



UNIVERSITÉ DE FRIBOURG  
UNIVERSITÄT FREIBURG

SCIENCES DU MOUVEMENT ET DU SPORT  
BEWEGUNGS- UND SPORTWISSENSCHAFTEN

UNIVERSITÄT FREIBURG, SCHWEIZ  
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT  
DEPARTEMENT FÜR MEDIZIN

In Zusammenarbeit mit der  
EIDGENÖSSISCHEN HOCHSCHULE FÜR SPORT MAGGLINGEN

DIE EFFEKTE EINES RÜCKENSPEZIFISCHEN GLEICHGEWICHTSTRAININGS BEI PATIENTEN MIT  
CHRONISCHEN LUMBALEN RÜCKENSCHMERZEN

Abschlussarbeit zur Erlangung des Masters in  
Bewegungs- und Sportwissenschaften  
Option Unterricht

Referent  
Prof. Dr. Wolfgang TAUBE

Betreuer-In  
Wolfgang TAUBE  
Konstantin BEINERT

Carmen PERNSTICH  
Fribourg, Juni 2016

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>4</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>4</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>5</b>
<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>6</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Funktionsstörungen verbunden mit CLBP .....</b>	<b>10</b>
1.1.1 Einfluss von CLBP auf die Gleichgewichtsfähigkeit .....	10
1.1.2 Einfluss von CLBP auf die Sensomotorik .....	11
1.1.3 Einfluss von CLBP auf das Gangmuster .....	12
1.1.4 Einfluss von CLBP auf die lumbale Muskulatur .....	13
<b>1.2 Die Effekte eines Gleichgewichtstrainings .....</b>	<b>14</b>
1.2.1 Die Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf die Sensomotorik der CLBP-Patienten.....	17
1.2.2 Die Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf das Gangmuster der CLBP-Patienten.....	17
1.2.3 Die Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf die lumbale Muskulatur der CLBP- Patienten .....	18
1.2.4 Die Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf die Schmerzen und den Alltag der CLBP-Patienten.....	19
<b>1.3 Ziel und konkrete Fragestellung.....</b>	<b>19</b>
<b>2 Methoden .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1 Probanden .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2 Studiendesign .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3 Intervention .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4 Messmethoden .....</b>	<b>24</b>
2.4.1 Messung des Gleichgewichts.....	24
2.4.2 Messung der zervikalen und lumbalen Winkelreproduktion.....	27
2.4.3 Messung des Ganges .....	29
2.4.4 Messung der lumbalen Kraftausdauer.....	30
2.4.5 Messung der Schmerzempfindlichkeit.....	30
<b>2.5 Datenanalyse und Statistik .....</b>	<b>33</b>

