

**Bachelorarbeit**

# **Gleichgewichtstraining bei Patienten mit einer amputierten unteren Extremität**

**Wodurch kann die Körperstabilität bei Patientinnen und  
Patienten mit Amputation einer unteren Extremität  
verbessert werden, um Stürze zu vermeiden?**

---

**Sibylle Walder**

**Haldenstrasse 74**

**8302 Kloten**

**Matrikelnummer: S08256638**

**Departement:**

**Gesundheit**

**Institut:**

**Institut für Physiotherapie**

**Studienjahr:**

**2008**

**Eingereicht am:**

**20.05.2011**

**Betreuende Lehrperson:**

**Frau Sandra Schächtelin**

Die Autorin dieser Bachelorarbeit erklärt hiermit, dass im Sinne der Gleichbehandlung, alle in der Arbeit verwendeten Bezeichnungen, welche auf Personen bezogen sind, beide Geschlechter beinhalten.

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1.</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>GLEICHGEWICHTSTRAINING BEI PATIENTEN MIT EINER AMPUTIERTEN UNTEREN EXTREMITÄT .....</b>	<b>2</b>
2.1	Einführung in das Thema .....	2
2.2	Theoretischer Hintergrund und Begründung der Wahl.....	2
2.3	Fragestellung und Ziel.....	3
<b>3.</b>	<b>HAUPTTEIL .....</b>	<b>4</b>
3.1	Methode .....	4
3.1.1	<i>Literaturrecherche und Keywords</i> .....	4
3.1.2	<i>Beurteilungskriterien</i> .....	5
3.2	Theorieteil .....	6
3.2.1	<i>Begriffsdefinitionen</i> .....	6
3.3	Gründe für eine Amputation .....	7
3.4	Körperstabilität und Gleichgewicht .....	7
3.5	Der Gang .....	10
3.6	Angewandte Tests zur Messung des Gleichgewichts und des Sturzrisikos .....	11
3.6.1	<i>Timed up and go Test</i> .....	11
3.6.2	<i>Functional Reach Test</i> .....	11
3.6.3	<i>Dynamische Posturographie</i> .....	12
3.6.4	<i>Flamingo Balance Test</i> .....	12
3.6.5	<i>Prozentualer Anteil der Gewichtsverlagerung</i> .....	12
<b>4.</b>	<b>AUSWERTUNG DER STUDIEN / RESULTATE DER STUDIEN .....</b>	<b>13</b>
4.1	Studie 1: Dynamic balance training during standing in people with trans-tibial amputation: a pilot study .....	13
4.2	Studie 2: Effect of balance exercise on balance control in unilateral lower limb amputees .....	15
4.3	Studie 3: Comparison of static weight-bearing and static sway in below knee amputees trained by conventional versus visual biofeedback techniques using dynamic posturography .....	16
4.4	Studie 4: Balance training in amputees: Comparison of the outcome of two rehabilitation approaches .....	17
4.5	Studie 5: A comparison of traditional prosthetic training versus proprioceptive neuromuscular facilitation resistive gait training with trans-femoral amputees .....	19
4.6	Studie 6: Balance control enhancement using sub-sensory stimulation and visual auditory feedback strategies for amputee subjects .....	20
<b>5.</b>	<b>DISKUSSION DER BEWERTUNG DER STUDIEN .....</b>	<b>22</b>

<b>6.</b>	<b>DISKUSSION UND BEANTWORTUNG DER FRAGESTELLUNG .....</b>	<b>24</b>
<b>7.</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNG UND THEORIE ↔PRAXIS TRANSFER.....</b>	<b>32</b>
<b>8.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>34</b>
<b>9.</b>	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>37</b>
<b>10.</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>38</b>
<b>11.</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>39</b>
<b>12.</b>	<b>DIAGRAMMVERZEICHNIS .....</b>	<b>40</b>
<b>13.</b>	<b>EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG .....</b>	<b>41</b>
<b>14.</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>42</b>
<b>15.</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>43</b>
<b>16.</b>	<b>WORTZAHL.....</b>	<b>48</b>

## 1. Abstract

---

**Design:** Diese Arbeit ist ein Literaturreview im Rahmen der Bachelorarbeit Physiotherapie.

**Hintergrund:** Es ist bekannt, dass Patienten mit einer amputierten unteren Extremität Schwierigkeiten mit dem Gleichgewicht haben. Aufgrund der verminderten posturalen Kontrolle führt dies nicht selten zu Stürzen.

**Zielsetzung:** Diese Arbeit setzt sich mit der Frage auseinander, wie Patienten mit amputierter unterer Extremität ihr Gleichgewicht verbessern können, um somit mehr Sicherheit zu erhalten und Stürze zu vermeiden.

**Methodik:** In verschiedenen Datenbanken wurden Studien gesucht, in welchen bei Patienten mit einseitig amputierter unterer Extremität eine Intervention zur Verbesserung des Gleichgewichts durchgeführt wurde.

**Resultate:** In den sechs ausgewählten Studien wurden verschiedene Interventionen zur Verbesserung des Gleichgewichtes bei Patienten mit amputierter unterer Extremität angewandt. Oft zeigte das spezifische Gleichgewichtstraining signifikant bessere Resultate als konventionelle Physiotherapie.

**Schlussfolgerung:** Es wurde aufgezeigt, dass das Trainieren des Gleichgewichts mittels auditivem und/oder visuellem Feedback und einem Gerät, welches die Balance sowohl in die medio-laterale als auch in die antero-posteriore Richtung trainiert, verbessert werden kann. Ausserdem zeigt auch die Therapie mit propriozeptiver, neuromuskulärer Fazilitation Erfolge. Diese Aspekte sollten bei der Rehabilitation eines Patienten mit einer Amputation einbezogen werden.

**Keywords:** Gleichgewicht, posturale Kontrolle, Amputation, untere Extremität, Rehabilitation, Stürze

## **2. Gleichgewichtstraining bei Patienten mit einer amputierten unteren Extremität**

---

### **2.1 Einführung in das Thema**

In der Schweiz wurden im Jahr 2009 laut dem Bundesamt für Statistik (2011) 2'261 Körperteile amputiert. Davon wurden 1'890 Amputationen an der unteren Extremität durchgeführt. In Deutschland werden im Vergleich laut Morbach, Müller, Reike, Risse und Spraul (2007) jährlich über 60'000 Amputationen vorgenommen. Weltweit gehen alle 30 Sekunden ein Fuss, eine Zehe oder ein Bein als Konsequenz von Diabetes mellitus verloren (Boulton, Vileikyte, Ragnarson-Tennvall & Apelqvist, 2005). Das sind mehr als eine Million Amputationen pro Jahr, alleine aufgrund von Diabetes. Dazu kommen die Amputationen, welche wegen eines Traumas, eines malignen Tumors oder einer Minderdurchblutung zustande kommen. Somit hat ein hoher Anteil an Menschen mit Problemen nach einer Amputation zu kämpfen.

Durch eine Amputation wird das Leben der Betroffenen schwer beeinträchtigt. Sie haben einen Fuss, einen Unterschenkel oder gar das ganze Bein verloren. Dies hat natürlich grosse Auswirkungen auf die Verteilung der Körpermasse und somit auch auf das Gleichgewicht der Betroffenen. Zur Hilfe und Kompensation werden den Patienten Prothesen angefertigt. Einerseits, um eine bessere Stabilität zu erzielen, andererseits aber auch, um eine gewisse Ästhetik zu gewährleisten.

### **2.2 Theoretischer Hintergrund und Begründung der Wahl**

Wie bereits erwähnt, hat eine Amputation der unteren Extremität massive Auswirkungen auf das Gleichgewicht der Betroffenen. Daraus resultieren, vor allem in der frühen Phase der Rehabilitation, häufig Stürze. Solche Stürze können zu schwerwiegenden Verletzungen, beträchtlichen funktionellen Einschränkungen oder sogar zum Tode führen (Miller, Deathe, Speechly & Koval, 2001).

Mehrere Studien weisen auch darauf hin, dass das Sturzrisiko bei Patienten mit einer amputierten unteren Extremität (auE) erhöht ist und ein hoher Prozentsatz der Betroffenen schon Stürze erlebt hat. Daher stellt das Gleichgewicht einen wichtigen Faktor in der Verletzungsprophylaxe dar (Gooday & Hunter, 2004; Kulkarni, Toole, Hirons, Wright & Morris, 1996; Pauley, Devlin & Heslin, 2006; Sivan & Bhakta, 2008). Trotzdem wurden laut Sivan et al. (2008) bisher sehr wenige Studien zu diesem Thema durchgeführt.

Miller et al. (2001) schreiben in ihrer Studie, dass über 52% von 435 Patienten mit Amputationen (PmA), welche in einer betreuten Wohngemeinschaft lebten, innerhalb der letzten zwölf Monaten gestürzt waren. Knapp die Hälfte (49%) gab an, Angst vor dem Stürzen zu haben und 65% hatten wenig Vertrauen in ihr Gleichgewicht. Dies wirkte sich natürlich negativ auf das alltägliche Leben und die Selbständigkeit aus.

Ausserdem wird das Thema „Amputationen“ in der Ausbildung zum Physiotherapeuten nur am Rande gestreift. Deshalb sind Physiotherapeuten in den Spitälern teilweise überfordert oder unzureichend vorbereitet im Umgang mit Amputationspatienten. Oft wird in den Anleitungen zur Rehabilitation von PmA einfach „Verbesserung des Gleichgewichts“ angegeben, wobei unklar bleibt, worin diese bestehen soll. Zudem gibt es Literatur zur Rehabilitation von Amputationspatienten, welche die Verbesserung des Gleichgewichtes nicht erwähnt (Uustal, 2009).

Aus einem Fall im engeren Familienkreis mit einer transtibialen Amputation konnte die Autorin die Problematik der körperlichen Unsicherheit und Instabilität selber miterleben. Schon nur eine kleine Störung beim Gehen kann zu Gleichgewichtsverlust führen und schnell in einem Sturz enden.

### **2.3 Fragestellung und Ziel**

Aufgrund der oben genannten Begebenheiten überlegte sich die Autorin, womit die Betroffenen eine bessere Körperstabilität erlangen könnten und stellte sich daher folgende Frage: „Wodurch kann die Körperstabilität bei Patienten mit Amputation einer unteren Extremität verbessert werden, um Stürze zu vermeiden?“

Die Autorin erhofft sich durch die Arbeit eine Einsicht in wirksame Massnahmen, welche die Körperstabilität eines Patienten mit auE verbessern können, um somit das Sturzrisiko zu senken. Ausserdem können die Ergebnisse in der Prophylaxe von Stürzen bei PmA und in die Rehabilitation eines Betroffenen integriert werden.

### 3. Hauptteil

---

Dieses Kapitel wird in drei Teile gegliedert. Im ersten Teil wird die Methodik genauer beschrieben. Darauf folgen ein theoretischer Teil über das Gleichgewicht und Amputationen sowie ein kurzer Überblick über die verwendeten Messungen für das Gleichgewicht in den ausgewählten Studien.

#### 3.1 Methode

##### 3.1.1 Literaturrecherche und Keywords

Diese Arbeit ist ein Literaturreview im Rahmen der Bachelorarbeit Physiotherapie. Um an geeignete Literatur zu kommen, wurden im Zeitraum September 2010 bis Februar 2011 in verschiedenen medizinischen und physiotherapeutischen Datenbanken wie AMED, PubMed bzw. Medline (via ovidSP und via CSA) und PEDro sowie in Fachzeitschriften über die elektronische Zeitschriftenbibliothek nach Literatur gesucht.

Das Ziel bei der Literaturrecherche war, Studien über Behandlungs- oder Rehabilitationsansätze zu finden, welche sich bei Patienten mit einseitiger Amputation der unteren Extremität möglichst positiv auf das Gleichgewicht auswirken. Aufgrund der eher kleinen Datenmenge wurde weder ein Unterschied zwischen transtibialen und transfemorale Amputationen gemacht, noch ob die Amputation wegen einer Durchblutungsstörung, eines Traumas, Tumors oder aus einem anderen Grund erfolgte.

Dabei wurden folgende Keywords verwendet und verschieden miteinander kombiniert:

*balance (training); proprioception (training); gait; equation; equilibration; stability; amput\*; fall\*; rehabilitation*

Die mit Asteriksen (\*) bezeichneten Wörter wurden absichtlich so gesucht, um Wörter wie zum Beispiel "amputees" und "amputation" bzw. "falling" und "falls" zu finden.

Ausgeschlossen wurde Literatur, welche sich ausschliesslich mit der oberen Extremität befasst, Literatur in der nur Patienten mit amputierten Füßen vorkommen oder Literatur, in der Betroffene mit bilateraler Amputation behandelt werden. Ausserdem wurden Texte, welche in Fremdsprachen, ausser Englisch, verfasst worden sind, aus Verständlichkeitsgründen aus der Literaturrecherche ausgeschlossen.



Eingeschlossen in diese Arbeit, wurden nur Studien, welche in den Jahren 2000 bis 2010 veröffentlicht worden sind.

