

# **Einfluss von mentaler Visualisierung auf die posturale Kontrolle – die Machbarkeit einer randomisierten Pilotstudie**

**NATACHA SAVIOZ**

**Studentin FH – Studiengang Physiotherapie**

**CÉCILE WÄLTI**

**Studentin FH – Studiengang Physiotherapie**

**Unter Betreuung von: MARIELLE PIRLET**

**BACHELORTHESIS**

**Eingereicht in Leukerbad (VS-CH) den 09. Juni 2017**

**Zur Erlangung des Grades eines**

**Bachelor of Sciences HES-SO in Physiotherapy**

## **Zusammenfassung**

**Einleitung:** Posturale Kontrolle ist eine häufige Problematik in der Physiotherapie vor allem bei älteren Patienten oder bei neurologischen und traumatologischen Dysfunktionen. Mentales Visualisieren ist eine interessante Methode, welche seine Evidenz in der Neurorehabilitation und im Sport gefunden hat. In Bezug auf die posturale Kontrolle zeigen erste Studien die Wirksamkeit.

**Ziel:** Das Primärziel dieser Pilotstudie war die methodologische und zeitliche Machbarkeit zu testen. Das sekundäre Ziel war den Einfluss von einmaligem mentalem Visualisieren auf die statische und proaktive posturale Kontrolle zu untersuchen.

**Methode:** Es handelt sich um eine Pilotstudie für eine randomisierte kontrollierte Studie mit jungen, gesunden Personen zwischen 18 und 35 Jahren. Der Einfluss von mentalem Visualisieren auf die posturale Kontrolle wurde mittels des *Single Limb Stance Test* (SLST) und des *Star Excursion Balance Test* (SEBT) gemessen. Die Interventionsgruppe absolvierte zwischen den zwei Testphasen eine Aufgabe von mentalem Visualisieren. Die Kontrollgruppe hatte keine Intervention.

**Resultate:** Zwanzig Probanden haben an der Pilotstudie teilgenommen. Es resultiert eine Machbarkeit von 100%. Mentales Visualisieren erzielt auf den Komposit-Wert, Verbesserung von 2.43%, und die postero-laterale Richtung, Verbesserung von 4.65%, des nicht dominanten Standbeines des SEBT statistische Signifikanz.

**Schlussfolgerung:** Eine Hauptstudie kann mit wenigen Verbesserungen durchgeführt werden um den Einfluss des mentalen Visualisierens auf die posturale Kontrolle mit einer grossen Stichprobe zu bestätigen. Das mentale Visualisieren könnte mit seinen zahlreichen Vorteilen eine ergänzende alternative Technik in der Behandlung der posturalen Kontrolle in der Physiotherapie sein. Deshalb sollte dieses Gebiet weitergehend erforscht werden.

**Schlüsselwörter:** Dynamische posturale Kontrolle, statische posturale Kontrolle, mentales Visualisieren, Machbarkeit, Pilotstudie

## Résumé

**Introduction:** Le contrôle postural est une problématique souvent rencontrée en physiothérapie, surtout chez des patients âgés ou lors de dysfonctions neurologiques ou traumatologiques. La visualisation mentale est une méthode intéressante qui a déjà fait ses preuves en neuroréhabilitation et en sport. De premières études en lien avec le contrôle postural démontrent son efficacité.

**Objectifs:** L'objectif principal de cette étude pilote était de tester la faisabilité méthodologique et temporelle. L'objectif secondaire était d'examiner l'influence de la visualisation mentale unique sur le contrôle postural statique et proactif.

**Méthode:** Il s'agit d'une étude pilote en vue d'une étude randomisée contrôlée avec des jeunes personnes saines de 18 à 35 ans. L'influence de la visualisation mentale sur le contrôle postural a été mesurée grâce au *Single Limb Stance Test* (SLST) et au *Star Excursion Balance Test* (SEBT). Le groupe d'intervention effectuait un exercice de visualisation mentale entre deux phases de test. Le groupe contrôle n'avait aucune intervention.

**Résultats:** Vingt participants ont pris part à l'étude pilote. La faisabilité est de 100%. La visualisation mentale a montré des résultats statistiquement significatifs pour la valeur composite (différence de 2.43%) et la direction postéro-latérale (différence de 4.65%) de la jambe non-dominante lors du SEBT.

**Conclusion:** Une étude avec un plus grand échantillon peut être effectuée avec de minimes corrections afin de démontrer l'influence de la visualisation mentale sur le contrôle postural. La visualisation mentale pourrait offrir avec ses nombreux avantages une alternative de plus dans le traitement du contrôle postural en physiothérapie. C'est pour cela que ce domaine mériterait d'être étudié plus profondément.

**Mots-clés:** Contrôle postural dynamique, contrôle postural statique, visualisation mentale, faisabilité, étude pilote.

## Abstract

**Introduction:** Postural control is a regular problem in physical therapy, mainly present in elderly population or in patients with neurological and traumatic dysfunctions. Mental imagery is a particularly interesting method, which has already proven effective both in neurology and in sports science. Preliminary studies relative to postural control demonstrate its positive results.

**Objectives:** The main objective of this pilot study was to test the methodological and temporal feasibility of the process in question. The second goal was to determine the extent to which unique mental imagery had an influence on static and proactive postural control.

**Method:** This pilot study was in readiness for a randomized controlled study with young healthy people aged between 18 and 35. The influence of mental imagery on postural control was measured with the *Single Limb Stance Test* (SLST) and the *Star Excursion Balance Test* (SEBT). The intervention group performed an exercise of mental imagery between two test phases. The control group had no intervention.

**Results:** Twenty participants took part in the pilot study. The feasibility is of 100%. Mental imagery demonstrates statistical significance for the composite value (difference of 2.43%) and the postero-lateral direction (difference of 4.65%) of the non-dominant leg for the SEBT.

**Conclusion:** To further demonstrate the influence of mental imagery on postural control a study with a bigger sample and minimal corrections should be done. With its many advantages, mental imagery may offer an alternative in the treatment of postural control in physical therapy thus explaining why this subject deserves to be studied more in depth.

**Keywords:** Dynamic postural control, static postural control, mental imagery, feasibility, pilot study.

## **Eigenständigkeitserklärung**

Die Verantwortung für den Inhalt, die Argumentationen und die Schlussfolgerung dieser Arbeit liegt ausschliesslich bei den Autorinnen und in keinem Fall bei der Fachhochschule für Gesundheit Wallis, der Jury oder dem Betreuer der Bachelorarbeit. Wir bezeugen, die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt zu haben.

Leukerbad, 9. Juni 2017

Natacha Savioz

Cécile Wälti

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchten wir uns bei all denjenigen bedanken, die uns während der Anfertigung der Bachelorarbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt unser Dank Marielle Pirlet, die unsere Bachelorarbeit betreut und begutachtet hat. Für die hilfreichen Anregungen und die konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit bedanken wir uns herzlich.

Ebenfalls bedanken wir uns bei der Modulverantwortlichen Anne Gabrielle Mittaz Hager und allen weiteren Direktoren der Bachelorarbeiten, die uns in das wissenschaftliche Arbeiten eingeführt haben und uns in diesem Prozess begleitet haben.

Ein besonderer Dank gilt allen Probandinnen und Probanden unserer Studie, ohne die diese Arbeit nicht hätte entstehen können.

Zum Schluss einen grossen Dank an die Personen, welche mit ihren Meinungen, den Korrekturen, dem Mithelfen an der Studie und ihren Sprachkenntnissen unsere Arbeit vollendet haben. Danke an Lisa Lüscher, Emmanuelle Savioz, Jean-Marc Savioz, Alana Vannay und Luzia Wälti.

# Inhalt

1. Einleitung .....	1
1.1 Mentales Visualisieren .....	1
1.1.1 Terminologie und Erläuterung grundlegender Begriffe.....	1
1.1.2 Anwendung in der Praxis .....	2
1.2 Gleichgewicht und posturale Kontrolle .....	6
1.2.1 Definition .....	6
1.2.2 Anwendung in der Praxis .....	8
1.3 Mentales Visualisieren und posturale Kontrolle.....	9
1.4 Fragestellung.....	10
2. Methode.....	12
2.1 Erste Schritte .....	12
2.2 Studiendesign.....	12
2.3 Stichprobe .....	12
2.4 Intervention .....	13
2.4.1 Mentales Visualisieren .....	13
2.4.2 Beschreibung der Tests .....	14
2.4.3 Ablauf der Studie .....	17
2.5 Ziele .....	18
2.6 Outcomes .....	18
2.7 Machbarkeitskriterien.....	18
2.8 Statistische Methode .....	19
2.9 Ethische Aspekte .....	20
3. Resultate .....	21
3.1 Stichprobe .....	21
3.2 Primäres Outcome: Machbarkeit.....	21
3.3 Sekundäres Outcome: Einfluss des mentalen Visualisierens.....	24
3.3.1 Star Excursion Balance Test .....	24
3.3.2 Single Limb Stance Test.....	24
4. Diskussion .....	27
4.1 Resultatinterpretation .....	27
4.1.1 Machbarkeit .....	27
4.1.2 Einfluss des mentalen Visualisierens .....	28
4.1.3 Einflüsse auf die posturale Kontrolle .....	30
4.2 Limitierungen .....	31
4.2.1 Probanden.....	31
4.2.2 Bias Risiko.....	31

4.2.3 Verbesserungsvorschläge .....	32
4.3 Stärken .....	33
4.4 Einsatzbereich in der Physiotherapie.....	33
4.5 Weiterführende Forschung.....	34
5. Schlussfolgerung .....	35
6. Referenzen .....	36
7. Tabellenverzeichnis.....	I
8. Abbildungsverzeichnis .....	I
9. Annex .....	II



## Abkürzungsverzeichnis

AO	Beobachten der Aktivität
MI	Mentales Visualisieren
SEBT	Star Excursion Balance Test
SLST	Single Limb Stance Test

## Englische Begriffe

<i>Action observation (AO)</i>	Beobachten der Aktivität
<i>Emotion</i>	Emotion, Gefühl
<i>Environment</i>	Umgebung
<i>Learning</i>	Lernen
<i>Mental imagery (MI)</i>	Mentales Visualisieren
<i>Perspective</i>	Perspektive
<i>Physical</i>	körperlich
<i>Task</i>	Aufgabe
<i>Timing</i>	Zeitvorgabe
<i>Trials</i>	Versuche

# **1. Einleitung**

## **1.1 Mentales Visualisieren**

### **1.1.1 Terminologie und Erläuterung grundlegender Begriffe**

Mentale Vorstellung ist wahrscheinlich unter anderem einer der hochentwickeltsten Funktionen des menschlichen Gehirns. Das Kreieren von mentalen Bildern, von Objekten oder Geschehnissen ist eine Eigenheit des Menschen. Mithilfe dieser Fähigkeit können wir uns angepasst in der Umwelt verhalten. Mentale Vorstellung hat kein Limit, denn die Vorstellung im menschlichen Gehirn kennt keine Grenzen. Vereinfacht ist mentales Vorstellen ohne es zu bemerken ein Teil unseres täglichen Lebens. Zum Beispiel wenn wir auf einer Landstrasse mit dichtem Nebel fahren, stellen wir uns die Begebenheiten der Strasse vor, um Unerwartetes möglichst zu vermeiden und uns der Umgebung anpassen zu können (Aymeric Guillot & Christian Collet, 2010).

Mentales Visualisieren wird definiert als die Vorstellung einer Aktion oder einer Bewegung ohne dabei körperlich aktiv zu sein. Die Person repetiert mental eine Aufgabe, Aktion oder Bewegung. Man unterscheidet sechs Typen, visuell, kinästhetisch, taktil, olfaktorisch, gustatorisch und auditiv (Dickstein & Deutsch, 2007 ; Hamel & Lajoie, 2005). Um eine konkrete Idee zu geben für die visuelle Vorstellung sagte Kosslyn (1987): «Seeing with the mind's eye».

Mentales Visualisieren ist der zusammenfassende Begriff für jegliche mentale Vorstellung und beinhaltet verschiedene Techniken. Es wird unterteilt in mentale Bewegungsvorstellung und in mentales Training. Die Bewegungsvorstellung wird im Zusammenhang einer Bewegungsausführung einzelner Körperteile oder des ganzen Körpers gebraucht, wobei mentales Training das mehrmalige Üben des Visualisierens ist (Schuster et al., 2011). Nebst den sechs Typen werden zwei verschiedene Arten unterschieden, welche sich auf die Perspektive der Person beziehen (Dickstein & Deutsch, 2007 ; Olsson, Jonsson, & Nyberg, 2008). Auf der einen Seite gibt es den internen Fokus, das heisst die Person stellt sich selbst vor und erlebt die Aktivität aus der subjektiven Ich-Perspektive. Dabei erfährt sie die sechs Typen, die sensorischen Inputs und Sinnesinformationen, in der Ich-Form. Nehmen wir das Beispiel eines Freiwurfs im Basketball. Die Person stellt sich vor, wie sie vor der Freiwurflinie steht, sie spürt den Bodenkontakt, die Gewichts-

verteilung auf ihren Füßen, die Beschaffenheit des Balles, wie sich ihre Muskeln anspannen, ihre Körperteile sich bewegen und somit den Wurf ausführen. Gleichzeitig visiert sie aber auch den Korb, hört das Jubeln der Zuschauer und riecht die schweissige Luft in der Halle. Auf der anderen Seite gibt es den externen Fokus, welcher gleichbedeutend mit einer Aussenperspektive, einer dritten Person, ist. Dabei stellt sich die Person vor, wie sie sich selbst den Freiwurf ausführen sieht und beobachtet jedes Detail und jede Komponente der Geste. Hier liegt der Akzent vor allem auf der visuellen Vorstellung (Heimsoeth, 2015).

Verschiedene Studien zeigen, dass ein interner Fokus den Erfolg von mentalem Visualisieren favorisiert (Grangeon, Guillot, & Collet, 2011 ; Rodrigues et al., 2010 ; Voisin, Mercier, Jackson, Richards, & Malouin, 2011). Andere Wissenschaftler beweisen aber, dass mit einem externen Fokus bessere Leistungen erzielt werden (Holmes & Collins, 2001 ; Wulf, 2008). Ebenfalls resultieren bessere Ergebnisse bei einem externen Fokus, wenn es um komplexe Übungen geht. Sobald es sich um die Genauigkeit einer Aktivität handelt, schliesst der interne Fokus besser ab (White & Hardy, 1995). Weiter muss auch die Zielpopulation unterschieden werden. Denn Spitzensportler ziehen den internen Fokus vor im Gegenteil zu Amateuren, welche einfacheren Zugang zur Imagination mit einer externen Perspektive finden (Holmes & Collins, 2001 ; Wulf, 2008).

Allgemein ausgedrückt erzielt mentales Training mit zusätzlichem physischem Training die besten Resultate verglichen mit reinem mentalem Training oder reinem physischem Training (Gabbard, 2015 ; Olsson et al., 2008 ; Schuster et al., 2011 ; Taube et al., 2015 ; Taube, Lorch, Zeiter, & Keller, 2014)

### **1.1.2 Anwendung in der Praxis**

Mithilfe der funktionellen Magnetresonanztomografie können die Theorien von Vorstellung objektiv von Menschen getestet werden. Forscher können zeigen, dass bei der mentalen Visualisierung dieselben Hirnareale und Neuronen aktiv sind wie bei der aktiven Wahrnehmung (Aymeric Guillot & Christian Collet, 2010 ; Marx et al., 2003 ; Taube et al., 2015). Die Bewegung oder Aktivität der Vorstellung verändert die Gehirnarealaktivität. Zum Beispiel sind die Basalganglien und der Thalamus stärker aktiviert bei einer Stehvorstellung als bei einer Geh- oder Laufvorstellung (Jahn et al., 2004).

Vorteile dieser Methode ist das Training von Kompetenzen ohne physische Müdigkeit und ohne Verletzungsrisiko (Lopez, Calmels, Naman, & Holmes, 2004). Zusätzlich kann in einer Rehabilitation sehr früh mit mentaler Visualisierung gestartet werden, was ein grosser Vorteil bei Bettruhe bedeutet (Taubе et al., 2015). Weiter ist sie sehr kostengünstig, leicht zugänglich und hat seine Evidenz bereits in einigen Bereichen gezeigt, wie zum Beispiel bei Patienten nach einem Schlaganfall, mit Parkinson oder im Sport, wie Hockey oder Basketball (Braun et al., 2013 ; Heimsoeth, 2015 ; Hwang et al., 2010 ; Smith, Wright, Allsopp, & Westhead, 2007).

