valais/Wallis, Haute-École Spécialisée de Suisse-Occidentale était engagée, à l'exception des réclamations résultant d'une faute ou d'une négligence grave.

3. Résultats

3.1 Critères de validation

L'hypothèse principale concernant la faisabilité de l'étude « L'étude est réalisable avec un plus grand échantillon et avec des personnes présentant des blessures du membre inférieur. » a été vérifiée par la validation de 4 des 5 critères établis préalablement. Un des 5 critères est partiellement validé.

1. Le recrutement des participants a duré une semaine, respectant donc les deux semaines imparties.
2. Le nombre de participants à la fin de l'étude s'est élevé à 11 personnes soit 91% à la suite d'un drop out, ce qui représente effectivement plus de 75% des participants présents au bilan initial.
3. Les documents utilisés pour reporter les données des participants étaient adéquats et n'ont pas subi de modifications majeures lors du déroulement de l'étude.
4. L'intervention s'est déroulée dans le temps imparti. La durée des 10 semaines d'intervention dont 6 semaines d'entraînement a été respectée.
 - > Cependant, le temps prévu pour les bilans par Rosa et Meyer, 2020 n'était pas suffisant. La durée des bilans individuels s'élevait à 40 minutes par participants soit 30 minutes de plus que le temps prévu par Rosa et Meyer 2020.
5. Le programme d'exercices sous forme vidéo a été claire et facilement réalisable.

3.2 Résultats statistiques (quantitatifs)

L'hypothèse secondaire qui pose la question de l'efficacité du tapis T-training ne peut être validée. En effet, en raison de la taille de l'échantillon, la distribution des résultats des bilans ne respecte pas une loi normale.

Les résultats du bilan initial ont été comparés avec le bilan final pour chaque test, afin de déterminer la progression. En raison d'une erreur de mesure lors du BESS test, le traitement des données récoltées a été compromis. Les résultats du BESS n'ont donc pas été pris en compte pour l'analyse statistique.

En faisant abstraction du non-respect de la normalité de distribution, les résultats de l'ANOVA permettraient de conclure que les moyennes des 4 tests pris en compte sont statistiquement différentes. En effet, les valeurs « p » sont toutes inférieures à 0.05.

Les résultats de la comparaison multiple (Test des étendues de Tukey) permettraient de conclure que le programme d'entraînement avec ou sans tapis, a un effet significatif sur les résultats de 3 tests sur 4 [Figure 4].

L'issue de cette analyse quantitative ne permet pas de valider l'hypothèse secondaire « Les participants faisant partie des groupes d'intervention obtiendront de meilleurs résultats que ceux du groupe contrôle. »

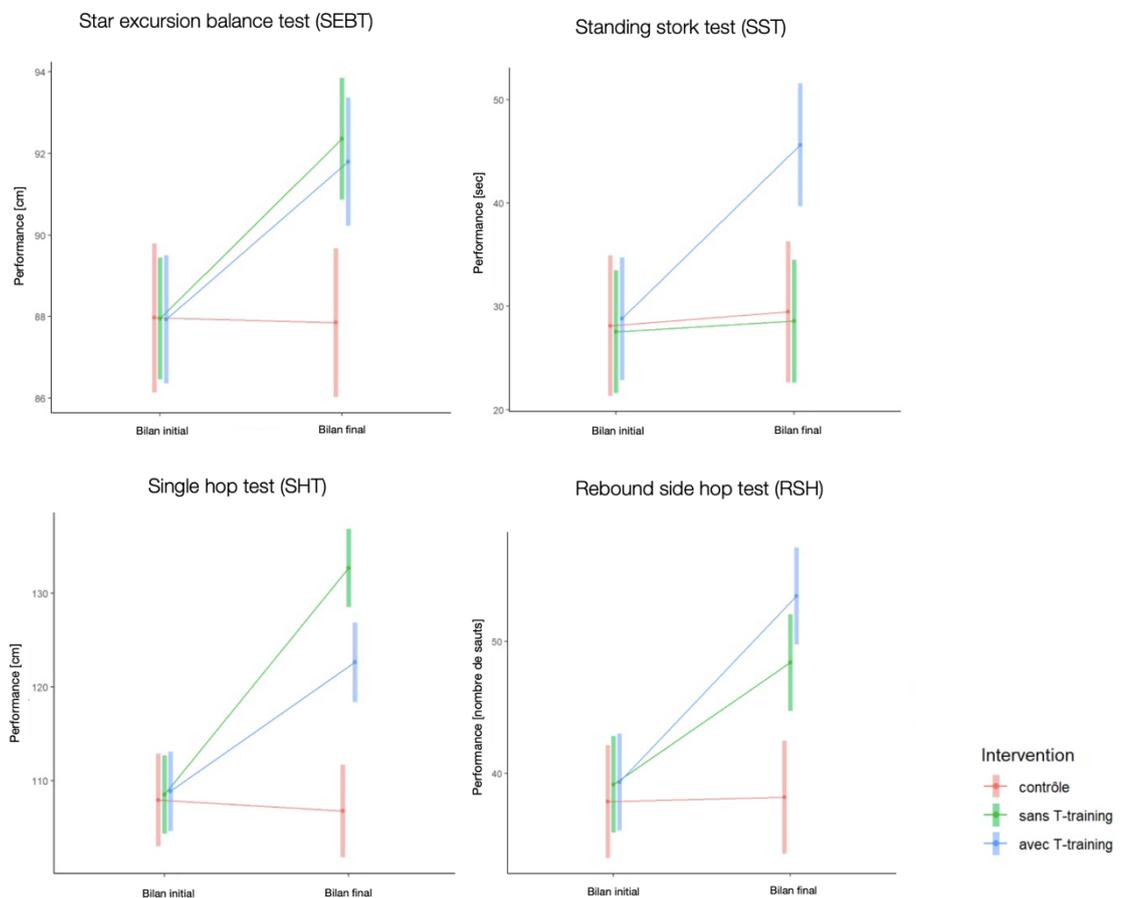


Figure 4: Résultats étude pilote (Bertschy & Thilo, 2021)

L'issue de l'analyse visuelle à l'aide de l'échelle qualitative (Bailey et al., 2011) n'a pas permis d'observer une progression qualitative à l'issue de la période d'entraînement.

3.3 Résultats du questionnaire de fin d'étude (Qualitatif)

Les deux groupes test avec et sans tapis ont répondu au questionnaire dans la totalité [Annexe IV], tandis que le groupe contrôle a répondu à une version réduite de ce questionnaire.

5 Participants sur 8 ont réalisé la totalité des entraînements du programme (3 fois par semaine pendant 6 semaines). Les trois autres participants n'ont pas réalisé 2 entraînements sur les 18 prévus dans le programme.

Le format de vidéo d'entraînement en ligne [Annexe III] a été apprécié par la totalité des participants. 7 participants ont répondu oui et 1 plutôt oui à la question "Est-ce que le format vidéo du programme vous a convenu ?"

Un inconvénient a tout de même été relevé quant à l'accessibilité de la vidéo qui nécessite impérativement une connexion internet.

Les consignes ont été évaluées comme étant claires par tous (6 ont répondu « oui », 2 « plutôt oui » à la question "Est-ce que les consignes étaient claires ?") même s'il a été relevé que l'autocorrection restait difficile sans feedback d'une personne tierce ou sans marquage au sol. Les participants des deux groupes ont pu témoigner de leur progression lors de la réalisation du programme.

Les participants ont répondu « oui » et « plutôt oui » aux questions « Est-ce que la progression des exercices entre les phases était cohérente ? » et « Est-ce que la difficulté était adaptée ? ». Les exercices étaient donc, selon les participants, faciles à reproduire et la progression était adaptée. Les remarques convergent tout de même vers la conclusion que la difficulté des exercices nécessite un certain niveau d'activité physique.

D'après 7 personnes sur 8, il était facile de reconnaître ses erreurs et de s'autocorriger lors de la réalisation des exercices. Pour un sujet faisant partie du groupe sans tapis, l'autocorrection a été évaluée difficile.

D'après nos sujets, tous les exercices, à l'exception des exercices d'équilibre statique, nécessitent un feedback visuel. L'exercice de la phase 3 « Lateral jumps » a été jugé le plus demandant pour un feedback visuel [Figure 5].

Il a été demandé aux participants de noter le programme dans son ensemble (Déroulement, forme, exercices, cohérence...); la note moyenne atteinte est de 8,87/10.

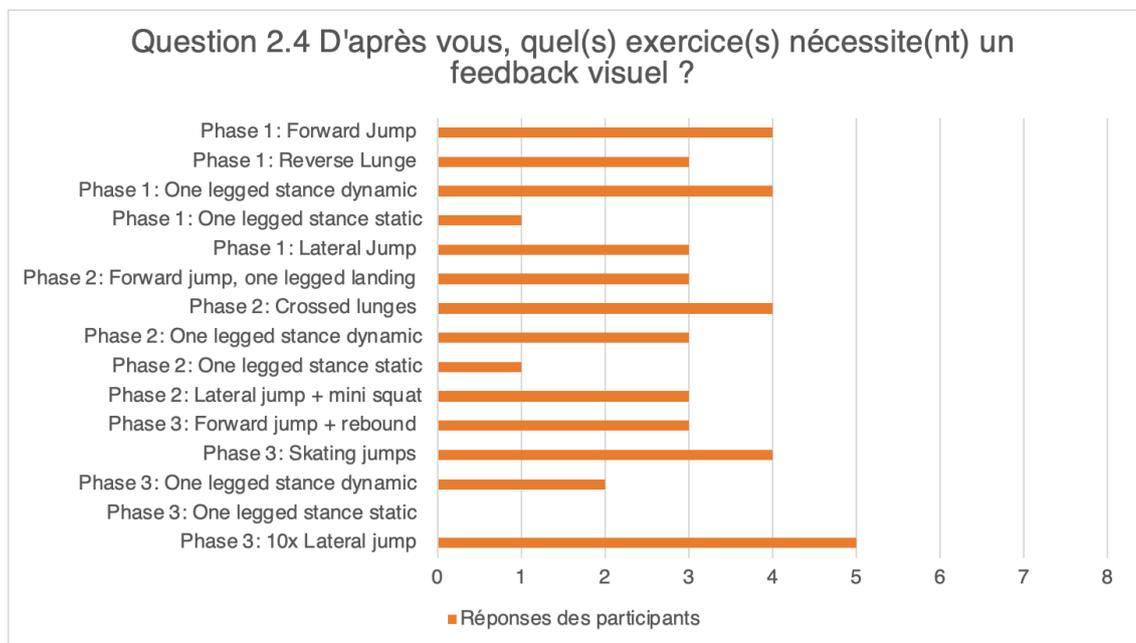


Figure 5: Graphique des résultats question 2.4 du questionnaire de satisfaction (Bertschy & Thilo, 2021)

4. Discussion

4.1 Interprétation des résultats

4.1.1 Résultats primaires : faisabilité de l'étude pilote

A l'issue de la période d'intervention les 5 critères établis par Rosa et Meyer en 2020 ont été validés. Les critères concernant le recrutement de participants, le taux de participation, les documents et le programme d'entraînement ont été remplis. En revanche, le temps prévu pour les bilans s'est avéré être 4 fois plus long que prévu par Rosa et Meyer 2020 (40 minutes par participant au lieu de 10 minutes). La faisabilité de l'étude se voit donc compromise par le temps de réalisation des bilans. Pour une étude à grande échelle avec un total de 126 sujets, le temps effectif des bilans s'élèverait à 10,5 jours pour 8h de testing et 12 sujets par jour. L'issue de cette étude pilote relève la complexité de son application à grande échelle. La transposition du protocole de l'étude pilote sur un échantillon de 126 participants semble difficile, en raison du temps nécessaire pour la réalisation des bilans.

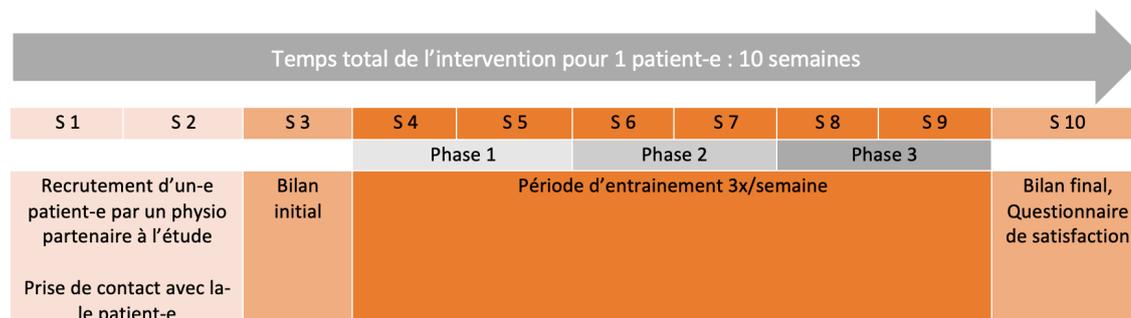


Figure 6: Temps d'intervention pour un participant (Bertschy & Thilo, 2021)

Au travers de l'étude pilote, certains aspects concernant la faisabilité de l'étude qui n'ont pas été mentionnés par Rosa et Meyer 2020 ont été relevés.

Le premier aspect concerne les modalités et la période d'entraînement. En effet, en raison de la pandémie COVID-19, les participants de l'étude ont réalisé leur entraînement à la maison (avec et sans tapis T-training). Ceci a été réalisable grâce à l'obtention de 4 tapis T-training qui ont été prêtés aux participants.