Bei den gefundenen Studien wurde zuerst der Titel und das Abstract gelesen, sofern der Titel Anlass dazu gab. Wurden diese als hilfreich angesehen, so wurde die ganze Studie gelesen und dann über den weiteren Gebrauch entschieden. Einige Studien untersuchten Zusammenhänge gewisser Muskelgruppen in Bezug auf das Gleichgewicht und gaben Empfehlungen bezüglich des Trainings für PmA an, führten in den Studien jedoch keine Intervention durch. Daher wurden nur Studien berücksichtigt, die eine Intervention durchführten, welche die Verbesserung der Balance beabsichtigte.

Da das „Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien“ von Law, Stewart, Pollock, Letts, Bosch und Westmorland (1998) keine Punkte vergibt und somit der Vergleich von Studien schwieriger wird, wurde von der Autorin ein eigenes Bewertungssystem, basierend auf diesem Formular, entwickelt. So konnten die, für die Autorin wichtigen, Aspekte herausgehoben werden. Zusätzlich wurde in verschiedenen Bibliotheken und im Internet nach weiterer Literatur zum Thema gesucht und für das theoretische Wissen verwendet.

### **3.1.2 Beurteilungskriterien**

Als erstes erhielt die Studie jeweils einen Punkt, wenn die Relevanz und das Ziel der Studie angegeben wurden. Fünf Kriterien zur Beschreibung der Stichprobe waren nötig und wurden jeweils mit einem Punkt belohnt, sodass maximal 5 Punkte erreicht werden konnten. Die Beschreibung der Stichprobe bestand aus:

- Anzahl der Probanden
- Alter der Probanden
- Die Amputationshöhe
- Einschlusskriterien/Ausschlusskriterien
- Freiwilligkeit an der Studienteilnahme

Wurde aus der Stichprobe eine Studiengruppe und eine Kontrollgruppe erstellt, so gab dies einen Punkt. Wurden die Probanden randomisiert den Gruppen zugeordnet und waren diese zudem vor der Intervention nicht signifikant unterschiedlich, so wurde hier wiederum ein Punkt vergeben.

Bei der Methodik wurden Punkte vergeben, sobald der Therapeut, die Person, welche die Ergebnisse mass oder die Patienten verblindet waren. Zudem wurde, um den Effekt der Intervention beurteilen zu können, ein Punkt vergeben, wenn die Ergebnisse sowohl vor, als auch nach der Intervention durchgeführt wurden.

Da für die Auswahl der Studien eine Intervention die Voraussetzung war, gab dies keine zusätzlichen Punkte, jedoch musste für die Vergabe eines Punktes die Intervention klar beschrieben worden sein.

Ein weiterer Punkt wurde vergeben, sobald eine statistische Signifikanz erreicht und diese auch erklärt wurde oder aber die Gründe für ein „Nicht-erreichen“ aufgeführt waren. Schlussendlich erhielten die Studien einen letzten Punkt, wenn eine Schlussfolgerung angemessen formuliert wurde. Somit konnten maximal 16 Punkte erzielt werden.

## 3.2 Theorieteil

### 3.2.1 Begriffsdefinitionen

Amputation: Unter Amputation wird das Abtrennen eines Körperteiles verstanden. Dies kann aufgrund eines Traumas, zur Vermeidung der Ausbreitung eines Tumors, einer bakteriellen Infektion oder in Folge einer chronisch arteriellen Durchblutungsstörung nötig sein.

Balance: Wie Pollok, Durward, Rowe und Paul (2000) schreiben, gibt es keine einheitliche Definition der Begriffe „Balance“ und „posturale Kontrolle“, obwohl diese vor allem in Gesundheitsberufen oft verwendet werden.

Auch Gruhn und Gruhn-Pospischil (2009) geben an, dass Balance, Gleichgewicht, Haltungskontrolle und posturale Kontrolle als Synonyme verwendet werden.

Balance wird häufig auch als Gleichgewicht oder Gleichgewichtssinn bezeichnet. Laut Bertram und Laube (2008) entsteht der Gleichgewichtssinn aus dem Zusammenschluss der Informationen des vestibulären Systems, der Propriozeption und des Sehens.

Knuchel und Schädler (2004) definieren das Gleichgewicht wie folgt:  
„Gleichgewicht ist die Fähigkeit, den Körperschwerpunkt über einer

Unterstützungsfläche in einer gegebenen sensorischen Umgebung zu kontrollieren.“ (S.28)

Da die Begriffe Balance, Gleichgewicht, Körperstabilität und posturale Kontrolle in der Literatur oft nicht unterschieden werden, werden diese Begriffe in dieser Arbeit ebenfalls als Synonyme verwendet.

### **3.3 Gründe für eine Amputation**

Die Gründe für eine Amputation sind vielfältig, werden hier jedoch nur kurz erläutert. Als Physiotherapeut ist es wichtig, die Ursache einer Amputation zu kennen, um auf den Allgemeinzustand des Patienten schliessen zu können. Sie gibt auch Hinweise darauf, wie der Patient während der Rehabilitation mitmachen kann und wo seine Grenzen sind.

Am häufigsten sind Gefässerkrankungen die Ursache einer Amputation, wobei dieser Begriff verschiedene Krankheiten beinhaltet. Laut Mensch und Kaphingst (1998) zählen die arterielle Verschlusskrankheit, die chronisch-venöse Insuffizienz und die Thrombangiitis obliterans dazu. Letztere bezeichnet eine chronisch entzündliche Gefässerkrankung, welche die peripheren Arterien und Venen der Hände und Füße betrifft. Es entstehen Durchblutungsstörungen durch Vasokonstriktion und der Bildung von Thromben.

Oftmals findet man bei Patienten mit Gefässerkrankungen Nebendiagnosen wie beispielsweise Diabetes mellitus, hoher Blutdruck, Nikotinabusus oder Übergewicht. Dazu kommt häufig das erhöhte Alter der Patienten.

Weitere Gründe, die zu Amputationen führen, sind Verletzungsfolgen wie Traumata, Verbrennungen oder Erfrierungen. Seltener führen maligne Tumore zur Amputation. Auch Infektionen oder angeborene Missbildungen können zu Amputationen führen (Mensch et al. 1998).

### **3.4 Körperstabilität und Gleichgewicht**

Um nicht zu stürzen und das Gleichgewicht zu halten, muss der Körper ständig Korrekturbewegungen mithilfe der Rumpf- und Beinmuskulatur ausführen. Dafür braucht der Körper Informationen über seine Position und über seine Umwelt (Klinke, 2009). Diese erhält das Zentralnervensystem (ZNS) über die drei wichtigsten Informationsquellen; dem somatosensorischen, dem visuellen und dem vestibulären

System. Das somatosensorische System besteht aus den Propriozeptoren und den Druck- und Tastempfindungen der Füße, während das visuelle System über die Augen ein Feedback an den Körper gibt. Das vestibuläre System befindet sich im Innenohr und gibt Rückmeldungen über Beschleunigung und Richtung der Bewegung (Knuchel et al. 2004).

Somit ist klar, dass aufgrund des Fehlens von Muskeln und Gelenken das somatosensible System bei PmA gestört ist und dieses daher wieder antrainiert oder über die verbliebenen Systeme kompensiert werden muss.

Wie Horak (2006) schreibt, sind die Füße die wichtigsten biomechanischen Stützen der Balance. Sobald Grösse, Kraft, Bewegungsausmass oder Kontrolle der Füße vermindert ist, hat dies Auswirkungen auf die Unterstützungsfläche und somit auf das Gleichgewicht.

Diese Unterstützungsfläche durch die Füße ist bei einem Patienten mit auE aufgrund der Prothese verändert.

Befindet sich der Körperschwerpunkt ausserhalb der Unterstützungsfläche, so kommt es zu einem Sturz.

Um die Körperstabilität zu halten, beschreibt Horak (2006) drei Strategien. Zum einen gibt es die „Sprunggelenksstrategie“. Sie wird während ruhigem Stehen angewendet, um die Balance zu halten, indem die Sprunggelenksmuskulatur angespannt wird. Beim Ausschöpfen der Sprunggelenksstrategie ergibt sich, wie in Abbildung 1 ersichtlich, ein sogenannter „Stabilitätskegel“.



Abbildung 1: *Stabilitätskegel bei der Sprunggelenksstrategie.*

Wakasa, Seki, Fukuda, Sasaki und Izumi (2010) schreiben, dass diese Strategie bei Patienten mit auE nicht immer möglich ist, da die Beinmuskulatur nur einseitig vorhanden ist und auf der amputierten Seite die Prothese oft keine Fussgelenksbewegung zulässt.

Auch Geurts, Mulder, Nienhuis und Rijken (1991) schreiben in ihrer Studie, dass bei einer Amputation durch das oder über dem Fussgelenk die normale Funktion der Wade und anderer Muskeln ausgeschaltet wird, was zum Verlust der „Sprunggelenksstrategie“ führt.

Folglich kompensiert der Körper diesen Verlust mit einer zweiten Strategie, der sogenannten Hüftstrategie, welche auch von Horak (2006) beschrieben wurde. Wie Abbildung 2B verdeutlicht, zeichnet sie sich dadurch aus, dass der Patient die Hüfte flektiert, um den Körperschwerpunkt nach ventral zu bewegen, oder die Hüfte zu extendieren, um den Körperschwerpunkt nach dorsal zu bringen.



Abbildung 2: B. zeigt die Hüftstrategie, C. zeigt den Schritt um den Sturz zu vermeiden.

Der Körper eines beinamputierten Menschen muss in der Lage sein, den Verlust von Muskeln und eine massive, unsymmetrische Massenverteilung auszugleichen und zu kompensieren. Funktionieren diese beiden Kompensationsstrategien nicht, so bleibt nur noch, wie in Abbildung 2C gezeigt, der Schritt übrig, um den Sturz abzufangen. Ist jedoch auch hier die Koordination oder die Kraft der Muskeln vermindert, so kann der Schritt nicht rechtzeitig ausgeführt werden und der Patient stürzt.

Viele Studien zeigen, dass Personen, die Stürze erleiden, das Körpergewicht nicht gleichmässig auf den Beinen verteilt haben und auch mit zunehmendem Alter

grössere Schwankungen des Körpers vorweisen (Cheng, Wu, Liaw, Wong & Tang, 2001; Meldrum & Finn, 1993; Overstall, Exton-Smith, Imms & Johnson, 1977). Auch Erbahçeci, Yiğiter, Şener, Bayar und Ülger (2001) schreiben, dass PmA, aufgrund von Unsicherheit und Angstgefühlen, das Körpergewicht bevorzugt auf dem nicht-amputierten Bein tragen. Diese asymmetrische Gewichtsverteilung ist laut Erbahçeci et al. (2001) der Hauptgrund für Gangabweichungen und Gleichgewichtsschwierigkeiten.

### 3.5 Der Gang

Das Stehen stellt für PmA das Tor zur Eigenständigkeit dar und eine sichere Balance ist das vorrangige Ziel der Patienten (Baumgartner & Botta, 2008). Ist das Stehen ohne Hilfe und mit gutem Gleichgewicht möglich, so kann der Betroffene wieder alltägliche Situationen selber meistern, wie im Stehen die Zähne zu putzen, sich zu rasieren oder den Abwasch zu machen. Dies alles verringert die Abhängigkeit und fördert die Selbständigkeit. Auch das primäre Ziel der Gangschule ist, die Selbständigkeit des Patienten zu fördern.

Amputationen der unteren Extremität führen bei Betroffenen zu Störungen des normalen Gangbildes, welche sich laut Mensch (1998) folgendermassen äussern können:

Die körperliche Leistungsfähigkeit ist reduziert, der Körperschwerpunkt wird verlagert, die Fähigkeit zur propriozeptiven Wahrnehmung ist vermindert und die Bewegungskoordination und das Gleichgewichtsgefühl sind gestört.

Daher unterscheidet sich der Gang eines Patienten mit einer auE, vom Gang eines gesunden Menschen. Jedoch auch bei diesem ist der Gang individuell, obwohl die Bewegungsabläufe weitgehend

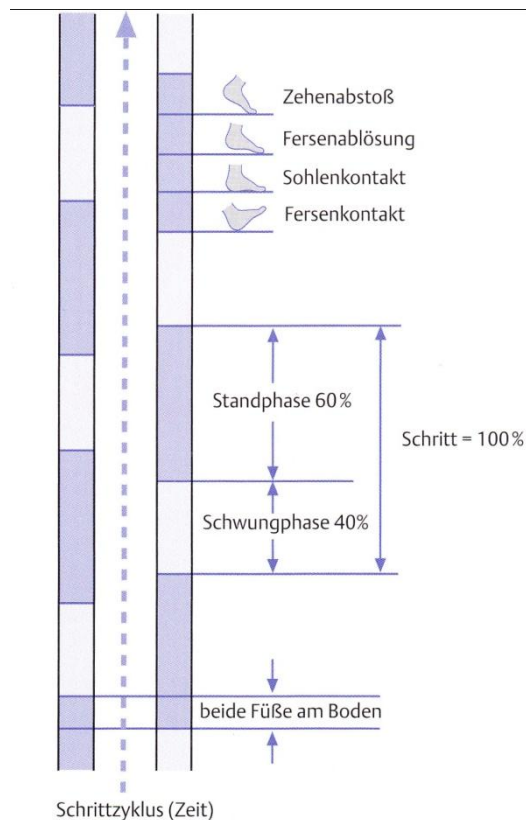


Abbildung 3: Bewegungsablauf des Ganges bei einem gesunden Menschen.

automatisch ablaufen (Baumgartner et al. 2008).