Mentales Visualisieren hat heute seine Berechtigung als zielführende Methode, trotzdem gibt es wenige konkrete Konzepte. Holmes und Collins (2001) entwickelten das PETTTLEP-Modell. Dieses Modell zieht sieben Faktoren in Betracht um eine multisensorielle Visualisierung zu erreichen. Die Anfangsbuchstaben der sieben verschiedenen Dimensionen bilden das Akronym PETTTLEP: *Physical, Environment, Task, Timing, Learning, Emotion, Perspective*. Die Körperhaltung soll der Aktivität ähnlich sein (*Physical*). Die Umgebung, in der das mentale Visualisieren praktiziert wird, soll am besten der Durchführungsort der Aktivität sein (*Environment*). Das Imaginierte ist die mentale Wiederholung der Zielaktivität (*Task*). *Timing* bezieht sich auf die Länge der Vorstellung, welche der physischen Übung gleich sein soll. Das Visualisieren soll keine Slow-Motion darstellen. Die Bewegungserfahrung verändert die Wahrnehmung, man lernt mit jeder Ausführung Neues dazu. Der Inhalt der Visualisierung muss jederzeit an das Lernlevel angepasst sein (*Learning*). Mentales Visualisieren soll die Gefühle miteinschliessen (*Emotion*). Als Perspektive wird die Ich-Form oder die Dritte-Person verwendet (*Perspective*).

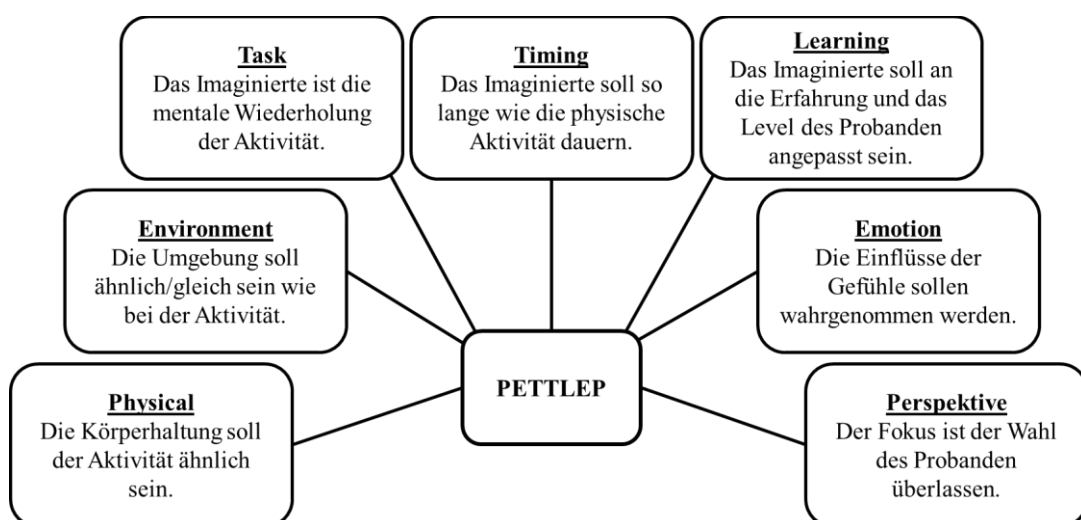


Abbildung 1: Das PETTTLEP-Modell. Die Anfangsbuchstaben der sieben verschiedenen Dimensionen bilden das Akronym PETTTLEP: *Physical, Environment, Task, Timing, Learning, Emotion, Perspective* (Savioz & Wälti, 2017) nach (Holmes & Collins, 2001).

Das PETTTLEP-Modell von Holmes und Collins (2001) ist in der Literatur ein häufig genutztes Konzept für das mentale Visualisieren. Das PETTTLEP-Modell wurde in verschiedenen Studien getestet. Zum Beispiel eine Studie an Hockey-Spielern fand heraus, dass Sportler, die das mentale Visualisieren in der Hockey-Uniform, also in der Wettkampfbekleidung, und auf dem Hockey-Feld, im realen Umfeld, durchführten, signifikant bessere Leistungen erbrachten verglichen mit Sportlern, welche das mentale Visualisieren nur in Wettkampfbekleidung absolvierten. Diese wiederum erzielten bessere Leistungen als Athleten, die wie häufig üblich zu Hause ohne Wettkampfbekleidung mental trainierten (Smith et al., 2007).

Schuster et al. (2011) analysierten in ihrem systematischen Literaturreview 17 Elemente des mentalen Visualisierens. Sie schlossen dabei 133 Studien von fünf verschiedenen Disziplinen, Erziehung, Medizin, Musik, Psychologie und Sport, ein. Die 17 Elemente basierten auf dem PETTTLEP-Modell und sieben zeitlichen Parametern, Studiendauer, Interventionsdauer, Dauer des mentalen Visualisierens, Häufigkeit des mentalen Trainings, Anzahl des mentalen Trainings pro Woche, Anzahl *Trials* pro mentales Training und Gesamtzeit des mentalen Trainings. Erfolgreiche mentale Visualisierungsinterventionen beinhalteten individuelles Training und dies nach der körperlichen Aktivität. Die Sitzungen wurden supervisiert und der Ort und die Position während der Visualisierung waren aufgabenspezifisch. Die Probanden erhielten die detaillierten standardisierten Instruktionen per akustischer Live-Übertragung. Zusätzlich hielten sie die Augen geschlossen und stellten sich die Aktivität mit einem internen kinästhetischen Fokus vor. Die Analyse zeigte, dass 17 Minuten mentales Training drei Mal die Woche mit 34 *Trials* pro Sitzung zu einer Verbesserung führte (Feltz & Landers, 1983). Im Durchschnitt waren die Probanden der Interventionen mit positivem Einfluss des mentalen Visualisierens zwischen 20 und 29 Jahre alt. Zuvor berichteten aber Jams et Ratzon (2000), dass Kinder, 9 Jahre, und ältere Personen zwischen 65 und 70 Jahre stärker profitieren würden von mentaler Visualisierung kombiniert mit körperlichem Training als jüngere Erwachsene zwischen 21 und 40 Jahren. Jedoch sind zu wenige Studien vorhanden welche diese Resultate unterstützen (Schuster et al., 2011).

Im therapeutischen Bereich wird mentales Training vor allem in der Neurorehabilitation genutzt, insbesondere mit hemiplegischen Patienten. Eine der Schlüsselressourcen in der Wiederherstellung der motorischen Fähigkeiten nach einem Schlaganfall liegt im mentalen Training. Es stimuliert die durch den Schlaganfall verletzten oder nicht mehr aktiven

synaptischen Verbindungen im Gehirn (Gabbard, 2015) und erzielt ebenfalls signifikante Verbesserung bezüglich des Gleichgewichts und der posturalen Kontrolle (Hosseini, Fallahpour, Sayadi, Gharib, & Haghgoo, 2012).

Nebst der Verwendung in der Neurologie ist Bewegungsvisualisierung ein rehabilitierter Bestandteil im Sport (Wulf, 2008). Grosse Institutionen stützen sich auf mentales Training wie dies zum Beispiel der Fall ist bei den Turnerinnen an der INSEP (Nationalinstitut für Sport und physische Ausbildung) in Frankreich (Lopez et al., 2004). Auch als Zuschauer vor dem Fernsehen werden wir Zeugen von mentalen Visualisierungspraktiken, wenn die Skirennfahrer in ihrer Vorbereitung gefilmt werden.

Physiotherapeuten nutzen in der Praxis oft auch eine spezifische Form des mentalen Visualisierens, die Spiegeltherapie. In einer Studie mit amputierten Patienten, welche an Phantomschmerzen litten, bestätigten alle Probanden eine Senkung der Schmerzen dank eines täglichen Spiegeltherapietrainings von 15 Minuten (Chan et al., 2007). Mentales Visualisieren kann auch neuropathische Schmerzen bei Rückenmarksverletzungen (Duperrex & Schläppy, 2014) und dem *Complex Regional Pain Syndrom* reduzieren (Moseley, 2012).

Der Einfluss der Visualisierung auf das Erlernen von technischen Aspekten in den Gesundheitsberufen bestätigt das breite Spektrum der Anwendungsbereiche. Wright et al. (2008) haben das Erlernen des Blutdruckmessens des Pflegepersonals mithilfe mentaler Vorstellung geprüft. Die Probanden mit einer Visualisierungsinitiierung erzielten bessere Resultate als die Kontrollgruppe. Ebenfalls wurde die Wirksamkeit im Zusammenhang mit dem Erwerben von chirurgischen Kompetenzen gezeigt (Hall, 2002).

Mentales Visualisieren ist schwierig messbar (Malouin et al., 2010), trotzdem existieren eine Reihe von Tests, welche die Kapazität der mentalen Vorstellung messen können. Wir unterscheiden chronometrische Tests und subjektive Fragebögen. Der *Time-Dependent Motor Imagery* vergleicht die Zeitmessung einer Aktivität, welche physisch und dann mental ausgeführt wird. Daraus resultieren aussagekräftige Informationen über die Qualität des mentalen Visualisierens (Rulleau & Toussaint, 2014). Ein Beispiel eines Fragebogens ist der *Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire* (Malouin et al., 2007). Er misst das Ausmass der Fähigkeit von Personen, visualisierte Bewegungen zu fühlen. Die umfangreichere Version umfasst 20 Aufgaben. Dem Probanden wird eine Bewegung gezeigt, welche er anschliessend nur einmal selbst ausführen soll. Anschliessend wird er

aufgefordert die Bewegung mental zu wiederholen. Zum Schluss wird er gebeten, auf einer Ordnungsskala mit fünf Punkten die Klarheit der Visualisierung oder die Intensität der Wahrnehmung, welche mit der vorgestellten Bewegung verbunden ist, einzustufen (Malouin et al., 2007). Weitere ähnliche Fragebögen sind der *Vividness of Visual Imagery Questionnaire* (Marks, 1973) oder der *Questionnaire upon Mental Imagery* (Sheehan, 1967).

## **1.2 Gleichgewicht und posturale Kontrolle**

### **1.2.1 Definition**

Gleichgewicht und posturale Kontrolle werden oft als Synonyme verwendet. Bei genauem Hinschauen lassen sich die beiden Begriffe jedoch abgrenzen. Mechanisch gesehen stellte Newton das Gleichgewicht als die Annullierung von zwei entgegengesetzten Kräften dar (Bell, 1998). Gleichgewicht wird definiert als die Fähigkeit, nicht zu fallen (Pollock, Durward, Rowe, & Paul, 2000). Der Körperschwerpunkt wird innerhalb der Unterstützungsfläche gehalten (Horak, Henry, & Shumway-Cook, 1997). Die posturale Kontrolle ist die Handlung, um das Gleichgewicht in jeder Haltung oder Aktivität aufrecht zu erhalten, zu erlangen oder zurückzuerlangen (Pollock et al., 2000). Aus dieser Perspektive heraus haben Shumway-Cook und Woolacott (2007) das Interaktionsmodell entwickelt. Es ist ein differenziertes Modell der posturalen Kontrolle, welche drei Aspekte, das Individuum, die Aktivität und die Umwelt, miteinbezieht. Posturale Kontrolle ist das Ergebnis der Interaktion eines Menschen (Individuum), welcher sich in einer Umgebung (Umwelt) bewegt, und eine Aufgabe (Aktivität) ausführt. Die posturale Kontrolle ist spezifischer und kommt dem Ausdruck Gleichgewichtskontrolle näher. Anders ausgedrückt ist die posturale Kontrolle das Mittel, um das Gleichgewicht zu finden. Verbessert sich die posturale Kontrolle, resultiert ein besseres Gleichgewicht. Die Literatur unterscheidet diese Begriffe jedoch nur selten. Der *Star Excursion Balance Test* (SEBT) wird zwar als Test der dynamischen posturalen Kontrolle deklariert, enthält in seinem Namen trotzdem das Wort Gleichgewicht (Gribble, Hertel, & Plisky, 2012 ; Ness, Taylor, Haberl, Reuteman, & Borgert, 2015 ; Plisky et al., 2009). In unserer Arbeit werden wir ausschliesslich den Begriff posturale Kontrolle verwenden, welcher alle Mechanismen und deren Komplexität miteinschliesst.

Heute wird die posturale Kontrolle als eine komplexe Bewegungsfähigkeit betrachtet, welche mehrere sensomotorische Prozesse in Anspruch nimmt (Pollock et al., 2000). Entscheidende motorische Faktoren sind die posturale Orientierung und die posturale Stabilität.

Die posturale Orientierung spielt eine wichtige Rolle bei einer erfolgreichen posturalen Kontrolle. Damit ist die angepasste Stellung der Körperabschnitte zueinander und zur Umwelt gemeint. Das heisst für das Halten der posturalen Kontrolle braucht es eine bestimmte Ordnung oder Ausrichtung der Körpersegmente. Durch ein physiologisches Alignement verringert man den Energieverbrauch und die Muskulatur kann optimal die Kraft entwickeln (Shumway-Cook & Woollacott, 2007). Posturale Orientierung wird auch im Zusammenhang mit der Verarbeitung sensorischer Informationen verwendet. Die Integration der sensorischen Inputs führt dazu, dass der Körper der Aktivität entsprechend ausgerichtet beziehungsweise orientiert wird (Horak, 2006). Die sensorischen Faktoren spielen eine unerlässliche Rolle für die posturale Kontrolle. Die somatosensorischen, vestibulären und visuellen Inputs liefern die notwendigen Informationen über die Stellung des Körpers (Mahboobin et al., 2008).

Mit einer gesunden Muskelaktivität ist der Mensch fähig sich gegen die Gravität aufzurichten. Diese Fähigkeit nennt man die posturale Stabilität. Im Stand zum Beispiel sind die Antischwerkraftmuskeln, wie die Kniegelenks-, Hüftgelenks- und Rumpffextensoren entscheidend. Die Funktionsfähigkeit dieser Schlüsselmuskeln ist Voraussetzung für die posturale Kontrolle. Sind diese Muskelaktivitäten jedoch nicht ausreichend, finden vor allem in aufrechter Position weitere differenzierte physiologische Aktionen statt. Die Bezeichnung dafür sind posturale Synergien (Horak, 2006). Zu den Synergien zählen die Sprunggelenks- und Hüftgelenksstrategie sowie den Schuttschritt und die Stützreaktion. Aufgabe dieser Synergien ist die dynamische Kontrolle des Körperschwerpunkts über der Unterstützungsfläche. Jede Aktivität im Stehen versetzt den Schwerpunkt in Bewegung (Leonard, Brown, & Stapley, 2009). Die Bewegung kann selbstinduziert sein, wenn man zum Beispiel nach etwas greift, oder von aussen induziert, wie beim Stehen in einem fahrenden Bus. Funktionieren diese Synergien gut, gibt uns dies das nötige Gefühl von sicherem Stehen (Pollock et al., 2000).

Bei der Sprunggelenksstrategie findet die Kontrolle distal statt. Beschleunigt sich der Körperschwerpunkt nach ventral, aktiviert die Person die dorsale Muskulatur. Umgekehrt wird bei einer Beschleunigung nach dorsal die ventrale Muskulatur aktiviert. Das heisst



nicht, dass nur die distalen Muskeln aktiviert sind, die Reihenfolge erfolgt jedoch von distal nach proximal. Kommt es zu grösseren Schwankungen des Körperschwerpunktes reagiert der Mensch mit der Hüftgelenkstrategie, nun finden die primären Bewegungen im Hüftgelenk statt. Reichen beide Strategien nicht mehr aus, kommt es zum Schuttschritt oder zur Stützreaktion. Hier wird jetzt die Unterstützungsfläche verändert (Maki & McIlroy, 2006). Im Alltag kombinieren sich diese Strategien und es werden Mischformen genutzt (Horak, 2006).

In verschiedenen Situationen kommen diese Strategien zum Einsatz. Es werden drei Situationen unterschieden, welche Shumway-Cook und Woollacott (2007) auch als Mechanismen beschreiben. Diese sind das *Steady-state*, die antizipativen Mechanismen und die reaktiven Mechanismen. *Steady-state* kann man mit der statischen posturalen Kontrolle gleichsetzen, es steht für Situationen in denen lediglich eine Position gehalten wird. Ein Beispiel dafür ist der Einbeinstand auf festem Untergrund (Gribble et al., 2012). Antizipative Mechanismen finden in vorhersehbaren geplanten Situationen statt. Zum Beispiel man greift nach einem Objekt auf dem Tisch. Andere Autoren definieren antizipative Mechanismen auch als proaktive posturale Kontrolle (Muehlbauer, Besemer, Wehrle, Gollhofer, & Granacher, 2012). Reaktive Mechanismen begegnen wir in nicht vorhersehbaren Situationen, wie zum Beispiel, wenn wir stehend Bus fahren, beim Anfahren oder Bremsen aus dem Gleichgewicht kommen und einen Schritt vorwärts machen oder uns schnell festhalten müssen. Bei den antizipativen und reaktiven Mechanismen handelt es sich um dynamische Anforderungen (Winter, Patla, & Frank, 1990).