Pour la transposition de l'étude pilote à une étude à grande échelle, l'obtention d'un grand nombre de tapis serait nécessaire. Sans aide financière conséquente, l'obtention d'un grand nombre de tapis est compromise. Une solution pour palier à ce problème serait de répertorier les cabinets de physiothérapie ayant fait acquisition d'un tapis T-training et de leur demander de collaborer avec les investigateurs pour réaliser l'étude. Ainsi, les participants pourraient planifier leurs entraînements dans un cabinet proche de chez eux.

Le deuxième aspect concerne la réalisation du testing des bilans. Le document de référence décrivant le déroulement des tests s'est avéré être trop imprécis pour réaliser de tests de manière standardisée. Dans le cas où l'étude à grande échelle se déroulerait en double aveugle (recrutement d'autres investigateurs que ceux de l'étude pour la réalisation), une grande précision quant au déroulement des tests est particulièrement nécessaire afin de diminuer le taux de biais. Pour remédier à cela, un nouveau document [Annexe V] a été créé pour décrire précisément la marche à suivre lors de la réalisation des tests. Dans le cas d'une étude à grande échelle en double aveugle, une réunion préparatoire avec les investigateurs recrutés serait nécessaire. De plus, en raison du nombre de 126 bilans à réaliser, il pourrait être intéressant de définir plusieurs lieux de testing par région, afin de simplifier la logistique pour les participants.

4.1.2 Résultats secondaires : efficacité du tapis T-training

De par la taille restreinte de l'échantillon de l'étude pilote, les résultats statistiques étaient non significatifs, ce qui était déjà attendu par Rosa et Meyer, 2020. A l'issue de la période d'entraînement, comme représenté dans la figure 4, une tendance à l'amélioration des capacités sensori-motrices a été observée dans les deux groupes intervention en comparaison avec le groupe contrôle. En effet, une amélioration des performances des tests SEBTmod, single leg hop test et side hop test a été mesurée. Ces résultats sont bien sûr à interpréter avec prudence, puisque l'analyse statistique permet uniquement de conclure que les moyennes sont statistiquement différentes. Selon la littérature actuelle, il est très probable que les résultats d'une étude à grande échelle démontrent une amélioration des capacités sensori-motrices.

Concernant la question de l'apport du feedback visuel fourni par le tapis T-training, on aurait pu s'attendre, au sein du groupe entraîné sur le tapis T-training, à une amélioration de la qualité d'équilibration quantifiée par l'échelle qualitative visuelle (Bailey et al., 2011). Cependant, cette amélioration n'a pas été observée et ce, probablement également en lien avec la taille de l'échantillon. Comme l'avaient cité Rosa et Meyer, en 2020, le seul moyen de démontrer les effets du tapis T-training dans l'entraînement sensori-moteur du membre inférieur serait alors de réaliser une étude à plus grande échelle. L'utilisation de l'échelle qualitative visuelle (Bailey et al., 2011) s'est également avérée fastidieuse et imprécise. Le point de vue de l'observateur étant très subjectif, l'utilisation de caméra avec marqueur articulaire semblerait judicieuse afin d'augmenter la précision d'une observation qualitative.

Les réponses au questionnaire de satisfaction ne permettent pas de tirer des conclusions, notre échantillon étant encore trop restreint. Néanmoins, il nous montre déjà une tendance plutôt positive. En effet, en règle générale, le programme a été apprécié par tous les participants. Les résultats qualitatifs du questionnaire démontrent une bonne adhésion au programme. Le format vidéo [Annexe III] a été apprécié même si pour l'étude finale, il s'agirait de mettre les vidéos à disposition sur une plateforme ne nécessitant pas de connexion internet ainsi, les participants pourraient pratiquer leur entraînement hors connexion. En ce qui concerne les exercices, 14 exercices sur 15 ont été jugés, par nos participants, comme nécessitant un feedback visuel. Il est fort à parier que le Tapis T-training est réellement pertinent lors d'entraînement des membres inférieurs.

4.2 Justification

En ce qui concerne la population de l'étude pilote, la tranche d'âge et le milieu social (étudiants à la HES-So Valais/Wallis) ont été sélectionnés pour permettre une homogénéité dans la population et réduire le risque de biais intra- et intergroupe et également, pour d'éviter les demandes de consentement des représentants légaux.

Afin d'évaluer de manière optimale la fiabilité et la validité du tapis T-training, Rosa et Meyer avaient sélectionné, pour d'obtenir suffisamment de résultats à comparer, une batterie de tests validés assez conséquente.

L'échauffement, inspiré du programme de prévention Kipp (LaBella et al., 2011), a été créé afin de diminuer les risques de blessures. La version proposée par Rosa et Meyer, en 2020, a été modifiée afin de réduire le temps d'échauffement. L'échauffement est passé de 11 exercices sur 15 minutes à 6 exercices durant 7 minutes. (Yanci et al., 2019).

Le protocole d'entraînement créé par Rosa et Meyer en 2020 était inspiré du programme Kipp. Pour la réalisation de l'étude pilote, le programme a été légèrement modifié afin d'offrir un panel d'exercices plus adapté à l'utilisation du tapis T-training [Annexe I]. La deuxième version du programme d'entraînement que nous avons utilisée, est inspirée des exercices des programmes « Fifa 11+ », « PEP » et « KIPP ». Le nombre d'exercices a été réduit de 3 par rapport au programme de Rosa et Meyer pour un total final de 5 exercices. Ainsi, le temps de l'entraînement a été réduit, passant de de 45-60 min à 35 min. La réduction du temps de la séance à 45 minutes a été choisie dans le but d'augmenter la compliance des participants.

Le programme d'entraînement a été diffusé sous forme vidéo [Annexe III] afin de rendre le programme attrayant et réalisable, à la maison et de manière individuelle. En effet, en raison de la pandémie COVID-19, il était impossible d'organiser des séances d'entraînement sur le site de l'étude. La durée de l'entraînement était de 6 semaines, à raison de 3 entraînements par semaine, espacés d'au moins 24 heures. Ces modalités semblent, selon l'étude de Phillips (Phillips, 2000), suffisantes pour obtenir des adaptations motrices.

Par respect de l'éthique de l'étude, les deux groupes ont réalisé le même programme d'entraînement. Le groupe contrôle, lui, n'a pas réalisé d'entraînement pour l'étude pilote et ce, afin de pouvoir observer les effets du programme. Il faut remarquer que, pour respecter une certaine éthique, aucun participant n'était atteint de blessure des membres inférieurs. Lors d'une éventuelle étude à grande échelle sur des sujets blessés, l'étude ne devrait pas contenir de groupe contrôle qui ne réalise pas le programme.

En ce qui concerne la demande à la commission d'éthique, l'erreur de design de la demande est en cours de modification afin de respecter le modèle d'essais cliniques conformément à l'OCLin chapitre 4 pour compléter les points qui n'ont pas été abordés (*Protocoles d'études*, s. d.).

4.3 Limites de l'étude

4.3.1 Risques de biais

Lors de la réalisation de l'étude pilote, nous avons pu relever les risques de biais suivants, ces biais pourraient affecter les résultats lors de la réalisation de l'étude finale.

Biais de sélection

Afin de réduire le risque de biais lié au genre des participants, nous avons procédé à une randomisation de paires.

Biais de détection

Lors de l'étude pilote, nous n'avons pas pu réaliser le testing en double aveugle, notamment à cause de la pandémie. Si les investigateurs ont connaissance de l'appartenance des participants aux différents groupes, la motivation est différente et cela représente donc un risque de biais.

Le rôle des investigateurs, lors de la prise de mesure des tests, doit être bien défini et standardisé. L'appréciation des points qualitatifs avec l'échelle de Bailey (Bailey et al., 2011) fait rentrer des paramètres d'appréciation personnelle qui sont source de biais supplémentaires.

Pour l'étude finale, il est important que deux investigateurs externes restent les mêmes et que leurs rôles soient bien définis tout au long des bilans initiaux et finaux.

Biais de mesure :

Lors de la réalisation du testing, nous nous sommes également rendu compte que l'on pouvait témoigner d'un grand risque de biais, si les guidelines du déroulement des tests n'étaient pas claires. Les tests, choisis par Rosa et Meyer, 2020, sont décrits différemment dans la littérature. Si l'on ne définit pas clairement le déroulement de ceux-ci, cela peut être une source de biais. C'est pourquoi, nous avons créé l'Annexe V qui décrit précisément, d'après des études validées dans la littérature, le déroulement des tests.

Biais de performance

- Lors du testing

Nous avons observé une différence de performance de nos participants, en rapport avec l'horaire auquel nous les avons testés. En effet, un de nos sujets, venu en fin d'après-midi avait déjà fait du sport avant de venir à la séance de test. Un autre sujet, venu tôt le matin à jeun, a fait une chute de pression lors du deuxième essai du RSHT et nous avons donc dû, pour lui, arrêter le testing. Lors des bilans de ces deux sujets, nous avons pu témoigner d'une grande différence de performance entre le bilan initial et le bilan final, ce qui démontre donc un autre risque de biais. C'est pourquoi, lors de l'étude finale, les horaires de bilans d'entrée et de sortie doivent rester les mêmes.

- Lors de l'entraînement

Le niveau d'entraînement de base du participant peut influencer la réalisation des exercices du programme. Nous avons créé un programme identique pour tous les participants et ce, malgré les différences de niveau sportif. Le rythme de l'évolution peut être très différent selon le niveau de départ, il peut être trop rapide pour certains niveaux ou trop lent pour d'autres, tout comme certaines phases peuvent être trop faciles pour certains sujets.

Biais	Solution/Amélioration apportée ?
Sélection	<ul style="list-style-type: none">• Randomisation de paires
Détection	<ul style="list-style-type: none">• Double aveugle• Rôles précis : prise de note et prise de mesures• Qualitatif = Vidéo
Mesure	<ul style="list-style-type: none">• Annexe 5 décrivant le déroulement précis des tests
Performance lors du testing	<ul style="list-style-type: none">• Consigne de ne pas faire de sport 24h avant le testing• Même horaire de RDV pour le bilan d'entrée et de sortie
Performance lors de l'Entraînement	<ul style="list-style-type: none">• ∅

Tableau 4: Résumé des risques de biais (Bertschy & Thilo, 2021)

Certains participants pratiquent déjà beaucoup de sport durant la semaine, cette pratique peut altérer la performance et les effets escomptés lors de la réalisation du programme d'entraînement (fatigue musculaire, surentraînement...)

Nous avons réussi à supprimer certains de ces biais en apportant quelques ajustements au protocole de l'étude. Cependant, certains biais restent impossibles à réduire ou supprimer.

4.4 Forces de l'étude

Lors de la réalisation de cette étude pilote, nous avons pu profiter de la collaboration des deux créateurs du tapis T-training, Rinaldo Oggier et Valentin Sarrasin qui nous ont fourni gratuitement trois tapis pour la durée de l'étude. Nos participants pratiquant le programme avec tapis, ont donc pu le réaliser à la maison ce qui, dans le contexte de la pandémie COVID-19, était indispensable pour le bon déroulement de l'étude. Ils nous ont également donné des conseils quant à l'utilisation du tapis et ils ont partagé avec nous leurs connaissances et leurs expériences de l'entraînement sensori-moteur.

La littérature sur l'entraînement sensori-moteur du membre inférieur est riche, ce qui nous a permis d'avoir de nombreuses sources et de nombreux points de vue différents pour construire une base théorique stable, afin de réaliser notre étude pilote.

Tout au long de l'étude, nous avons dû nous adapter aux différentes situations sanitaires et nous avons dû repenser plusieurs fois l'adaptation de notre programme aux nouvelles directives de l'OFSP.

Nous avons pu compter sur l'aide de notre directeur de TB, Nicolas Mathieu et de la HES-SO Valais qui nous ont donné accès aux locaux de Loèche-les-Bains et nous ont permis d'y réaliser les tests.

4.5 Pistes pour le futur

L'objectif final serait de mener l'étude imaginée par Rosa et Meyer, 2020 à grande échelle, et ce, avec des personnes atteintes de lésions musculo-squelettiques des membres inférieurs, pour être en mesure de valider le tapis T-training comme outil d'entraînement neuromusculaire.

Malheureusement, l'erreur de design lors de la soumission du projet d'étude pilote à la commission d'éthique en août 2020, puis en janvier 2021, a compromis la réalisation d'une étude pilote avec l'accord de la commission d'éthique. Le formulaire d'essais cliniques conforme à l'OClin, chapitre 4 en vue d'une étude pilote doit être finalisé. Nous pouvons relever qu'une meilleure communication au sujet de la réalisation des démarches administratives aurait été adéquate.

4.5.1 Critères de recrutement

Pour ce faire, il s'agirait de trouver une certaine homogénéité quant à la lésion du membre inférieur de notre population. Rosa et Meyer avaient déjà exclu les lésions de la hanche car les tests utilisés ne sont pas spécifiques à l'articulation coxo-fémorale et également parce que la majorité des études consultées, concernent les lésions du genou ou de la cheville.

Il serait judicieux de réduire les critères de sélection à la cheville. En effet, la blessure de cette articulation a une grande incidence et cela indépendamment de l'âge du sportif et, de plus, elle est à haut risque de récurrence (Chauvin et al., 2018; Doherty et al., 2014; Gribble et al., 2016).

Le critère de sélection d'âge étant très restrictif (20 –28 ans) il pourrait être élargi à 18 – 40 ans, l'objectif étant de cibler une population active physiquement et de recruter un nombre suffisant de sujets.