2.5.1	Gleichgewichtstests.....	33
2.5.2	JPS -Tests.....	33
2.5.3	Ganganalyse.....	34
2.5.4	Biering-Sorensen Test.....	34
2.5.5	Visuelle Analogskala (VAS) .....	34
2.5.6	Fragebögen .....	34
<b>3</b>	<b>Resultate .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1</b>	<b>Gleichgewicht .....</b>	<b>36</b>
3.1.1	Standstabilität.....	36
3.1.2	Rumpfstabilität.....	39
<b>3.2</b>	<b>Zervikale und lumbale Winkelreproduktion .....</b>	<b>39</b>
<b>3.3</b>	<b>Ganganalyse .....</b>	<b>40</b>
<b>3.4</b>	<b>Lumbale Kraftausdauer .....</b>	<b>42</b>
<b>3.5</b>	<b>Schmerzintensität .....</b>	<b>42</b>
<b>3.6</b>	<b>Fragebögen.....</b>	<b>43</b>
3.6.1	RMDQ-Score .....	43
3.6.2	FABQ-Ergebnisse.....	44
<b>4</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>46</b>
<b>4.1</b>	<b>Effekte des RGT auf die Standstabilität der CLBP-Patienten .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2</b>	<b>Effekte des RGT auf die Rumpfgleichgewichtsfähigkeit der CLBP-Patienten .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3</b>	<b>Effekte des RGT auf die Winkelreproduktionsfähigkeit der CLBP- Patienten .....</b>	<b>49</b>
<b>4.4</b>	<b>Effekte des RGT auf das Gangmuster der CLBP-Patienten .....</b>	<b>52</b>
<b>4.5</b>	<b>Effekte des RGT auf die lumbale Kraftausdauer der CLBP-Patienten .....</b>	<b>53</b>
<b>4.6</b>	<b>Effekte des RGT auf die Schmerzwahrnehmung der CLBP-Patienten .....</b>	<b>54</b>
<b>4.7</b>	<b>Effekte des RGT auf die Beeinträchtigung im Alltag der CLBP-Patienten .....</b>	<b>55</b>
<b>4.8</b>	<b>Effekte des RGT auf die Überzeugungen (beliefs) der CLBP-Patienten .....</b>	<b>56</b>
<b>4.9</b>	<b>Limitationen.....</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>58</b>
	<b>Danksagung.....</b>	<b>59</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>60</b>
	<b>Persönliche Erklärung.....</b>	<b>75</b>
	<b>Urheberrechtserklärung.....</b>	<b>76</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>77</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Psychologische Prozesse der Schmerzwahrnehmung .....	9
Abb. 2: Struktur des motorischen Systems. ....	15
Abb.3: Interrelation zwischen der kortikalen Plastizität und der Standstabilität.....	16
Abb.4: Messprinzip der Kraftmessplatte von (Burini, 2008). ....	24
Abb.5 : Posturomed (Haider Bioswing, Pullenreuth, Germany). ....	25
Abb. 6: Darstellung der Messung der Rumpfstabilität .....	27
Abb.7: Messung der lumbalen Sensomotorik.....	28
Abb. 8: Das Optogait Messgerät zur Erfassung der Gangvariabilität .....	29
Abb. 9: Originaler Biering-Sorensen Test. ....	30
Abb. 10: Faces Pain Scale-Revised nach Hicks (FPS-R) .....	32
Abb.11: Standstabilität auf dem Posturomed. ....	37
Abb.12: Standstabilität auf der Kraftmessplatte. ....	38
Abb.13: Rumpfstabilität auf der Kraftmessplatte. ....	39
Abb.14: Lumbale und zervikale JPS-Tests.....	40
Abb. 15: Ergebnisse der Gangvariabilität. ....	41
Abb. 16: Veränderung der Ganggeschwindigkeit und Schrittlänge vom Prä- zum Post-Test. ....	41
Abb. 17: Biering-Sorensen Ergebnisse. ....	42
Abb. 18: VAS Ergebnisse. ....	43
Abb.19: Veränderung des RMDQ-Scores vom Prä- zum Post-Test in Punkten. ....	43
Abb.20: Veränderung des FABQ-Scores in Bezug auf die körperliche Aktivität vom Prä- zum Post-Test in Punkten. ....	44
Abb.21: Veränderung des FABQ-Scores in Bezug auf die Arbeitsbelastung vom Prä- zum Post-Test in Punkten. ....	45
Abb. 22: Zervikaler Goniometer zur Nacken-JPS-Messung .....	50
Abb. 23: Lumbales JPS-Messgerät von Silfies et al., (2007) .....	51

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Biometrische Daten der Probanden (Mittelwerte und Standardfehler).....	21
Tab. 2: Gruppenvergleich vor der Intervention ( $t$ -Tests).....	36