### **1.2.2 Anwendung in der Praxis**

Die posturale Kontrolle stellt eine bedeutende Rolle in der Erhaltung einer adäquaten Alltagsmotorik dar und ist somit eine Prävention vor Verletzungen (Emery, Cassidy, Klassen, Rosychuk, & Rowe, 2005 ; Taube, Gruber, & Gollhofer, 2008 ; Tlatlik, 2014). Posturale Kontrolle ist essentiell für das Sitzen, Stehen und Gehen. Das Leben ist unvorstellbar ohne diese Fähigkeiten. Die statische posturale Kontrolle gibt zwar wichtige Hinweise über die Klinik einer Person, doch kann sie nicht ausschliesslich auf die funktionelle Aktivität übertragen werden. (Gribble et al., 2012). Das heisst, Personen können zwar eine schlechte posturale Kontrolle haben, sind aber nicht automatisch beeinträchtigt in ihren täglichen Aktivitäten.

Es existieren zahlreiche validierte Tests für die Beurteilung der posturalen Kontrolle. Aktuelle klinische Tests sind der *Berg Balance Scale* (Berg, Wood-Dauphine, Williams, & Gayton, 1989), *Tinetti Balance Test* (Tinetti, 1986), *Star Excursion Balance Test* (SEBT) (Gribble et al., 2012), *Functional Reach Test* (Duncan, Weiner, Chandler, & Studenski, 1990), *Clinical Test of Sensory Interaction and Balance* (CTSIB) (Shumway-Cook & Horak, 1986) und der *Romberg's Test* (Herr, Zun, & Mathews, 1989). Statische posturale Kontrolle kann zum Beispiel mit einem Einbeinstand, *Single Limb Stance Test* (Springer, Marin, Cyhan, Roberts, & Gill, 2007), getestet werden. Der *Star Excursion Balance Test* (SEBT) testet die proaktive posturale Kontrolle und der *Push-And-Release Test* (Jacobs, Horak, Van Tran, & Nutt, 2006) die reaktive posturale Kontrolle.

### **1.3 Mentales Visualisieren und posturale Kontrolle**

Im Zusammenhang mit der statischen posturalen Kontrolle zeigten Hamel und Lajoie (2005) in ihrer Studie, dass tägliches mentales Training während sechs Wochen im Vergleich zu der Kontrollgruppe eine signifikante Verminderung der antero-posterioren posturalen Oszillationen bewirkt und die posturale Kontrolle automatisiert. Weitere Forscher befassten sich ausgiebig mit dem Thema und bestätigten die Einflüsse auf die Oberkörperschwankungen (Rodrigues et al., 2010 ; Taube et al., 2014). Taube et al. (2014) untersuchten die Sprunggelenksstrategie mittels einer Kraftplattform mit und ohne Störeinfluss. Sie unterteilten die Probanden in drei Gruppen. Während vier Wochen mit 30-minütigen Trainings vier Mal die Woche übte die erste Testgruppe mentales Visualisieren und die zweite Testgruppe *Mental Imagery* (MI) kombiniert mit *Action Observation* (AO). Die Kontrollgruppe veränderte nichts in ihrem täglichen Leben. Die beiden Interventionen wirkten sich positiv aus. Zusätzlich zu der Reduzierung der posturalen Schwankungen verbesserte das nicht-körperliche Training die reaktive posturale Kontrolle. In einer weiteren Studie untersuchten sie die Hirnarealaktivität während einer statischen und dynamischen Anforderung an die posturale Kontrolle jeweils bei MI, AO und MI + AO. Die Probanden aktivierten während MI+AO bei einer dynamischen Anforderung das Putamen, das Cerebellum, das prämotorische Areal, den Prämotor Cortex und den primären Motorcortex (Ferraye et al., 2014 ; Taube et al., 2015). Für das MI zeigten sich ähnliche Muster, jedoch keine Aktivität des Prämotor Cortex. Stärker aktiviert waren dafür das prämotorische Areal und das Cerebellum bei dynamischen Konditionen im Vergleich zu

den statischen Konditionen. Im Gegenzug konnte mit der AO keine signifikante Aktivierung dieser Gehirnareale hervorgerufen werden. Zusammenfassend resultierte, dass hauptsächlich MI+AO aber auch MI die wichtigsten Hirnregionen aktivierten, sowie dass höhere Anforderungen an die posturale Kontrolle stärkere Stimulationen hervorriefen (Taube et al., 2015).

Bezüglich der Vorstellungsperspektive bei einer Studie zur posturalen Kontrolle, hatten die Probanden eine bessere posturale Kontrolle, wenn sie keine Instruktion der Perspektive erhielten und somit ihren üblichen Fokus einnehmen konnten (Wulf, 2008). In dieser Studie wurde die posturale Kontrolle auf einem aufgeblasenen Kissen evaluiert. Die Probanden erhielten zuerst die Instruktion eines externen Fokus, dann eines internen Fokus und zuletzt keine Angaben.

## **1.4 Fragestellung**

Bisherige Studien zeigen den Einfluss von mentalem Visualisieren in verschiedenen Bereichen. Vor allem in der Neurorehabilitation, im Sport und mit älteren Personen wurde der Einfluss der mentalen Visualisierung erforscht. Auch Studien zu den Prozessen im Gehirn während der mentalen Visualisierung existieren bereits. Ergebnisse zur Wirkung des mentalen Trainings bei jungen, gesunden Personen fehlen jedoch. Praktisch ausschliesslich handelt es sich bei den vorhandenen Studien um ein mentales Training. Der direkte Einfluss, gemeint ist einmaliges mentales Visualisieren, ist noch nicht bekannt. Die Ergebnisse von mentalem Visualisieren auf die posturale Kontrolle wurden mittels Kraftplattformen oder Gehirnarealaktivitäten gemessen. Uns interessiert der Einfluss auf die Testergebnisse der posturalen Kontrolle. Denn funktionelle Tests der posturalen Kontrolle sind in der Praxis eines Physiotherapeuten ein täglich gebrauchtes Messgerät. Wir möchten einen Schritt zurückgehen und bei null beginnen, wir untersuchen gesunde, junge Personen mit normaler posturaler Kontrolle, um als nächsten Schritt in posturaler Kontrolle beeinträchtigte Menschen einzubeziehen. Ebenfalls interessiert uns, ob einmaliges mentales Visualisieren bereits einen Einfluss auf die Resultate von Tests der posturalen Kontrolle nimmt.

Würde einmaliges mentales Visualisieren die Leistung der posturalen Kontrolle positiv verändern, könnte diese Technik vermehrt in der Physiotherapie genutzt werden und wäre

ein Mittel, um die Therapie abwechslungsreich zu gestalten. Die Methode ist kostengünstig, leicht zugänglich, kann überall realisiert werden, bringt geringe Risiken und keine körperliche Müdigkeit mit sich (Lopez et al., 2004).

Folgedessen war ein erster Schritt, eine Pilotstudie zu diesem Thema zu realisieren. Denn bevor eine Hauptstudie durchgeführt wird, sollte vorteilhaft als erstes eine Pilotstudie etabliert werden (Leon, Davis, & Kraemer, 2011). Hauptziel der aktuellen Pilotstudie war das Testen der methodologischen und zeitlichen Machbarkeit des Protokolls. Eine zukünftige umfangreichere Studie soll den direkten Einfluss von mentalem Visualisieren auf die statische und proaktive posturale Kontrolle bei jungen, gesunden Personen zeigen.

## **2. Methode**

### **2.1 Erste Schritte**

Wir haben eine Literatursuche auf Pubmed, NCBI, und Google Scholar bezüglich der mentalen Vorstellung, des Gleichgewichts und posturaler Kontrolle sowie der existierenden Verbindungen dieser Begriffe gestartet. Der Antrag der Pilotstudie an die Ethikkommission Waadt wurde im November gesendet und im Dezember 2016 gewährt. In dieser Zeit haben wir ebenfalls die Protokolle entwickelt.

### **2.2 Studiendesign**

Es handelt sich um eine Pilotstudie für eine randomisierte kontrollierte Studie, um die Machbarkeit für eine zukünftige umfangreichere Hauptstudie zu testen. Die Struktur der Pilotstudie wurde anhand des Tutorielles von Thabane et al. verfasst (Thabane et al., 2010).

### **2.3 Stichprobe**

Berechnung der Stichprobengrösse:

Wir schätzten die erreichte Prozentzahl der positiven Antworten in allen vier Fragen des Fragebogens [V] zur Machbarkeit auf 90% und wir setzten als unteres Limit der Machbarkeit 60%. Bei einer Typ I Fehlerwahrscheinlichkeit von 5% und einer statistischen Power von 80% errechneten wir für die Pilotstudie 20 Probanden. Dies wurde mittels der G\*Power 3.1 berechnet. Für eine zukünftige Hauptstudie sollten anhand der gleichen Analyse mit 10% Drop-Outs einberechnet optimaler Weise 141 Probanden eingeschlossen werden.

Die Rekrutierung startete Anfang Dezember. Eine Anzeige in Papierform wurde an verschiedenen Standorten, wie die HES-SO von Sierre, in Turnhallen in der Chablais-Region und in einer Arztpraxis aufgehängt. Zusätzlich warben wir auf den sozialen Netzwerken. Die gesuchte Population war junge, gesunde Personen, weiblich und männlich, die zwischen 18 und 35 Jahre alt sind. Wir beschränkten das Alter auf 35 Jahre, um den Einfluss

von Veränderungen der posturalen Kontrolle mit fortschreitendem Alter ausschliessen zu können (Bouillon & Baker, 2011). Die Ausschlusskriterien definierten wir wie folgt: Operation in den letzten sechs Monaten, Beschwerden in den unteren Extremitäten, chronische oder akute Rückenschmerzen und neurologische Erkrankungen, die einen Einfluss auf die posturale Kontrolle nehmen. Um in die Studie eingeschlossen zu werden, mussten die Probanden fähig sein, einen unipodalen Squat mit beiden Beinen mit Abstützen der Hände schmerzfrei zu realisieren.

## **2.4 Intervention**

### **2.4.1 Mentales Visualisieren**

Wir entwickelten das Protokoll [III] für die mentale Visualisierung anhand des PETTLEP-Modells von Holmes und Collins (2001). Diese Methode zieht sieben Faktoren in Betracht um eine multisensorielle Visualisierung zu erreichen. Die Anfangsbuchstaben der sieben verschiedenen Dimensionen bilden das Akronym PETTLEP: *Physical, Environment, Task, Timing, Learning, Emotion, Perspective* (Holmes & Collins, 2001).

Die Körperhaltung soll der Aktivität ähnlich sein (*Physical*). Das heisst, die Probanden nahmen eine aufrechte bipodal stehende Position ein, vergleichbar mit der Ausgangsposition des *Single Limb Stance Test* (SLST) und des *Star Excursion Balance Test* (SEBT). Zu diesem Aspekt gehört auch die körperliche Vorbereitung (*Emotion*). Da posturale Kontrolle eine ruhige selbstfokussierte Übung ist, boten wir den Probanden vor der Visualisierung eine kurze Entspannungszeit von 30 Sekunden mittels Atemregulationen. Um weiter auf die Gefühle Einfluss zu nehmen, erhielten die Probanden motivierende Worte für ein starkes Selbstbewusstsein (Lopez et al., 2004). Während der Visualisierung hatten die Probanden die Augen für eine bessere Imagination geschlossen (Marx et al., 2003 ; Schuster et al., 2011).

Die Umgebung, in der das mentale Visualisieren praktiziert wird, soll am besten der Durchführungsort der Aktivität sein (*Environment*). Weiter erzielt man eine bessere Vorstellung der Übung, indem man zusätzliche Stimuli in die Umgebung integriert (Holmes & Collins, 2001). Aufgrund unseres Zeitplans, der uns zur Verfügung stehenden Räum-

lichkeiten und der Organisation mit den Untersucherinnen war es nicht möglich, das mentale Visualisieren im selben Raum wie die Tests durchzuführen. Jedoch waren die Zimmer jeweils gleich aufgebaut und mit ähnlicher Ausstattung gestaltet.

Das Imaginierte ist die mentale Wiederholung der Zielaktivität (*Task*). Die Probanden repetierten mental die beiden in der ersten Testphase ausgeführten Tests. Timing bezieht sich auf die Länge der Visualisierung, welche bei der physischen Übung gleich sein soll. Das Visualisieren soll keine Slow-Motion darstellen. Für diese Umsetzung nahmen wir die Zeit des besten Resultats des SLST um die Dauer zu bestimmen. Für die Vorstellung des SEBT wählten wir eine durchschnittliche Kadenz von fünf Sekunden pro Richtung.

Die Bewegungserfahrung verändert die Wahrnehmung, man lernt mit jeder Ausführung Neues dazu. Der Inhalt der Vorstellung muss jederzeit an das Lernlevel angepasst sein (*Learning*). Dieser Punkt hat seine Relevanz, wenn Probanden ein Training über längere Zeit absolvieren. Unsere Probanden absolvierten jedoch kein Training, aus diesem Grund konnten wir den Aspekt *Learning* nicht ins Protokoll integrieren.

Die Wissenschaft zeigt, dass mit einer externen Vorstellungsperspektive bessere Leistungen erzielt werden (Holmes & Collins, 2001). Ebenfalls resultieren bessere Ergebnisse bei einem externen Fokus, wenn es um komplexe Übungen geht. Sobald es sich um Genauigkeit einer Aktivität handelt, schliesst der interne Fokus besser ab (White & Hardy, 1995). Weiter muss auch die Zielpopulation unterschieden werden. Denn Spitzensportler ziehen die interne Perspektive vor im Gegenteil zu Amateuren, welche einfacheren Zugang zur Imagination mit einer externen Perspektive finden. Aus diesen Gründen haben wir entschlossen, die Probanden ihrer Intuition zu überlassen und keinen Fokus vorzugeben (*Perspective*), wie es auch Wulf (2008) in seiner Studie als besser gezeigt hatte.

#### **2.4.2 Beschreibung der Tests**

Die posturale Kontrolle der Probanden wurde mittels des *Star Excursion Balance Test* (SEBT), für die proaktive posturale Kontrolle, und des *Single Limb Stance Test* (SLST), für die statische posturale Kontrolle, getestet.

Als Protokollvorlage des SEBT stützten wir uns auf Gribble et al.(2012), welcher mit seiner Forschung einen ICC-Wert mit einer Intratester-Reliabilität zwischen 0.84 und 0.92 ermittelte.

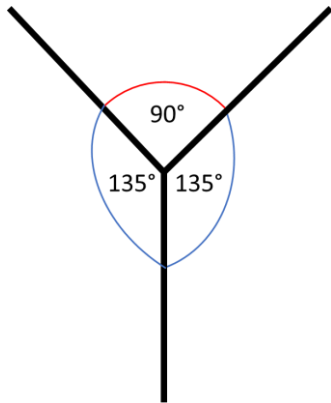


Abbildung 2: Markierung für den Star Excursion Balance Test: Y mit den Winkeln 135°, 90° und 135°. (Gribble et al., 2012)



Abbildung 3: Star Excursion Balance Test: 1) anteriore Richtung 2) postero-mediale Richtung 3) postero-laterale Richtung. Rechtes Standbein und linkes Spielbein. (Savioz & Wälti, 2017) nach (Gribble et al., 2012)

Auf dem Boden klebte ein Zentimeter-graduiertes Y mit den Winkeln 135°, 90° und 135°. Der Proband wurde aufgefordert die Ferse des Standbeins auf der Kreuzung der Äste zu positionieren. Am Anfang und vor jedem Versuch stand der Proband mit beiden Füßen auf dem Boden. Indem die Person einen unipodalen Squat mit dem Standbein realisierte, mussten mit dem Spielbein die drei Linien, anterior, postero-medial und postero-lateral, am weitesten distal berührt werden. Für einen gültigen Messwert galt eine leichte Bodenberührung ohne Gewichtsverlagerung vom Standbein auf das Spielbein. Bodenkontakt mit dem Spielbein für das Wiederfinden von Gleichgewicht und das Bewegen oder Heben des Standbeinfusses sowie unkontrollierte Rumpfbewegungen waren nicht erlaubt und



führten zu einem ungültigen Resultat. Die Versuche wurden barfuss, in kurzen Hosen und mit den Händen auf der Hüfte durchgeführt. Die Probanden durften zum Einwärmen und Erlernen der Bewegung jede Richtung vier Mal pro Bein testen. Die Reihenfolge der Richtungen und des Standbeins wurden randomisiert. Für jede Richtung wurde die Distanz der drei Versuche aufgenommen. Zwischen den Versuchen gab es jeweils fünf Sekunden Pause und 20 Sekunden zwischen den Richtungsänderungen und Beinwechsel. Die Pausen wurden immer bipodal realisiert (Gribble et al., 2012).