4.5.2 Bilans

Lors de la réalisation des bilans de notre étude pilote, comme relevé précédemment, les 10 minutes prévues par Rosa et Meyer sont insuffisantes, en moyenne la durée d'un bilan étant de 40 minutes. L'idéal serait de diminuer le temps de Bilan, pour que celui-ci puisse être intégré à une séance de physiothérapie de 30 minutes. Pour ce faire, le BESS (Balance Error Scoring System), conçu pour tester le système vestibulaire pourrait être supprimé. Nous suggérons également de ne pas prendre en compte les points qualitatifs attribués lors des tests SEBT et SLH pour que les investigateurs puissent se concentrer sur la performance. Afin de tout de même récolter des données qualitatives, l'ajout d'un test uniquement qualitatif, le SLST (Single Leg Squat Test) (Bailey et al., 2011) serait intéressant et applicable de façon rapide.

Suite aux différences de performance liées à l'heure de passage aux bilans initiaux et finaux il sera impératif, lors de l'étude à grande échelle, de garder les mêmes horaires de passage aux deux bilans. Nous réduirions ainsi le risque de biais de performance.

4.5.3 Déroulement/Planning de l'étude

Pour que l'étude soit réalisable à grande échelle, la collaboration avec des établissements (Cabinets, cliniques, hôpitaux) disposant du tapis T-training est indispensable. En effet, il serait impossible de prêter/louer 63 tapis aux participants du groupe d'entraînement avec tapis. Il faudrait négocier avec les physiothérapeutes pour que les patients puissent venir faire leur entraînement sensori-moteur en plus de leur traitement lors de la phase de réathlétisation.

La collaboration avec deux physiothérapeutes pour la réalisation des bilans est aussi indispensable pour que l'étude reste en double aveugle. Ces physiothérapeutes devront soit être disponibles pour se déplacer dans les différents établissements partenaires pour faire les bilans, soit être autorisés à faire les bilans sur leur lieu de travail.

Étant donné que la probabilité d'avoir 63 participants dans la même phase de rééducation suite à une entorse de cheville est très faible, nous proposons d'étaler la durée de l'étude sur 2 ou 3 ans. Cela nous permettrait d'avoir une population homogène et un nombre de sujets suffisant.

4.6 Financement

Aucun financement n'a été nécessaire lors de la réalisation de l'étude pilote. Avec les modifications apportées aux programmes, l'achat de matériel spécifique n'était plus indiqué. Grâce à la collaboration avec Valentin Sarrasin et Rinaldo Oggier, les créateurs du tapis T-training, nous avons pu bénéficier d'un prêt de trois tapis lors de la période d'intervention de l'étude pilote.

5. Conclusion

En 2020, Rosa et Meyer avaient élaboré un protocole afin de valider le tapis T-training comme outil de mesure et d'entraînement sensori-moteur. Nous avons poursuivi leur démarche en réalisant une étude pilote, afin de déterminer si l'étude est réalisable à grande échelle. Après quelques modifications du protocole de base et à l'issue de la réalisation de l'étude pilote, nous avons pu valider certaines de nos hypothèses.

En premier lieu, nous avons pu déterminer que notre hypothèse principale soit "L'étude est réalisable avec un plus grand échantillon et avec des personnes présentant des blessures du membre inférieur." est validée sous certaines conditions.

La première condition concerne les modalités de l'intervention. Il s'agirait d'allonger la période d'intervention sur 2 ou 3 ans et d'envisager une collaboration avec des cabinets disposant d'un tapis T-training.

La deuxième condition concerne le temps de bilan. Nous avons dû revoir le temps prévu à la hausse ainsi que de supprimer un des tests (BESS) pour permettre aux bilans de s'effectuer dans le laps de temps d'une séance de physiothérapie standard (30 minutes).

La dernière condition concerne les critères d'inclusion des participants. Il serait judicieux de se concentrer sur un type de blessure du membre inférieur, l'entorse de cheville.

L'hypothèse secondaire soit "La réalisation des tests sur le tapis est reproductible et précise" a également été validée, à condition qu'un protocole clair des tests ait été mis en place, complété par une séance explicative des tests.

Nos deux autres hypothèses secondaires "Les participants qui s'entraînent sur le tapis auront un taux de satisfaction plus important quant à la facilité de réalisation des exercices demandés." ainsi que "Les participants faisant partie des deux groupes d'intervention obtiendront de meilleurs résultats que ceux du groupe contrôle" n'ont pas été validées. Malgré des résultats statistiquement non significatifs, une tendance au taux de satisfaction plus haut et à l'amélioration des capacité sensori-motrice a pu être observée.

Cette tendance observée nécessiterait une enquête plus approfondie et ouvrirait ainsi la porte à une étude à plus grand échelle.

6. Bibliographie

Alexandrov, AV., Frolov, AA., Horak, FB., Carlson-Kuhta, P., & Park, S. (2005). Feedback equilibrium control during human standing. *Biological Cybernetics*, 93(5), 309-322. <https://doi.org/10.1007/s00422-005-0004-1>

Bailey, R., Selfe, J., & Richards, J. (2011). The Single Leg Squat Test in the Assessment of Musculoskeletal Function : A Review. *Physiotherapy Practice and Research*, 32(2), 18-23. <https://doi.org/10.3233/PPR-2011-32204>

Barrack, R. L., Schrader, T., Bertot, A. J., Wolfe, M. W., & Myers, L. (2001). Component rotation and anterior knee pain after total knee arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 392, 46-55. <https://doi.org/10.1097/00003086-200111000-00006>

Bell, D. R., Guskiewicz, K. M., Clark, M. A., & Padua, D. A. (2011). Systematic Review of the Balance Error Scoring System. *Sports Health*, 3(3), 287-295. <https://doi.org/10.1177/1941738111403122>

BILLUART, F., CHANUSSOT, J.-C., N, F., & P, T. (2005). Nouvelle approche de la rééducation des entorses de la cheville. *Mains libres*, N°1, p.7-15.

Bizzini, M. (2000). *Sensomotorische Rehabilitation nach Beinverletzungen : Mit Fallbeispielen in allen Heilungsstadien*. Georg Thieme Verlag.

Bouisset, S., Richardson, J., & Zattara, M. (2000). Do anticipatory postural adjustments occurring in different segments of the postural chain follow the same organisational rule for different task movement velocities, independently of the inertial load value? *Experimental Brain Research*, 132(1), 79-86. <https://doi.org/10.1007/s002219900228>

Brian Mackenzie. (2005). *101 Performance Evaluation Tests*. Londres: Peak Performance Publishing.

Bureau de prévention des accidents BPA. (2019). *Status 2019 : Statistique des accidents non professionnels et du niveau de sécurité en Suisse; circulation routière, sport, habitat et loisirs*.

Chan, A.-W., Tetzlaff, J. M., Altman, D. G., Laupacis, A., Gøtzsche, P. C., Krleža-Jerić,

K., Hróbjartsson, A., Mann, H., Dickersin, K., Berlin, J. A., Doré, C. J., Parulekar, W. R., Summerskill, W. S. M., Groves, T., Schulz, K. F., Sox, H. C., Rockhold, F. W., Rennie, D., & Moher, D. (2013). SPIRIT 2013 Statement : Defining Standard Protocol Items for Clinical Trials. *Annals of Internal Medicine*, 158(3), 200-207. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-158-3-201302050-00583>

Chauvin, N. A., Jaimes, C., & Khwaja, A. (2018). Ankle and Foot Injuries in the Young Athlete. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 22(1), 104-117. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1609012>

Dargo, L., Robinson, K. J., & Games, K. E. (2017). Prevention of Knee and Anterior Cruciate Ligament Injuries Through the Use of Neuromuscular and Proprioceptive Training : An Evidence-Based Review. *Journal of Athletic Training*, 52(12), 1171-1172. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.12.21>

Desmurget, M., & Grafton, S. (2000). Forward modeling allows feedback control for fast reaching movements. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 423-431. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01537-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01537-0)

Dingenen, B., Truijen, J., Bellemans, J., & Gokeler, A. (2019a). Test-retest reliability and discriminative ability of forward, medial and rotational single-leg hop tests. *The Knee*, 26(5), 978-987. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2019.06.010>

Dingenen, B., Truijen, J., Bellemans, J., & Gokeler, A. (2019b). Test-retest reliability and discriminative ability of forward, medial and rotational single-leg hop tests. *The Knee*, 26(5), 978-987. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2019.06.010>

Doherty, C., Delahunt, E., Caulfield, B., Hertel, J., Ryan, J., & Bleakley, C. (2014). The incidence and prevalence of ankle sprain injury : A systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(1), 123-140. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0102-5>

Dr Michel Hunkeler, M. (s. d.). *Réadaptation et sport*. Consulté 21 avril 2021, à l'adresse http://www.snm.ch/images/documents/snm_news/69_snmnews_readaptation.pdf?phpMyAdmin=Ogl5mF7DwbmaKnxOHfTlhnotasf&phpMyAdmin=ad5e229b938c67878df4528979c2b319

Dr Rodineau Jacques. (2004). *Proprioception*. Springer Verlag.

Gribble, P. A., Bleakley, C. M., Caulfield, B. M., Docherty, C. L., Fourchet, F., Fong, D. T.-P., Hertel, J., Hiller, C. E., Kaminski, T. W., McKeon, P. O., Refshauge, K. M., Verhagen, E. A., Vicenzino, B. T., Wikstrom, E. A., & Delahunt, E. (2016). Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. *British Journal of Sports Medicine*, 50(24), 1496-1505. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096189>

Gribble, P. A., & Hertel, J. (2003). Considerations for Normalizing Measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 7(2), 89-100. https://doi.org/10.1207/S15327841MPEE0702_3

Gribble, P. A., Hertel, J., & Plisky, P. (2012). Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury : A literature and systematic review. *Journal of Athletic Training*, 47(3), 339-357. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.08>

Gribble, P. A., Kelly, S. E., Refshauge, K. M., & Hiller, C. E. (2013). Interrater Reliability of the Star Excursion Balance Test. *Journal of Athletic Training*, 48(5), 621-626. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.3.03>

Guskiewicz, K. M., Ross, S. E., & Marshall, S. W. (2001). Postural Stability and Neuropsychological Deficits After Concussion in Collegiate Athletes. *Journal of Athletic Training*, 36(3), 263-273.

Gustavsson, A., Neeter, C., Thomeé, P., Silbernagel, K., Augustsson, J., Thomee, R., & Karlsson, J. (2006). A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*, 14, 778-788. <https://doi.org/10.1007/s00167-006-0045-6>

Han, J., Waddington, G., Adams, R., Anson, J., & Liu, Y. (2016). Assessing proprioception : A critical review of methods. *Journal of Sport and Health Science*, 5(1), 80-90. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.10.004>

Herman, K., Barton, C., Malliaras, P., & Morrissey, D. (2012). The effectiveness of

neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation : A systematic review. *BMC Medicine*, 10(1), 75. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-75>

Holme, E., Magnusson, S. P., Becher, K., Bieler, T., Aagaard, P., & Kjaer, M. (1999). The effect of supervised rehabilitation on strength, postural sway, position sense and re-injury risk after acute ankle ligament sprain. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9(2), 104-109. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1999.tb00217.x>

Julious, S. A. (2004). Sample sizes for clinical trials with Normal data. *Statistics in Medicine*, 23(12), 1921-1986. <https://doi.org/10.1002/sim.1783>

L. Sturnieks, D., St George, R., & R. Lord, S. (2008). Balance disorders in the elderly. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 38(6), 467-478. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2008.09.001>

La proprioception—Marc Julia, Daniel Hirt, Stéphane Perrey, Stéphane Barsi, Arnaud Dupeyron—Sauramps Medical—Grand format—Le Hall du Livre NANCY. (s. d.). Consulté 19 avril 2021, à l'adresse <https://halldulivre.com/livre/9782840237686-la-proprioception-marc-julia-daniel-hirt-stephane-perrey-stephane-barsi-arnaud-dupeyron/>

LaBella, C. R., Huxford, M. R., Grissom, J., Kim, K.-Y., Peng, J., & Christoffel, K. K. (2011). Effect of Neuromuscular Warm-up on Injuries in Female Soccer and Basketball Athletes in Urban Public High Schools : Cluster Randomized Controlled Trial. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 165(11), 1033-1040. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2011.168>

Lancaster, G. A., Dodd, S., & Williamson, P. R. (2004). Design and analysis of pilot studies : Recommendations for good practice. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 10(2), 307-312. <https://doi.org/10.1111/j..2002.384.doc.x>

Marieb, E., & Hoehn, K. (2014). *Anatomie et physiologie humaines : Livre + eText + plateforme numérique MonLab - Licence étudiant 60 mois.* Pearson Education France.

Mckeeon, P. O., & Wikstrom, E. A. (2016). Sensory-Targeted Ankle Rehabilitation Strategies for Chronic Ankle Instability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(5), 776-784. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000859>

Medical Statistics : A Textbook for the Health Sciences, 5th Edition | Wiley. (s. d.). Wiley.Com. Consulté 19 avril 2021, à l'adresse <https://www.wiley.com/en-us/Medical+Statistics%3A+A+Textbook+for+the+Health+Sciences%2C+5th+Edition-p-9781119423652>

Mesure, S., Crémieux, J., & Amblard, B. (s. d.). *Les stratégies et performances posturales sensori-motrices : Effet de l'entraînement*. 13.

Nguyen, Y., & Degos, V. (s. d.). Physiologie de l'audition et de l'équilibre. In *Physiologie humaine appliquée (2e édition)* (p. 5).