## **Abkürzungsverzeichnis**

CLBP	Chronic Low Back Pain
COP	Center Of Pressure
CSA	Cross Sectional Area
EL	Einbeinstand Links
ER	Einbeinstand Rechts
FABQ	Fear-Avoidance-Belief-Questionnaire
GG	Ganggeschwindigkeit
ICC	Inter-class Correlation Coefficient
IG	Interventionsgruppe
JPS Test	Joint Position Sense Test
KG	Kontrollgruppe
LL	Lumbal Links
LMM	Lumbale Multifidus Muskeln
LR	Lumbal Rechts
PL	Perturbation Links
PR	Perturbation rechts
RGT	Rumpf-Gleichgewichts-Training
RMDQ	Roland and Morris Disability Questionnaire
SL	Schrittlänge
VAS	Visuelle Analog Skala
ZL	Zervikal Links
ZR	Zervikal Rechts

## **Zusammenfassung**

**Einleitung:** Das Leiden an chronischen lumbalen Rückenschmerzen (CLBP) ist eine der meist verbreiteten Volksbeschwerden in Europa und in den USA. Die Effekte eines Rumpfgleichgewichtstrainings (RGT) bei CLBP-Patienten sind in der Literatur kontrovers diskutiert. Deswegen wurden in dieser Masterarbeit hauptsächlich die Auswirkungen eines RGT auf die Schmerzwahrnehmung, den Alltag und die Überzeugungen der CLBP-Patienten untersucht. Nebenbei wurden die Effekte eines RGT auf die Stand- und Rumpfstabilität, auf das Gangmuster, auf die lumbale Kraftausdauer und auf die lumbale und zervikale Sensomotorik beobachtet.

**Methoden:** Insgesamt wurden 32 CLBP-Probanden ( $30.3 \pm 2.3$  Jahre) in eine Interventionsgruppe (IG) und eine Kontrollgruppe (KG) eingeteilt. Die Prä- und Post-Tests umfassten Gleichgewichtstests mittels Posturomed und Kraftmessplatte, eine Ganganalyse mittels einem Optogait-System, Analysen in Bezug auf die Schmerzen mittels der Visuellen Analogskala (VAS), dem Roland and Morris Disability Questionnaire (RMDQ), und dem Fear-Avoidance-Belief-Questionnaire (FABQ), „Joint Position sense (JPS)“-Tests für die Messung der Sensomotorik und einen Biering-Sorensen-Test für die Messung der lumbalen Kraftausdauer. Die Intervention bestand aus einem vierwöchigen Rumpfgleichgewichtstraining (3x pro Woche 30 Minuten).

**Resultate:** Signifikante Zeit\*Gruppen Effekte ergaben die Auswertung der VAS, der Standstabilität auf der Kraftmessplatte und des Biering-Sorensen-Tests ( $p < 0.05$ ). Die IG verbesserte sich in diesen Bereichen im Gegensatz zur KG signifikant. Keine signifikante Zeit\*Gruppen Effekte resultierten aus der Messung des Gangmusters, der Rumpfstabilität, der Standstabilität auf dem Posturomed, der lumbalen und zervikalen Sensomotorik ( $p > 0.05$ ). Die RMDQ und FABQ Fragebögen zeigten keine signifikanten Veränderungen nach der Intervention ( $p > 0.05$ ).

**Schlussfolgerung:** Das Rumpfgleichgewichtstraining hat die Schmerzintensität der CLBP-Patienten signifikant reduziert. Gleichzeitig verbesserte sich auch ihre statische Standstabilität und lumbale Kraftausdauer signifikant. Das 4-wöchige rückenstabilisierende Gleichgewichtstraining scheint jedoch keinen positiven Effekt auf das Rumpfgleichgewicht, die Winkelreproduktion und das Gangmuster zu haben.