Für den Vergleich der Probanden ohne Einfluss der Grösse wurden die Werte an die Beinlänge angepasst. Die erreichte Distanz wurde durch die anatomische Beinlänge, *Spina iliaca anterior superior* bis *Malleolus medialis*, dividiert und mit 100 multipliziert. Die Ergebnisse sind als Prozent der Beinlänge ausgedrückt (Gribble et al., 2012). Beinlängendifferenzen wurden berücksichtigt. Das dominante Bein bezeichnet, das Bein, mit welchem ein Ball gekickt wird. Für die Testergebnisse des SEBT zählt das dominante Bein, die erreichte Länge dieses Beines. Das heisst, bei einem rechten dominanten Bein wurden die Resultate mit linkem Standbein und rechtem Spielbein gemessen. Für alle SEBT-Variablen wurden die Mittelwerte aus den drei Versuchen berechnet. Der Komposit-Wert drückt den Mittelwert der drei Richtungen für jedes Bein aus.

Das Protokoll für den SLST übernahmen wir von Springer et al. (2007), welcher einen ICC-Wert berechnet mit einer Interrater-Reliabilität von 0.951 für den Test mit geschlossenen Augen.



Abbildung 4: Single Limb Stance Test mit geschlossenen Augen auf rechtem Standbein (Savioz & Wälti, 2017) nach (Springer et al., 2007)

Aufgrund der hohen Interrater-Reliabilität schliessen wir ebenfalls auf eine hohe Intrarater-Reliabilität. Die Anweisungen lauteten, so lange wie möglich auf einem Bein mit geschlossenen Augen zu stehen. Der Proband verschränkte die Arme auf der Brust, war barfuss und trug kurze Hosen. Das Spielbein wurde parallel zum Standbein positioniert, berührte dieses aber nicht. Dazu musste das Spielbein mindestens fünf Zentimeter in der Luft gehalten werden. Das Verändern der Ausgangsposition, das Bewegen oder Heben der Ferse oder Fusspitze des Standbeines sowie unkontrollierte Rumpfbewegungen führten zum Abbruch des Versuchs. Der Proband hatte drei Versuche zur Verfügung mit zehn Sekunden Pause. Er realisierte zuerst alle Versuche auf dem ersten Bein, nach 30 Sekunden Pause folgte das zweite Bein. Die maximale Dauer des Tests setzten wir auf zwei Minuten. Die Reihenfolge der Standbeine wurde randomisiert (Springer et al., 2007). Der Wert des rechten dominanten Beines wird als der Wert des rechten Standbeines definiert.

### 2.4.3 Ablauf der Studie

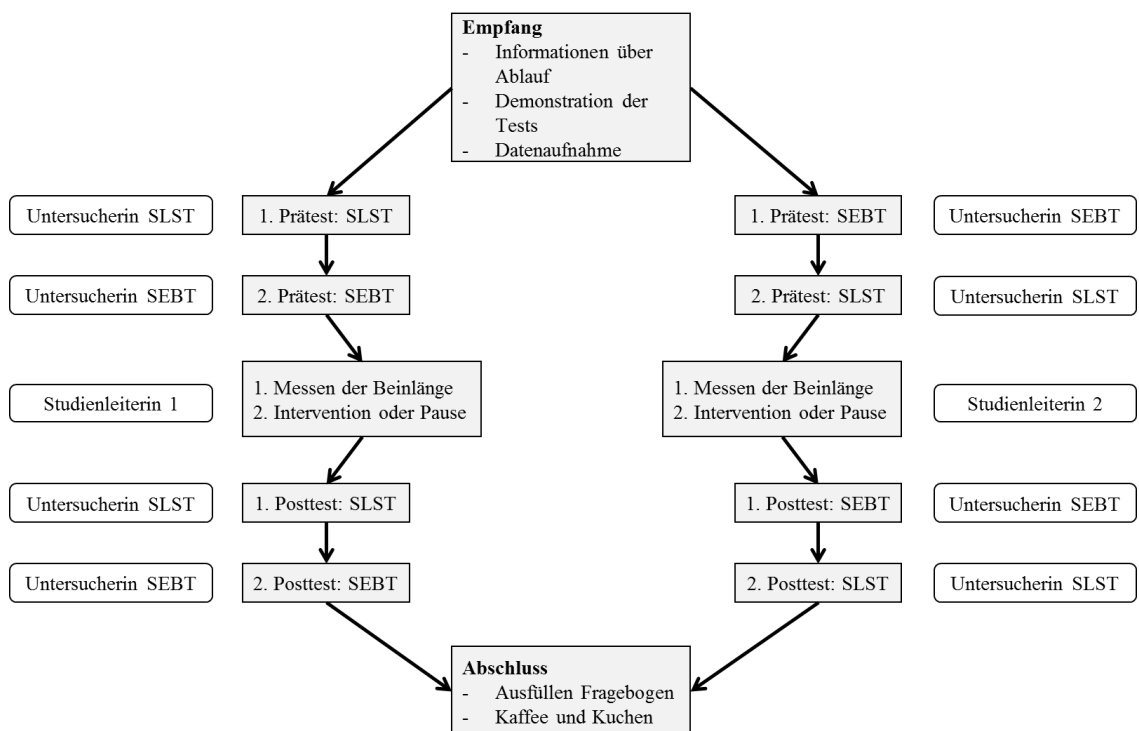


Abbildung 5: Ablauf der Studie. Empfang: Erläuterung des Ablaufes, Demonstration der beiden Tests und Datenaufnahme der Probanden. Jede Etappe dauerte 10 Minuten ausgenommen der Abschluss. Pro Proband wurden 60 Minuten eingeplant. Die beiden Prätests werden als erste Testphase zusammengefasst und die beiden Posttests als zweite Testphase. Zwischen den Testphasen massen die Studienleiterinnen die anatomische Beinlänge, Distanz zwischen Spina iliaca anterior superior und Malleolus medialis. Darauf fand je nach Los die Intervention oder Pause statt. Jeweils zwei Probanden starteten gemeinsam für den Empfang. Ab dem Prätest absolvierten sie jedoch den Parcours einzeln bis sie beim Abschluss ankamen und den Fragebogen ausfüllten.

## 2.5 Ziele

Hauptziel der aktuellen Pilotstudie ist das Testen der methodologischen und zeitlichen Machbarkeit des Protokolls. Eine zukünftige umfangreichere Studie soll den direkten Einfluss von mentalem Visualisieren auf die statische und proaktive posturale Kontrolle bei jungen, gesunden Personen zeigen. Für diese lauten unsere Hypothesen wie folgt: Einmaliges mentales Visualisieren verbessert die proaktive und statische posturale Kontrolle bei jungen gesunden Personen. Wir erwarten einen grösseren positiven Effekt der mentalen Visualisierung auf den *Star Excursion Balance Test* (SEBT) verglichen mit dem *Single Limb Stance Test* (SLST). Grund dafür sind die komplexeren Anforderungen des SEBT im Vergleich zum SLST.

## 2.6 Outcomes

Unser primäres Outcome der Pilotstudie war die Machbarkeit einer randomisierten kontrollierten Studie. Folglich untersuchten wir die methodologische und zeitliche Machbarkeit der Studie. Die Methodik wurde anhand eines Fragebogens evaluiert. Um die zeitliche Machbarkeit zu messen bewerteten wir unsere Beobachtungen während der Studie sowie das Aufgehen unserer Planung.

Das sekundäre Outcome war das Fazit der Ergebnisse, ob mentales Visualisieren einen direkten Einfluss auf die statische und proaktive posturale Kontrolle bei jungen gesunden Personen hat. Die Resultate des *Single Limb Stance Tests*, statische posturale Kontrolle, und des *Star Excursion Balance Test*, proaktive posturale Kontrolle, vor und nach der Intervention wurden miteinander verglichen und analysiert.

## 2.7 Machbarkeitskriterien

Das Verständnis und die erneute Teilnahme an einer Studie definierten wir als unser Haupterfolgskriterium. Dies wurde mittels des Fragebogens bewertet, welcher sich auf die Klarheit der Anweisungen und somit auf das Verständnis bezieht. Ebenfalls fragten wir nach Verbesserungsvorschlägen, nach der Planung und ob sie erneut und mit welchem Zeitaufwand an einer ähnlichen Studie teilnehmen würden. Für die Realisierung

einer umfangreicheren Hauptstudie benötigten wir mindestens 60% der Probanden, welche die vier ersten Fragen des Fragebogens am Ende der Studie mit «Ja» beantworten.

Weitere Kriterien waren die Rekrutierung der Probanden, der Kostenaufwand, die zeitliche Machbarkeit, das Material und die Räumlichkeiten. Für die Rekrutierung legten wir eine Zeitspanne von vier Wochen fest und einen Zeitplan für die Redaktion der Protokolle, Studiendauer, Resultaterhebung und die Analyse wurde erstellt. Die Studie erachteten wir als machbar, wenn die Kosten die Grenze von 10'000 Schweizer Franken nicht überschritten.

## **2.8 Statistische Methode**

Der Wilcoxon-Rangsummentest wurde zur statistischen Analyse genutzt. Folgende Analysen wurden realisiert:

- Vergleich der Veränderung zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe mit der Kontrollgruppe des Komposit-Wertes des SEBT des dominanten Beines
- Vergleich der Veränderung zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe mit der Kontrollgruppe des Komposit-Wertes des SEBT des nicht dominanten Beines
- Vergleich der Veränderung zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe mit der Kontrollgruppe des Mittelwertes der anterioren Richtung des SEBT des dominanten Beines
- Vergleich der Veränderung zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe mit der Kontrollgruppe des Mittelwertes der anterioren Richtung des SEBT des nicht dominanten Beines
- Vergleich der Veränderung zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe mit der Kontrollgruppe des Mittelwertes der postero-lateralen Richtung des SEBT des dominanten Beines

- Vergleich der Veränderung zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe mit der Kontrollgruppe des Mittelwertes der postero-lateralen Richtung des SEBT des nicht dominanten Beines
- Vergleich der Veränderung zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe mit der Kontrollgruppe des Mittelwertes der postero-medialen Richtung des SEBT des dominanten Beines
- Vergleich der Veränderung zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe mit der Kontrollgruppe des Mittelwertes der postero-medialen Richtung des SEBT des nicht dominanten Beines
- Vergleich der Veränderung zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe mit der Kontrollgruppe des Mittelwertes des SLST des dominanten Beines
- Vergleich der Veränderung zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe mit der Kontrollgruppe des Mittelwertes des SLST des nicht dominanten Beines

## **2.9 Ethische Aspekte**

Unsere Studie wurde der Ethikkommission Waadt vorgestellt und im Dezember 2016 zugelassen. Die Probanden erhielten spätestens zwei Tage vor der Durchführung der Studie die Einverständniserklärung [VI]. Sie wurden vor dem Unterzeichnen der Einverständniserklärung über ihre Rechte und den Ablauf des Experiments informiert. Die Studie respektierte die ethischen Richtlinien der medizinischen Forschung am Menschen der Deklaration von Helsinki im Oktober 2013.

### 3. Resultate

#### 3.1 Stichprobe

Die Rekrutierungsphase begann am 8. Dezember. Auf unsere diversen Anzeigen und Anfragen haben sich 39 Personen gemeldet. Vier Personen sagten ihre Teilnahme aufgrund des Standorts ab. Acht waren an diesem Datum bereits verhindert und vier verzichteten wegen Zeitmangel. Wir konnten drei Personen aufgrund der Ausschlusskriterien nicht in die Studie miteinbeziehen. Daraus resultierten 20 Probanden, welche an unserer Pilotstudie teilnahmen, 12 Männer und acht Frauen. Durchschnittlich waren die Probanden 24.6 Jahre alt mit einer Standardabweichung von 4.7 Jahren. Wir mussten einen Drop-out notieren, wegen plötzlich auftretenden sehr starken Schmerzen im Fussgelenk während der Tests. Die Pilotstudie führten wir am 8. Januar 2017 in den Räumlichkeiten der Arztpraxis von Dr. Savioz in Vouvry durch.

*Tabelle 1: Daten der Probanden*

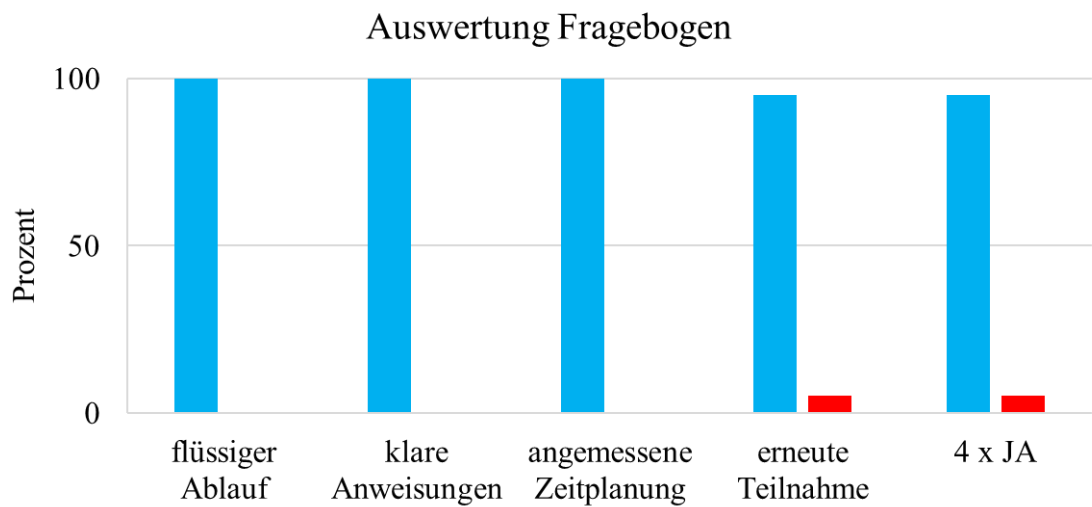
	♂	♀	Alter, Mittelwert (SA), Spannweite	BMI, Mittelwert (SA), Spannweite	Sport h/Woche, Mittelwert (SA), Spannweite
Kontrollgruppe	5	5	24.4 (5.6), 19-35	23.1 (2.6), 19.4-28.4	4.6 (3.2), 0-9
Interventionsgruppe	7	3	24.8 (3.9), 20-31	23.1 (2.7), 19.2-28.7	3.3 (2.5), 0-7
Total	12	8	24.6 (4.7), 19-35	23.1 (2.6), 19.2-28.7	4.0 (2.9), 0-9

SA=Standardabweichung; BMI= Body Mass Index

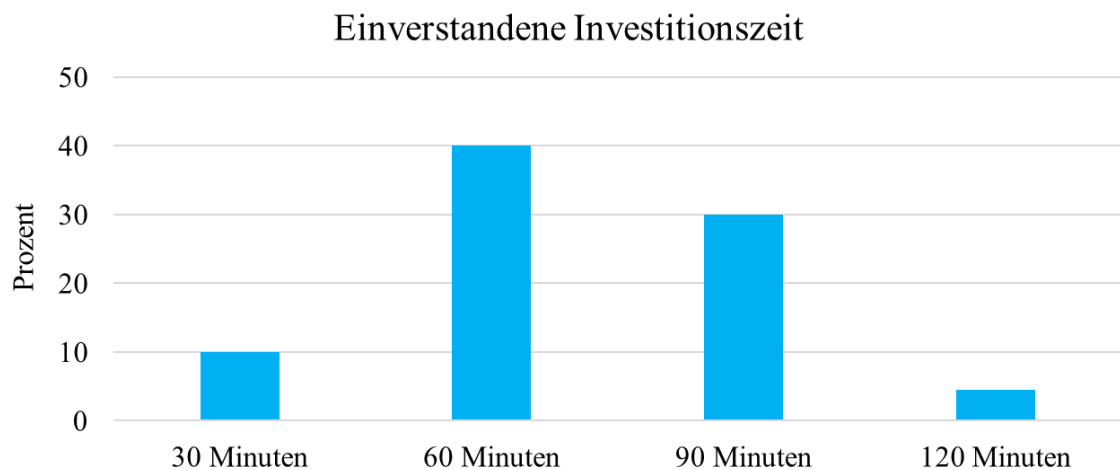
#### 3.2 Primäres Outcome: Machbarkeit

Wir untersuchten die methodologische und zeitliche Machbarkeit der Studie. Die Methodik wurde anhand eines Fragebogens evaluiert. Die Antworten sind in der Abbildung 6 ersichtlich. Aus dem Fragebogen resultiert, dass alle Probanden den Ablauf als flüssig empfanden, die Anweisungen klar waren und die Zeit gut eingeteilt wurde. Ausser einem Probanden würden alle erneut an einer ähnlichen Studie teilnehmen. Für die Realisierung einer umfangreicheren Hauptstudie erwarteten wir 60% der Probanden, welche die vier

ersten Fragen des Fragebogens am Ende der Pilotstudie mit «Ja» beantworteten. Wir konstatieren 95% der Probanden unserer Pilotstudie, welche die ersten vier Fragen bejahten.