Nyland, J., Gamble, C., Franklin, T., & Caborn, D. N. M. (2017). Permanent knee sensorimotor system changes following ACL injury and surgery. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 25(5), 1461-1474. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4432-y>

O'Malley, E., Murphy, J. C., McCarthy Persson, U., Gissane, C., & Blake, C. (2017). The Effects of the Gaelic Athletic Association 15 Training Program on Neuromuscular Outcomes in Gaelic Football and Hurling Players : A Randomized Cluster Trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(8), 2119-2130. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001564>

Panta, K., Arulsingh, W., Oliver Raj, J., Sinha, M., & Rahman, M. (2015). The Foot and Ankle Online Journal A study to associate the Flamingo Test and the Stork Test in measuring static balance on healthy adults. *The Foot and Ankle Online Journal*, 8. <https://doi.org/10.3827/faoj.2015.0803.0004>

Phillips, S. M. (2000). Short-Term Training : When Do Repeated Bouts of Resistance Exercise Become Training? *Canadian Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1139/h00-014>

Picot, B., Terrier, R., & Forestier, N. (2018). *Le Star Excursion Balance Test : Mise à jour et recommandations sur son utilisation en pratique The Star Excursion Balance Test : Up-date, recommendations and practical guidelines*.

Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J., & Paul, J. P. (2000). What is balance? *Clinical Rehabilitation*, 14(4), 402-406. <https://doi.org/10.1191/0269215500cr342oa>

Protocoles d'études. (s. d.). swissethics. Consulté 26 mai 2021, à l'adresse <https://swissethics.ch/fr/templates/studienprotokollvorlagen>

Rééducation de l'entorse externe de la cheville. (s. d.). Haute Autorité de Santé. Consulté 19 avril 2021, à l'adresse https://www.has-sante.fr/jcms/c_272059/fr/reeducation-de-l-entorse-externe-de-la-cheville

Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 71-79.

Rivera, M. J., Winkelmann, Z. K., Powden, C. J., & Games, K. E. (2017). Proprioceptive Training for the Prevention of Ankle Sprains : An Evidence-Based Review. *Journal of Athletic Training*, 52(11), 1065-1067. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.11.16>

Schiftan, G. S., Ross, L. A., & Hahne, A. J. (2015). The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations : A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(3), 238-244. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.04.005>

Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2001). *Motor Control : Theory and Practical Applications*. Lippincott Williams & Wilkins.

SR 810.301—Ordinance of 20 September 2013 on Human Research with the Exception of Clinical Trials (Human Research Ordinance, HRO). (s. d.). Consulté 19 avril 2021, à l'adresse <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2013/642/en>

Sugimoto, D., Myer, G. D., Foss, K. D. B., & Hewett, T. E. (2015). Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females : Meta-analysis and subgroup analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(5), 282-289. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093461>

Terrier, R., Picot, B., & Forestier, N. (2012). Le contrôle moteur et la protection articulaire de la cheville. 4. Optimisation de la reprogrammation neuro-musculaire : La protection active des fibulaires. *KS - Kinésithérapie Scientifique*, 535, 55-58. <https://doi.org/10.13140/2.1.4802.6241>

Thabane, L., Ma, J., Chu, R., Cheng, J., Ismaila, A., Rios, L. P., Robson, R., Thabane,

M., Giangregorio, L., & Goldsmith, C. H. (2010). A tutorial on pilot studies : The what, why and how. *BMC Medical Research Methodology*, *10*(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-10-1>

Williams, G. N., Chmielewski, T., Rudolph, K. S., Buchanan, T. S., & Snyder-Mackler, L. (2001). Dynamic Knee Stability : Current Theory and Implications for Clinicians and Scientists. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *31*(10), 546-566. <https://doi.org/10.2519/jospt.2001.31.10.546>

Yanci, J., Iturri, J., Castillo, D., Pardeiro, M., & Nakamura, F. Y. (2019). Influence of warm-up duration on perceived exertion and subsequent physical performance of soccer players. *Biology of Sport*, *36*(2), 125-131. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2019.81114>

Zech, A., Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F., & Pfeifer, K. (2009). Neuromuscular Training for Rehabilitation of Sports Injuries : A Systematic Review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *41*(10), 1831-1841. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a3cf0d>

Zouhal, H., Abderrahman, A. B., Dupont, G., Truptin, P., Le Bris, R., Le Postec, E., Sghaier, Z., Brughelli, M., Granacher, U., & Bideau, B. (2019). Effects of Neuromuscular Training on Agility Performance in Elite Soccer Players. *Frontiers in Physiology*, *10*, 947. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00947>

7. Liste des illustrations

Figure 1: Schéma du système sensori-moteur traduit de (Riemann & Lephart, 2002)	3
Figure 2: Tapis T-training (Rosa & Meyer, 2020).....	8
Figure 3: Période d'intervention (Bertschy & Thilo, 2021).....	13
Figure 4: Résultats étude pilote (Bertschy & Thilo, 2021).....	21
Figure 5: Graphique des résultats question 2.4 du questionnaire de satisfaction (Bertschy & Thilo, 2021)	23
Figure 6: Temps d'intervention pour un participant (Bertschy & Thilo, 2021).....	24
Figure 7: Skipping (Bertschy & Thilo, 2021).....	XIII
Figure 8: Side Shuffle (Bertschy & Thilo, 2021)	XIV
Figure 9: Butt Kickers (Bertschy & Thilo, 2021).....	XIV
Figure 10: Mountain Climbers (Bertschy & Thilo, 2021).....	XV
Figure 11: Line jump (avant/arrière) (Bertschy & Thilo, 2021).....	XVI
Figure 12: Line jump (de côté) (Bertschy & Thilo, 2021).....	XVI
Figure 13: Hop/Hop and stick (Bertschy & Thilo, 2021)	XVI
Figure 14: Reverse lunges, (Bertschy & Thilo, 2021).....	XIX
Figure 15: One-legged stance static (Bertschy & thilo, 2021)	XX
Figure 16: Lateral jump (Bertschy & Thilo, 2021).....	XXII
Figure 17: One-legged stance dynamic (Bertschy & Thilo, 2021).....	XXIII
Figure 18: Forward jump, (Bertschy & Thilo, 2021)	XXIV
Figure 19: Stretching quadriceps femoris (Meyer & Rosa, 2020).....	XXVI
Figure 20: Stretching Ischio-Jambiers (Meyer & Rosa, 2020).....	XXVI

Figure 21: Stretching triceps sural (Meyer & Rosa, 2020).....	XXVII
Figure 22: QR Échauffement.....	XXXV
Figure 23: QR phase 1 avec tapis	XXXV
Figure 24: QR phase 1 sans tapis.....	XXXVI
Figure 25: QR phase 2 avec tapis	XXXVI
Figure 26: QR phase 2 sans tapis.....	XXXVI
Figure 27: QR phase 3 avec tapis	XXXVII
Figure 28: QR phase 3 sans tapis.....	XXXVII
Figure 29 : Réalisation du Star Excursion Balance Test avec la jambe droite en appui (Gribble et al., 2012).....	XLIV
Figure 30 : Items du Balance Error Scoring System (Guskiewicz et al. 2001)	XLVI
Figure 31: Position du Standing Stork Test (Mackenzie, 2005).....	XLIX
Figure 32: Single Leg Hop distance (D.W Lee et al. 2018)	LI
Figure 33: Side Hop Test (Gustavsson, 2006).....	LIII
Figure 34: Single leg squat test (Bailey, 2011).....	LV

8. Liste des Tableaux

Tableau 1: Minutage des bilans (Bertschy & Thilo, 2021).....	13
Tableau 2: Protocole d'entrainement (Bertschy & Thilo, 2021).....	14
Tableau 3: Critères qualitatifs de hanche et de genou, traduction non validée (Bailey et al., 2011)	15
Tableau 4: Résumé des risques de biais (Bertschy & Thilo, 2021).....	29
Tableau 5: Récapitulatif des exercices, (Bertschy & Thilo, 2021).....	XVII
Tableau 6 : Tableau de score du Balance Error Scoring System (Weightman et al., 2014)	XLVIII
Tableau 7: Scores du Standing stork Test yeux ouverts en fonction du sexe du sujet (Mackenzie, 2005)	L
Tableau 8: Scores du Standing Stork Test yeux fermés en fonction du sexe du sujet (Mackenzie,2005)	L
Tableau 9 : Single leg squat - Scoring criteria for movements of closed chain limb (Bailey, 2011).....	LVI

9. Annexes

Annexe I : Protocole d'entraînement	XII
Annexe II : Lettre de consentement éclairé	XXVIII
Annexe III : Liens QR-Code pour les vidéos	XXXV
Annexe IV : Questionnaire de satisfaction	XXXVIII
Annexe V : Protocole de bilan.....	XLIII
Annexe VI : Document de recueil de données	LVII

Annexe I : Protocole d'entraînement

Warm-up

L'échauffement est divisé en deux parties :

- En première partie, les participants effectueront un échauffement articulaire.
- Deuxièmement, nous utiliserons le programme Kipp décrit par LaBella et al. (2011) que nous allons détailler ci-dessous.

Préparation :

- Timer avec 30''-10'
- Temps nécessaire : 6 minutes

Matériel :

- Tapis de yoga

Exercices :

- Jogging 30''
- Skipping 30''
- Side Shuffle, sur place 30''
- Butt Kickers 30''
- Mountain Climbers 30''
- Line Jump: 30'' frontal, 30'' latéral (Forward, Side to Side)
- Hop / hop stick 30''

Remarques :

- L'échauffement neuro-musculaire est efficace dans un but de prévention des blessures (Herman, Barton, Malliaras, & Morrissey, 2012).
- Tous les exercices se font sur une durée de 30 secondes avec 10 secondes de récupération.
- Tous les exercices sont montrés par l'examineur avant d'être effectués.

Jogging :

Instructions :

- Courir normalement à un rythme soutenu.

Déroulement :

- Le participant doit courir à un rythme soutenu mais auquel il serait encore capable de parler, pendant 30 secondes.

Skipping :

Instructions :

- Courir en montant un genou après l'autre environ à la hauteur de son bassin pendant 30 secondes.

Déroulement :

- Les genoux doivent être au plus près des 90° avec le bassin.



Figure 7: Skipping (Bertschy & Thilo, 2021)

Side Shuffle:

Instructions :

- Réaliser des pas chassés pendant 30 secondes.

Déroulement :

- Le participant réalise des pas chassés (course sur le côté) sans croiser les jambes.



Figure 8: Side Shuffle (Bertschy & Thilo, 2021)

Butt Kickers :

Instructions :

- Effectuer un talon-fesse sur place pendant 30 secondes.

Déroulement :

- Le participant alterne un touché “talon-fesse” en alternance gauche/droite en gardant un bon maintien de la ceinture abdominale.



Figure 9: Butt Kickers (Bertschy & Thilo, 2021)

Mountain Climbers :

Instructions :

- En position de planche, monter les genoux au niveau du bassin aussi vite que possible durant 30 secondes.

Position :

- Le participant se trouve en appui quadripodal au sol, genoux et bras tendus.

Déroulement :

- Le participant en position effectue le plus de Mountain Climbers possible sur une durée de 30 secondes.



Figure 10: Mountain Climbers (Bertschy & Thilo, 2021)

Line Jump :

Instructions :

- Sauter de part et d'autre d'un marqueur au sol, pieds joints, pendant 30 secondes.

Déroulement :

- Pendant les premières 30 secondes le participant doit sauter en avant puis en arrière du marqueur.
- Ensuite, nous réitérons l'exercice pendant 30 secondes, mais avec des sauts latéraux.
- Les sauts se font de manière bipodale avec une distance d'un pied à l'autre correspondant à la largeur du bassin.



Figure 11: Line jump (avant/arrière) (Bertschy & Thilo, 2021)



Figure 12: Line jump (de côté) (Bertschy & Thilo, 2021)

Hop / Hop stick :

Instructions :

- Réaliser deux sauts unipodaux consécutifs et tenir la position lors du dernier amorti.

Position :

- Position de référence du membre inférieur.

Déroulement :

- L'exercice s'effectue pendant 30 secondes en alternant la jambe d'appel.

Erreurs :

- L'axe du genou doit être respecté dans les différentes phases (élan, amorti).



Figure 13: Hop/Hop and stick (Bertschy & Thilo, 2021)

Protocole d'entraînement

- Inspiré d'un protocole d'entraînement existant de Benis et al. (2016).
- Adapté pour le groupe intervention **sur** le tapis T-training.
- Faisable pour le groupe intervention **sans** le tapis T-training.
- Entraînement sur 6 semaines : les effets de la durée d'entraînement ont été prouvés dans l'étude de Zouhal et al. (2019).

Tous les exercices présents dans ce protocole ont été adaptés sur le tapis T-training.

Les programmes d'exercices seront donnés aux participants sous forme de vidéos, afin que la lisibilité et la compréhension soient maximales. Deux vidéos distinctes seront donc distribuées, une pour chaque groupe.

Préparation :

- Matériel :
 - Tapis T-training pour le groupe intervention
 - Balle de Tennis
 - Temps nécessaire : 30 minutes

Exercices :

Phase 1	Phase 2	Phase 3
1. Reverse lunges	Cross over lunges	Side skaters
2. One-legged stance	One-legged stance heel raised (on tennis ball)	One-legged stance heel raised + eyes closed
3. Lateral Jump and hold	Lateral jump and hold + minisquat	Lateral jump, continuous movements
4. One-legged stance dynamic (small range)	One-legged stance dynamic (Wide range)	One-legged stance dynamic, heel raised (tennis ball)
5. Forward Jump	Forward jump, landing on one leg	Forward jump, landing one leg + rebound

Tableau 5: Récapitulatif des exercices, (Bertschy & Thilo, 2021)

Remarques :

- La phase 1 se déroule en semaines 1-2.
- La phase 2 se déroule en semaines 3-4.
- La phase 3 se déroule en semaines 5-6.
- Tous les exercices sont détaillés ci-dessous.