Ein Gangzyklus wird als zwei Einzelschritte beschrieben, das heisst, dass die Standphase durch einen Zweibeinstand eingeleitet wird und auch damit wieder beendet wird. Der Transfer des Körperschwerpunktes geschieht über das Standbein. Wie Abbildung 3 zeigt, besteht der Gang beim gesunden Menschen zu 60% aus der Standbeinphase und zu 40% aus der Schwungbeinphase, wobei man fünf Stand- und drei Schwungphasen unterscheidet.

Der Gang eines Gesunden zeichnet sich dadurch aus, dass er symmetrisch und gleichmässig abläuft. Im Gegensatz dazu verläuft der Gang eines Patienten mit auE oft unrhythmisch und asymmetrisch (Baumgartner & Botta, 2008). Es ist nicht möglich, dies vollständig beseitigen zu können, jedoch ist es die Aufgabe der Physiotherapie, durch neue Bewegungsmuster das Gangbild eines Amputationspatienten dem des Gesunden anzugleichen.

### **3.6 Angewandte Tests zur Messung des Gleichgewichts und des Sturzrisikos**

In diesem Abschnitt werden Tests, die in den folgenden Studien verwendet wurden, kurz erläutert.

#### **3.6.1 Timed up and go Test**

Der Timed up and go Test, abgekürzt TUG genannt, misst die Zeit in Sekunden, welche ein Proband benötigt, um von einem Stuhl mit Armlehne aufzustehen, eine Distanz von drei Metern zu gehen, dann umzukehren, zum Stuhl zurückzukehren und sich wieder hinzusetzen. Dem Patienten ist es erlaubt, allfällige Hilfsmittel wie Gehstützen zu gebrauchen. Er soll die Strecke in einer sicheren und angenehmen Geschwindigkeit zurücklegen. Dieser Test wird gebraucht, um das Gleichgewicht eines Patienten zu testen und somit auf die Sturzgefahr im Alltag zu schliessen (Schädler et al. 2006).

#### **3.6.2 Functional Reach Test**

Der Functional Reach Test (FR) wird angewendet, um die postrurale Kontrolle im Stand mit gleichzeitiger Aktivität der oberen Extremität zu messen. So kann die Sturzgefahr eingeschätzt werden. Dazu steht der Proband aufrecht und hüftbreit seitlich neben einer Wand, ohne diese zu berühren. Nun streckt er die Arme in einem Winkel von 90° horizontal nach vorne. Dann wird er

aufgefordert, die Arme so weit wie möglich nach vorne zu strecken, ohne dabei einen Schritt zu machen oder die Wand zu berühren. Anschliessend wird die Distanz, welche die Fingerspitzen zurückgelegt haben, gemessen. Bei Unterschreitung der Normwerte, welche in der Tabelle 1 ersichtlich sind, besteht erhöhte Sturzgefahr (Hüter-Becker & Dölken, 2005).

Alter	Geschlecht	Normwerte
20-40 Jahre	• Männlich	• 41.75 cm
	• Weiblich	• 37.00 cm
41-69 Jahre	• Männlich	• 37.25 cm
	• Weiblich	• 34.50 cm
70-87 Jahre	• Männlich	• 33.00 cm
	• Weiblich	• 26.25 cm

Tabelle 1: Normwerte für den Functional Reach Test.

### 3.6.3 Dynamische Posturographie

Ein dynamisches Posturographie-Gerät besteht aus einer beweglichen Plattform. Der Proband, der auf der Plattform steht, versucht die Balance zu halten und die Bewegungen auszugleichen. Die Untersuchung der Posturographie dient der Aufzeichnung der Körperschwankungen. Dafür zeichnet das Gerät die Bewegungen auf, welche danach zur Analyse gebraucht werden können. Für ein visuelles Feedback kann zudem die Gewichtsverteilung des Probanden auf dem Display angezeigt werden. (Magnaguagno, 2004)

### 3.6.4 Flamingo Balance Test

Dieser Test beruht auf dem Einbeinstand (EBST). Der Proband steht auf einem Bein und versucht möglichst ruhig und lange die Balance zu halten. Dabei können je nach Untersuchung auch die medio-lateralen und antero-posterioren Schwankungen des Körpers gemessen werden.

### 3.6.5 Prozentualer Anteil der Gewichtsverlagerung

Der Proband steht auf zwei nebeneinander aufgestellten Waagen, wobei innerhalb von drei aufeinanderfolgenden Minuten jeweils die minimale und maximale Belastung der beiden Füße gemessen wird. Daraus wird dann der Durchschnitt berechnet (Yiğiter et al. 2002).



#### 4. Auswertung der Studien / Resultate der Studien

##### 4.1 Studie 1: Dynamic balance training during standing in people with trans-tibial amputation: a pilot study

Matijačić, Z. & Burger, H. (2003)

Der Zweck der Studie war, herauszufinden, ob ein Training mit dem BalanceReTrainer das Gleichgewicht und die Gangfähigkeit bei Patienten mit auE verbessert. Dazu wurde eine Gruppe von 14 Personen nach einer transtibialen Amputation in ein Trainingsprogramm einbezogen. Während der Studie erhielten die Probanden neue Prothesen.

Die Gruppe bestand ausschliesslich aus Minen-Opfern, welche  $49 \pm 10$  Jahre alt waren und ihre erste Prothese vor  $9 \pm 1$  Jahr angepasst bekommen hatten. Das Trainingsprogramm bestand aus je 20 Minuten Balancetraining pro Tag mit dem BalanceReTrainer an fünf aufeinanderfolgenden Tagen.

Vor und nach dem Training wurden drei Ergebnisse gemessen:

- a) Dauer des EBST auf dem prothetischen Bein
- b) TUG
- c) Zehn Meter gehen

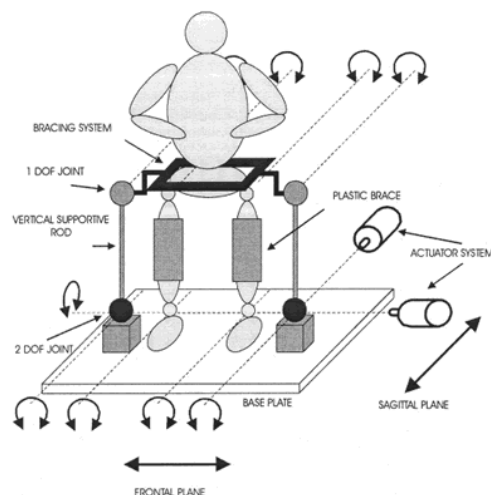


Abbildung 4: Der BalanceReTrainer, welcher das Gleichgewicht trainiert, indem der Patient in die Frontal- und Sagittalebene das Gleichgewicht hält.

Wie auf Abbildung 4 dargestellt, ist der BalanceReTrainer ein mechanischer Apparat, welcher sturzsicher ausgerüstet ist, um bei beeinträchtigten Patienten das Gleichgewicht zu trainieren.

Der Patient versucht durch Stabilisieren des Beckens in der Frontal- und Sagittalebene das Gleichgewicht zu halten. Hierfür muss das Gleichgewicht durch die Fussgelenksmuskulatur sowie die Hüftmuskulatur gesichert werden. Je nach Bedarf kann das Gerät den Patienten mehr oder weniger unterstützen. Die Bewegung in der Sagittal- und Frontalebene wird vom Gerät gemessen,

über ein Signal in den Computer eingespeist und dort in einen Mauszeiger umgewandelt.

In der Studie teste und trainierte das entwickelte Programm das Gleichgewicht in vollem Ausmass in antero-posteriore sowie in medio-lateraler Richtung.

Wie auf Abbildung 5 ersichtlich, wurden auf dem Bildschirm acht kleine Kreise, welche in Kreisform angeordnet waren, abgebildet. Die Patienten hatten nun die Aufgabe, mittels Veränderung der Haltung in der Sagittal- und Frontalebene, den Mauszeiger in den aufleuchtenden Kreis zu bringen.

In dieser Studie gab es keine Kontrollgruppe und die Probanden wurden keiner anderen Therapie, welche sich mit Stehen und Gehen beschäftigte, ausgesetzt. Die Resultate ergaben bei den meisten Testpersonen eine Verbesserung der Balance in allen drei Testbereichen. Wie im Diagramm 1 ersichtlich, waren jedoch nur die Veränderung der Werte der zehn Meter-Gehleistung statistisch signifikant ( $p < 0.05$ ).

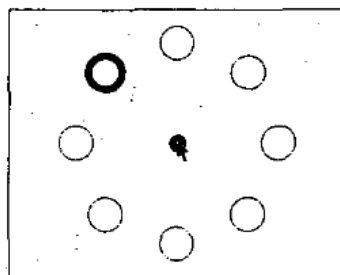


Abbildung 5: Der Proband hat die Aufgabe, den Mauszeiger auf dem Bildschirm durch Bewegen der Plattform in den aufleuchtenden Kreis zu bewegen.

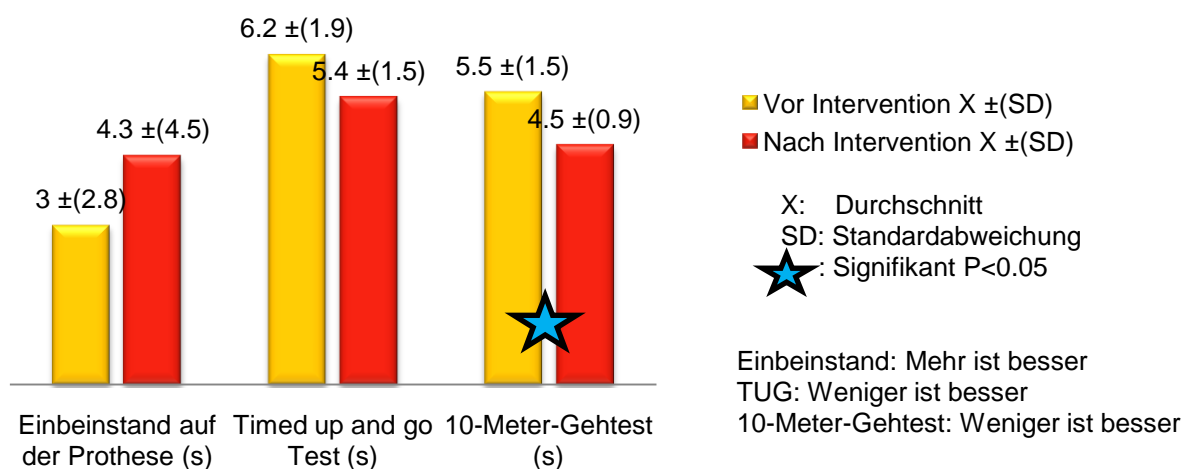


Diagramm 1: Ausschnitt der Resultate von Matjačić et al. (2003) vor und nach der Intervention, als Diagramm dargestellt.

## 4.2 Studie 2: Effect of balance exercise on balance control in unilateral lower limb amputees

Sethy, D., Kujur, E. S. & Sau, K. (2009)

In dieser Studie ging es darum, den Effekt von Gleichgewichtstraining auf die Balancekontrolle von Patienten mit einer auE im frühen Stadium der Rehabilitation zu studieren. Dafür wurden 30 Patienten zwischen 18 und 55 Jahren mit unilateraler, auE selektiert und diese in zwei Gruppen zu je 15 Personen aufgeteilt. Die Amputation aller Probanden erfolgte mindestens zwei Monate früher. Während die Interventionsgruppe Gleichgewichtstraining auf dem „Phyaction balance exercise“ und konventionelles Training bekam, erhielt die Kontrollgruppe nur letzteres. Dieses bestand aus Übungen am Barren vor einem Spiegel.

Das Balancetraining der Interventionsgruppe fand auf dem „Phyaction balance exercise“-Gerät statt. Dabei mussten die Patienten aufrecht und möglichst ruhig auf einer beweglichen Plattform stehen und das Gleichgewicht halten, während dem sich diese nach antero-posterior und medio-lateral bewegte. Die Bewegung der Plattform wurde den Probanden individuell angepasst und konnte in verschiedene Stufen eingestellt werden. Beherrschte ein Patient eine Stufe ohne Fehler, so wurde auf die nächste, höhere Stufe geschaltet. Die Patienten erhielten visuelles und auditives Feedback über einen Bildschirm.

Jeder Patient der Interventionsgruppe erhielt pro Tag je 15 Minuten antero-posteriores und medio-laterales Training, an fünf Tagen pro Woche für insgesamt vier Wochen. Gemessen wurden der FR sowie die medio-laterale und antero-posteriore Stabilität.

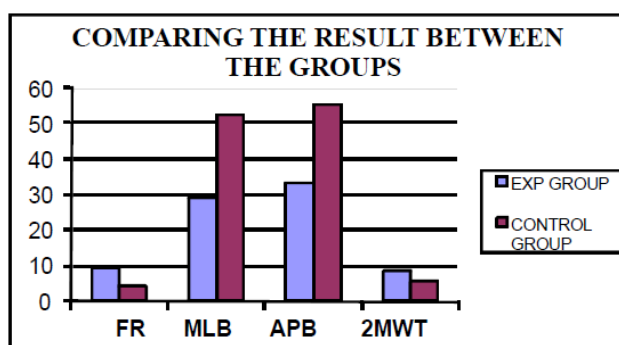


Abbildung 6: Vergleich der verschiedenen Resultate zwischen der Kontroll- und der Studiengruppe.