*Abbildung 6: Antworten Fragebogen der ersten vier Fragen. Flüssiger Ablauf: Avez-vous trouvé le déroulement de l'étude agréable? Klare Anweisungen: Est-ce que les instructions étaient suffisamment claires? Angemessene Zeitplanung: Avez-vous trouvé la planification du temps convenable? Erneute Teilnahme: Participeriez-vous à nouveau à une étude similaire? 4xJa: positive Antwort für den flüssigen Ablauf, die klaren Anweisungen, die angemessene Zeitplanung und die erneute Teilnahme.*



*Abbildung 7: Einverstandene Investitionszeit in eine ähnliche Studie. Evaluiert mittels des Fragebogens am Ende der Pilotstudie: Combien de temps seriez-vous d'accord d'investir dans une étude similaire?*

Die Mehrheit der Probanden ist bereit, zwischen 60 und 90 Minuten in eine ähnliche Studie zu investieren, wie dies in der Abbildung 7 ersichtlich ist.

Die Tabelle 2 zeigt die effektiven Zeitangaben unserer Pilotstudie. Wir haben nicht zu 100% an diesem Projekt gearbeitet, da wir gleichzeitig am dritten Bachelorjahr des Studiengangs Physiotherapie teilnahmen. Die Studie mit den 20 Probanden konnten wir an einem Tag durchführen.

*Tabelle 2: Zeitplanung*

<b>Zeitplanung (Wochen)</b>		
	Vorgesehene Zeit	Effektive Zeit
Ethikkommission	4	4
Redaktion der Protokolle	6	6
Rekrutierung	4	4
Studiendauer	1	1
Resultaterhebung	2	3
Analyse der Resultate	5	4

*Im Voraus definierte Zeitplanung verglichen mit dem effektiven Zeitaufwand.*

Die eingeplanten 60 Minuten pro Proband konnten gut eingehalten werden. Während der Studie gab es keine Zeitverzögerungen und ein fließender Ablauf wurde gewährleistet. Die Untersucherinnen meldeten zurück, dass die 10 Minuten pro Test pro Proband adäquat seien.

Der Kostenaufwand der Pilotstudie beträgt Total ungefähr 8'620 Schweizer Franken. Diese Zahl ist kleiner als die von uns maximal vorgegebenen 10'000 Schweizer Franken. Effektiv konnten wir die Kosten jedoch geringer halten. Im Rahmen der Bachelorarbeit wird uns der Statistiker zur Verfügung gestellt. Ebenfalls entfällt unsere Entlohnung. Dank der freiwilligen Unterstützung der Untersucherinnen und der gratis zur Verfügung gestellten Räumlichkeiten einer Arztpraxis konnten wir die Kosten sehr gering halten.



*Tabelle 3: Kostenaufwand der Pilotstudie*

<b>Kostenaufwand</b>			
	Anzahl Stunden	Stundenlohn (CHF)	Total (CHF)
Räumlichkeiten	12		500
Material			50
Entlöhnung Untersucher SEBT, SLST (2)	16 (2x8)	30	480
Entlöhnung Statistiker	5	110	550
Entlöhnung Studienleitung (2)	64 (2x32)	110	7040
<b>Total</b>			<b>8620</b>

*Zwei Untersucherinnen, jeweils eine Person für den Star Excursion Balance Test und den Single Limb Stance Test. Die Studienleitung besteht aus den beiden Autorinnen dieser Arbeit.*

### **3.3 Sekundäres Outcome: Einfluss des mentalen Visualisierens**

#### **3.3.1 Star Excursion Balance Test**

Alle Resultate sind in der Tabelle 4 am Ende des Kapitels Resultate ersichtlich.

Die Kontrollgruppe veränderte sich im Mittel von -1.78% bis 0.56 % und die Interventionsgruppe von -2.02% bis 4.65%. Der Komposit-Wert des dominanten Beines notiert einen signifikanten Unterschied zwischen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe (p-Wert = 0.019). Ebenfalls statistische Signifikanz zeigt die postero-laterale Richtung des dominanten Beines (p-Wert = 0.003). Die anteriore und postero-mediale Richtung des dominanten Beines sowie alle Ergebnisse des nicht-dominanten Beines waren statistisch nicht signifikant mit p-Werten zwischen 0.315 bis 0.684.

#### **3.3.2 Single Limb Stance Test**

Für den SLST wurden ebenfalls die Mittelwerte der Versuche berechnet. Die Werte des SLST sind statistisch nicht signifikant. Wir stellen beim dominanten Bein einen p-Wert von 0.579 und beim nicht dominanten Bein 0.325 fest. Die Werte des SLST zeigen weder

in der Kontrollgruppe noch in der Interventionsgruppe eine Tendenz. Die Probanden haben sich generell im Durchschnitt mit dem dominanten Bein verschlechtert. Jedoch ist die Verschlechterung bei der Interventionsgruppe geringer ausgefallen. Beim nicht dominanten Bein verbesserten sich die Probanden der Kontrollgruppe stärker als die Interventionsgruppe. In den Boxplots der Tabelle 6 ist ersichtlich, dass die Resultate der Interventionsgruppe deutlich kleinere Schwankungen aufweisen.

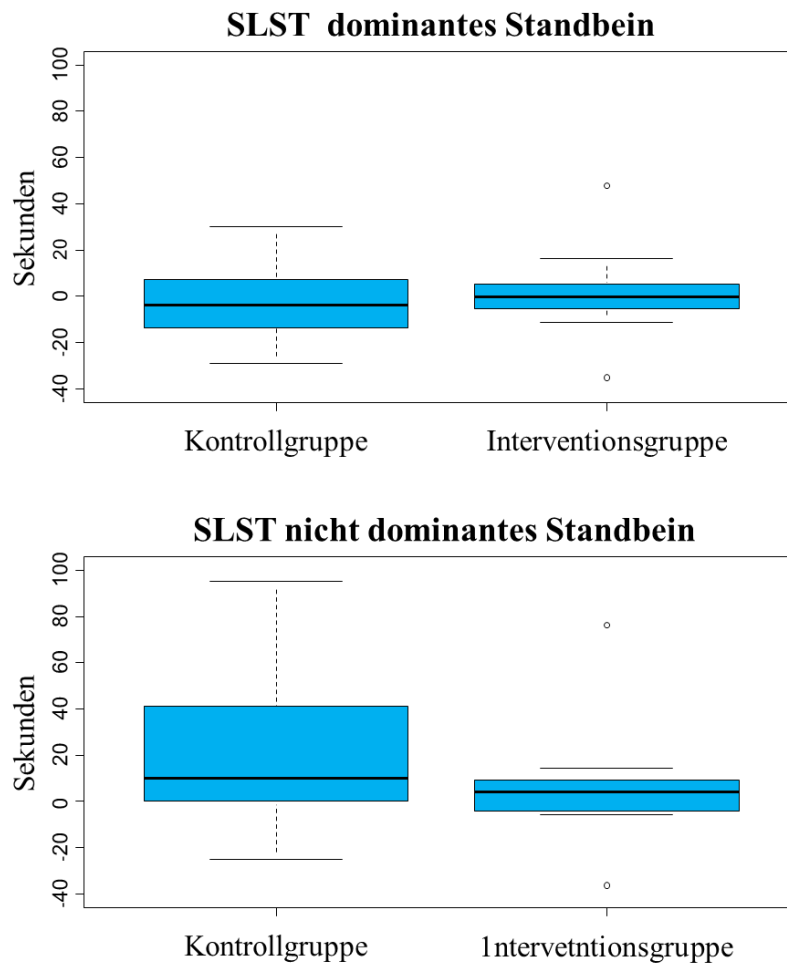


Abbildung 8: Boxplots des Single Limb Stance Test für das dominante und nicht dominante Standbein. Vergleich der Veränderung zwischen Prä- und Posttest der Kontrollgruppe mit der Interventionsgruppe.

*Tabelle 4: Resultate SEBT und SLST*

Variable	Kontrollgruppe			Interventionsgruppe			Zwischen- gruppen- differenz	p-Wert
	Vorher	Nachher	Veränderung	Vorher	Nachher	Veränderung		
SEBT Komposit D	78.17 (74.3 bis 82.4)	84.47 (74.62 bis 82.85)	0.06 (-0.78 bis 1.15)	82.19 (79.2 bis 84.82)	85.31 (81.52 bis 86.7)	2.43 (1.1 bis 3.81)	2.37	0.019
SEBT Komposit ND	77.86 (74.06 bis 79.31)	76.8 (72.42 bis 81.58)	-0.75 (-1.37 bis 0.18)	84.84 (78.78 bis 86.71)	83.02 (80.94 bis 85.38)	-1.19 (-1.72 bis 0.45)	-0.44	0.684
SEBT ANT D	90.31 (86.48 bis 93.4)	89.59 (85 bis 91.97)	-1.08 (-1.65 bis 0)	94.16 (90.78 bis 98.37)	82.34 (78.41 bis 86.6)	1.98 (0.69 bis 3.01)	3.06	0.076
SEBT ANT ND	87.34 (86.22 bis 92.31)	88.37 (86.21 bis 92.48)	0.54 (-1.54 bis 1.81)	94.61 (91.76 bis 96.92)	78.77 (75.17 bis 83.92)	1.68 (1.01 bis 2.38)	1.14	0.315
SEBT PM D	77.36 (71.77 bis 81.01)	80.36 (72.06 bis 85.08)	0.56 (-1.63 bis 4.8)	78.99 (76.36 bis 86.04)	73.27 (70.2 bis 81.47)	2.13 (-1.03 bis 3.84)	1.57	0.739
SEBT PM ND	74.87 (69.53 bis 77.88)	74.9 (69.78 bis 83.58)	-0.57 (-2.39 bis 2.86)	80.53 (78.53 bis 84.02)	75.51 (70.06 bis 76.9)	-2.02 (-4.21 bis 2.23)	-1.45	0.393
SEBT PL D	65.11 (60.06 bis 75.89)	66.3 (58.23 bis 71.44)	-0.17 (-1.37 bis 1.32)	71.74 (66.66 bis 73.55)	85.31 (81.52 bis 86.7)	4.65 (2.43 bis 6.2)	4.82	0.003
SEBT PL ND	65.94 (63.43 bis 70.9)	66.08 (61.67 bis 70.08)	-1.78 (-3 bis 1.92)	74.51 (67.4 bis 77.37)	83.02 (80.94 bis 85.38)	-1.73 (-4.9 bis 1.94)	0.05	0.684
SLST D	22.17 (16.67 bis 32.25)	15.5 (10.92 bis 21)	-3.67 (-13.25 bis 5.42)	17.5 (7.75 bis 57.13)	12.5 (10.42 bis 41.33)	-0.5 (-5.17 bis 4.58)	3.17	0.579
SLST ND	17.17 (11 bis 38.42)	34 (24.92 bis 44.08)	10.67 (-0.75 bis 24.75)	15 (8.92 bis 28.5)	95.13 (90.67 bis 100.97)	2.17 (-2.08 bis 11.25)	-8.5	0.325

Werte sind Median (25. Bis 75. Perzentile). SEBT=Star Excursion Balance Test; D=dominantes Bein; ND=nicht dominantes Bein, ANT=anteriore Richtung; PM=postero-mediale Richtung; PL= postero-laterale Richtung; SLST=Single Limb Stance Test. Die Werte des SEBT sind als Prozent der Beinlänge ausgedrückt. Die Werte des SLST sind in der Einheit Sekunden.

## 4. Diskussion

### 4.1 Resultatinterpretation

Beide Probandengruppen waren homogen, was das Alter, den *Body Mass Index* und die Anzahl Stunden pro Wochen in denen sie Sport trieben betrifft. Durch die grössere Teilnahme von Männern an der Pilotstudie finden wir in der randomisierten Interventionsgruppe ein leichtes Ungleichgewicht der Geschlechter. Zurzeit sind jedoch keine Studien publiziert worden, welche relevante Unterschiede der mentalen Visualisierung zwischen den Geschlechtern festgestellt haben. Deshalb betrachten wir dieses Ungleichgewicht zugunsten der männlichen Probanden als nichtig.

#### 4.1.1 Machbarkeit

Das Kriterium der methodologischen Machbarkeit war, dass mindestens 60% der Probanden die ersten vier Elemente des Fragebogens mit «Ja» beantworteten. Dieses untere Limit haben wir bei weitem erreicht mit 95% positiven Antworten. Die Studie ist also aus dem Standpunkt Methodik machbar. Es ist wichtig zu präzisieren, dass die Machbarkeit von 95% lediglich für die Pilotstudie valide ist. Wir können nicht garantieren, dass mit einer grösseren Stichprobe dasselbe Resultat herauskäme. Berechnen wir den Median des Konfidenzintervalls (95%) von 1, ist die Machbarkeit trotzdem noch grösser als 60%.

Was die zeitliche Machbarkeit betrifft, bilanzieren wir ein gutes Aufgehen unserer Planung. Einzig die Resultaterhebung, das Eingeben der Resultate und die Statistikerhebung, dauerte eine Woche länger als vorgesehen. Für die Hauptstudie in der Grösse von 141 Probanden müssten verhältnismässig die Planung der Rekrutierung, Studiendurchführung, und die Resultaterhebung angepasst werden. Die Rekrutierung verlief bei der Pilotstudie während vier Wochen in der Region Vouvry im Unterwallis. Die Idee für die Hauptstudie wäre die Rekrutierung und Durchführung der Studie in fünf verschiedenen Regionen zu realisieren. So könnten zum Beispiel 30 Probanden pro Region an je einem Durchführungstag getestet werden. Die Auswertung des Fragebogens zeigt, dass eine zukünftige Hauptstudie die Zeitberechnung pro Proband von einer Stunde übernehmen kann. Gründe dafür sind der fließende und adäquate Ablauf und die Bereitschaft der meisten Probanden zwischen 60 und 90 Minuten in eine ähnliche Studie zu investieren.

Dank des wenig benötigten Materials, durch die zur Verfügung gestellten Räumlichkeiten und die freiwillige Mitarbeit der Teilnehmerinnen für den SEBT und den SLST war die Pilotstudie kostengünstig und machbar. Die Kosten von rund 8'600 Franken bleiben ebenfalls realistisch mit der Unterstützung von allfälligen Sponsoren.

#### **4.1.2 Einfluss des mentalen Visualisierens**

Unsere Hypothesen über den Einfluss des mentalen Visualisierens können wir mit den Resultaten der Pilotstudie nicht verifizieren. Einmaliges mentales Visualisieren verbessert die proaktive und statische posturale Kontrolle bei jungen gesunden Personen nicht. Die Resultate präsentieren jedoch zwischen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe zweimal eine statistische Signifikanz in Bezug auf die proaktive posturale Kontrolle. Die Stichprobe ist allerdings im Rahmen der Pilotstudie klein, aufgrund des primären Ziels, die Machbarkeit zu testen.