1. Reverse lunge

Instructions :

- Le participant doit faire un grand pas en arrière, puis fléchir les deux genoux pour que son genou de devant atteigne 90°, puis revenir à la position de départ.

But :

- Renforcement du quadriceps et des muscles fessiers

Position :

- D'une position neutre, les jambes écartées à largeur d'épaule, les mains jointes devant soi.
- Faire un pas en arrière vers une cible et s'abaisser en pliant les deux genoux.

Déroulement :

- Le participant fléchit le genou jusqu'à 90° en gardant le haut du corps droit, puis il revient à la position initiale.
- 10 répétitions avec chaque jambe

Erreurs :

- Le genou antérieur ne reste pas dans l'axe.
- Le tronc est en flexion.

Tapis T-training :

- Se tenir sur l'axe central en position initiale.
- Aller chercher une lettre dans le ¼ postérieur avec une jambe.

Progression 1: cross over lunge

- Faire un lunge croisé.
- Pour le tapis T-training : atteindre un marqueur cible.

Progression 2: Side Skaters

- D'une position sur un pied, sauter sur le côté et atterrir sur l'autre pied et stabiliser.

OU

- Faire la même chose, en atterrissant toujours sur les mêmes lettres.



Figure 14: Reverse lunges, (Bertschy & Thilo, 2021)

2. One-legged stance :

Instructions :

- Tenir l'équilibre sur une jambe

But :

- Amélioration de l'équilibre unipodal statique

Position :

- Position de référence du membre inférieur

Déroulement :

- Pieds nus
- Le participant doit tenir 30 secondes sur chaque membre inférieur.

Erreurs :

- Le genou n'est pas maintenu dans l'axe.

Progression 1 :

- Le patient doit tenir sur une jambe 30 secondes, en prenant appui sur une balle de tennis placée sous le talon.

Progression 2 :

- Le patient doit tenir sur une jambe 30 secondes sur la pointe des pieds, avec les yeux fermés.



Figure 15: One-legged stance static (Bertschy & thilo, 2021)

3. Lateral jump and Hold :

But :

- Entraînement de saut, contrôle neuromusculaire, entraînement des capacités sensori-motrices et amélioration de l'équilibre.

Position :

- Position de référence du membre inférieur en station unipodale

Déroulement :

- Pieds nus
- Le participant se tient en position unipodale et effectue un saut latéral.
- Le participant doit atterrir et maintenir la position durant environ 2 secondes.
- L'exercice s'effectue 10 fois sur chaque jambe.

Erreurs :

- Le participant ne parvient pas à maintenir son genou dans l'axe.
- Il ne stabilise pas son tronc correctement.

Tapis T-training :

- Saut latéral en dehors du marqueur des 40 cm.
 - Pied droit sur la lettre (U) vers (K).
 - Pied gauche sur la lettre (T) vers (N).

Progression 1: Lateral jump and hold + minisquat

- Le patient doit atterrir et maintenir la position le temps de faire un minisquat sur un pied.
- Le patient doit amener son genou au niveau de son 2e orteil.
Erreur: le genou part en valgus.

Progression 2: Lateral jump, continuous movement

- Le patient doit faire 10 sauts latéraux en continu.

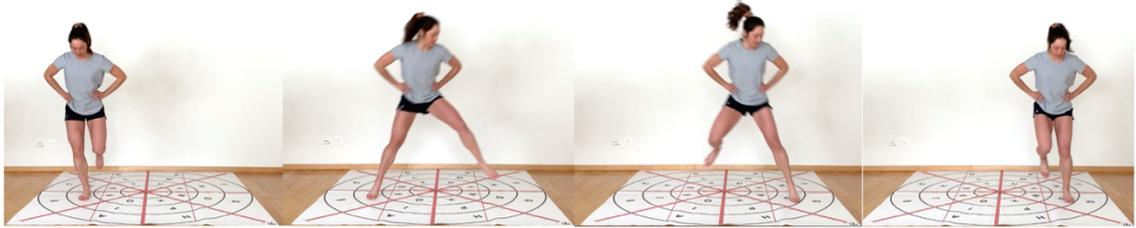


Figure 16: Lateral jump (Bertschy & Thilo, 2021)

4. One-Legged stance dynamic :

Instructions:

- Maintenir l'équilibre en station unipodale et atteindre les objectifs mentionnés.

But :

- Amélioration de l'équilibre dynamique, amélioration des capacités sensori-motrices

Position :

- Position de référence du membre inférieur
- Toucher les objectifs avec la pointe du pied controlatéral

Déroulement :

- Pieds nus
- Station unipodale

Erreurs :

- Axe du genou
- Contrôle du tronc

Tapis T-training :

- Mi-pied au niveau du centre du tapis T-training en regard de l'axe 1.
- Jambe : toucher toutes les lettres du premier cercle

Progression 1: One-legged stance dynamic (Wide range)

- Toucher les lettres du deuxième cercle

Progression 2: One-legged stance dynamic, heel raised (tennis ball)

- En station unipodale, avec une balle de tennis sous le talon
- Toucher les lettres du deuxième cercle

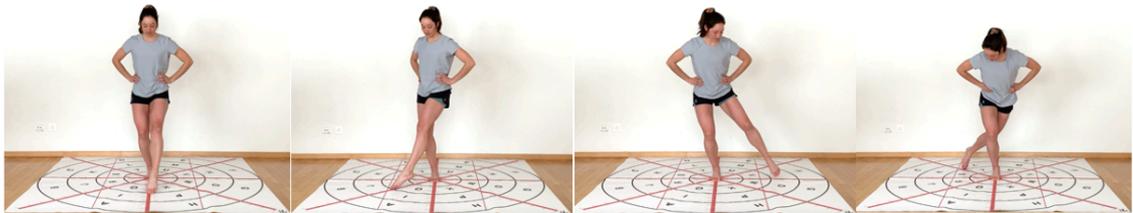


Figure 17: One-legged stance dynamic (Bertschy & Thilo, 2021)

5. Forward jump

Instructions :

- Le patient doit réaliser un saut bipodal le plus loin possible.

But :

- Entraînement de saut, amélioration du contrôle neuromusculaire, amélioration de l'équilibre et amélioration des capacités sensori-motrices.

Position :

- Station bipodale

Déroulement :

- Pieds nus
- Le participant a pour consigne d'effectuer un saut le plus loin possible et d'amortir l'atterrissage. Dans la mesure du possible, il atterrit sur la même cible à chaque saut.
- Le patient a le temps de se retourner de 180° pour le prochain saut, avec pour cible son point de départ.
- Il effectue 10 sauts au total.
- Le balancement des bras est autorisé pour la prise d'élan.

Erreurs :

- Un bruit, dû à un mauvais amortissement, est audible.

Tapis T-training :

- Se tenir au niveau des lettres D et E
- Sauter en direction des lettres A et H

Progression 1: Forward jump, landing on one leg

- Même exercice, mais atterrissage et stabilisation unipodale

Progression 2: Forward jump, landing one leg + rebound

- Même exercice, mais avec atterrissage unipodal et rebound unipodal



Figure 18: Forward jump, (Bertschy & Thilo, 2021)

Stretching :

Toutes les séances se terminent par un stretching des muscles principaux du membre inférieur.

But :

- Retour au calme

Muscles concernés :

- Quadriceps femoris
- Complexe ischio-jambier
- Triceps sural

Déroulement :

- Les étirements se font de préférence en position assise ou couchée.
- 3 fois 20 secondes par groupe musculaire à étirer

Remarques :

- La sensation à ressentir est un tiraillement supportable dans la zone étirée, cela ne doit pas être douloureux.

Stretching Quadriceps femoris :

Position :

- Couché ventral, venir attraper la cheville du côté du quadriceps que l'on veut étirer. Ensuite, ramener le pied en direction de la masse fessière.

Erreurs :

- Bassin homolatéral qui se soulève
- Abduction de hanche



Figure 19: Stretching quadriceps femoris (Meyer & Rosa, 2020)

Stretching Ischio-jambiers :

Position :

- En position assise, une jambe tendue, le tronc se penche en direction de la jambe qui reste tendue.

Erreurs :

- Flexion de genou
- Rétroversion du bassin



Figure 20: Stretching Ischio-Jambiers (Meyer & Rosa, 2020)

Stretching Triceps sural :

Position :

- Debout, les mains contre un mur, positionner un membre inférieur en extension derrière l'autre, en respectant la largeur du bassin. Ensuite, avancer le tronc en direction du mur.

Erreurs :

- Rotation du bassin

Remarques :

- Afin de favoriser l'étirement du muscle soleus, il faut induire une légère flexion du genou.



Figure 21: Stretching triceps sural (Meyer & Rosa, 2020)

Annexe II : Lettre de consentement éclairé

Lettre d'information et de consentement éclairé

Les effets du tapis T-training dans l'entraînement sensori-moteur.

Les effets du tapis T-training dans l'entraînement sensori-moteur lors de la rééducation du membre inférieur visant à prévenir les blessures : protocole en vue d'une étude pilote randomisée contrôlée.

Cette étude est organisée par la HES-SO Valais-Wallis: Haute Ecole Spécialisée Suisse-Occidentale, filière Physiothérapie.

Madame, Monsieur,

Nous vous proposons de participer à notre étude pilote randomisée contrôlée. Cette feuille d'information décrit l'étude, d'abord dans une version courte (résumé), comme s'il s'agissait d'une table de matières, puis dans une version longue (version détaillée).

Résumé

1	Objectifs de l'étude Par la présente, nous vous proposons de participer à notre étude pilote. Cette étude a pour but d'évaluer la faisabilité d'une étude secondaire ayant comme objectif l'évaluation d'un outil de mesure et d'entraînement des capacités sensori-motrices du membre inférieur dans un but de prévention secondaire des blessures. Si notre étude se révèle faisable, elle sera effectuée à plus grande échelle pour valider les effets de cet outil afin qu'il puisse être utilisé dans la pratique des physiothérapeutes.
2	Sélection des personnes Vous êtes des étudiants de la HES-50 Valais-Wallis, Haute Ecole Spécialisée Suisse-Occidentale, filière Physiothérapie et avez entre 20 et 28 ans. Vous ne souffrez d'aucune pathologie ou de traumatisme récent (c'est-à-dire depuis moins de 6 mois) des membres inférieurs. C'est la raison pour laquelle nous vous faisons parvenir cette feuille d'information.
3	Informations générales sur le projet Ce projet est une étude pilote dans laquelle nous allons comparer trois groupes de 3 personnes soit 9 au total. Un groupe contrôle et deux groupes d'intervention (entraînement avec tapis T-training et sans tapis). Les participants seront répartis aléatoirement dans ces 3 groupes. L'étude se déroulera sur une période de 10 semaines dont 6 qui sont destinées à l'entraînement.
4	Déroulement pour les participants Les participants des groupes intervention vont effectuer un entraînement sensori-moteur trois fois par semaine sur une durée de six semaines. Un groupe s'entraînera sur le tapis T-training et l'autre groupe sans tapis. Les participants du groupe contrôle n'effectueront pas d'entraînement durant les 6 semaines.
5	Bénéfices pour les participants L'étude pourrait apporter aux participants une augmentation de leurs capacités sensori-motrices par le biais de ces entraînements ciblés. Il n'y a pas d'autres bénéfices pour les participants.
6	Droits des participants Vous êtes libre d'accepter ou de refuser de participer à l'étude. Vous n'avez pas à justifier vos décisions.

7	<p>Obligations des participants Si vous décidez de participer à l'étude, vous devrez observer certaines exigences : Effectuer les entraînements en respectant les modalités données par les investigateurs S'engager à être présent à chaque entraînement Participer aux bilans initiaux et finaux</p>
8	<p>Risques L'unique risque possible est que les participants subissent une lésion durant les entraînements ou les bilans. Cependant, ce risque reste minime tant que les participants respectent les consignes données lors du bilan initial.</p>
9	<p>Confidentialité des données et des échantillons Nous respectons toutes les dispositions légales relatives à la protection des données. Toutes les personnes impliquées sont soumises au secret professionnel. Vos données personnelles sont protégées et utilisées sous une forme codée.</p>
10	<p>Retrait de l'étude Vous pouvez à tout moment vous retirer du projet si vous le souhaitez. Les données seront analysées malgré tout.</p>
11	<p>Compensation des participants Si vous participez à cette étude, vous ne recevrez aucune compensation.</p>
12	<p>Réparation des dommages subis La responsabilité civile de l'institution, soit la HES-SO Valais/Wallis, Haute Ecole de Spécialisée de Suisse-Occidentale couvre les dommages éventuels dans le cadre de l'étude.</p>
13	<p>Financement de l'étude Nous ne disposons d'aucune source de financement étant donné que le matériel nécessaire est déjà en possession de l'institution dans laquelle se déroulera l'étude.</p>
14	<p>Interlocuteur(s) Vous pouvez à tout moment poser toutes vos questions et demander toutes les précisions nécessaires aux personnes suivantes :</p> <p>Amélie Bertschy (amelie.bertschy@students.hevs.ch) Louise Thilo (louise.thilo@students.hevs.ch)</p>

Information détaillée

1. Objectifs de l'étude

Cette étude pilote doit nous permettre de savoir si cette même étude est réalisable à plus grande échelle (c'est-à-dire avec un nombre de participants plus conséquent). L'objectif de l'étude finale sera de démontrer les effets du tapis T-training dans l'entraînement sensori-moteur du membre inférieur afin de prévenir les récurrences de blessures. Pour ce faire, un protocole d'entraînement adapté a été mis en place.