# 1 Einleitung

Das Leiden an chronischen lumbalen Rückenschmerzen ist eine der meist verbreiteten Volksbeschwerden in Europa und in den USA (Koda et al., 1991). In Italien sind chronische lumbale Rückenschmerzen die Hauptursache für Abwesenheit von der Arbeit und die zweithäufigste Ursache für permanente Arbeitsunfähigkeit (Magni, Caldieron, Rigatti-Luchini, & Merskey, 1990). Auch in der Schweiz sind die Rückenschmerzen der Angestellten für 26% der beruflichen Abwesenheit verantwortlich (Läubli, 2009). Natürlich führt dies zu sozioökonomischen Konsequenzen. Auch wenn der Grossteil der direkten Kosten der Versorgung den Ärzten zugeschrieben wird, sind es die indirekten Kosten durch Abwesenheit bei der Arbeit und soziale Isolation, die 85% der Gesundheitskosten verursachen (Zusman, 2013). Deswegen ist die Prävention von chronischen Rückenschmerzen von grosser Bedeutung.

Lumbale Rückenschmerzen können in der Regel als chronisch bezeichnet werden, wenn sie seit länger als drei Monaten (12 Wochen) vorhanden sind (Airaksinen et al., 2006). Diese Schmerzen befinden sich zwischen der letzten Rippe und der Glutealfalte und sie können bis ins Bein ausstrahlen (ebd.). Oft ist die Ursache der Schmerzen entweder nicht bekannt oder sie kann nicht eindeutig definiert werden (North American Spine society: Public Education Series, n.d.). Obwohl die Ätiologie von chronischen lumbalen Rückenschmerzen / Chronic Low Back Pain (CLBP) komplex und noch unklar ist, gibt es mehrere Hypothesen zu der Herkunft von CLBP (Gatti et al., 2011).

Eine Vielzahl von wissenschaftlichen Studien haben bisher gezeigt, dass Patienten mit CLBP ihre Rumpfmuskulatur sowohl bei nicht vorsehbaren Rumpfperturbationen wie auch bei vorsehbaren Rumpfperturbationen verzögert anspannen (Hodges & Richardson, 1996, 1998; Moseley & Hodges, 2005; Radebold, Cholewicki, Polzhofer, & Greene, 2001; Reeves, Cholewicki, & Milner, 2005). Mehrere Forscher erklären die verspätete Anspannung der Rumpfmuskulatur bei CLBP-Patienten durch eine Beeinträchtigung der neuronalen Kontrolle (Panjabi, 1992; 2003). Es ist mittlerweile anerkannt, dass unsere Wirbelsäule dank Feedback und Feedforward Kontrollmechanismen, die die Steifigkeit der spinalen Muskeln modulieren, stabilisiert wird (Hodges & Moseley, 2003). Forscher vermuten unter anderem, dass diese

Kontrollmechanismen bei den CLBP-Patienten verändert funktionieren (Panjabi, 2003). Der Grund für die wahrscheinliche Entstehung von spinalen motorischen Dysfunktionen nach einer Rückenverletzung ist unklar (Gatti et al., 2011). Leinonen et al. (2007) berichten, dass die verspätete Antwort der Rückenmuskulatur bei Patienten mit CLBP mit einer ungenauen Verarbeitung der Information von den höheren Zentren des zentralen Nervensystems verbunden sein könnte. Andere Forscher vermuten, dass Patienten mit CLBP ein Defizit im spinalen Reflexkreislauf haben (Reeves et al., 2005). Diese Forscher stellten in einem Experiment fest, dass CLBP-Patienten bei einer plötzlichen Lastfreisetzung längere Reflexlatenzen hatten als gesunde Kontrollprobanden (ebd.). Diese längeren Reflexlatenzen gelten jedoch als vorbestehende Risikofaktoren und nicht als Konsequenz von unteren Rückenschmerzen (Cholewicki et al., 2005). Weitere Wissenschaftler formulieren die Hypothese, dass Veränderungen im Gehirn zu der Chronifizierung von Schmerzen führen könnten (Wand & O'Connell, 2008). Apkarian et al., (2004) beobachteten zum Beispiel eine reduzierte Dichte der grauen Substanz im präfrontalen Kortex und im rechten Teil des Thalamus bei chronischen Rückenpatienten gegenüber gesunden Probanden. Grachev et al., (2003) stellten bei CLBP-Patienten eine Neurodegeneration im dorsolateralen prä-frontalen Kortex fest (Grachev, Ramachandran, Thomas, Szeverenyi, & Fredrickson, 2003). Folglich vermuten Wand et al., (2008), dass die kortikale Reorganisation und Degeneration unter anderem für die CLBP verantwortlich ist.