Die Resultate wurden von einem verblindeten Ergotherapeuten am Anfang und nach vier Wochen gemessen.

Wie in Abbildung 6 ersichtlich, ergaben die Auswertungen nach der Intervention in allen Bereichen eine signifikante ( $p < 0.05$ ) Verbesserung zugunsten der Studiengruppe. Auch der FR verbesserte sich nach dem Training

in der Studiengruppe signifikant von 4.17 auf 9.67, was einem p-Wert von 0.002 entspricht. Die Schwankungen in medio-lateraler Richtung bzw. antero-posteriorer Richtung verringerten sich von einem Wert von 63.87 zu 28.62 bzw. 71.44 zu 33.26.

#### **4.3 Studie 3: Comparison of static weight-bearing and static sway in below knee amputees trained by conventional versus visual biofeedback techniques using dynamic posturography**

Gupta, A. & Sharma, R. (2006)

Zweck dieser Studie war, zwei Gruppen, welche unterschiedliche Behandlungen erhielten, bezüglich der Resultate der Gewichtsverteilung auf den Beinen zu vergleichen. Es wurde angenommen, dass eine angemessene Gewichtsverteilung auf beiden Beinen eine wichtige Voraussetzung sei, um das Schwanken der Patienten zu reduzieren.

Zwei Gruppen zu je 15 Probanden, welche unterhalb des Knies amputiert waren, wurden gebildet. Die Probanden in der Kontrollgruppe trugen die Prothese mehr als sechs Monate und waren im Durchschnitt 42 Jahre alt.

Als Therapie erhielten sie gewöhnliches Gang- und Gewichtsverlagerungstraining am Barren, welcher mit Spiegeln ausgestattet war. Ein Therapeut gab wiederholt Feedback. Die Therapie zog sich über fünf Tage pro Woche während fünf Wochen, wobei jede Sitzung eine halbe Stunde dauerte.

Die Amputation war bei den Probanden der Studiengruppe vor drei bis zwölf Monaten durchgeführt worden. Sie erhielten das erste Mal eine Therapie mit der Prothese. Das durchschnittliche Alter betrug 37 Jahre. In dieser Gruppe wurde das visuelle Feedback an fünf Tagen pro Woche während fünf Wochen für 20 Minuten, mittels dynamischer Posturographie trainiert. Anschliessend erhielten sie dasselbe Training wie die Kontrollgruppe.

Nach fünf Wochen wurden bei allen Patienten sowohl die statische Gewichtsverteilung mit geschlossenen Augen, als auch jene Schwankungen, welche auf dem dynamischen Posturographie-Gerät während 30 Sekunden registriert wurden, gemessen. Von drei Messungen wurde jeweils der Durchschnitt berechnet. Die Ergebnisse zeigten, dass die Gewichtsverteilung mit 43% auf dem amputierten Bein und 57% auf dem nicht betroffenen Bein in der Studiengruppe ausgeglichener war als in der Kontrollgruppe mit 36% zu 64%. Der Unterschied zwischen den

Gruppen wurde als signifikant angegeben. Auch die Schwankungen waren in der Studiengruppe leicht kleiner, wobei dieser Unterschied nicht als signifikant gewertet wurde.

#### 4.4 Studie 4: Balance training in amputees: Comparison of the outcome of two rehabilitation approaches

Erbahçeci, F., Yiğiter, K., Şener, G., Bayar, K. & Ülger, Ö. (2001)

Die Autoren dieser Studie wollten den Effekt von zwei verschiedenen Trainingsvorgehensweisen auf Patienten mit Unterschenkelamputationen herausfinden. Dazu wurden 40 Probanden im Alter zwischen 20 und 45 Jahren ausgewählt, welchen aufgrund eines Traumas das Bein amputiert worden war. Sie wurden willkürlich in zwei Gruppen eingeteilt, wobei jede Gruppe aus 20 Patienten bestand. Die Gruppen waren vor der Intervention vergleichbar und es gab keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich des Balancetests. Die Kontrollgruppe erhielt ein normales Rehabilitationsprogramm, welches Kräftigung, Haltungsübungen und Aktivitäten am Barren beinhaltete. Wie auf Abbildung 7 ersichtlich, trainierte die Studiengruppe mit einem Balanceboard und erhielt durch einen Spiegel visuelles und durch einen Therapeuten auditives Feedback.



Abbildung 7: Die Studiengruppe erhielt Gleichgewichtstraining auf dem Balanceboard.

Die Probanden übten zwei Mal pro Tag für jeweils eine Stunde während drei Wochen. Der „Flamingo Balance Test“ auf beiden Beinen wurde als Assessment gewählt und nach zwei Wochen mit offenen und geschlossenen Augen durchgeführt und bewertet. Der Physiotherapeut, welcher die Messungen durchführte, wusste nicht, welcher Patient welche Behandlung erhielt. Auch der Physiotherapeut, welcher die Übungsprogramme durchführte, war nicht über die getesteten Parameter informiert. Die Patienten waren ebenfalls nicht über den Zweck der Studie in Kenntnis gesetzt. Wie in

Diagramm 2 sichtbar, zeigte der Vergleich zwischen den beiden Gruppen eine signifikante Verbesserung der Studiengruppe im „Flamingo Balance Test“ mit geschlossenen und offenen Augen. Auch der Vergleich vor und nach der Intervention in der Studiengruppe fiel signifikant aus.

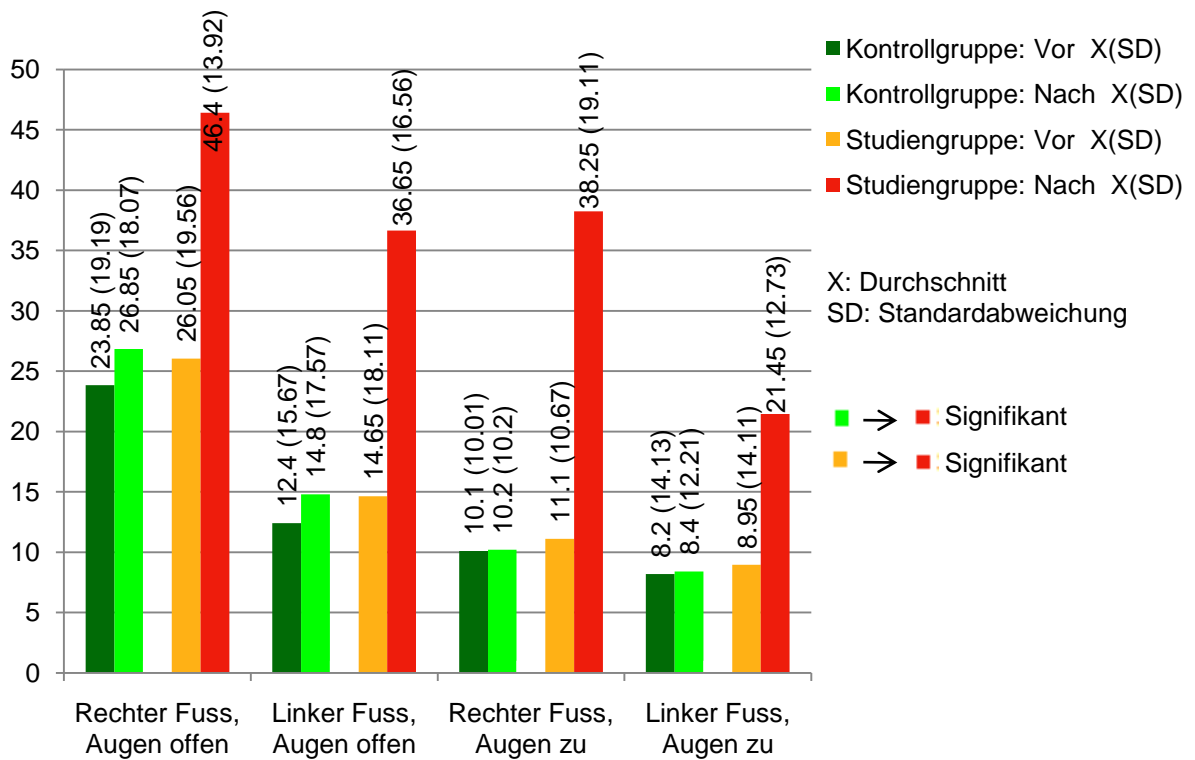


Diagramm 2: Werte vor und nach der Intervention für den Flamingo Balance Test, als Diagramm dargestellt.

#### 4.5 Studie 5: A comparison of traditional prosthetic training versus proprioceptive neuromuscular facilitation resistive gait training with trans-femoral amputees

Yiğiter, K., Şener, G., Erbahçeci, F., Bayar, K., Ülger, Ö. G. & Akdoğan, S. (2002)

In dieser Studie wurden die Effekte von traditionellem Training und propriozeptiver neuromuskulärer Fazilitation (PNF) auf den Gang und die Gewichtsverteilung bei Patienten mit transfemorale Amputation untersucht. Dafür wurden 50 unilaterale, transfemorale amputierte Patienten, im Alter von 20-40 Jahren (Durchschnitt: 28 Jahre), zur Studie zugelassen. Sie wurden zufällig zwei Gruppen zugewiesen. Die Kontrollgruppe erhielt traditionelle Therapie, bestehend aus Gewichtsverlagerung, dynamische Gleichgewichtsaktivitäten am Barren, Stufen- und Gangübungen. In der Studiengruppe wurden dieselben Aktivitäten und zusätzlich statische Gleichgewichtsübungen durchgeführt. Dies jedoch mit dem Unterschied, dass ihnen durch einen Physiotherapeuten Widerstand in antagonistische Richtung gegeben wurde. Die Probanden mussten mittels Kokontraktion und isometrischer Kontraktion dagegen halten, um ihr Gleichgewicht wahren zu können. Dies führte zu einem anderen propriozeptiven Input als in der Kontrollgruppe.

Zusätzlich wurde den Probanden der Studiengruppe bei den Übungen auf der gewichtstragenden Seite Approximation (Kompression) gegeben.

Alle Probanden trainierten 30 Minuten täglich für total zehn Behandlungen.

Als Assessment wurden vor und nach dem Training der prozentuale Anteil der Gewichtsverteilung auf dem amputierten Bein gemessen sowie verschiedene Parameter des Ganges, wie beispielsweise Gehgeschwindigkeit, Schrittlängen und Schrittzahl, auf einer zwölf Meter langen Strecke beurteilt.

Zu Beginn der Studie waren beide Gruppen ähnlich und wiesen keine signifikanten Unterschiede auf. Im Diagramm 3 sieht man, dass sich nach der Intervention beide Gruppen bezüglich der Gewichtsverteilung signifikant verbesserten, wobei sich die Studiengruppe gemessen an der Kontrollgruppe auch signifikant steigerte.

Ebenfalls waren die Gangparameter in beiden Gruppen besser, wobei die Resultate ausserdem eine signifikante Veränderung der Studiengruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe aufzeigten.

Obwohl sich beide Gruppen steigerten, war die Intervention in der Studiengruppe wirkungsvoller.



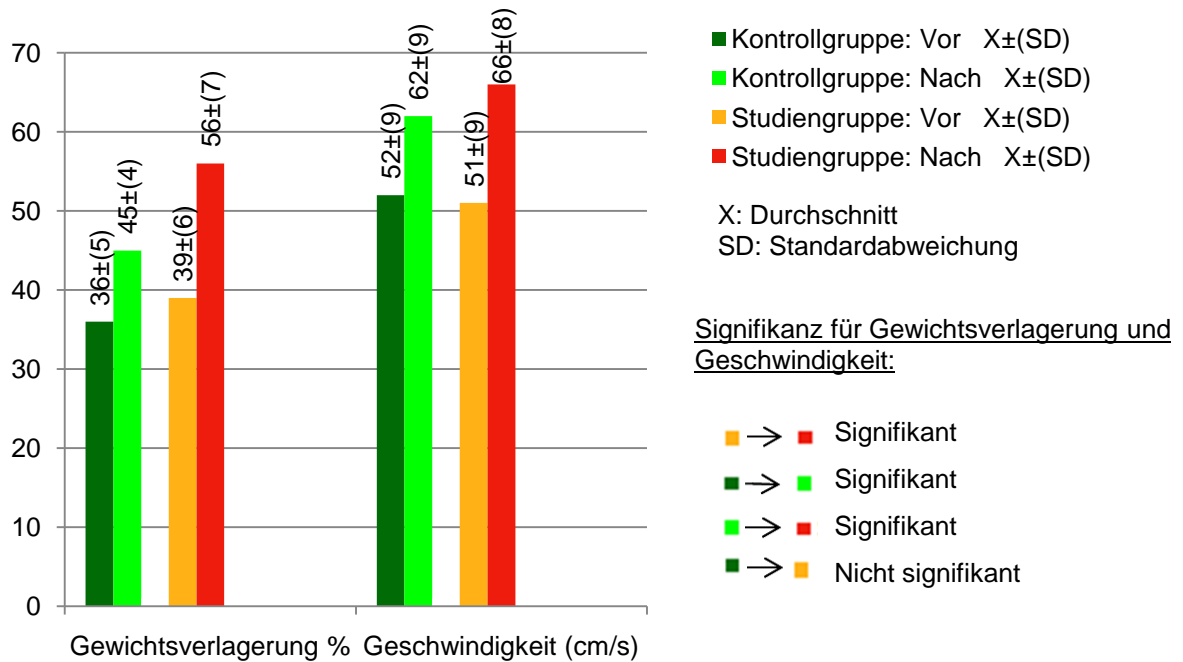


Diagramm 3: Ausschnitt der Resultate von Yiğiter et al. (2002). Vergleich der Studien mit der Kontrollgruppe vor und nach der Intervention, als Diagramm dargestellt.