2. Sélection des personnes pouvant participer l'étude

La participation est ouverte aux étudiants en physiothérapie de la HES-SO Valais/ Wallis de Loèche-les-Bains qui sont âgés de 18 à 25 ans, qu'ils soient de genre féminin ou masculin. Elle est en revanche fermée aux personnes ayant eu des antécédents de blessure du membre inférieur, de troubles du système vestibulaire et/ou de commotion cérébrale durant les six mois précédant le début de l'étude.

3. Informations générales sur l'étude

- Les données de l'étude pilote, que ce soit lors du bilan initial ou final, seront récoltées sur un site unique qui est celui de la HES-SO Valais/Wallis de Loèche-les-Bains.
- Nous recherchons 9 participants afin de créer trois groupes de 3 personnes.
- Une fois le bilan initial réalisé, la durée réelle d'entraînement s'élève à 6 semaines. Il vous faut cependant en prévoir sept, car la dernière servira à établir une date de réalisation du bilan final qui convienne à tous les participants.
- Si notre protocole s'avère efficace, une étude à plus grande échelle pourrait être réalisée par la suite.
- Nous effectuons cette étude dans le respect des prescriptions de la législation suisse. Nous suivons en outre l'ensemble des directives reconnues au niveau international. La commission cantonale d'éthique compétente a contrôlé et autorisé l'étude.

4. Déroulement pour les participants

- Une séance d'information en visioconférence, à laquelle vous aurez été préalablement conviés par mail, aura lieu la semaine du 4 janvier. Votre présence à cette séance ne vous engage à rien, mais vous amènera de plus amples informations et vous donnera la possibilité de répondre à d'éventuelles questions que vous vous posez.
- Une fois la séance d'information terminée, les personnes intéressées à participer à cette étude peuvent se manifester par mail ou par téléphone. Nous leur donnerons rendez-vous afin de réaliser le bilan initial qui est composé de différents tests d'équilibre.
- Pour mener à bien notre étude, nous allons répartir les participants en trois groupes ; deux groupes intervention, recevant des exercices à réaliser, pour un groupe avec le tapis T-training et pour l'autre sans tapis. Le groupe contrôle ne réalisera aucun entraînement spécifique. Cette répartition se fera de manière aléatoire le jour du bilan initial lors duquel les participants seront tous présents. Prenez donc en compte le fait que vous pouvez autant faire partie d'un groupe que de l'autre et qu'il n'y aura aucun changement possible.
- Nous vous fournirons un formulaire de consentement éclairé une fois que vous aurez reçu tous les renseignements importants et que vous aurez accepté de participer à l'étude. Une fois celui-ci signé et l'attribution des participants dans les groupes terminés, nous vous fournirons votre programme d'exercices. Un examinateur passera en revue les exercices des deux groupes intervention. Nous serons présents pour répondre à toutes vos interrogations le jour même, mais également à tout moment par mail ou téléphone. Nous organiserons également les rendez-vous hebdomadaires des groupes d'intervention.

- Comme nous l'avons mentionné précédemment, le programme d'entraînement durera 6 semaines pour les deux groupes. Une fois celui-ci terminé, nous conviendrons d'une date pour réaliser le bilan final qui se déroulera de la même manière que le bilan initial.
- Les 6 participants des groupes d'intervention recevront un programme d'entraînement axé sur le contrôle neuromusculaire à effectuer 3 fois par semaine durant 6 semaines en utilisant, ou non, le tapis T-training.
- Il se peut que nous devions vous retirer de l'étude avant le terme prévu. Cette situation peut se produire en cas de lésion du membre inférieur ayant lieu pendant le déroulement de l'étude.

5. Bénéfices pour les participants

Si vous participez à l'étude, cela pourra éventuellement vous apporter une amélioration de vos capacités sensori-motrices et potentiellement une réduction de vos risques de blessures. Votre participation ne vous apportera pas d'autre bénéfice.

6. Droits des participants

Votre participation est entièrement libre. Si vous choisissez de ne pas participer ou si vous choisissez de participer et revenez sur votre décision pendant le déroulement de l'étude, vous n'aurez pas à justifier votre refus. Vous pouvez à tout moment poser toutes les questions nécessaires au sujet de l'étude. Veuillez-vous adresser pour ce faire à la personne indiquée à la fin de la présente feuille d'information.

7. Obligations des participants

En tant que participant à l'étude, vous serez tenu :

- De suivre les instructions et les recommandations des investigateurs concernant les exercices de votre programme et de les réaliser consciencieusement.
- D'être présent aux périodes de bilans pour la réalisation des tests et au période d'entraînement en groupe pour les participants du groupe intervention.

8. Risques et contraintes pour les participants

Le seul risque auquel vous vous exposez est de vous blesser lors de la réalisation de programme d'exercices. Celui-ci s'avère toutefois minime tant que vous respectez les consignes données par les investigateurs.

9. Confidentialité des données

Pour les besoins de l'étude, nous enregistrerons vos données personnelles. Seul un nombre limité de personnes peut consulter vos données sous une forme non codée, et exclusivement afin de pouvoir accomplir des tâches nécessaires au bon déroulement du projet. Une fois les deux bilans effectués, les données seront codées définitivement et les informations permettant de vous identifier seront supprimées. Le code reste en permanence au sein de l'institution. Les personnes ne connaissant pas ce code ne peuvent pas lier ces données à votre personne. Dans le cas d'une publication, les données agrégées ne vous sont donc pas imputables en tant que personne. Votre nom n'apparaîtra jamais sur Internet ou dans une publication. Toutes les personnes impliquées dans l'étude sont tenues au secret professionnel. Toutes les directives relatives à la protection des données sont respectées et vous avez à tout moment le droit de consulter vos données.

Durant son déroulement, l'étude peut faire l'objet d'inspections. Celles-ci peuvent être effectuées par la commission d'éthique qui s'est chargée de son contrôle initial et l'a autorisé. Il se peut que les investigateurs doivent communiquer vos données personnelles pour les besoins de ces inspections.

10. Retrait de d'étude

Vous pouvez à tout moment vous retirer de l'étude si vous le souhaitez. Les données recueillies jusque-là seront tout de même analysées, ceci afin de ne pas compromettre la qualité de l'étude dans son ensemble.

Après l'analyse nous rendrons vos données anonymes, en supprimant définitivement le code les reliant à votre personne. Après cela, plus personne ne pourra savoir que ces données sont les vôtres.

11. Compensation des participants

Si vous participez à cette étude, vous ne recevrez aucune compensation.

12. Réparation des dommages subis

La responsabilité civile de l'institution qui a initié l'étude, soit la HES-SO Valais/Wallis, Haute École de Spécialisée de Suisse-Occidentale couvre les dommages éventuels dans le cadre de l'étude. Les conditions et la procédure sont fixées par la loi.

13. Financement de l'étude

L'étude ne dispose pas de financement étant donné que le matériel nécessaire est déjà à disposition des investigateurs.

14. Interlocuteur(s)

En cas de doute, de craintes ou d'urgences pendant ou après l'étude, vous pouvez vous adresser à tout moment à un des interlocuteurs suivants :

Investigateurs :

Amélie Bertschy :
Impasse des Tulipiers 1
1782 Belfaux,
079 326 14 32
amelie.bertschy@students.hevs.ch

Louise Thilo :
Chemin de Chamblandes 4
1009 Pully
079 657 09 39
louise.thilo@students.hevs.ch

Déclaration de consentement écrite pour la participation à notre étude pilote.

Veillez lire attentivement ce formulaire. N'hésitez pas à poser des questions lorsque vous ne comprenez pas quelque chose ou que vous souhaitez avoir des précisions.

Numéro BASEC de l'étude : (après soumission à la commission d'éthique compétente)	2020-02111
Titre de l'étude : (titre scientifique et titre usuel)	Les Effets du tapis T-training dans l'entraînement sensori-moteur lors de la rééducation du membre inférieur visant à prévenir les blessures : étude pilote randomisé contrôlée
Institution responsable : (promoteur avec adresse complète) :	HES-SO Valais-Wallis, filière physiothérapie Rathausstrasse 8 3954 Leukerbad
Lieu de réalisation de l'étude :	HES-SO Valais Wallis, filière physiothérapie Rathausstrasse 8 3954 Leukerbad
Directeur de l'étude : (nom et prénom en caractère d'imprimerie)	Mathieu Nicolas
Investigateurs de l'étude :	Bertschy Amélie Thilo Louise
Participante / participant : (nom et prénom en caractère d'imprimerie) Date de naissance :	
	<input type="checkbox"/> Femme <input type="checkbox"/> Homme

- Je déclare avoir été informé, par les personnes soussignées, tant oralement que par écrit des objectifs et du déroulement de l'étude ainsi que des effets présumés, des avantages, des inconvénients possibles ainsi que des risques éventuels.
- Je prends part à cette étude de façon volontaire et j'accepte le contenu de la feuille d'information qui m'a été remise sur l'étude précitée. J'ai eu suffisamment de temps pour prendre ma décision.
- J'ai reçu des réponses satisfaisantes aux questions que j'ai posées en relation avec ma participation à l'étude. Je conserve la feuille d'information et je reçois une copie de ma déclaration de consentement écrite.
- J'accepte que les spécialistes compétents du promoteur de l'étude et de la commission d'éthique compétente puissent consulter mes données brutes afin de procéder à des contrôles, à condition toutefois que la confidentialité de ces données soit strictement assurée.
- Je sais que mes données personnelles peuvent être transmises à des fins de recherche dans le cadre de ce projet uniquement et sous une forme codée.
- Je peux, à tout moment et sans avoir à me justifier, révoquer mon consentement à participer à l'étude (sans que cela n'ait de répercussion défavorable sur la suite de ma prise en charge).
- Je suis informé que la responsabilité civile de l'institution couvre les dommages éventuels que je pourrais subir imputables au projet.
- Je suis conscient que les obligations mentionnées dans la feuille d'information destinée aux participants doivent être respectées pendant toute la durée de l'étude pilote. Les investigateurs de l'étude peuvent m'en exclure à tout moment dans l'intérêt de ma santé.

Lieu, date	Signature du participant / de la participante
------------	---

Attestation des investigateurs :

Par la présente, nous attestons avoir expliqué au participant / à la participante la nature, l'importance et la portée de l'étude. Nous déclarons satisfaire à toutes les obligations en relation avec ce projet conformément au droit en vigueur. Si nous devons prendre connaissance, à quelque moment que ce soit durant la réalisation du projet, d'éléments susceptibles d'influer sur le consentement du participant / de la participante à prendre part au projet nous nous engageons à l'en informer immédiatement.

Lieu, date	Signature du participant / de la participante
------------	---

Annexe III : Liens QR-Code pour les vidéos

Dans cette annexe, vous trouverez les QR codes qui, si vous les scannez avec votre téléphone, vous enverront vers les liens de nos vidéos mises en ligne sur le site *Dalymotion*.

Nous avons protégé ces vidéos avec un mot de passe que vous devrez entrer avant de pouvoir les visionner.

Échauffement

Mot de passe : warmup



Figure 22: QR Échauffement

Phase 1 :

Mot de passe : phase1



Figure 23: QR phase 1 avec tapis



Figure 24: QR phase 1 sans tapis

Phase 2 :

Mot de passe : phase2



Figure 25: QR phase 2 avec tapis



Figure 26: QR phase 2 sans tapis

Phase 3 :

Mot de passe : phase3



Figure 27: QR phase 3 avec tapis

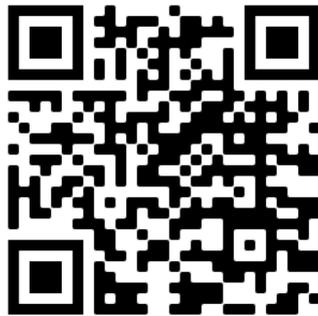


Figure 28: QR phase 3 sans tapis

Annexe IV : Questionnaire de satisfaction



QUESTIONNAIRE DE SATISFACTION

Date :
Groupe :

Code du patient :

CONSIGNES :

Le but de ce questionnaire est d'évaluer la qualité du protocole d'exercices que vous avez réalisés pendant les 6 semaines d'entraînement.

Pour ce faire, nous vous questionnons sur la clarté et la facilité de réalisation des exercices.

Pour chaque question, nous attendons de vous que vous entouriez la réponse qui selon vous, correspond le mieux à votre ressenti.

Vous avez également la possibilité d'ajouter des remarques, si vous en avez.

1. QUALITÉ DES VIDÉOS

1.1 Est-ce que le format vidéo du programme vous a convenu ?

Oui Plutôt oui Plutôt non Non

Remarques: _____

1.2 Si vous avez répondu non ou plutôt non, quel format aurait été le meilleur pour vous ?

1.3 Est-ce que les consignes étaient claires ?

Oui Plutôt oui Plutôt non Non

Remarques: _____

1.4 Si vous avez répondu non ou plutôt non, expliquez votre choix :

1.5 Avez-vous rencontré des problèmes techniques avec les vidéos ?

Oui Non

1.6 Si vous avez répondu oui, lesquels ?

- Mauvais chargement
- Coupures dans la vidéo
- Problèmes de son
- Problèmes d'image
- Autres: _____

1.7 Avez-vous des remarques sur la forme du programme ?

2. QUALITÉ DU PROGRAMME

2.1 Selon vous, est-ce que la progression des exercices entre les phases était cohérente ?

Oui Plutôt oui Plutôt non Non

Remarques: _____

2.2 La difficulté des exercices vous semblait-elle adaptée ?

Oui Plutôt oui Plutôt non Non

Remarques: _____

2.3 Était-ce facile pour vous de reproduire exactement les exercices demandés ?