Der Komposit-Wert des dominanten Beines des SEBT notiert einen signifikanten Unterschied zwischen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe, dies gilt jedoch nicht für das nicht dominante Bein. Das heisst, die Interventionsgruppe verbesserte sich mit dem nicht dominanten Standbein. Die Kontrollgruppe veränderte sich im Mittel von -1.78% bis 0.56 % und die Interventionsgruppe von -2.02% bis 4.65%. In unseren Hypothesen stellten wir die Behauptung auf, dass das mentale Visualisieren einen grösseren Effekt auf den komplexeren Test der posturalen Kontrolle, den SEBT, aufweist. Die Ausführung des SEBT auf dem nicht dominanten Standbein stellt eine grössere Schwierigkeit dar im Vergleich zum dominanten Standbein. Zusätzlich wissen wir, dass die grösste Herausforderung des SEBT die postero-laterale Richtung ist (Johansson & Karlsson, 2016). Diese Komponente hat in beiden Gruppen im Prätest die schlechtesten Werte erreicht. Genau die postero-laterale Richtung hat ebenfalls statistische Signifikanz mit dem nicht dominanten Standbein gezeigt. Daraus können wir vermuten, dass mentales Visualisieren im Zusammenhang mit der Komplexität von Übungen steht und einen Einfluss auf die proaktive posturale Kontrolle hat. In Bezug auf die erreichten Werte des SEBT gibt es in der Literatur wenig und vor allem das Verletzungsrisiko betreffende Informationen über die klinische Relevanz. Besteht ein grösserer Unterschied als 4cm zwischen rechts und links in der anterioren Reichweite, ist das Verletzungsrisiko 2.5 Mal so gross (Plisky, Rauh, Kaminski, & Underwood, 2006). Oder liegt der Komposit-Wert unter 94.0% bei

Frauen, erhöht sich das Risiko um das sechseinhalb Fache (Plisky et al., 2006) und bei den Männern dreieinhalb Mal bei einem Wert unter 89.6% (Butler, Lehr, Fink, Kiesel, & Plisky, 2013). Bei einem achtwöchigen neuromuskulären Training konnte der Komposit-Wert der Interventionsgruppe im Mittel 8.2% vergrößert werden, was die Autoren als klinisch relevant definierten (Filipa, Byrnes, Paterno, Myer, & Hewett, 2010). Der Vergleich mit unserer Pilotstudie ist schwierig, denn es handelt sich nicht um ein Training, wo die erwartete Verbesserung grösser ist, als bei einer einmaligen Intervention mit sofortigem Posttest. Für die Limiten eines erhöhten Verletzungsrisikos wurden jeweils die besten Versuche jeder Richtung für den Komposit-Wert verwendet (Filipa et al., 2010 ; Plisky et al., 2006). In unserer Studie handelt es sich jedoch um die Mittelwerte. Beim Komposit-Wert des nicht dominanten Standbeines liegt die Veränderung der Interventionsgruppe bei 2.43%. Dieser Wert ist schwierig zu interpretieren und uns ist nicht klar, ob man von klinischer Relevanz sprechen kann. Bei der postero-lateralen Richtung verbesserte sich die Interventionsgruppe jedoch um 4.65%. Wir behaupten, dass diese Differenz nach einmaliger Intervention als klinisch relevant bezeichnet werden kann.

Die Werte des SLST sind statistisch nicht signifikant. Sie zeigen weder in der Kontrollgruppe noch in der Interventionsgruppe eine Tendenz. Die Probanden haben sich generell im Durchschnitt mit dem dominanten Bein verschlechtert und mit dem nicht dominanten Bein verbessert. Mentales Visualisieren zeigt keinen Einfluss auf den SLST, welcher die statische posturale Kontrolle testet.

Posturale Kontrolle ist eng mit dem Sturzrisiko und den möglichen Verletzungen verbunden. Muskelausdauerkraft spielt dabei ebenfalls eine entscheidende Rolle. Diese hat eine positive Wirkung auf die posturale Kontrolle und somit auf das Sturzrisiko (Horlings, Van Engelen, Allum, & Bloem, 2008). Ein Faktor für ungenügende posturale Kontrolle ist also die Muskelausdauerkraft. Gerade beim SLST ist Ausdauerkraft für die drei Versuche gefragt. Wir hatten behauptet, dass junge, gesunde Personen die Kraftanforderungen für den SLST von maximal zwei Minuten mitbringen. Die Abbruchkriterien des SLST haben wir in unserer Studie nicht ermittelt und können somit nicht sagen, ob die Ausdauerkraft dazugehörte. Es könnte sein, dass die ungenügende Ausdauerkraft der Probanden zu einer Verzerrung der Ergebnisse geführt hat. In der Literatur finden wir keine Hinweise zum Einfluss des mentalen Visualisierens auf die reine Muskelausdauerkraft. Der SLST weist eine ausgezeichnete Interrater-Reliabilität mit einem ICC von 0.951 auf. Trotzdem müssen wir im Nachhinein einsehen, dass der SLST zwar in der Praxis oft als

Test der posturalen Kontrolle verwendet wird, aber für den Verlauf eines mehrwöchigen Trainings, als Vergleich oder für die Evaluation des Verletzungsrisikos wird er in der Literatur selten verwendet. Auch für das bestimmen des Sturzrisikos wird er nicht benutzt, gängige Assessments sind der *Berg Balance Scale* (Berg et al., 1989) oder der *Tinetti Balance Test* (Tinetti, 1986). Der SLST ist ein sehr simpler Test. Möglicherweise fehlt die Komplexität der Anforderung an die Person, um mit mentaler Visualisierung wirksam zu sein, wie dies Taube et al. (2015) in ihrer Studie ebenfalls zeigten. Wir bilanzieren, dass mentales Visualisieren im Rahmen unserer Studie keinen Einfluss auf die statische posturale Kontrolle aufweist. Unsere Resultate unterstützen die Ergebnisse von Jahn et al. (Jahn et al., 2004) welcher die Gehirnaktivität während des mentalen Visualisieren untersuchte. Er fand heraus, dass die Gehirnaktivität bei Stehvorstellung geringer ausfällt als bei dynamischen Aktivitäten.

Weitere Vergleiche mit der Literatur sind zurzeit nicht möglich, denn es fehlen ähnliche Studien. Unsere Pilotstudie unterscheidet sich hauptsächlich durch das einmalige mentale Visualisieren. Die Einflüsse des mentalen Visualisierens wurden in verschiedenen Bereichen bewiesen, doch es fehlen trotzdem Werte um eine klinische Relevanz zu definieren.

#### **4.1.3 Einflüsse auf die posturale Kontrolle**

Posturale Kontrolle kann unter verschiedenen Einflüssen leiden. Zum Beispiel zeigt eine Studie, dass Schlafmangel eine Erhöhung der Oszillationen provoziert und daraus eine schlechtere posturale Kontrolle resultiert (Aguiar & Barela, 2015). Ein weiterer Punkt, der die posturale Kontrolle beeinflusst, ist die Fusshaltung zwischen Supination-, Pronation- und Neutralstellung. Studien zeigen, dass eine Pronationsstellung der anterioren Richtung des SEBT zu eine grosse Reichweite verhilft. Im Gegenzug, dass eine Supinationsstellung die postero-laterale Richtung vereinfacht (Cote, Brunet II, Gansneder, & Shultz, 2005). Gribble et al. (2003) ermittelte jedoch andere Resultate und behauptet, dass die Fussstellung keinen Einfluss nimmt. Auf statisches Stehen und den SLST hat die Fussstruktur ebenfalls keinen Einfluss (Cote et al., 2005 ; Karthikeyan, Jayraj, & Narayanan, 2015 ; Tsai, Yu, Mercer, & Gross, 2006). Die Tageszeit könnte ebenfalls die Ergebnisse beeinflussen, am Vormittag hat man eine bessere statische und dynamische posturale Kontrolle als am Nachmittag. Um neun Uhr morgens ist die Leistung deutlich stärker als um ein Uhr nachmittags (Kwon, Choi, Nam, & Lee, 2014). Es wurde sogar gezeigt, dass

das sensomotorische System des Kiefers einen Einfluss auf die Stabilität hätte (Alghadir, Zafar, Whitney, & Iqbal, 2015). Auch sportliche Aktivität beeinflusst, denn Sportler entwickeln neuromuskuläre Strategien für die posturale Kontrolle (Cug, Wikstrom, Gols-haei, & Kirazci, 2016). Bei einem Prätest mit kurz darauf gefolgttem Posttest schätzen wir diese Faktoren als nicht relevant ein. Dies bezüglich existieren keine Studien, welche diesen Fakt bestätigen oder verneinen.

## **4.2 Limitierungen**

### **4.2.1 Probanden**

Die Rekrutierung erwies sich als schwierig. Niemand hat direkt auf unsere Anzeigen reagiert und sich angemeldet. Wir mussten persönlich auf Bekannte aus unserem Umfeld zugehen, um die Anzahl Probanden zusammenzubringen. Für eine zukünftige Hauptstudie müsste systematischer vorgegangen werden. Zum Beispiel direkt Hochschulen, Firmen und Vereine anschreiben und dies in verschiedenen Regionen. Dazu eine attraktive Anzeige gestalten und die Studiendurchführung an verschiedenen Standorten anbieten. Zudem war der Altersdurchschnitt der Probanden mit 24 Jahren eher jung.

### **4.2.2 Bias Risiko**

Aus Organisationsgründen haben beide Studienleiterinnen das mentale Visualisieren mit den Probanden der Interventionsgruppe durchgeführt. Die Anweisungen waren jedoch identisch. Natürlich unterschieden sich unsere Stimmen, der Akzent und das Auftreten. Optimal hätte für alle Probanden dieselbe Person das mentale Visualisieren instruiert, ob dies jedoch tatsächlich einen Einfluss hat, wurde bisher nicht untersucht.

Wir haben die Vorstellungsfähigkeit, das mentale Visualisieren, der Probanden nicht evaluiert und somit nicht in die Studie integriert. Bei der Studiendurchführung ist uns aufgefallen, dass das Verhalten der Probanden während der mentalen Visualisierung sehr unterschiedlich war. Einige waren sehr unruhig und kratzten sich zum Beispiel mehrmals die Nase. Wir haben durch das fehlende Messen keinen Zusammenhang feststellen können zwischen der Vorstellungsfähigkeit, dem Eingehen auf die Intervention und dem Einfluss auf die Testergebnisse der posturalen Kontrolle.



Die verschiedenen Einflüsse auf die posturale Kontrolle haben wir als niedrig eingestuft, denn für uns war der Unterschied zwischen dem Prä- und Posttest relevant und nicht die Grösse des Wertes. Unsere Resultate zeigen eine Tendenz, dass mentales Visualisieren Einfluss auf grössere Anforderungen nimmt. Daraus könnte man schliessen, dass die Probanden welche schlechte Werte erzielten im Prätest, ein grösseres Potential für eine Verbesserung böten durch das mentale Visualisieren. Somit hätten die erreichten Werte der Probanden doch einen Einfluss.

#### 4.2.3 Verbesserungsvorschläge

Studien belegen die grösste Effizienz bei der Kombination des mentalen Visualisierens mit physischem Training. In den zwei Studien von Taube et al. (2014, 2015) zeigen die Forscher, dass aber auch reines mentales Visualisieren Einflüsse auf die posturale Kontrolle hat. Die besten Resultate wurden jedoch bei der Kombination von mentalem Visualisieren mit *Action Observation* realisiert. Ziel unserer Studie war der direkte Einfluss zu messen und wir haben absichtlich keine Trainingseinheiten über längere Zeit geplant. Jedoch als Optimierung und Effektvergrösserung schlagen wir für die zukünftige Hauptstudie vor, das mentale Visualisieren mit *Action Observation* zu kombinieren. Das heisst während der Intervention zusätzlich ein Video des SEBT und des SLST zu zeigen, wobei die Probanden sich gleichzeitig mental vorstellen, sie seien diese Person und ahmen die Bewegungen mental nach.

Wir haben kein bereits getestetes Protokoll in der Literatur für das mentale Visualisieren ausfindig machen können. Für unser Protokoll sind wir den Richtlinien des PETTTLEP-Modells gefolgt (Holmes & Collins, 2001). Wir haben es anhand unseres aktuellen Wissens erstellt, doch ohne es direkt mit bereits vorhanden Protokollen vergleichen zu können. Wir raten das Protokoll von Experten zu überprüfen um eine grössere Qualität zu garantieren. Zukünftig für ein standardisiertes Vorgehen würden wir die Einheit des mentalen Visualisierens mittels eines im Voraus aufgenommenen Tonbandes realisieren. Zusätzlich für die Kontrollgruppe könnte man anstatt der Pause zwischen dem Prä- und Posttest eine progressive Muskelrelaxation nach Jacobson realisieren (Jacobson, 1990).

In der zehnminütigen Einleitung für die Probanden vor der ersten Testphase, haben wir bezüglich des SEBT und des SLST eine kurze Demonstration realisiert. Um den Vorgang

zu standardisieren wäre zur Instruktion des SEBT und des SLST jeweils ein Video angebracht.

Ein wichtiger Punkt zur Verbesserung ist das Messen des mentalen Visualisierens. Mentales Visualisieren ist zwar schwierig messbar (Malouin et al., 2010), trotzdem existieren eine Reihe von Tests, welche die Kapazität der mentalen Vorstellung messen können. Es gibt chronometrische Tests und subjektive Fragebögen. Mittels eines Fragebogens nach der Intervention, könnte man relativ einfach die Visualisierungsfähigkeit testen und somit wichtige Informationen für die Auswertung der Resultate gewinnen. Dafür schlagen wir den Fragebogen *Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire* (Malouin et al., 2007) vor.

### **4.3 Stärken**

Unsere Studie verwendete funktionelle Tests der posturalen Kontrolle um die Verbesserung der posturalen Kontrolle bei jungen, gesunden Personen zu testen. Beide Tests haben einen hohen Interrater-Reliabilitätswert. Viele Studien über mentales Visualisieren und posturale Kontrolle wurden mittels Kraftplattformen getestet und mit Sportlern oder Personen mit einer Krankheit durchgeführt (Hamel & Lajoie, 2005 ; Rodrigues et al., 2010 ; Taube et al., 2014 ; Wulf, 2008). Diese Studien liefern klinische Informationen, sind jedoch weniger funktionell. Unsere Studie wurde doppel-blind realisiert, was in der Physiotherapie oft schwierig oder nicht machbar ist. Ebenfalls weist sie mit nur einem Drop-out eine sehr geringe Drop-out-Rate auf.

### **4.4 Einsatzbereich in der Physiotherapie**

Der SEBT und der SLST sind problemlos ohne viel Material und Zeitaufwand in der Praxis eines Physiotherapeuten anwendbar. Es sind zwei funktionelle Tests, welche bereits in der Physiotherapie eingesetzt werden. Die Auswertung der beiden Tests ist simpel und einfach verständlich für den Patienten. Der Patient kann selbst den Fortschritt oder die Veränderung seiner Leistung wahrnehmen.

Mentales Visualisieren hat seinen Einsatzbereich in der Physiotherapie, wie in der Einleitung genauer erläutert, bereits gefunden. Mentales Visualisieren bringt viele Vorteile mit sich. Dank geringer Kosten, kleinem Platzaufwand, geringen Risiken und keiner körperlichen Müdigkeit ist es ein ideales Werkzeug für die Physiotherapie. Ein Werkzeug, welches eine Alternative zu den herkömmlichen Behandlungstechniken bietet und als Heimprogramm trainiert werden kann. Zurzeit fehlen aber konkrete und bestätigte Protokolle für die Realisierung des mentalen Visualisierens. Mit einer weiterführenden Hauptstudie mit den vorgeschlagenen Verbesserungen könnte bei Erfolg ein fertiges Protokoll für den Anwendungsbereich posturale Kontrolle angeboten werden.

#### **4.5 Weiterführende Forschung**

Wie bereits erwähnt, fehlen konkrete in Studien untersuchte Protokolle für das mentale Visualisieren. Zurzeit existieren lediglich Richtlinien.

Es gibt Studien, welche die Anzahl Einheiten pro Woche und die Dauer des mentalen Visualisierens untersucht haben, doch für die Etablierung dieser Standards braucht es weitere aktuelle Studien für die Bestätigung dieser Angaben.

Was vereinfacht das mentale Visualisieren? Benötigt man eine minimale Vorstellungskapazität? Gibt es bevorzugte Sportarten oder Aktivitäten, wo mentales Visualisieren größere Effekte zeigt?

Wir untersuchten den quantitativen Einfluss der mentalen Visualisierung auf die posturale Kontrolle. Den qualitativen Aspekt haben wir im Rahmen unserer Studie nicht gemessen, wäre jedoch eine interessante Frage. Haben sich die Probanden zwar nicht quantitativ, dafür qualitativ verbessert?

Nach einer zukünftigen Hauptstudie, basierend auf der aktuellen Machbarkeitsstudie, könnte das mentale Visualisieren mit *Action Observation* zusätzlich mit körperlichem Training kombiniert und deren Wirksamkeit untersucht werden. Ebenfalls wie sieht der Langzeiteffekt von mentalem Visualisieren aus?

## 5. Schlussfolgerung

Diese Studie hat die Machbarkeitskriterien erfüllt und ist die Basis für den nächsten Schritt. Eine zukünftige Hauptstudie kann den Zusammenhang zwischen mentalem Visualisieren und der posturalen Kontrolle herstellen und untersuchen.

Das mentale Visualisieren wird in der Physiotherapie selten benutzt, könnte aber für die Behandlungen ein wichtiges Werkzeug sein. Dank seinen zahlreichen Vorteilen, wie den geringen Kosten, dem leichten Zugang, den kleinen Risiken, keiner Muskelmüdigkeit und der Tatsache, dass es überall realisierbar ist, könnte es eine gute alternative Behandlungstechnik sein. Posturale Kontrolle ist ein wesentlicher Bestandteil unserer Physiotherapiepraxis, so würde diese interessante Technik die Therapien abwechslungsreich gestalten.