#### 4.6 Studie 6: Balance control enhancement using sub-sensory stimulation and visual auditory feedback strategies for amputee subjects

Lee, M. Y., Lin, C. F. & Soon, K. S. (2007)

Die Autoren dieser Studie stellten die Hypothese auf, dass das statische Gleichgewicht im EBST mit einem unterschwelligem, elektrischem Reiz sowie der Gang durch audio-visuelles Feedback, verbessert werden können.

Fussbelastungssensoren wurden an der Basis der Prothese angebracht um den plantaren Fussdruck, den Gang und das Gleichgewicht während den Tests zu messen.

Sieben Patienten mit auE, im Durchschnitt  $39 \pm 14$  Jahre alt, wurden für diese Studie per Zufall aus den potentiellen Probanden rekrutiert. Sie trugen die Prothese schon mehr als zwei Jahre. Aus gesundheitlichen Gründen verliess ein Proband die Studie schon vorzeitig.

Den Studienteilnehmer wurde, während dem sie in sechs Durchläufen so lange wie möglich den EBST durchführten, zufällig drei Mal ein unterschwelliger-elektrischer Reiz auf den Quadriceps appliziert. Dazwischen durften sie jeweils eine 15-minütige Sitzpause einlegen.



Zusätzlich erhielten die Probanden mehrere Laufbandtrainings mit und ohne audiovisuelles Feedback. Das auditive Feedback wurde durch verschieden hohe Töne aufgezeigt, wenn der vorher festgelegte Schwellenwert in verschiedenen Fussbereichen überbelastet wurde. Das visuelle Feedback wurde über einen Bildschirm gegeben, der mit einer Farbskala die ermittelte Belastung des Fusses, aufzeigte.

Die Probanden mussten pro Behandlung 20 Minuten auf dem Laufband gehen, wobei die Geschwindigkeit jede Minute gesteigert wurde.

Jeweils vier verschiedene Faktoren wurden für die dynamische und die statische Gleichgewichtskontrolle gemessen.

Das Gleichgewicht wurde mit dem Zebris Bewegungsuntersuchungssystem beschrieben, indem die Schwankungszeit und Distanz des Massenschwerpunktes eines Probanden sowie die Gewichtsverteilung auf beiden Beinen gemessen wurden.

Die Resultate des EBST zeigten eine signifikante Verlängerung während der subsensorischen Stimulation ( $7.8 \pm 4.6$  s) im Vergleich dazu, wenn keine Stimulation erfolgte ( $3.3 \pm 2.1$  s). Auch die dynamische Gleichgewichtskontrolle auf dem Laufband zeigte sowohl auf der betroffenen als auch auf der nicht betroffenen Seite signifikante Verbesserungen.

## 5. Diskussion der Bewertung der Studien

---

Für diese Arbeit wurden sechs verschiedene Studien ausgesucht, welche Interventionen zur Verbesserung des Gleichgewichts bei Patienten mit einer auE untersucht haben. Mit einem eigenen Bewertungssystem wurde die Qualität von niedrig bis hoch bewertet. Studie 3 erreichte dabei mit acht von 16 Punkten die niedrigste Wertung, während Studie 4 mit 15 Punkten die höchste Wertung erhielt. Von mittlerer Qualität waren die restlichen Studien, wobei die Studien 2 und 5 mit 13 erreichten Punkten eher an der oberen Grenze angesiedelt waren und die Studien 1 und 6 mit jeweils 10 Punkten eher am unteren Rand zu finden waren.

Abzüge gab es vor allem in der Verblindung der Therapeuten, der resultatermittelnden Person und der Patienten. Ein Grund dafür kann darin gesehen werden, dass oft Maschinen die Daten lieferten und nicht von Hand gemessen wurde.

Nur in Studie 4 waren sowohl der Therapeut als auch die resultatmessende Person und die Probanden verblindet. In Studie 2 war nur der Resultatmesser verblindet und in Studie sechs wussten die Probanden nicht, wann ihnen die elektrische Stimulation appliziert wurde.

Unterschiede in der Punkteverteilung erfolgten jedoch auch bei denjenigen Studien (1 und 6), welche keine Kontrollgruppe einbezogen haben.

Studie 3 hatte zwar eine Kontrollgruppe, aber diese war vor der Intervention nicht mit der Interventionsgruppe vergleichbar und in Studie 2 war unklar, ob die Kontrollgruppe randomisiert und vor der Intervention vergleichbar gewesen wäre. Somit wurde beiden Studien je ein Punkt abgezogen.

Abzüge gab es auch für die Studien 3 und 6, welche die Resultatwerte nicht vor und nach der Intervention gemessen hatten. Hier sollte jedoch erwähnt werden, dass in Studie 6 auch zwei verschiedene Messwerte erhalten wurden. Diese kamen zustande, indem für den einen Messwert mit einem unterschwelligem Reiz und für den anderen Messwert ohne eine Stimulation die Faktoren des Gleichgewichts gemessen wurden.

Obwohl die Autoren aller Studien angaben, einen statistisch signifikanten Unterschied festgestellt zu haben, gab es in diesem Bereich ebenfalls für die Studien 3 und 6 Punkteabzug. Die Autoren der Studie 3 gaben zwar an, sie hätten einen Unterschied zwischen den Gruppen nach der Intervention festgestellt, jedoch waren

die Gruppen vor der Intervention weder vergleichbar gewesen, noch hatte man zu Beginn der Durchführung Messungen vorgenommen. Somit ist die Signifikanz der Studie 3 sehr in Frage zu stellen. Diese Beobachtungen decken sich auch mit der festgestellten Qualität, welche mit acht Punkten als tief bewertet wurde.

Ebenfalls behaupteten die Autoren der Studie 6, eine Signifikanz erreicht zu haben. Sie gaben aber weder ein Konfidenzintervall noch einen p-Wert an, sondern beschrieben die Verbesserung des Gleichgewichts mit Prozentangaben, was eine objektive Beurteilung unmöglich macht.

Erwähnenswert ist auch die Tatsache, dass Studie 4 und 5 von fast den gleichen Autoren, mit Ausnahme einzelner, verfasst wurde.

## 6. Diskussion und Beantwortung der Fragestellung

---

Patienten mit einer auE werden im Alltag von einer verminderten posturalen Kontrolle erheblich beeinträchtigt. Denn das Gleichgewicht nimmt beim Stehen und Gehen eine Schlüsselfunktion ein. Daher ist das Gehen ohne Gleichgewichtsgefühl nicht möglich (Mensch und Kaphingst, 1998).

Dass das Trainieren des Gleichgewichtes bei Patienten mit auE wichtig ist, ergibt sich ausserdem aus der hohen Inzidenz der Stürze und der Angst vor dem Stürzen bei Patienten mit auE (Miller et al. 2001). Obwohl diese Aspekte bekannt sind, ist es erstaunlich, dass nur wenige Studien sich dem Problem annehmen und es durch verschiedene Interventionen zu verbessern versuchen.

Die sechs Studien waren sehr unterschiedlich aufgebaut, was einen direkten Vergleich unmöglich macht. Nur zwei Studien hatten randomisierte Gruppen, zwei Studien hatten keine Kontrollgruppe und in zwei Studien waren die Gruppen vor der Intervention nicht vergleichbar gewesen oder es wurde nichts angegeben. Auffallend wenige Therapeuten und Patienten waren verblindet, was die Ergebnisse der Studien beeinflusst haben könnte. So erstaunt es nicht, dass nur drei der sechs Studien eine hohe Qualität aufweisen. Trotzdem ist dieses Ergebnis ernüchternd, da doch grosser Aufwand für die Studien betrieben wurde.

In der Studie von Matjačić et al. (2003) erwies sich nur der zehn Minuten Gehetest als signifikant, obwohl auch Verbesserungen für die Dauer des EBST und des TUG-Test gemessen wurden. Während die Standardabweichung beim EBST nach der Trainingsperiode relativ hoch war, was auf eine eher kleine Präzision schliessen lässt, war diejenige der anderen zwei getesteten Aufgaben relativ gering, sodass diese auf eine grössere Präzision hinweist. Trotzdem kann man davon ausgehen, dass sich die Ganggeschwindigkeit aufgrund der erhöhten Sicherheit der Patienten verbessert hat. Dies wiederum lässt auf ein verbessertes Gleichgewicht schliessen. Gründe für die nicht signifikanten Werte könnten sein, dass die Behandlungsdauer mit 20 Minuten an nur fünf aufeinanderfolgenden Tagen relativ kurz war. Desweiteren erhielten die Probanden während der Studie neue Prothesen. Die Ergebnisse hingegen wurden mit den alten Prothesen gemessen, was sich wiederum auf die Resultate ausgewirkt haben könnte. Trotzdem waren diese durchwegs positiv, was

darauf schliessen lässt, dass die Resultate bei längerer Behandlung und unter konsequenteren Voraussetzungen auch beim EBST oder TUG-Test signifikant ausfallen würden. Was ebenfalls dafür spricht, ist die Tatsache, dass die Amputation der Probanden schon  $9 \pm 1$  Jahre zurücklag. Wie Matjačić et al. (2003) aus Mensch und Ellis (1986) zitieren, erhält man die besten Resultate im Bezug auf das Gleichgewicht bei Patienten mit auE kurz nach der Amputation und Anpassung der Prothese, da in diesem Zeitfenster die Fortschritte am grössten sind. Daher gehen sie davon aus, dass die Anwendung ihres BalanceReTrainers bei Patienten mit kürzlich erfolgten Amputationen noch grössere Erfolge erzielen würde.

Da sich auch eine Verbesserungstendenz im EBST zeigte, deutet dies darauf hin, dass sich die Hüftstrategie und die Rumpfkontrolle verbessert hatten. Hier wäre der Vergleich mit einer Kontrollgruppe interessant gewesen, da Matjačić et al. (2003) schreiben, dass das Eingliedern von kognitivem Feedback und repetitivem Training, wie in ihrer Studie, ein besseres Bewusstsein der funktionellen Fähigkeiten sowie das Erreichen der Grenzen der posturalen Bewegung bringt. Dies wiederum könnte die Angst und das Vorkommen von Stürzen im alltäglichen Leben verringern. Zu beachten ist, dass der BalanceReTrainer von den Autoren selber entwickelt wurde und sie natürlich daran interessiert sind, möglichst gute Resultate damit zu erzielen. Somit könnte in dieser Studie ein Interessens-Bias vorhanden sein.

In Studie 2 von Sethy et al. (2009) wurden die Ergebniswerte des Gleichgewichtstrainings mittels FR sowie medio-lateraler und antero-posteriorer Stabilität gemessen. Die Studiengruppe erzielte in jedem Bereich signifikante Verbesserungen im Gegensatz zur Kontrollgruppe. Die Autoren führen dies auf den Einfluss des audio-visuellen Feedbacks und auf das intensive Trainieren des medio-lateralen und antero-posterioren Gleichgewichts zurück. Ausserdem weisen sie darauf hin, dass ein Training mit dem „Phyaction balance exercise“ die Balance verbessert. Laut Sethy et al. (2009) wurde festgestellt, dass die medio-laterale Gleichgewichtskontrolle stärker verbessert wurde als die antero-posteriore. Dies wird damit erklärt, dass die Fussgelenksstrategie in die antero-posteriore Richtung bei Patienten mit auE vermindert angewendet werden kann. Betrachtet man jedoch die Werte der Verbesserung, ist fraglich, ob diese Aussage überhaupt stimmt. Der p-Wert der medio-lateralen Balance beträgt 0.005 und jener der antero-posterioren 0.002. Folglich hätte sich die antero-posteriore Balance stärker verbessert.

Auffallend war, dass die Patienten beider Gruppen viel mehr Gewicht auf dem gesunden Bein trugen, sobald das Gleichgewicht gestört wurde. Daher weisen die Autoren darauf hin, dass ein Schwerpunkt der Therapie auf das nicht-betroffene Bein gelegt und dieses gekräftigt werden sollte. Sie empfehlen auch, das Gleichgewichtstraining möglichst früh in der Rehabilitation durchzuführen, um den Patienten eine bessere Teilnahme am Gemeinschaftsleben zu ermöglichen.

Die Studie 3 von Gupta et al. (2006) untersuchte die Gewichtsverteilung auf beiden Füßen und die posturale Stabilität mit geschlossenen Augen, da eine erhöhte Instabilität zum Verlust von Vertrauen und zu Angst vor dem Stürzen führt. Deshalb ist es zur Aufrechterhaltung der stabilen Lage unumgänglich, das Schwanken des Körpers im Stabilitätskegel zu halten.