Oui Plutôt oui Plutôt non Non

Remarques: _____

2.4 D'après vous, quel(s) exercice(s) nécessitent un feedback visuel ?

- Phase 1: Saut Latéral
- Phase 1: Equilibre sur une jambe statique
- Phase 1: Equilibre sur une jambe dynamique
- Phase 1: Fente inversée
- Phase 1: Saut bipodal le plus loin
- Phase 2: Saut latéral + minisquat
- Phase 2: Equilibre statique + balle tennis
- Phase 2: Equilibre dynamique + loin (2e cercle T-training)
- Phase 2: Lunge croisé
- Phase 2: Saut bipodal, réception unipodal
- Phase 3: 10x Lateral jump
- Phase 3: Equilibre statique yeux fermés ou pointe
- Phase 3: Equilibre dynamique avec balle de tennis
- Phase 3: Sauts de patineurs
- Phase 3: Saut unipodal avec rebond

2.5 Avez-vous d'autres remarques sur la qualité générale du programme ?

3. RÉALISATION DES EXERCICES

3.1 Était-il facile pour vous de reconnaître vos erreurs ou de vous auto-corriger lors des exercices ?

Très facile

Facile

Difficile

Très difficile

Pourquoi: _____

3.2 Si vous avez répondu non à la question 3.1, que vous a-t-il manqué pour pouvoir vous corriger ?

- Un coaching par un professionnel
- Un fascicule avec des explications claires
- Des repères au sol
- Autre : _____

3.3 Pouvez-vous dire que vous avez évolué dans la réalisation de votre programme ?

Oui

Non

Pourquoi : _____

3.4 Si vous avez répondu non ou plutôt non à la question 3.3, que vous a-t-il manqué pour pouvoir voir votre progression ?

- Un coaching par un professionnel
- Des repères au sol
- Autre : _____

3.5 Avez-vous d'autres remarques sur la réalisation des exercices ?

4. PRATIQUE FUTURE:

4.1 Avez-vous déjà vu/utilisé le tapis T-training en stage ou lors d'un autre contexte que celui de l'école de physiothérapie ?

Oui

Non

4.2 Si vous avez répondu oui à la question 4.1, quel genre d'exercices y avez-vous pratiqué ?

- Exercices de proprioception MI
- Exercices de proprioception MS
- Exercices de proprioception du tronc
- Exercices de renforcement MI
- Exercices de renforcement MS
- Exercices de renforcement du tronc
- Exercices de proprio
- D'autres exercices: _____

4.3 Si vous avez répondu oui à la question 4.1, quel tests y avez-vous pratiqués ?

- SEBT
- Triple hop test
- BESS Test
- Sanding stork test
- Single hop test
- Rebound side hop test
- D'autres tests: _____

4.4 En tant que futur physiothérapeute, pensez-vous que le tapis T-Training peut vous apporter quelque chose dans votre pratique ?

Oui

Plutôt oui

Plutôt non

Non

Pourquoi : _____

4.5 Si le tapis est à votre disposition, pensez-vous que vous allez l'utiliser dans votre pratique de la physiothérapie ?

Oui

Plutôt oui

Plutôt non

Non

Pourquoi : _____

4.6 Autres remarques:

5. GÉNÉRAL

5.1 Dans l'ensemble, quelle note de 0-10 mettriez-vous à notre programme d'entraînement ? (0 = insatisfaction totale, 10 = satisfaction totale)

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5.2 Avez-vous réalisé tous les entraînements ?

(3 fois par semaine pendant 6 semaines)

Oui

Non

5.3 Si vous avez répondu non, veuillez noter le nombre d'entraînements négligé par phases ?

Phase 1:

Phase 2:

Phase 3:

5.4 Avez-vous modifié votre activité physique pendant la durée du programme ?

Oui

Non

5.5 Si vous avez répondu oui à la question 5.4, avez-vous augmenté ou diminué votre activité en comparaison avec les 3 mois avant le début du programme ?

Augmenté

Diminué

5.6 Remarques générales :

Annexe V : Protocole de bilan

Warm Up:

Préparation :

- Matériel : Tapis de yoga
- Timer avec 30 secondes -10 secondes,
- Temps nécessaire : 5 minutes

Exercices :

- Jogging 30''
- Skipping 30''
- Butt Kickers 30''
- Mountain Climbers 30''
- Line Jump : 30'' frontal
- Line Jump : 30'' lateral (Forward, Side to Side)

Star Excursion Balance Test modifié (SEBTm)

(Gribble et al., 2012, 2013; Gribble & Hertel, 2003)

Le SEBTm est un test dynamique qui fait appel à la force, à la souplesse et à la proprioception. Il s'agit d'une mesure de l'équilibre dynamique.

Matériel :

- Tapis T-training ou Y marqué au sol avec ruban adhésif, ruban métrique, papier, crayon, chronomètre.

Déroulement :

- Mesure de longueur de jambe : à l'aide d'un ruban métrique, mesurer la jambe du participant en position debout de l'épine iliaque antéro-supérieure jusqu'à la malléole interne.
- Consignes accompagnées de démonstration :

« Essayez d'atteindre le point le plus éloigné à l'aide de la jambe qui n'est pas en appui dans les trois directions demandées (antérieure, postéro-latérale et postéro-médiale). Enchaînez les trois directions en revenant à la position de départ, sans jamais prendre appui au sol avec la jambe libre. »



Figure 29 : Réalisation du Star Excursion Balance Test avec la jambe droite en appui (Gribble et al., 2012)

Position de départ du patient :

- Articulation métatarso-phalangienne I en appui sur le marqueur central, en regard de l'axe 1 du tapis T-training.
- Pieds nus, chevilles, genoux et hanches bien visibles.
- Mains sur les hanches durant tous les essais.
- Jambe d'appui avec genou légèrement fléchi (max. 30°) et dans l'axe.

Essais non mesurés :

- Le participant s'exerce 2x dans chaque direction.
- Il observe en suite une pause de 1 minute, avant de commencer la mesure.

Essais mesurés :

- Le participant commence le test avec la jambe non-dominante en appui. Il réalise trois essais dans chaque direction, dans l'ordre suivant : antérieure, postéro-latérale, puis postéro-médiale.
- Le participant touche légèrement un point sur la ligne, sans transférer le poids du corps.
- Entre chaque enchaînement des directions, le participant fait une pause de 15 secondes.

Erreurs (compte comme un des trois essais) :

- Si le participant retire les mains de ses hanches.
- S'il y a une élévation talon du pied d'appui.
- Si le participant perd l'équilibre.
- S'il s'appuie fortement sur le pied qui atteint la ligne avant de revenir à la position de départ.

Traitement des données :

$$\frac{(\text{Anterior} + \text{Posteromedial} + \text{Posterolateral} [\text{cm}])}{(\text{longueur de jambe} [\text{cm}])} \times 100$$

Balance Error Scoring System (BESS) (Supprimé)

(Bell et al., 2011; Guskiewicz et al., 2001)

Le BESS est une mesure objective de l'évaluation de la stabilité posturale statique (conçue pour la population souffrant d'un traumatisme crânien léger)

Matériel :

- Chronomètre
- Surface instable (Airex)

Déroulement :

- Consignes accompagnées de démonstration :

« Vous allez essayer de rester 20 secondes dans 4 positions sans bouger. Si vous effectuez des mouvements pour vous rééquilibrer, il s'agit d'une erreur. Si vous perdez l'équilibre avant la fin du temps imparti, reprenez la position de départ au plus vite. »

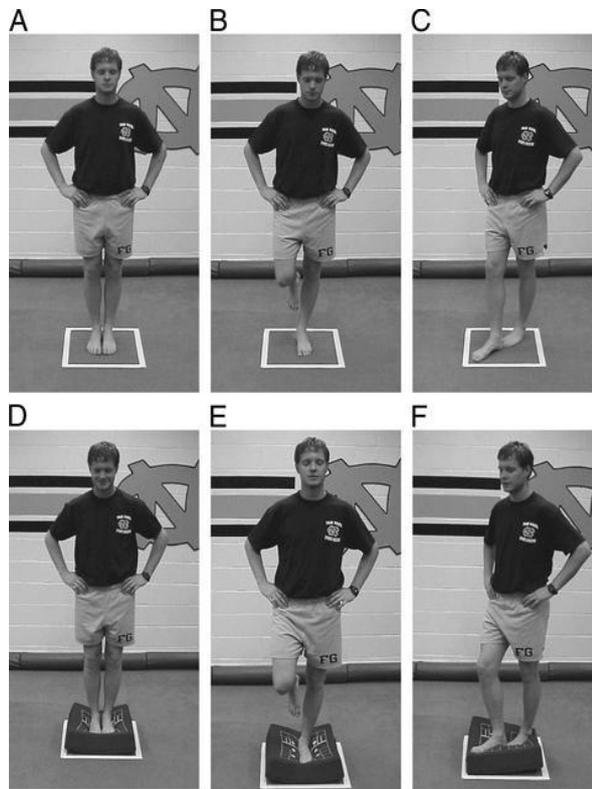


Figure 30 : Items du Balance Error Scoring System (Guskiewicz et al. 2001)

Position de départ du patient :

1. Appui bipodal : debout avec les pieds côte à côte (se touchant), les mains sur les hanches et les yeux fermés.
2. Appui unipodal : en position debout sur le pied de la jambe non dominante, la hanche est fléchie à environ 30° et le genou à environ 45°. Les mains sont sur les hanches et les yeux sont fermés.
3. Tandem : debout, du talon à la pointe des pieds, le pied de la jambe non dominante étant placé en arrière. Le talon du pied dominant doit toucher l'orteil du pied non dominant. Les mains sont sur les hanches et les yeux sont fermés.
4. Idem 1. avec coussin Airex.
5. Idem 2. avec coussin Airex.
6. Idem 3. avec coussin Airex.

Essais non mesurés :

- Le sujet prend la position et le test démarre, il n'y a pas d'essais non mesurés.

Essais mesurés :

- Le sujet a le droit à un essai par position.

Comptabilisation des erreurs :

- Si un sujet commet plusieurs erreurs simultanément, une seule erreur est enregistrée. Par exemple, si un individu fait un pas ou trébuche, ouvre les yeux et retire ses mains de ses hanches simultanément, alors il n'est crédité que d'une seule erreur.

- L'examineur ne commencera à compter les erreurs qu'une fois que le sujet aura pris la position correcte pour l'épreuve. Une erreur est créditée au sujet lorsque l'une des situations suivantes se produit :
 - Le sujet décolle ses mains des hanches.
 - Il ne parvient pas à garder ses yeux fermés.
 - Le sujet perd l'équilibre et déplace son/ses pieds d'appui ou tombe.
 - Il modifie sa flexion de hanche et/ou de genou.
 - Le sujet soulève l'avant du pied ou le talon en restant hors de la position correcte pendant plus de 5 secondes.
- Le nombre maximal d'erreurs est de dix.

Traitement des données

BALANCE ERROR SCORING SYSTEM (SCORE CARD)		
Types of Errors		
1. Hands lifted off iliac crest 2. Opening eyes 3. Step, stumble, or fall 4. Moving hip into greater than 30 degrees abduction 5. Lifting forefoot or heel 6. Remaining out of test position greater than 5 seconds		
SCORE CARD		
Error	Firm Surface	Foam Surface
Double leg stance (feet together)		
Single leg stance (nondominant foot)		
Tandem stance (nondominant foot in back)		
Total score		
BESS TOTAL		

The BESS is calculated by adding one error point for each error during the 6-20 second test.

Tableau 6 : Tableau de score du Balance Error Scoring System (Weightman et al., 2014)

Standing Stork Test (Yeux ouverts)

(Brian Mackenzie, 2005; Panta et al., 2015)

Le SST permet d'évaluer la capacité de maintenir un équilibre statique.

Matériel :

- Chronomètre.

Déroulement :

- Consignes accompagnées de démonstration :

« Vous allez vous maintenir en équilibre le plus longtemps possible, dans la position suivante : en appui sur une jambe, talon relevé, la jambe libre en contact avec la jambe d'appui, ainsi que les mains sur les hanches. Le test démarre lorsque vous décollez le talon du sol. »



Figure 31: Position du Standing Stork Test (Mackenzie, 2005)

Position de départ du patient :

- Pieds nus
- Mains sur les hanches durant tous les essais
- Jambe d'appui avec genou légèrement fléchi et dans l'axe
- La jambe d'appui testée est située à mi-pied, au niveau du marqueur central de l'axe 1.

Essais non mesurés :

- Le sujet a le droit d'essayer la position une fois par jambe avant que le test ne démarre.

Essais mesurés :

- Le sujet réalise 3 essais par jambe, le meilleur résultat est enregistré.
- Le sujet commence par la jambe non dominante, il alterne ensuite la jambe pour les essais suivants. Il a le droit d'observer une pause de 30 secondes entre les essais.

Erreurs qui mettent fin au test :

- La ou les mains se détachent des hanches.
- Le pied de support pivote ou le sujet sautille (dans n'importe quelle direction).
- Le pied non porteur perd le contact avec le genou.
- Le talon du pied d'appui touche le sol.