Weitere Studien sollten zum Thema mentales Visualisieren speziell im Zusammenhang mit der posturalen Kontrolle realisiert werden, denn seine Evidenz ist in einigen Bereichen bereits vorhanden. Erste Studien zeigen den Einfluss auf die reaktive posturale Kontrolle und auf die Oberkörperschwankungen. Doch fehlt es an konkreten Protokollen und an weiteren Studien um diesen zu bestätigen.

Mit unserer Pilotstudie haben wir einen ersten Schritt gemacht. Die Literatur steht noch am Anfang und es bedarf an weiterer Forschung. Das Potential von mentalem Visualisieren ist riesig und spiegelt gewissermassen das unerschöpfliche Potential des menschlichen Gehirns und Körpers wieder.

## 6. Referenzen

- Aguiar, S. A., & Barela, J. A. (2015). Adaptation of sensorimotor coupling in postural control is impaired by sleep deprivation. *PLoS one*, 10(3), e0122340.
- Alghadir, A., Zafar, H., Whitney, S., & Iqbal, Z. (2015). Effect of chewing on postural stability during quiet standing in healthy young males. *Somatosensory & motor research*, 32(2), 72-76.
- Aymeric Guillot, & Christian Collet. (2010). *The neurophysiological foundations of mental and motor imagery*. (S.I.) : Oxford University Press.
- Bell, F. (1998). *Principles of mechanics and biomechanics*. (S.I.) : Nelson Thornes.
- Berg, K., Wood-Dauphine, S., Williams, J., & Gayton, D. (1989). Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*, 41(6), 304-311.
- Bouillon, L. E., & Baker, J. L. (2011). Dynamic balance differences as measured by the star excursion balance test between adult-aged and middle-aged women. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 3(5), 466-469.
- Braun, S., Kleynen, M., van Heel, T., Kruithof, N., Wade, D., & Beurskens, A. (2013). The effects of mental practice in neurological rehabilitation; a systematic review and meta-analysis. *Front Hum Neurosci*, 7, 390.
- Butler, R. J., Lehr, M. E., Fink, M. L., Kiesel, K. B., & Plisky, P. J. (2013). Dynamic balance performance and noncontact lower extremity injury in college football players: an initial study. *Sports health*, 5(5), 417-422.
- Chan, B. L., Witt, R., Charrow, A. P., Magee, A., Howard, R., Pasquina, P. F., ... Tsao, J. W. (2007). Mirror therapy for phantom limb pain. *New England Journal of Medicine*, 357(21), 2206-2207.
- Cote, K. P., Brunet II, M. E., Gansneder, B. M., & Shultz, S. J. (2005). Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *Journal of athletic training*, 40(1), 41.
- Cug, M., Wikstrom, E. A., Golshaei, B., & Kirazci, S. (2016). The Effects of Sex, Limb Dominance, and Soccer Participation on Knee Proprioception and Dynamic Postural Control. *Journal of sport rehabilitation*, 25(1), 31-39.
- Dickstein, R., & Deutsch, J. E. (2007). Motor imagery in physical therapist practice. *Physical therapy*, 87(7), 942-953.
- Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional reach: a new clinical measure of balance. *Journal of gerontology*, 45(6), M192-M197.
- Duperrex, S., & Schläppy, G. (2014). Les thérapies d'imagerie motrice et de marche virtuelle dans le traitement des douleurs neuropathiques chez les personnes lésées médullaires.
- Emery, C. A., Cassidy, J. D., Klassen, T. P., Rosychuk, R. J., & Rowe, B. H. (2005). Effectiveness of a home-based balance-training program in reducing sports-related injuries among healthy adolescents: a cluster randomized controlled trial. *Canadian Medical Association Journal*, 172(6), 749-754.
- Feltz, D. L., & Landers, D. M. (1983). The effects of mental practice on motor skill learning and performance: A meta-analysis. *Journal of sport psychology*, 5(1), 25-57.
- Ferraye, M. U., Debû, B., Heil, L., Carpenter, M., Bloem, B. R., & Toni, I. (2014). Using motor imagery to study the neural substrates of dynamic balance. *PLoS one*, 9(3), e91183.
- Filipa, A., Byrnes, R., Paterno, M. V., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2010). Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 40(9), 551-558.
- Gabbard, C. (2015). The Potential of Motor Imagery Training in Fall Prevention Among the Elderly, 23-40.

- Grangeon, M., Guillot, A., & Collet, C. (2011). Postural control during visual and kinesthetic motor imagery. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 36(1), 47-56.  
<https://doi.org/10.1007/s10484-011-9145-2>
- 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.
- 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.
- Hall, J. C. (2002). Imagery practice and the development of surgical skills. *The American journal of surgery*, 184(5), 465-470.
- Hamel, M., & Lajoie, Y. (2005). Mental Imagery. Effects on static balance and attentional demands of the elderly. *Aging clinical and experimental research*, 17(3), 223-228.
- Heimsoeth, A. (2015). Visualisierung: Die Kraft der inneren Bilder. Dans *Chefsache Kopf* (pp. 111-125). (S.l.) : Springer.
- Herr, R. D., Zun, L., & Mathews, J. J. (1989). A directed approach to the dizzy patient. *Annals of emergency medicine*, 18(6), 664-672.
- Holmes, P. S., & Collins, D. J. (2001). The PETTLEP approach to motor imagery: A functional equivalence model for sport psychologists. *Journal of Applied Sport Psychology*, 13(1), 60-83.
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and ageing*, 35(suppl 2), ii7-ii11.
- Horak, F. B., Henry, S. M., & Shumway-Cook, A. (1997). Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders. *Physical therapy*, 77(5), 517.
- Horlings, C. G., Van Engelen, B. G., Allum, J. H., & Bloem, B. R. (2008). A weak balance: the contribution of muscle weakness to postural instability and falls. *Nature Clinical Practice Neurology*, 4(9), 504-515.
- Hosseini, S. A., Fallahpour, M., Sayadi, M., Gharib, M., & Haghighi, H. (2012). The impact of mental practice on stroke patients' postural balance. *Journal of the neurological sciences*, 322(1), 263-267.
- Hwang, S., Jeon, H.-S., Yi, C., Kwon, O., Cho, S., & You, S. (2010). Locomotor imagery training improves gait performance in people with chronic hemiparetic stroke: a controlled clinical trial. *Clinical rehabilitation*, 24(6), 514-522.
- Jacobs, J. V., Horak, F. B., Van Tran, K., & Nutt, J. G. (2006). An alternative clinical postural stability test for patients with Parkinson's disease. *Journal of neurology*, 253(11), 1404-1413.
- Jacobson, E. (1990). Entspannung als Therapie. *Progressive Relaxation in Theorie und Praxis*. München: Pfeiffer.
- Jahn, K., Deutschländer, A., Stephan, T., Strupp, M., Wiesmann, M., & Brandt, T. (2004). Brain activation patterns during imagined stance and locomotion in functional magnetic resonance imaging. *Neuroimage*, 22(4), 1722-1731.
- Jams, T., & Ratzon, N. Z. (2000). Can you imagine? The effect of mental practice on the acquisition and retention of a motor skill as a function of age. *OTJR: Occupation, Participation and Health*, 20(3), 163-178.
- Johansson, A.-C., & Karlsson, H. (2016). The Star Excursion Balance Test: Criterion and divergent validity on patients with femoral acetabular impingement. *Manual Therapy*, 26, 104-109.
- Karthikeyan, G., Jayraj, S. J., & Narayanan, V. (2015). EFFECT OF FOREFOOT TYPE ON POSTURAL STABILITY—A CROSS SECTIONAL COMPARATIVE STUDY. *International journal of sports physical therapy*, 10(2), 213.
- Kosslyn, S. M. (1987). Seeing and imagining in the cerebral hemispheres: A computational approach. *Psychological review*, 94(2), 148.

- Kwon, Y. H., Choi, Y. W., Nam, S. H., & Lee, M. H. (2014). The influence of time of day on static and dynamic postural control in normal adults. *Journal of physical therapy science*, 26(3), 409-412.
- Leon, A. C., Davis, L. L., & Kraemer, H. C. (2011). The role and interpretation of pilot studies in clinical research. *Journal of psychiatric research*, 45(5), 626-629.
- Leonard, J. A., Brown, R. H., & Stapley, P. J. (2009). Reaching to multiple targets when standing: the spatial organization of feedforward postural adjustments. *Journal of neurophysiology*, 101(4), 2120-2133.
- Lopez, E., Calmels, C., Naman, V., & Holmes, P. S. (2004). Le modele du PETTLEP ou comment optimiser l'efficacite de l'imagerie mentale.
- Mahboobin, A., Loughlin, P. J., Redfern, M. S., Anderson, S. O., Atkeson, C. G., & Hodgins, J. K. (2008). Sensory adaptation in human balance control: lessons for biomimetic robotic bipeds. *Neural Networks*, 21(4), 621-627.
- Maki, B. E., & McIlroy, W. E. (2006). Control of rapid limb movements for balance recovery: age-related changes and implications for fall prevention. *Age and ageing*, 35(suppl 2), ii12-ii18.
- Malouin, F., Richards, C. L., Jackson, P. L., Doyon, J., Guillot, A., & Collet, C. (2010). Motor imagery for optimizing the reacquisition of locomotor skills after cerebral damage. *The neurophysiological foundations of mental and motor imagery*, 161-176.
- Malouin, F., Richards, C. L., Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Durand, A., & Doyon, J. (2007). The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) for assessing motor imagery in persons with physical disabilities: a reliability and construct validity study. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 31(1), 20-29.
- Marks, D. F. (1973). Visual imagery differences in the recall of pictures. *British journal of Psychology*, 64(1), 17-24.
- Marx, E., Stephan, T., Nolte, A., Deutschländer, A., Seelos, K. C., Dieterich, M., & Brandt, T. (2003). Eye closure in darkness animates sensory systems. *Neuroimage*, 19(3), 924-934.
- Moseley, G. L. (2012). *The graded motor imagery handbook*. (S.l.) : Noigroup publications.
- Muehlbauer, T., Besemer, C., Wehrle, A., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2012). Relationship between strength, power and balance performance in seniors. *Gerontology*, 58(6), 504-512.
- Natacha Savioz, & Cécile Wälti. (2017, juin). Einfluss von mentaler Visualisierung auf die posturale Kontrolle - die Machbarkeit einer randomisierten Pilotstudie.
- Ness, B. M., Taylor, A. L., Haberl, M. D., Reuteman, P. F., & Borgert, A. J. (2015). Clinical observation and analysis of movement quality during performance on the star excursion balance test. *International journal of sports physical therapy*, 10(2), 168.
- Olsson, C.-J., Jonsson, B., & Nyberg, L. (2008). Learning by doing and learning by thinking: an fMRI study of combining motor and mental training. *Frontiers in human neuroscience*, 2, 5.
- Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 4(2), 92.
- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 911-919.
- Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J., & Paul, J. P. (2000). What is balance? *Clinical rehabilitation*, 14(4), 402-406.
- Rodrigues, E. C., Lemos, T., Gouvea, B., Volchan, E., Imbiriba, L. A., & Vargas, C. D. (2010). Kinesthetic motor imagery modulates body sway. *Neuroscience*, 169(2), 743-750. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2010.04.081>
- Rulleau, T., & Toussaint, L. (2014). L'imagerie motrice en rééducation. *Kinésithérapie, la Revue*, 14(148), 51-54.

- Schuster, C., Hilfiker, R., Amft, O., Scheidhauer, A., Andrews, B., Butler, J., ... Ettlin, T. (2011). Best practice for motor imagery: a systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. *BMC medicine*, 9(1), 1.
- Sheehan, P. W. (1967). A shortened form of Betts' questionnaire upon mental imagery. *Journal of clinical psychology*, 23(3), 386-389.
- Shumway-Cook, A., & Horak, F. B. (1986). Assessing the influence of sensory interaction of balance. Suggestion from the field. *Physical Therapy*, 66(10), 1548.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2007). *Motor control: translating research into clinical practice*. (S.l.) : Lippincott Williams & Wilkins.
- Smith, D., Wright, C., Allsopp, A., & Westhead, H. (2007). It's all in the mind: PETTLEP-based imagery and sports performance. *Journal of Applied Sport Psychology*, 19(1), 80-92.
- Springer, B. A., Marin, R., Cyhan, T., Roberts, H., & Gill, N. W. (2007). Normative values for the unipedal stance test with eyes open and closed. *Journal of geriatric physical therapy*, 30(1), 8-15.
- Taube, W., Gruber, M., & Gollhofer, A. (2008). Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta Physiologica*, 193(2), 101-116.
- Taube, W., Lorch, M., Zeiter, S., & Keller, M. (2014). Non-physical practice improves task performance in an unstable, perturbed environment: motor imagery and observational balance training. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 972.
- Taube, W., Mouthon, M., Leukel, C., Hoogewoud, H.-M., Annoni, J.-M., & Keller, M. (2015). Brain activity during observation and motor imagery of different balance tasks: An fMRI study. *cortex*, 64, 102-114.
- Thabane, L., Ma, J., Chu, R., Cheng, J., Ismaila, A., Rios, L. P., ... Goldsmith, C. H. (2010). A tutorial on pilot studies: the what, why and how. *BMC medical research methodology*, 10(1), 1.
- Tinetti, M. E. (1986). Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, 34(2), 119-126.
- Tlatlik, V. (2014). Training der Gleichgewichtsfähigkeit und Effekte auf die Propriozeption.
- Tsai, L.-C., Yu, B., Mercer, V. S., & Gross, M. T. (2006). Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 942-953.
- Voisin, J. I., Mercier, C., Jackson, P. L., Richards, C. L., & Malouin, F. (2011). Is somatosensory excitability more affected by the perspective or modality content of motor imagery? *Neuroscience letters*, 493(1), 33-37.
- White, A., & Hardy, L. (1995). Use of different imagery perspectives on the learning and performance of different motor skills. *British Journal of Psychology*, 86(2), 169-180.
- Winter, D. A., Patla, A. E., & Frank, J. S. (1990). Assessment of balance control in humans. *Med Prog Technol*, 16(1-2), 31-51.
- Wright, C., Hogard, E., Ellis, R., Smith, D., & Kelly, C. (2008). Effect of PETTLEP imagery training on performance of nursing skills: Pilot study. *Journal of advanced nursing*, 63(3), 259-265.
- Wulf, G. (2008). Attentional focus effects in balance acrobats. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(3), 319-325.



## **7. Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Daten der Probanden.....	21
Tabelle 2: Zeitplanung .....	23
Tabelle 3: Kostenaufwand der Pilotstudie .....	24
Tabelle 4: Resultate SEBT und SLST.....	26

## **8. Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Das PETTLEP-Modell .....	3
Abbildung 2: Markierung für den Star Excursion Balance Test .....	15
Abbildung 3: Star Excursion Balance Test.....	15
Abbildung 4: Single Limb Stance Test .....	16
Abbildung 5: Ablauf der Studie .....	17
Abbildung 6: Antworten Fragebogen.....	22
Abbildung 7: Einverständene Investitionszeit .....	22
Abbildung 8: Boxplots des Single Limb Stance Test.....	25

## 9. Annex

### *[I] Instruktionen und Protokoll für den Single Limb Stance Test*

## Test sur une jambe (Single Limb Stance Test)

### **Consigne:**

- Tenir sur une jambe le plus longtemps possible les yeux fermés

### **Exécution:**

- Le test se fait pieds nus
- Le participant croise les bras sur la poitrine
- Le participant a 3 essais par jambe (si inférieur à 2 minutes)
- Le participant effectue d'abord tous les essais sur une jambe puis tous les essais sur l'autre jambe
- Le participant a 10 secondes de pause entre les essais et 30 secondes entre les deux jambes
- Le meilleur résultat sera pris en compte

### **Départ:**

- Le chronomètre est enclenché lorsque la personne décolle le pied du sol

### **Fin du test:**

Le chronomètre est arrêté si le participant:

- utilise ses bras, décroise les bras.
- ne soulève pas la jambe plus de 5 cm au-dessus du sol.
- utilise le pied levé (touche la jambe en appui avec le pied levé, ou éloigne le pied de la jambe d'appui). Les jambes doivent rester parallèles.
- bouge le pied d'appui pour garder l'équilibre (rotation ou lever le talon/ pointe de pieds).
- ouvre les yeux pendant l'essai.
- tient plus de deux minutes.

### [III] Instruktionen und Protokoll für den Star Excursion Balance Test

## Star Excursion Balance Test (SEBT)

### **Consigne:**

Atteindre le point le plus loin possible sur la ligne avec la jambe non en appui en effectuant un squat unipodal. Le participant commence le test trois fois de suite dans la même direction (derrière du côté de la jambe non en appui, croisé derrière la jambe en appui ou devant), la jambe en appui et la direction sont définies d'une manière randomisée.