Die Autoren gaben die Signifikanz mittels Prozentsatz an und schrieben, dass die Studiengruppe, welche die symmetrische Verteilung des Körpergewichts mit visuellem Feedback trainierte, signifikant besser war als die Kontrollgruppe, welche konventionelles Training am Barren erhalten hatte.

Weiter wurde in der Studie erwähnt, dass es auch beim gesunden Menschen einen Unterschied zwischen der Gewichtsverteilung auf beiden Beinen gibt. Somit kann es nicht das Ziel sein, eine vollständige Symmetrie bei den Patienten erreichen zu wollen. Trotzdem schreiben Gupta et al. (2006), dass diese Studie aufzeigt, dass das Training mit quantifizierbarem Feedback einen Einfluss auf die Gewichtsverteilung und somit das Gleichgewicht hat.

Wie bereits erwähnt, weist diese Studie einige Mängel auf und ist daher von geringer Qualität, sodass die Aussagekraft in Frage gestellt werden muss. Sie beinhaltet weder eine vergleichbare Kontrollgruppe noch eine Messung vor der Intervention. Also ist nicht klar, ob die unterschiedlichen Resultate aufgrund der Therapie entstanden sind, oder ob dies andere Ursachen hat. Trotzdem ist es interessant zu sehen, dass die Gewichtsverteilung der beiden Gruppen sehr unterschiedlich ist. Die schlechteren Resultate der Kontrollgruppe, in der die Patienten die Prothese schon länger trugen, könnten auch darauf zurückzuführen sein, dass sich die langjährigen Prothesenträger ein falsches Gang- bzw. Belastungsmuster antrainiert hatten und die „neuen“ Prothesenträger von Grund auf die richtige Belastung erlernten. Ausserdem könnte der Unterschied der Gewichtsverteilung auf unterschiedlich stark abgeschwächte Muskulatur zurückzuführen sein. Eine Untersuchung der

Muskelverhältnisse wäre für weitere Studien interessant, um herauszufinden, ob es einen Zusammenhang zwischen abgeschwächter Muskulatur und asymmetrischer Belastung gibt.

Die Autoren schreiben, dass eine nahezu ausgeglichene Gewichtsverteilung zu weniger statischen Schwankungen führt und damit auch Einfluss auf einen positiven Rehabilitationsverlauf von Patienten mit auE hat. Sie empfehlen deshalb, das visuelle Feedback in die Therapie einzubinden.

In Studie 4 von Erbahçeci et al. (2001) wurde das Gleichgewicht mittels EBST sowohl mit offenen als auch mit geschlossenen Augen bewertet. Die Studiengruppe erhielt audio-visuelles Feedback über einen Spiegel sowie vom Therapeuten und trainierte das Gleichgewicht mit einem Balanceboard. Die Resultate dieser Gruppe erwiesen sich als signifikant gegenüber vor der Therapie und auch gegenüber der Kontrollgruppe, welche normales Rehabilitationstraining, inklusive Kräftigung, Haltungsübungen und Barrenaktivitäten, erhielt. Die Resultate zeigen, dass eine intensive Behandlung des Gleichgewichtes wichtig ist, um den Umgang mit der Prothese zu fördern. Durch das Training mit dem Balanceboard waren die Probanden der Studiengruppe besser in der Lage, die Gewichtsverlagerung anzupassen. Dieses stellte somit einen effektiven Weg dar, um ein adäquates Gleichgewicht zu erhalten. Um im Alltag besser zurechtzukommen, resümieren die Autoren der Studie, dass ein intensives, spezielles Gleichgewichtstraining neben dem konventionellen Training angeboten werden sollte. Ausserdem weisen sie darauf hin, dass weitere Studien notwendig sind, um das Gleichgewicht auf unebenem Gelände zu überprüfen. Trotz dieser erfreulichen Ergebnisse fällt die grosse Standardabweichung im Verhältnis zum Mittelwert der Resultate auf. Folglich sind mehrere Patienten dem Mittelwert nicht sehr nahe und die Daten sollten mit Vorsicht gewertet werden.

In Studie 5 von Yiğiter et al. (2002) erhielten die Probanden der Studiengruppe dynamische und statische Gleichgewichtsübungen, während die Kontrollgruppe nur ersteres erhielt. In beiden Gruppen verbesserten sich die Werte der prozentualen Belastung der Beine sowie auch verschiedene Parameter des Ganges wie beispielsweise Schrittlänge, Geschwindigkeit oder Schrittzahl. Jedoch waren die Werte der Studiengruppe signifikant besser gegenüber der Kontrollgruppe, was

darauf schliessen lässt, dass das zusätzliche, propriozeptive Feedback dafür verantwortlich ist. Während die Probanden das Gleichgewicht halten mussten, gab der Therapeut Widerstand in die antagonistische Richtung. Durch isometrische Kontraktion und Kokontraktion mussten die Patienten dem Therapeuten entgegenwirken. Ausserdem bewirkte die zusätzliche Approximation auf der amputierten Seite eine Wiederherstellung des Verhältnisses zwischen Boden und prothetischen Fuss, was sich wiederum auf die symmetrische Gewichtsakzeptanz auswirkte. Laut den Autoren kann aus den Ergebnissen dieser Studie gefolgert werden, dass propriozeptives Feedback eine effektive Art ist, um eine bessere Balance und einen besseren Gang sowie symmetrische Gewichtsverteilung zu erreichen.

Ein ganz anderer Ansatz wurde mit der Studie 6 von Lee et al. (2007) aufgezeigt. Sie verabreichten unterschwellige Reize auf den Quadriceps des gesunden Beines im EBST und in einem dynamischen Setting auf dem Laufband wurden die dynamische Balance und die Gangsymmetrie der Probanden mit und ohne audio-visuelles Feedback geprüft. Die Stimulation mit unterschweligen Reizen wurde gebraucht, um den Effekt auf das somatosensorische System zu testen. Die Resultate zeigten, dass während der Anwendung der unterschweligen Stimulation der EBST signifikant länger sowie auch mit weniger Schwankungen durchgeführt werden konnte als ohne elektrische Reize.

Der Einfluss des audio-visuellen Feedbacks beim Gehen auf dem Laufband zeigte ebenfalls signifikante Verbesserungen der dynamischen posturalen Kontrolle sowie auch der Symmetrie im Gang.

Die Autoren gaben die Signifikanz jeweils durch einen Prozentsatz der Verbesserung an, wobei jedoch nicht klar zum Ausdruck kommt, wo die Signifikanzschwelle liegt. Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass sich die subsensorische Stimulation und das audio-visuelle Feedback positiv auf das Gleichgewicht bzw. die dynamische Gangleistung auswirkten und diese Wirkung sogar noch in einem Follow-up (Zeit unbekannt) nachgewiesen werden konnte. Sie schreiben, dass das audio-visuelle Training den Verlust der Sensorik überwinden kann. Trotzdem weisen die Autoren der Studie darauf hin, dass weitere Forschungen notwendig sind, welche eine grössere Anzahl an Probanden integrieren um die Hypothese zu bestätigen.



Es könnte auch sein, dass die gemessenen Verbesserungen durch das intensive Gangtraining auf dem Laufband entstanden sind.

Wie Lee et al. (2007) schreiben, könnten in Zukunft diese Ergebnisse gebraucht werden, um eine angepasste Prothese zu gestalten, welche die Häufigkeit und Schwere von Stürzen reduzieren könnte.

Um diese Idee umzusetzen, müsste jedoch der Einfluss von unterschwelliger Stimulation am betroffenen Bein getestet werden.

Bei allen Studien ist die eher geringe Zahl an Probanden auffallend. Der Durchschnitt aller teilnehmenden Probanden umfasst 29 Personen, wobei die kleinste Stichprobe bei Lee et al. (2007) mit sieben Probanden und die grösste Stichprobe bei Yiğiter et al. (2002) mit 50 Personen zu finden ist. Matjačić et al. (2003) und SETHY et al. (2009) geben an, dass ihre Stichprobe ein „convenient sampling“, also eine Zufallsauswahl war, was heisst, dass diejenigen Personen genommen wurden, welche gerade vorhanden waren. Dies dürfte auch auf die anderen Studien, ausser Studie 6, zutreffen. In der Studie von Lee et al. (2007) wurden die Patienten über eine Datenbank rekrutiert.

Hervorzuheben ist das eher junge Alter der Teilnehmer in allen Studien. Studie 2 gibt nur einen Bereich von 18 bis 55 Jahren an. Der Durchschnittswert der anderen Studien variiert von 28.1 bis 49 Jahren, wobei die ältesten Teilnehmer in Studie 1 (70 Jahre) und in Studie 6 (60 Jahre) vorkommen. Die jüngsten Probanden finden sich in Studie 2, 4 und 5 (18 respektive 20 Jahre).

Generell überwiegen die männlichen Probanden in den sechs Studien, was laut Mensch et al. (1998) auch die Situation in der Bevölkerung widerspiegelt.

Grosse Unterschiede wurden auch in der Zeitspanne von der Amputation bis zur Studie gefunden. Während in Studie 1 langjährige Prothesenträger behandelt wurden ( $9 \pm 1$  Jahr), erhielten die Probanden in Studie 4, das erste Mal Prothesen angepasst.

In Studie 6 variierte die Dauer von zwei bis 18 Jahren, mit einem Durchschnitt von 8.5 Jahren die seit der Amputation vergangen waren. Studie 2 gab nur an, dass die Patienten seit mindesten zwei Monaten eine Prothese trugen und sich in der frühen Phase der Rehabilitation befanden, in Studie 5 war der Durchschnitt 7.2 Monate und bei Studie 3 hatten die Probanden der Studiengruppe ihre Prothese seit drei bis zwölf Monaten und in der Kontrollgruppe mehr als sechs Monate.

Spannend sind diese Zahlen deswegen, da man daraus schlussfolgern kann, dass auch bei Patienten, die schon länger eine Prothese tragen, das Trainieren des Gleichgewichts äusserst sinnvoll ist, da man durchaus noch Erfolge erzielen kann. Interessant wäre hier gewesen, wenn in jenen Studien, welche ein breites Spektrum an Amputationszeitpunkten aufweisen, detailliert aufgezeigt worden wäre, welcher Patient sich wie fest verbessert hatte. Damit hätte man noch bessere Rückschlüsse auf die Auswirkung des Rehabilitationszeitpunkts ziehen können.

In drei der sechs Studien wurde mit Hilfe von audio-visuellem Feedback und in einer Studie mit visuellem Feedback versucht, die Balance zu unterstützen. Die Interventionen zeigten Erfolg, was darauf schliessen lässt, dass das Balancetraining, unterstützt durch audio-visuelles Feedback, grössere Erfolge bringt, als ein konventionelles Training ohne Feedback.

Eindrücklich zu sehen ist, dass die Interventionsdauer bei den meisten Studien relativ kurz gehalten wurde. Die kürzeste dauerte fünf Tage für jeweils 20 Minuten pro Tag. Daher kann angenommen werden, dass schon eine kurze Anwendung von herausfordernden Gleichgewichtsübungen, die Balance auch verbessern kann. Studie 4 ging nur über drei Wochen, war aber sehr intensiv, da an jedem Tag zweimal eine Stunde trainiert wurde. Fraglich hingegen ist, ob diese positiven Auswirkungen auch längerfristig noch zu beobachten wären. Hier gäbe es einen Ansatz für weitere Studien.

Obwohl in keiner Studie dasselbe Gerät zur Verbesserung des Gleichgewichts verwendet wurde, beruhte das Prinzip der angewandten Geräte der Studie 1 bis 4 auf einer Platte, welche sich in antero-posteriore bzw. medio-laterale Richtung bewegte. Die Patienten waren daher gefordert, das Gleichgewicht in die jeweilige Richtung zu halten und zu trainieren. Das Balanceboard bildete dabei das einfachste und kostengünstigste Gerät.

In Studie 5 wurde kein Gerät angewendet, sondern ein propriozeptiver Input gegeben sowie auch in Studie 6 die Sensorik beeinflusst wurde. Beide Studien konnten damit Erfolge und positive Auswirkungen auf das Gleichgewicht erzielen.

Nur in Studie 5 wurden ausschliesslich PmA oberhalb des Knies untersucht. In Studie 2 nahmen Patienten teil, die sowohl unterhalb als auch oberhalb des Knies amputiert waren. Obwohl bei der Auswahl der Studien, aufgrund der geringen Datenmenge, verschiedene Beinamputationshöhen eingeschlossen wurden, darf nicht vergessen werden, dass jemand mit einer Amputation oberhalb des Knies, zusätzlich mit dem Verlust des Kniegelenkes und somit weniger Propriozeptoren, Muskeln und eingeschränkten Bewegungsmöglichkeiten zu kämpfen hat. Andererseits wurde in einer Studie von Fernie & Holliday (1978) herausgefunden, dass transfemorale Amputationspatienten weniger Schwankungen aufwiesen als transtibiale. Warum dies so war, konnte nicht erklärt werden. Die Autoren nahmen aber an, dass dies aufgrund der verschiedenen Prothesen zustande gekommen war. Daher können auch unterschiedliche Prothesenarten verschiedene Einflüsse auf das Gleichgewicht ausüben.