Score :

Gender	Excellent	Above Average	Average	Below Average	Poor
Male	>50 secs	50-41 secs	40-31 secs	30-20 secs	<20 secs
Female	>30 secs	30-23 secs	22-16 secs	15-10 secs	<10 secs

Tableau 7: Scores du Standing stork Test yeux ouverts en fonction du sexe du sujet (Mackenzie, 2005)

Remarques :

- Le test pourrait ensuite être réalisé de la même manière, mais avec les yeux fermés.

Best Time Seconds	Male Points	Female Points	Best Time Seconds	Male Points	Female Points
60	20		30	8	17
55	18		25	6	14
50	16		20	4	11
45	14		15	3	8
40	12		10	2	4
35	10	20	5	1	2

Tableau 8: Scores du Standing Stork Test yeux fermés en fonction du sexe du sujet (Mackenzie, 2005)

Single leg Hop test (SLH)

(Dingenen et al., 2019b)

Le SLHT évalue la performance de saut et il est souvent utilisé pour comparer la performance des deux jambes lors de blessure du membre inférieur.

Matériel :

- Ruban métrique, ligne de marquage au sol ou tapis T-training.

Déroulement :

- Consignes accompagnées de démonstration :

« De la position initiale, en appui sur une jambe et les mains sur les hanches, effectuez un saut le plus loin possible, avec réception stabilisée sur la jambe d'appel. »

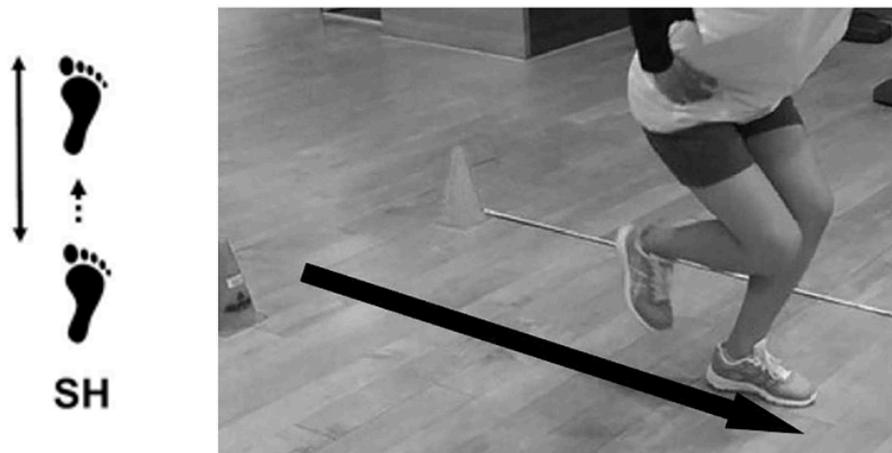


Figure 32: Single Leg Hop distance (D.W Lee et al. 2018)

Position de départ du patient

- Position de référence du membre inférieur : mains sur les hanches, genou dans l'axe légèrement fléchi.
- Partie distale de l'hallux du pied testé doit toucher le point 0 cm.
- Pieds nus, hanches, genoux et chevilles visibles.

Essais non mesurés :

- Le participant a le droit à deux essais par jambe non comptabilisés.

Essais mesurés :

- Le saut s'effectue trois fois sur chaque jambe, en alternant le membre inférieur testé, en commençant par la jambe non-dominante.
- Le saut est validé, lorsque le patient arrive à maintenir un arrêt de deux secondes sur son membre inférieur testé.
- Aucune indication sur l'axe de la jambe lors du saut ou de l'atterrissage n'est donnée par l'investigateur.
- 30 secondes entre les sauts sont accordées.

Erreurs :

- Si le membre inférieur controlatéral ou les membres supérieurs touchent le sol.
- Si le participant a besoin d'un saut additionnel de rééquilibration lors de l'atterrissage.
- S'il décolle ses mains des hanches
- S'il y a prise excessive d'élan à l'aide de la jambe libre.

Observation qualitative :

- Un des deux investigateurs s'occupe de l'observation qualitative, à l'aide de l'échelle visuelle. Idéalement, l'utilisation de vidéo avec marqueurs sur les articulations serait souhaitée.

Traitement des données :

- La mesure du saut est prise de la distance de la position initiale (partie distale de l'hallux) à la position finale (base du calcaneus).
- Le meilleur score des trois essais est retenu.

Rebound Side Hop Test (RSH)

(Gustavsson et al., 2006)

Le RSHT évalue la performance de sauts latéraux avec un facteur de fatigabilité.

Matériel :

- Marquage au sol (deux lignes séparées par 40 cm) ou Tapis T-training, chronomètre.

Déroulement :

- Consignes accompagnées de démonstration :

« En appui sur une jambe, effectuez le plus de sauts latéraux possible en 30 secondes de part et d'autre de la ligne (40 cm), sans la toucher. »



Figure 33: Side Hop Test (Gustavsson, 2006)

Position de départ du patient :

- Position de référence du membre inférieur (mains sur les hanches, genou légèrement fléchi dans l'axe).
- Pieds nus, hanches, genoux et chevilles visibles.

Essais non mesurés :

- Le participant a le droit, s'il le souhaite, d'effectuer 10 sauts latéraux de chaque jambe, avant de commencer le test.

Essais mesurés :

- Le participant dispose d'un essai par jambe.
- Il commence par la jambe non-dominante.
- Il dispose d'une pause de 2 min entre les essais.
- L'investigateur donne le départ pour les 30 secondes imparties.
- Si le nombre total de sauts comporte plus de 25% d'erreurs, le participant doit effectuer un deuxième essai après avoir observé une pause de 3 minutes.

Erreurs (soustraites au nombre total de sauts) :

- Le participant touche un des marqueurs.
- Le participant touche le sol avec son membre inférieur controlatéral ou ses membres supérieurs.
- Le participant décolle les mains des hanches.
- Le participant perd l'équilibre.

Traitement des données :

$$\text{Nombre de sauts latéraux} - \text{Nombre d'erreurs} = \text{Score}$$

Single leg squat test

(Bailey et al., 2011)

Le SST permet d'évaluer la capacité de maintenir un équilibre statique.

Matériel :

- Caméra avec marqueurs articulaires.

Déroulement :

- Consignes accompagnées de démonstration :

« En appui sur une jambe, vous allez faire un squat d'environ 60° et remonter sans prendre appui avec l'autre jambe, en moins de 6 secondes. »

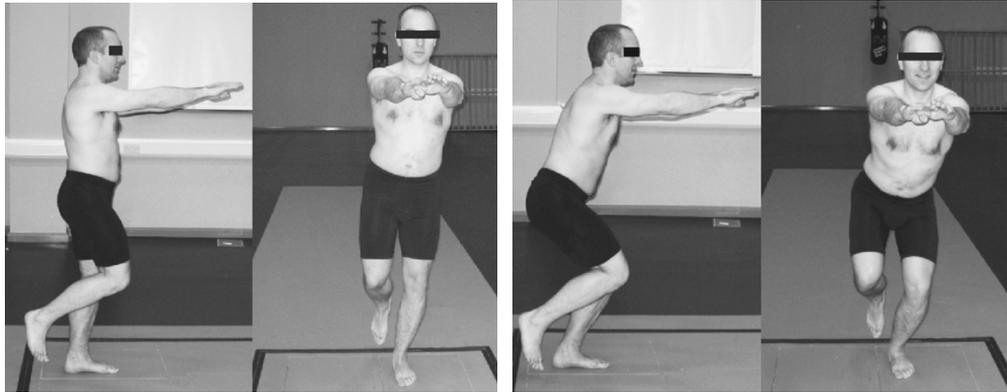


Figure 34: Single leg squat test (Bailey, 2011)

Position de départ du patient :

- Pieds nus, hanches, genoux et chevilles visible.
- Position de référence du membre inférieur.
- Épaules fléchies à 90°, coudes tendus.

Essais non mesurés :

- Le sujet a le droit d'essayer la position une fois par jambe, avant que le test ne démarre.

Essais mesurés :

- Le sujet réalise 3 essais par jambe, le meilleur résultat est enregistré. Le sujet commence par la jambe non dominante, il alterne en suite la jambe pour les essais suivants. Il a le droit d'observer une pause de 30 secondes entre les essais.

Erreurs qui mettent fin au test :

- Le sujet prend appui sur son autre pied pour remonter.
- Perte de la position des bras, lors de la réalisation du test.

Score :

- La qualité du mouvement est mesurée avec l'échelle qualitative de Bailey, 2011.

Grade	Hip and Knee Criteria
Excellent	Hip flexion greater than 65 ⁰ , hip abduction / adduction less than 10 ⁰ , knee valgus / varus less than 10 ⁰
Good	Any of the above 2 criteria are met
Fair	Any 1 of the above criteria are met
Poor	None of the criteria are met or the athlete losses balance or falls

Tableau 9 : Single leg squat - Scoring criteria for movements of closed chain limb (Bailey, 2011)

Annexe VI : Document de recueil de données



CODE PATIENT :

RECUEIL DE DONNÉES INITIALES

Date : _____ Code du participant : _____
Groupe : _____

1. DONNÉES PERSONNELLES :

Nom : _____ Prénom : _____ Age : _____

Sexe : Féminin Masculin

Taille (cm) : _____ Poids (kg) : _____

Jambe dominante : Gauche Droite

Antécédent de blessure du membre inférieur : Oui Non

Si oui, veuillez répondre aux questions suivantes :

Lequel/Lesquels ? _____ Quand ? _____

Comment (p. ex. Chute) ? _____

Quel type de blessure (ex. entorse) ? _____

Antécédent d'opération du membre inférieur : Oui Non

Si oui, veuillez répondre aux questions suivantes :

Laquelle/Lesquelles ? _____ Quand ? _____

Raison de l'intervention _____

Problèmes concernant votre système vestibulaire : Oui Non

Antécédents de commotion cérébrale : Oui Non

Si oui, quand ? _____

Pratiquez-vous une activité physique ? Oui Non

Si oui, veuillez répondre aux questions suivantes.

Laquelle/Lesquelles ? _____

Depuis combien de temps ? _____

Combien d'heures par semaine ? _____

Participez-vous à des compétitions ? Oui Non

Si oui, nombre approximatif de compétitions par année _____

2. DONNÉES DU BILAN INITIAL :

STAR EXCURSION BALANCE TEST MODIFIED

Longueur de la jambe : crête iliaque antérieure-supérieure → Malléole externe

Longueur de jambe **DROITE** (cm) : _____

DIRECTION	ANTÉRIEURE (cm)	POSTÉO-LATÉRALE (cm)	POSTÉRO-MÉDIALE (cm)	POINTS QUALITATIFS
ESSAI N°1				
ESSAI N°2				
ESSAI N°3				

Longueur de jambe **GAUCHE** (cm) : _____

DIRECTION	ANTÉRIEURE (cm)	POSTÉO-LATÉRALE (cm)	POSTÉRO-MÉDIALE (cm)	POINTS QUALITATIFS
ESSAI N°1				
ESSAI N°2				
ESSAI N°3				

BALANCE ERROR SCORING SYSTEM

(1pt par critère : cheville stable, axe de genou respecté, position de référence maintenue)

ERREURS	SURFACE STABLE	SURFACE INSTABLE
Station bipodale		
Station unipodale		
Station tandem		
Score total		

STANDING STORK TEST

YEUX OUVERTS	JAMBE DROITE	JAMBE GAUCHE
Essai n°1 (sec)		
Essai n°2 (sec)		
Essai n°3 (sec)		

SINGLE-LEG HOP TEST

DISTANCE	JAMBE DROITE	JAMBE GAUCHE
Essai n°1 (cm)		
Essai n°2 (cm)		
Essai n°3 (cm)		
Points qualitatifs		

STANDING REBOUND SIDE HOP TEST

NBRE DE SAUTS	JAMBE DROITE	JAMBE GAUCHE
Essai n°1		
Essai n°2		
Essai n°3		

3. DONNÉES DU BILAN FINAL :

Date :

Code du participant :

Groupe :

STAR EXCURSION BALANCE TEST MODIFIED

Longueur de jambe **DROITE** (cm) : _____

DIRECTION	ANTÉRIEURE (cm)	POSTÉO-LATÉRALE (cm)	POSTÉRO-MÉDIALE (cm)	POINTS QUALITATIFS
ESSAI N°1				
ESSAI N°2				
ESSAI N°3				

Longueur de jambe **GAUCHE** (cm) : _____

DIRECTION	ANTÉRIEURE (cm)	POSTÉO-LATÉRALE (cm)	POSTÉRO-MÉDIALE (cm)	POINTS QUALITATIFS
ESSAI N°1				
ESSAI N°2				
ESSAI N°3				

BALANCE ERROR SCORING SYSTEM

(1pt par critère : cheville stable, axe de genou respecté, position de référence maintenue)

ERREURS	SURFACE STABLE	SURFACE INSTABLE
Station bipodale		
Station unipodale		
Station tandem		
Score total		

STANDING STORK TEST (*Bilan final*)

YEUX OUVERTS	JAMBE DROITE	JAMBE GAUCHE
Essai n°1 (sec)		
Essai n°2 (sec)		
Essai n°3 (sec)		

YEUX FERMÉS	JAMBE DROITE	JAMBE GAUCHE
Essai n°1 (sec)		
Essai n°2 (sec)		
Essai n°3 (sec)		

SINGLE-LEG HOP TEST (*Bilan final*)

DISTANCE	JAMBE DROITE	JAMBE GAUCHE
Essai n°1 (cm)		
Essai n°2 (cm)		
Essai n°3 (cm)		
Points qualitatifs		

STANDING REBOUND SIDE HOP TEST (*Bilan final*)

NBRE DE SAUTS	JAMBE DROITE	JAMBE GAUCHE
Essai n°1		
Essai n°2		
Essai n°3		