### **But:**

Avoir une base de sustentation stable et atteindre une longueur maximale pour chacune des lignes.

### **Exécution:**

- Pieds nus
- Mains sur les hanches pendant les essais
- Le sujet a le droit de s'exercer 4 fois avant la mesure

### **Déroulement:**

- Touche légère de la pointe de pied
  - Pas de transfert de poids sur la jambe motrice ni de repos (mouvement fluide)
  - Retour de la jambe au centre de l'étoile, pause sur les deux jambes
  - Pause de 5 secondes entre chaque essai
  - Pause de 20 secondes entre les directions
  - Le participant effectue les trois essais postéro-latéraux, postéro-médiaux puis pour finir antérieurs dans un ordre randomisé
  - Mouvements du tronc sous contrôle permis
- Si le sujet doit:
- marquer un arrêt lors de la touche au sol
  - avoir un contact avec le sol pour garder son équilibre

- bouger ou soulever une partie du pied de la jambe d'appui  
(Mouvements minimes permis)

l'essai n'est pas jugé complet.

**Organisation:**

- 3 lignes au sol (antérieur, postéro-médial et postéro-latéral), graduées en centimètre
- Marque de pied au sol pour aligner le pied (talon sur le croisement)
- Mesure de la longueur de jambe en décubitus dorsal (SIAS- malléole médiale), pour la normalisation (résultat divisé par la longueur de jambe x100)
- Cm avec une décimale normalisé avec la longueur de jambe



SEBT avec jambe d'appui droite: 1. direction antérieure. 2. direction postéro-médiale. 3. direction postéro-latérale

### *[III] Protokoll für das mentale Visualisieren*

#### **Protocole imagerie mentale**

- Le participant est dans une salle avec une des investigatrices
- Le participant reste debout
- Le patient ferme les yeux pour une meilleure représentation
- L'environnement est calme pour faciliter la concentration requise pour un exercice d'équilibre et de plus la salle est semblable à celle de test.

Préparation mentale de base:

- « Fermez-les yeux, Respirez profondément. L'expiration est plus longue que l'inspiration. Répétez cela 10x. Vous sentez votre corps se relâcher, vous vous sentez détendu. Vous repensez aux exercices que vous venez de réaliser, tout en étant conscient de vos capacités, vous avez un bon équilibre, vous êtes stable sur votre jambe et tenez très longtemps. Vous êtes capable d'aller toucher la ligne très loin. »

Attendre 30 secondes

Imagerie mentale:

#### **SLST**

- « Imaginez-vous, vous tenir sur la jambe droite, les bras croisés sur la poitrine. Votre corps est calme et ne bouge pas. Vous sentez le sol sous votre pied, ainsi que la contraction de vos muscles. De ce fait votre respiration est calme et régulière. Vous luttez pour garder l'équilibre le plus longtemps possible. »

L'investigateur laisse le participant se représenter l'exercice autant longtemps qu'il a tenu lors du pré-test, à son meilleur essai.

- « Vous êtes déséquilibré, vous reposez le pied par terre et vous vous reposez quelques secondes »

- « Maintenant, imaginez-vous, vous tenir sur la jambe gauche, les bras croisés sur la poitrine. Votre corps est calme et ne bouge pas. Vous sentez le sol sous votre pied, ainsi que la contraction de vos muscles. De ce fait votre respiration est calme et régulière. Vous luttez pour garder l'équilibre le plus longtemps possible. » attendre le temps que la personne a tenu.

## **SEBT**

- « Imaginez-vous, vous tenir sur la jambe droite, les mains sur les hanches. Votre corps est calme et ne bouge pas. Votre tronc ainsi que votre jambe sont sur une ligne. Vous sentez le sol sous votre pied, ainsi que la contraction de vos muscles. De ce fait, votre respiration est calme et régulière. Vous visualisez le Y sur le sol. Vous pliez le genou et tendez la jambe gauche le plus loin possible, cette fois, sur le trait devant vous. Vous ramenez la jambe. Et tendez la jambe gauche à nouveau le plus loin possible sur le trait devant vous. Vous ramenez la jambe gauche et tendez encore une fois la jambe le plus loin possible sur le trait devant vous. »
- « Vous êtes toujours sur votre jambe droite, les mains sur les hanches. Votre corps est calme et ne bouge pas. Votre tronc ainsi que votre jambe sont sur une ligne. Vous sentez le sol sous votre pied, ainsi que la contraction de vos muscles. De ce fait, votre respiration est calme et régulière. Vous visualisez le Y sur le sol. Vous pliez le genou et tendez la jambe gauche le plus loin possible sur le trait derrière vous à gauche. Vous ramenez la jambe. Et tendez la jambe gauche à nouveau le plus loin possible sur le trait derrière vous à gauche. Vous ramenez la jambe et tendez encore une fois la jambe gauche le plus loin possible sur le trait derrière vous à gauche. »

« Toujours en équilibre sur la jambe droite, les mains sur les hanches. Votre corps est calme et ne bouge pas. Votre tronc ainsi que votre jambe sont sur une ligne. Vous sentez le sol sous votre pied, ainsi que la contraction de vos muscles. De ce fait, votre respiration est calme et régulière. Vous visualisez le Y sur le sol. Vous pliez le genou et tendez la jambe gauche le plus loin possible, cette fois, sur le trait derrière vous à droite. Vous ramenez la jambe. Et tendez la jambe gauche à nouveau le plus loin possible sur le trait derrière

vous à droite. Vous ramenez la jambe et tendez encore une fois la jambe gauche le plus loin possible sur le trait derrière vous à droite. »

- « Maintenant, vous êtes en équilibre sur la jambe gauche, les mains sur les hanches. Votre corps est calme et ne bouge pas. Votre tronc ainsi que votre jambe sont sur une ligne. Vous sentez le sol sous votre pied, ainsi que la contraction de vos muscles. De ce fait, votre respiration est calme et régulière. Vous visualisez le Y sur le sol. Vous pliez le genou et tendez la jambe droite le plus loin possible sur le trait devant vous. Vous ramenez la jambe. Et tendez la jambe droite à nouveau le plus loin possible sur le trait devant vous. Vous ramenez la jambe et tendez encore une fois la jambe droite le plus loin possible sur le trait devant vous. »
- « Vous êtes toujours sur votre jambe gauche, les mains sur les hanches. Votre corps est calme et ne bouge pas. Votre tronc ainsi que votre jambe sont sur une ligne. Vous sentez le sol sous votre pied, ainsi que la contraction de vos muscles. De ce fait, votre respiration est calme et régulière. Vous visualisez le Y sur le sol. Vous pliez le genou et tendez la jambe droite le plus loin possible sur le trait derrière vous à droite. Vous ramenez la jambe. Et tendez la jambe droite à nouveau le plus loin possible sur le trait derrière vous à droite. Vous ramenez la jambe et tendez encore une fois la jambe droite le plus loin possible sur le trait derrière vous à droite. »
- « Imaginez-vous, vous tenir sur la jambe gauche, les mains sur les hanches. Votre corps est calme et ne bouge pas. Votre tronc ainsi que votre jambe sont sur une ligne. Vous sentez le sol sous votre pied, ainsi que la contraction de vos muscles. De ce fait, votre respiration est calme et régulière. Vous visualisez le Y sur le sol. Vous pliez le genou et tendez la jambe droite le plus loin possible, cette fois, sur le trait derrière vous à gauche. Vous ramenez la jambe. Et tendez la jambe droite à nouveau le plus loin possible sur le trait derrière vous à gauche. Vous ramenez la jambe et tendez encore une fois la jambe droite le plus loin possible sur le trait derrière vous à gauche. »

#### [IV] Datenaufnahme und Testergebnisse der Probanden

### Étude pilote sur l'équilibre

Date: \_\_\_\_\_

Nr. de participant:	
---------------------	--

Age: \_\_\_\_\_

Sexe: \_\_\_\_\_

Poids (kg): \_\_\_\_\_

Taille (cm): \_\_\_\_\_

Métier : \_\_\_\_\_

Activité sportive:

- Sport: \_\_\_\_\_
- Heures/Semaine: \_\_\_\_\_

#### Critères d'exclusion:

- Opération dans les 6 derniers mois: ☐ non ☐ oui  
Si oui, quoi et quand \_\_\_\_\_
- Douleurs musculaires ou articulaires des extrémités inférieures: ☐ non ☐ oui
- Problèmes de dos chroniques ou aigus: ☐ non ☐ oui
- Déficits neurologiques ayant un effet négatif sur l'équilibre : ☐ non ☐ oui

#### Squat unipodal en se tenant:

- |  |                                 |                                 |
|--|---------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> possible, sans plainte ou limitation de mouvement | <input type="checkbox"/> droite | <input type="checkbox"/> gauche |
| <input type="checkbox"/> possible avec plainte                             | <input type="checkbox"/> droite | <input type="checkbox"/> gauche |
| <input type="checkbox"/> impossible  | <input type="checkbox"/> droite | <input type="checkbox"/> gauche |

Jambe dominante:

Avec quelle jambe tirez-vous une balle? ☐ droite ☐ gauche

Longueur de jambe droite: (SIAS - Malleolus medialis) \_\_\_\_\_cm

Longueur de jambe gauche: (SIAS - Malleolus medialis) \_\_\_\_\_cm



## Pre-test

---

### Star Excursion Balance Test (SEBT)

Essai : 4X chaque direction ☐

	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Jambe droite en appui: Antérieur			
Jambe droite en appui: Postéro-médial (arrière gauche)			
Jambe droite en appui: Postéro-latéral (arrière droite, croisé)			
Jambe gauche en appui: Antérieur			
Jambe gauche en appui: Postéro-médial (arrière droite)			
Jambe gauche en appui: Postéro-latéral (arrière gauche, croisé)			

### Single Limb Stance Test (SLST)

Jambe droite en appui:

- Essai 1 :
- Essai 2 :
- Essai 3 :

Jambe gauche en appui:

- Essai 1 :
- Essai 2 :
- Essai 3 :

## Post-test

---

### Star Excursion Balance Test (SEBT)

	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Jambe droite en appui: Antérieur			
Jambe droite en appui: Postéro-médial (arrière gauche)			
Jambe droite en appui: Postéro-latéral (arrière droite, croisé)			
Jambe gauche en appui: Antérieur			
Jambe gauche en appui: Postéro-médial (arrière droite)			
Jambe gauche en appui: Postéro-latéral (arrière gauche, croisé)			

### Single Limb Stance Test (SLST)

Jambe droite en appui:

- Essai 1 :
- Essai 2 :
- Essai 3 :

Jambe gauche en appui:

- Essai 1 :
- Essai 2 :
- Essai 3 :

## **Etude pilote sur l'équilibre**

### Questionnaire au participant

- Avez-vous trouvé le déroulement de l'étude agréable?  
☐ oui ☐ non
- Est-ce que les instructions étaient suffisamment claires?  
☐ oui ☐ non
- Avez-vous trouvé la planification du temps convenable?  
☐ oui ☐ non
- Participeriez-vous à nouveau à une étude similaire?  
☐ oui ☐ non
- Combien de temps seriez-vous d'accord d'investir dans une étude similaire?  
☐ 30min ☐ 1h ☐ 1h30 ☐ 2h
- Pendant l'imagerie mentale, quel focus avez-vous utilisé?  
☐ interne (ressentir son corps) ☐ externe (se voir faire le mouvement)  
☐ aucun
- Pensez-vous à des pistes d'amélioration pour l'exécution de notre étude?

---

---

---

---

Un tout grand merci pour votre participation et votre patience!

Cécile et Natacha

## [VI] Probandeninformation und Einverständniserklärung

### Etude pilote de faisabilité sur l'équilibre

Cette étude est organisée par : la Haute École de Santé (HES-SO Valais-Wallis)

Madame, Monsieur,

Nous vous proposons de participer à notre projet de recherche. Cette feuille d'information décrit le projet de recherche dans une version courte (résumé).

### Résumé

1	<b>Objectifs de l'étude</b> Par la présente, nous vous proposons de participer à notre étude pilote de faisabilité. Cette étude concerne l'équilibre. Nous effectuons cette étude pour évaluer la méthodologie et la faisabilité temporelle de l'étude en vue d'une étude à grande échelle.
2	<b>Sélection des personnes</b> Vous avez entre 18 et 35, êtes en bonne santé et ne présentez aucun déficit musculo-squelettique, pas de douleurs dans le dos ou les extrémités, ni de déficits neurologiques et n'avez pas été opérés dans les 6 derniers mois. C'est la raison pour laquelle nous vous faisons parvenir cette feuille d'information.
3	<b>Informations générales sur le projet</b> Cette étude vise à tester la faisabilité de l'étude, dans le but d'effectuer une étude à grande échelle. Les vingt participants seront répartis en deux groupes de manière aléatoire. L'étude se fera sur une journée avec une durée par participant d'environ 1h10.
4	<b>Déroulement pour les participants</b> La durée totale de l'étude est de 1h10. Après une courte introduction de 10 minutes, vous serez réparti dans une des deux salles pour effectuer un premier test d'équilibre, après 10 minutes, vous changerez de salle et effectuerez le deuxième test. Après les deux tests, vous aurez une pause de 20 minutes avec une des responsables de l'étude qui vous expliquera certains procédés à effectuer. Ensuite vous effectuerez à nouveau les deux tests dans le même ordre. Finalement, vous serez amené à remplir un court questionnaire sur votre expérience.
5	<b>Bénéfices pour les participants</b> Par cette étude, vous pouvez découvrir si vous le souhaitez la qualité de votre équilibre par rapport à votre groupe d'âge. (Les coordonnées sont à donner à la fin de l'étude pour recevoir les résultats)
6	<b>Droits des participants</b> Vous êtes libre d'accepter ou de refuser de participer à l'étude. Vous n'avez pas à justifier vos décisions.
7	<b>Obligations des participants</b> Si vous décidez de participer à l'étude, vous devrez observer certaines exigences: vous devez accepter d'effectuer les tests en short et à pieds nus. De plus, vous vous engagez à être présent à l'heure donnée par les responsables de l'étude.
8	<b>Risques</b> Les risques encourus par les participants ne sont pas supérieurs à ceux auxquels ils sont exposés dans les activités de la vie quotidienne, car ce sont des personnes jeunes ne souffrant pas de troubles d'équilibre et l'intervention est simple à réaliser.
9	<b>Découvertes</b> Toute découverte survenant durant l'étude et pertinente pour votre santé vous sera communiquée. Si vous ne souhaitez pas obtenir ce type d'information, veuillez-en aviser l'investigateur.

10	<b>Confidentialité des données et des échantillons</b> 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.
11	<b>Retrait de l'étude</b> Vous pouvez à tout moment vous retirer du projet si vous le souhaitez. Les données recueillies jusque-là seront analysées malgré tout.
12	<b>Compensation des participants</b> Si vous participez à cette étude, vous ne recevrez pour cela aucune compensation.
13	<b>Réparation des dommages subis</b> La responsabilité civile du promoteur de l'étude couvre les dommages éventuels dans le cadre de l'étude.
14	<b>Interlocuteur(s)</b> Vous pouvez à tout moment poser toutes vos questions et demander toutes les précisions nécessaires à la personne suivante: Natacha Savioz, étudiante en physiothérapie, 078 974 34 27

## Déclaration de consentement

### Déclaration de consentement écrite pour la participation à un projet de recherche

Veuillez 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.

TITRE DE L'ÉTUDE:	Etude pilote de faisabilité sur l'équilibre
Lieu de réalisation de l'étude:	Vouvry, Rue des Dents-du-Midi 1 Cabinet du Dr. Savioz
<b>Investigateur du projet sur le site:</b> (nom et prénom en caractères d'imprimerie)	Savioz Natacha Wälti Cécile
<b>Participant / participante:</b> (nom et prénom en caractères d'imprimerie)	
Date de naissance:	<input type="checkbox"/> femme <input type="checkbox"/> homme

Je déclare avoir été informé, par l'investigateur responsable de cette étude soussigné, oralement et par écrit, des objectifs et du déroulement de l'étude ainsi que des effets présumés, des avantages, des inconvénients possibles et 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 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 peux, à tout moment et sans avoir à me justifier, révoquer mon consentement à participer à l'étude. Les données qui ont été recueillies jusque-là seront cependant analysées.

Je serai informé des découvertes ayant une incidence directe sur ma santé. Si je ne souhaite pas obtenir ces informations, j'en aviserai l'investigateur.

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.

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

**Attestation de l'investigateur:** Par la présente, j'atteste avoir expliqué au participant / à la participante la nature de l'étude. Je déclare satisfaire à toutes les obligations en relation avec ce projet conformément au droit en vigueur. Si je devais 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, je m'engage à l'en informer immédiatement.

Lieu, date	Savioz Natacha & Wälti Cécile
	Signature des investigateurs