Die Probanden der Studien waren, so weit erwähnt, alles Traumatpatienten. Auch in den Auswahlkriterien der einzelnen Studien durften die Probanden beispielsweise keine Nebendiagnosen wie Diabetes, Muskelschwächen oder beeinträchtigt Augenlicht und Gehör haben. Man darf jedoch nicht vergessen, dass viele Amputationspatienten ein erhöhtes Alter haben und auch einige Nebendiagnosen aufweisen, welche sich negativ auf das Gleichgewicht und die Rehabilitation auswirken.

Übersichtshalber werden die wichtigsten Punkte, in einer Tabelle im Anhang, nochmals zusammengefasst.

## 7. Schlussfolgerung und Theorie ↔ Praxis Transfer

---

Patienten, die ein schlechtes Gleichgewicht aufgrund einer Amputation haben und daraus eine Sturzangst entwickeln, vermeiden Aktivitäten im Alltag. Dies führt zu noch grösserer Unsicherheit, was schlussendlich einen Teufelskreis bildet. Das Ziel der Physiotherapie muss sein, diesen Kreis durch Gleichgewichtstraining zu durchbrechen um den Patienten wieder Sicherheit im Alltag geben.

Der Verlust der Fussgelenksstrategie wird durch die Gewichtsverlagerung auf das nicht-betroffene Bein kompensiert. Um Patienten zu ermöglichen, Störungen des Gleichgewichts im Alltag auszugleichen, sollte die Muskelkraft im nicht-betroffenen Bein gesteigert werden.

Ausserdem wird empfohlen, die symmetrische Gewichtsverteilung auf beide Beine zu trainieren. Um dies zu erreichen, ist es, wie die Studien zeigen, sinnvoll, in der Rehabilitation von Amputationspatienten mit einem audio oder/und visuellen Feedback zu arbeiten. Eine Möglichkeit wäre Schuheinlagen, welche den Druck unter den Füssen messen und diese Daten über ein Signal an einen Bildschirm weiterleiten und anzeigen. Eine einfachere und vor allem auch kostengünstigere Variante wären zwei Waagen, die jeweils unter einen Fuss gestellt werden.

Auch mit Spiegeln und Feedback des Therapeuten sollte gearbeitet werden. Wichtig ist zudem das intensive Gleichgewichtstraining mit einem Gerät, welches die Stabilität in die antero-posteriore bzw. medio-laterale Richtung verbessert.

Die Anwendung von PNF erwies sich ebenfalls als sehr wirkungsvoll. Da dies eine Technik ist, die gut in die Therapie eingebaut werden kann, wäre das eine sinnvolle Erweiterung des Rehabilitationsverfahrens.

Obwohl die Studien auch gute Resultate einige Zeit nach der Amputation erzielten, sollte mit der Rehabilitation möglichst früh begonnen werden, da die besten Ergebnisse bezüglich des Balancetrainings bei Patienten mit auE, kurz nach der Amputation und nach der ersten Prothesenanpassungen erreicht werden.

Für weitere Forschung müsste eine grössere Anzahl an Probanden rekrutiert werden können sowie jeweils ein Follow-up durchgeführt werden, um die Nachhaltigkeit der Interventionen zu prüfen. Ausserdem sollten auch Patienten mit Komorbiditäten und

Gefässerkrankungen in Studien einbezogen werden, um die Resultate der Studie auf die Allgemeinheit der Amputationspatienten beziehen zu können.

Mit Sicherheit wäre eine Studie interessant, welche die folgenden drei Therapieansätze miteinander vergleichen würde: die Therapie mit PNF, Therapie mit einem Gerät, welches die antero-posteriore bzw. die medio-laterale Stabilität trainiert und die Therapieform mit audio-visuellem Feedback.

## 8. Literaturverzeichnis

---

- Baumgartner, R. & Botta, P. (2008). *Amputation und Prothesenversorgung: Indikationsstellung, operative Technik, Nachbehandlung, Funktionstraining, Rehabilitation*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Bertram, A. M. & Laube, W. (2008). *Sensomotorische Koordination: Gleichgewichtstraining auf dem Kreisel*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Boulton, A. J. M., Vileikyte, L., Ragnarson-Tennvall, G. & Apelqvist, J. (2005). The global burden of diabetic foot disease. *The Lancet*, 366, 1719-1724.
- Bundesamt für Statistik (2011). *Medizinische Statistik der Krankenhäuser 2009*.  
Heruntergeladen von  
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/14/04/01/data/01/01.Document.138563.xls>
- Cheng, P. T., Wu S. H., Liaw, M. Y., Wong A. M. K. & Tang, F. T. (2001). Symmetrical body-weight distribution training in stroke patients and its effects on fall prevention. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81, 1650-1654.
- Erbahçeci, F., Yiğiter, K., Şener, G., Bayar, K. & Ülger, Ö. (2001). Balance training in amputees: comparison of the outcome of two rehabilitation approaches. *Journal of arthroplasty & arthroscopic surgery*, 12(2), 194-198.
- Fernie, G. F., & Holliday, P. J. (1978). Postural Sway in Amputees and Normal Subjects. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 60, 895-898.
- Geurts, A. C. H., Mulder, T. W., Nienhuis, B. & Rijken, R. A. J. (1991). Dual-task assessment of reorganization of postural control in persons with lower limb amputation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 72, 1059-1064.
- Gooday, H. M. K. & Hunter, J. (2004). Preventing falls and stump injuries in lower limb amputees during inpatient rehabilitation: completion of the audit cycle. *Clinical Rehabilitation*, 18, 379-390.
- Gruhn, H. & Gruhn-Pospischil, H. (2009). Die verlorene Mitte. *Praxis Physiotherapie*, 1, 42-47.
- Gupta, A. & Sharma, R. (2006). Comparison of Static Weight-Bearing and Static Sway in Below Knee Amputees Trained by Conventional verses Visual Biofeedback Techniques Using Dynamic Posturography. *Indian Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 17(1), 14-17.

- 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(S2), ii7-ii11.
- Hüter-Becker, A. & Dölken, M. (2005). *Physiotherapie in der Orthopädie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Klinke, R. (2005). Gleichgewichts-, Lage- und Bewegungssinn. In R. Klinke, H. C. Pape & S. Silbernagl (Hrsg.), *Physiologie* (S. 675-684). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Knuchel, S. & Schädler, S. (2004). Differenzialtests bei Gleichgewichtsstörungen: Drei Systeme in der Balance. *Physiopraxis*, 11-12, 28-31.
- Kulkarni, J., Toole, C., Hirons, R., Wright, S. & Morris, J. (1996). Falls in Patients with Lower Limb Amputations : Prevalence and Contributing Factors. *Physiotherapy*, 82(2), 130-136.
- Law, M., Steward, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. & Westmorland, M. (1998). *Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien*. Heruntergeladen von <http://www.srs-mcmaster.ca/Portals/20/pdf/ebp/quantform.pdf>
- Lee, M. Y., Lin, C. F. & Soon, K. S. (2007). Balance control enhancement using sub-sensory stimulation and visual-auditory biofeedback strategies for amputee subjects. *Prosthetic and Orthotics International*, 31(4), 342-352.
- Magnaguago, C. (2004). *Programmierbare multidirektionale Störungen lassen Gleichgewichtspathologien erkennen*. Heruntergeladen von [http://www.innovations-report.de/html/berichte/medizin\\_gesundheit/bericht-37380.html](http://www.innovations-report.de/html/berichte/medizin_gesundheit/bericht-37380.html)
- Matjačić, Z. & Burger, H. (2003). Dynamic balance training during standing in people with trans-tibial amputation: a pilot study. *Journal of Prosthetics and Orthotics International*, 27, 214-220.
- Meldrum, D. & Finn, A. M. (1993). An Investigation of Balance Function in Elderly Subjects Who Have and Have Not Fallen. *Physiotherapy*, 79(12), 839-842.
- Mensch, G. und Kaphingst, W. (1998). *Physiotherapie und Prothetik nach Amputationen der unteren Extremität*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Miller, W. C., Deathe, A. B., Speechley, M. & Koval, J. (2001). The Influence of Falling, Fear of Falling, and Balance Confidence on Prosthetic Mobility and Social Activity Among Individuals With a Lower Extremity Amputation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82, 1238-1244.

- Morbach, S., Müller, E., Reike, H., Risse, A. & Spraul, M. (2007). Diabetisches Fussyndrom. *Diabetologie und Stoffwechsel*, 2(2), 191-196.
- Overstall, P. W., Exton-Smith, A. N., Imms, F. J. & Johnson, A. L. (1977). Falls in the elderly related to postural imbalance. *British Medical Journal*, 1, 261-264.
- Pauley, T., Devlin, M. & Heslin, K. (2006). Falls sustained during inpatient rehabilitation after lower limb amputation: Prevalence and predictors. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85, 521-532.
- Pollok, A. S., Durward, B.R., Rowe, P. J. und Paul, J. P. (2000). What is balance? *Clinical Rehabilitation*, 14, 402-406.
- Schädler, S., Kool, J., Lüthi, H., Marks, D., Oesch, P., Pfeffer, A. & Wirz, M. (2006). *Assessment in der Neurorehabilitation*. Bern: Huber Hans.
- Sethy, D., Kujur, E. S. & Sau, K. (2009). Effect of balance exercise on balance control in unilateral lower limb amputees. *The Indian Journal of Occupational Therapy*, 3, 63-68.
- Sivan, M. & Bhakta, B. (2008). Restoring mobility: theories, technologies and effective treatments. *Clinical Medicine : Journal of the Royal College of Physicians*, 8(6), 596-600.
- Uustal, H. (2009). Prosthetic rehabilitation issues in the diabetic and dysvascular amputee. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 20 (4), 689-703.
- Wakasa, M., Seki, K., Fukuda, A., Sasaki, K. & Izumi, S. (2010). Muscle Activity and Postural Control during Standing of Healthy Adults Wearing a Simulated Trans-Femoral Prosthesis. *Journal of Physical Therapy Science*, 22(3), 233-238.
- Yiğiter, K., Şener, G., Erbahçeci, F., Bayar, K., Ülger, Ö. G. & Akdoğan, S. (2002). A comparison of traditional prosthetic training versus proprioceptive neuromuscular facilitation resistive gait training with trans-femoral amputees. *Prosthetics and Orthotics International*, 26, 213-217.



## 9. Abkürzungsverzeichnis

---

auE: amputierte untere Extremität

EBST: Einbeinstand

PmA: Patienten mit Amputationen

PNF: Propriozeptive, neuromuskuläre Fazilitation

TUG: Timed up and go Test

## 10. Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Stabilitätskegel bei der Sprunggelenksstrategie</i> .....	8
Quelle: Horak (2006)	
<i>Abbildung 2: B. zeigt die Hüftstrategie, C. zeigt den Schritt um den Sturz zu vermeiden</i> .....	9
Quelle: Horak (2006)	
<i>Abbildung 3: Bewegungsablauf des Gangs bei einem gesunden Menschen</i> .....	10
Quelle: Baumgartner et al. (2008)	
<i>Abbildung 4: Der BalanceReTrainer, welcher das Gleichgewicht trainiert, in dem der Patient in die Frontal- und Sagittalebene das Gleichgewicht hält</i> .....	13
Quelle: Matjačić, Z., Johannesen, I. L., Sinkjaer, T. (2000). A multi-purpose rehabilitation frame: A novel apparatus for balance training during standing of neurologically impaired individuals. <i>Journal of Rehabilitation Research &amp; Development</i> , 37(6), 681-692.	
<i>Abbildung 5: Der Proband hat die Aufgabe, den Mauszeiger auf dem Bildschirm durch Bewegen der Plattform in den aufleuchtenden Kreis zu bewegen</i> .....	14
Quelle: Matjačić et al. (2003)	
<i>Abbildung 6: Vergleich der verschiedenen Resultate zwischen der Kontroll- und der Studiengruppe</i> .....	15
Quelle: Sethy et al. (2009)	
<i>Abbildung 7: Die Studiengruppe erhielt Gleichgewichtstraining auf dem Balanceboard</i> .....	17
Quelle: Erbahçeci et al. (2001)	

## 11. Tabellenverzeichnis

---

*Tabelle 1: Normwerte für den Functional Reach Test ..... 12*

Quelle: Hüter-Becker et al. (2005).

## 12. Diagrammverzeichnis

---

<i>Diagramm 1: Ausschnitt der Resultate von Matjačić et al. (2003) vor und nach der Intervention, als Diagramm dargestellt. ....</i>	<i>14</i>
<i>Diagramm 2: Werte vor und nach der Intervention für den Flamingo Balance Test, als Diagramm dargestellt. ....</i>	<i>18</i>
<i>Diagramm 3: Ausschnitt der Resultate von Yiğiter et al. (2002). Vergleich der Studien mit der Kontrollgruppe vor und nach der Intervention, als Diagramm dargestellt. ....</i>	<i>20</i>

### 13. Eigenständigkeitserklärung

---

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benützung der angegebenen Quellen verfasst habe.

Ort/Datum:

Unterschrift:

---

Kloten, 12.05.2011

---

Sibylle Walder

## 14. Danksagung

---

Ich möchte mich bei allen Personen bedanken, die mich beim Schreiben dieser Arbeit ermuntert und unterstützt haben. Ein ganz herzlicher Dank geht an Frau Sandra Schächtelin, die mich während des Arbeitsprozesses unterstütz hat und auf meine Fragen immer eine Antwort wusste. Weiter bedanke ich mich bei Herrn H. Uustal, der mir seinen Artikel kostenlos zur Verfügung gestellt hat. Ausserdem geht ein grosses Dankeschön auch an „meine“ Korrekturleser Andreas Gallfuss und Thomas Walder für ihre konstruktiven Rückmeldungen und ihre Geduld und Rücksicht und an Marisa Archetti für das Drucken und Binden der Arbeit.

15. Anhang

a) Qualitätsindex

		1	2	3	4	5	6
Relevanz der Studie angegeben	1p	X	X	X	X	X	X
Ziel der Studie klar angegeben	1p	X	X	X	X	X	X
<b>Stichprobe</b>	Max. 5p						
N		X	X	X	X	X	X
Alter		X	X	X	X	X	X
Amputationshöhe,		X	X	X	X	X	X
Einschlusskriterien		-	X	X	X	X	X
Freiwilligkeit (Ethik)		X	X	X	-	X	X
<b>Gruppen</b>	2p						
Kontrollgruppe		-	X	X	X	X	-
Randomisiert auf beide Gruppen verteilt und Vergleichbar vor Intervention		-	?	-	X	X	-
<b>Methode</b>	3p						
Therapeuten verblindet?		?	?	?	X	?	?
War der Resultatwertmesser verblindet?		?	X	?	X	?	?
Patienten verblindet?		?	?	?	X	?	X
<b>Intervention:</b>	2p						
Messung vor & nach Intervention		X	X	-	X	X	-
Interventionen genau beschrieben		X	X	-	X	X	X
Statistische Signifikanz logisch angegeben oder Gründe weshalb nicht	1p	X	X	-	X	X	?
Schlussfolgerung angemessen	1p	X	X	-	X	X	X
	16 Punkte	10	13	8	15	13	10

X: Vorhanden    -: nicht vorhanden    ?: unklar/nicht erwähnt

Qualität: Hoch: 13-16 Punkte, Mittel: 9-12 Punkte, Tief: 0-8 Punkte

*b) Tabelle „Studien im Überblick“*

Studie	1	2	3
Titel	Dynamic balance training during standing in people with trans-tibial amputation: a pilot study	Effect of balance exercise on balance control in unilateral lower limb amputees	Comparison of static weight-bearing and static sway in below knee amputees trained by conventional versus visual biofeedback techniques using dynamic posturography
Autoren	Matjačić und Burger	Sethy, Kujur & Sau	Gupta & Sharma
Ziel der Studie	Herauszufinden, ob das GLG und das Gehen durch Übungen mit dem BalanceReTrainer verbessert werden kann	Erforschen des Effekts von Balancetraining auf die Balance Kontrolle bei Patienten mit unilateralamputierter unterer Extremität in der frühen Phase der Rehabilitation	Vergleich der Resultate bezüglich Gewichtsverteilung und Schwankungen bei Patienten mit konventionellem Training vs. Visuellem Biofeedback beim Gebrauch von dynamischer Posturographie
Relevanz der Studie	JA	JA	JA
Jahr	2003	2009	2006
<b>STICHPROBE</b>	(Minenopfer)	n.a.	n.a.
Amputation einer UE	JA	JA	JA
Höhe?	TTA	TTA/TFA	UA
Anzahl Patienten	14	15/15	15/15
Geschlecht & Alter	JA	JA	JA
Einbezugskriterien	n.a.	JA	JA
Ethik – Freiwillig	JA	JA	JA
Kontrollgruppe	NEIN	JA	JA
Vergleichbar vorher?		Unklar	NEIN
Messung vor/nach Intervention	JA	JA	NEIN, nur nach
Interventionszeit	20min/d für 5d	30min, 5x/W, 4W.	K: 30min, 5x/W, 5W    S:+20min, 5x/W, 5W.
Interventionsart	- Neigen auf alle Seite ohne Hilfe der Hände und zurückkehren in die vertikale Position auf dem BalanceReTrainer - Bewegen eines Cursors mittels medio-lateraler bzw. antero-posteriorer Kippung des BalanceReTrainers in verschieden, auf einem Monitor abgebildete Kreise	K: Konventionelles Training -> Barrentraining vor Spiegel S: Konventionelles Training + Training auf dem Phyaaction balance (Übung der medio-lateralen bzw. antero-posterioren Balance und Proprioception)	K: Konventionelles Training -> Gangtraining, Gewichtsverlagerung im Barren mit Spiegel S: Konventionelles Training + dynamic posturographie Training



Messungen	1) Dauer der Balance im EBST auf der Prothese 2) Timed-up & go Test 3) 10m Geh-Test	1) Functional Reach 2) medio-laterale Stabilität 3) antero-posteriore Stabilität	1) Statische Gewichtsverteilung (Augen zu) 2) Schwankungsparameter während 20sek
Gerät	BalanceReTrainer	Phyaction balance exercise version 2.0	Gerät für dynamisches GLG (dynamic posturography)
Resultate	Verbesserung aller 3 Messungen ss: 10min. Gehstest	ss: Functional Reach, medio-laterale Balance, antero-posteriore Balance, Zwischengruppenunterschied	ss: Gewichtsverteilung im Vergleich zu K. auch weniger Schwankungen bei S, aber nicht ss.
Discussion	Noch bessere Resultate wenn im frühen Stadium der Rehabilitation und wenn die Resultate nicht mit alter Prothese gemessen worden wären	Wenig Verbesserung antero-postero wegen Fehlender Fussgelenksstrategie (Aussage fraglich!)	-Wichtig ist biofeedback - selbst "gesunde" haben unterschiede in Gewichtsverteilung --> deshalb nicht wünschenswert eine vollständige Symmetrie, aber je ähnlicher, desto besser - fixiertes Sprunggelenk führt zu Verlust der Sprunggelenksstrategie, die für GLG und Haltung wichtig ist.
Conclusion	Im Vergleich zu konventionellem Training scheint das Training mit BalanceReTrainer, da es schwierigere Trainingszustände einbezieht, bessere Ergebnisse zu liefern. Zusätzliches kognitives Feedback und repetitives Training fördern das Bewusstsein von funktionellen Möglichkeiten und der posturalen Kontrolle	a) für eine bessere Teilnahme am alltäglichen Leben ist eine frühes prothesen und balance training im Rehabilitationsprogramm wichtig b) Kräftigung der nicht betroffenen Seite, da dort mehr Gewicht getragen wird.	a) bessere Gewichtsverteilung --> weniger Schwankung --> (weniger GLG-Probleme)--> wichtiger Faktor für Reha b) um bessere Gewichtsverteilung zu erlangen --> mit visuellem Feedback arbeiten (z.b. Messplattform) c) grössere Gruppe nötig um genau zu untersuchen
Signifikant	JA, p< 0.05	JA, p<0.05	Laut Autor JA (keine Angabe von p)

ss: signifikant

K: Kontrollgruppe

S: Studiengruppe/Interventionsgruppe

TTA: Transtibial amputierte

TFA: Transfemoral amputierte

EBST: Einbeinstand

GLG: Gleichgewicht

n.a: nicht angegeben

ueS: unerschwellig, elektrische Stimulation

W: Wochen

d: Tage

## Fortsetzung der Tabelle „Studien im Überblick“

Studie	4	5	6
Titel	Balance training in amputees: Comparison of the outcome of two rehabilitation approaches	A comparison of traditional prosthetic training versus proprioceptive neuromuscular facilitation resistive gait training with trans-femoral amputees	Balance control enhancement using sub-sensory stimulation and visual auditory feedback strategies for amputee subjects
Autoren	Erbahçeci, Yiğiter, Şener, Bayar & Ülger	Yiğiter, Şener, Erbahçeci, Bayar, Ülger & Akdoğan	Lee, Lin & Soon
Ziel der Studie	Die Wirksamkeit zweier Trainingsverfahren auf das GLG von Patienten mit Unterschenkelamputation	Der Vergleich der Ergebnisse von traditioneller vs. Proprioceptiven neuromuskulären facilitations (PNF) Techniken auf die Gewichtsverteilung und den Gang	Hypothese, dass das GLG im EBST und der Gang auf einem Laufband verbessert werden kann, in dem ueS bzw. audio-visuelles Biofeedback gegeben wird
Relevanz der Studie	JA	JA	JA
Jahr	2001	2002	2007
<b>STICHPROBE</b>	(Trauma)	(Trauma)	(Trauma)
Amputation einer UE	JA	JA	JA
Höhe?	TTA	TFA	TTA
Anzahl Patienten	20/20	25/25	7 (6)
Geschlecht & Alter	JA	JA	JA
Einbezugskriterien	JA	JA	JA
Ethik – Freiwillig	NEIN	JA	JA
Kontrollgruppe	JA	JA	NEIN
Vergleichbar vorher?	JA (randomisiert)	JA (randomisiert)	(randomly selected Subjects)
Messung vor/nach Intervention	JA	JA	Während (da Applikation während der Ausführung des EBST)
Interventionszeit	2x/d je 1h, 3W	30min/d, 10 Behandlungen	- (unklar) 6x EBST; je 3x zufällig mit&ohne ueS - 20 min auf dem Laufband (5min warm-up, 10min Training, 5min cool-down)
Interventionsart	K: konventionelles Rehabilitationstraining--> Kräftigung, Haltungsübungen und Barren-Aktivitäten  S: GLG-Übungen mit einem Balancebrett und audio-visuellem Stimulus mittels Spiegel	K: Konventionelle Therapie --> Gewichtsverlagerung, dynamische GLG-Aktivitäten im Barren, Stufen- und Gangübungen  S: gleiche Aktivitäten wie K., zusätzlich statische GLG-Übungen mit Widerstand in antagonistische Richtung & Approximation	-EBST 6x so lange wie möglich, zufällig 3x mit ueS auf den Quadriceps (jeweils 15min Pause dazwischen) - Gehen auf dem Laufband für jeweils 20 min (5min warm-up, 10min Training, 5min cool-down) Steigerung der Geschwindigkeit nach jeder Minute mit und ohne audio-visuelles Feedback

Messungen	Flamingo Balance Test (=EBST) mit offenen und geschlossenen Augen	- Messung der Gewichtsverteilung in % - Zeit-Strecke beim Gehen (12Meter Strecke)	via Zebri die Fussdruckmessung, Gewichtsverteilung & GLG  (Jeweils vier Faktoren für dynamische und statische Gleichgewichtskontrolle)
Gerät	ein Balanceboard	- (PFN)	- (Elektrische Stimulation (unterschwellig)) -Laufband
Resultate	vor Intervention keine ss Unterschiede zwischen den Gruppen ss: prä/post in beiden Gruppen; ss Unterschied von S. im Vergleich zu K. (Augen offen und zu)	ss: Gewichtsverteilung & meisten Gangparameter (6/8) in beiden Gruppen prä/post sowie Zwischengruppenvergleich	ss: statischen Gleichgewichtskontrolle während ueS im Vergleich zu keiner ueS  ss: dynamische Gleichgewichtskontrolle sowohl auf der betroffenen als auch auf der nicht-betroffenen Seite
Diskussion	- intensives GLG-Training ist notwendig um den funktionellen Gebrauch der Prothese zu verbessern - Das Balancebrett als Trainingsgerät ist bei amputierten Patienten ein effektiver Weg um ein adäquates Gleichgewicht zu erlangen	- beide therapeutischen Vorgehensweisen waren effektiv bezüglich Gewichtsverlagerung und Gang, aber trotzdem wurden bessere Resultate in der Gruppe, welche mit PNF behandelt wurde erzielt - Proprioceptives Feedback ist ein wirksame Art um GLG, symmetrische Gewichtsaufnahme und Gang zu erreichen	- Sowohl die ueS als auch das audio-visuelle Training verbessert das Gleichgewicht - weitere Studien mit einer grösseren Anzahl an Probanden ist nötig um Hypothesen zu bestätigen - Verbesserung evt. Auch durch intensives Laufbandtraining entstanden
Schlussfolgerung	a) Unterschenkelamputierte können einen hohen funktionellen Level in den ADLs erreichen, in dem sie einen symmetrischen Stand gewinnen. b) daher muss neben dem konventionellen Training spezielles GLG-Training angewendet werden c) Weiterführende Forschungen sind erforderlich um das GLG auf unebenen Gelände, Arbeit und sozialem Umfeld zu bewerten	a) Training basierend auf proprioceptivem Feedback war wirkungsvoller um die Gewichtsverteilung zu verbessern als das konventionelle Trainingsprogramm	a) ueS könnte in Prothese eingebaut werden um GLG zu verbessern und Anzahl/Schwere Stürze zu vermeiden  b) audio-visuell wichtig um Verlust der Sensorik auszugleichen
Signifikant	JA, p<0.05	JA p<0.05	Laut Autoren JA, (aber in % angegeben – Signifikanzschwelle unbekannt)

ss: signifikant

K: Kontrollgruppe

S: Studiengruppe/Interventionsgruppe

TTA: Transtibial amputierte

TFA: Transfemorale amputierte

EBST: Einbeinstand

GLG: Gleichgewicht

n.a: nicht angegeben

ueS: unterschwellig, elektrische Stimulation

W: Wochen

d: Tage

## 16. Wortzahl

---

Anzahl Worte des Abstracts:	188
Anzahl Worte der Arbeit (exklusive Abstract, Abbildungen, Tabellen, Diagramme, Verzeichnisse und Anhang):	7790