Es gibt jedoch nicht nur neurologische Hypothesen zu der Herkunft von CLBP, man vermutet auch eine psycho-soziale Herkunft von diesen Schmerzen. Linton & Shaw (2011) fassen in ihrem Paper die psycho-sozialen Risikofaktoren, die man auch „yellow flags“ nennt, für die Chronifizierung von Rückenschmerzen zusammen. Sie beschreiben in einem ersten Teil welche psychologischen Prozesse die Schmerzen beeinflussen können (siehe Abb.1).



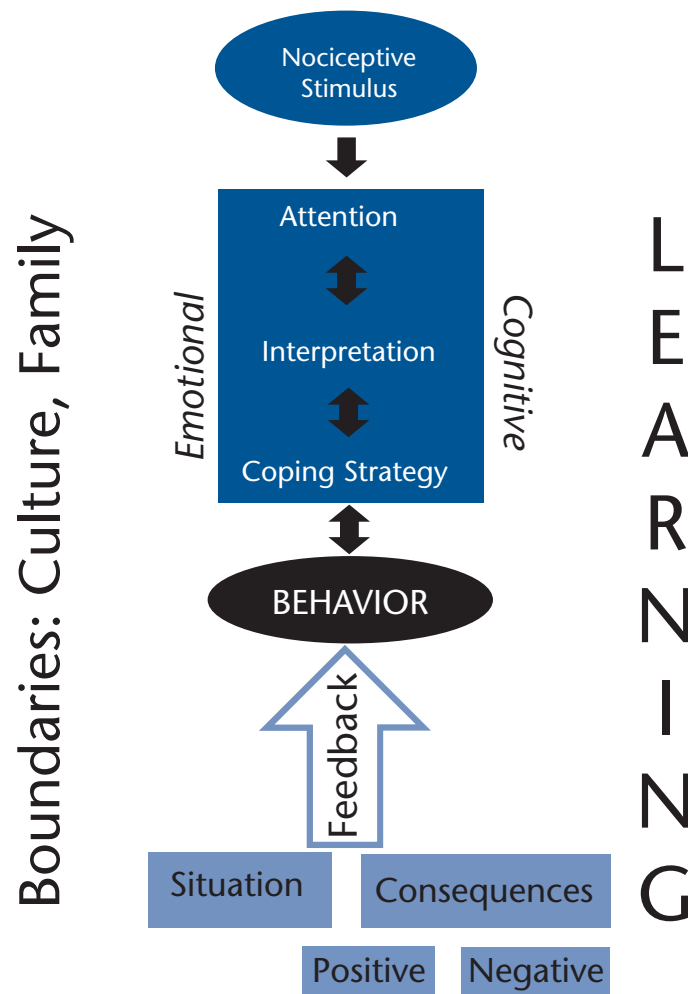


Abb.1: Psychologische Prozesse der Schmerzwahrnehmung von Linton et Shaw (2011).

In dieser Abbildung fassen Linton et Shaw (2011) die menschliche Reaktion auf einen schmerzhaften Stimulus zusammen. Bei einem schmerzhaften Stimulus wird zuerst die Aufmerksamkeit auf die schmerzhaft Region gerichtet, dann wird dieser Schmerz interpretiert und es wird eine Bewältigungsstrategie dazu entwickelt. Diese Bewältigungsstrategie induziert ein bestimmtes Verhalten, das ebenfalls von den Konsequenzen dieser psychologischen Prozesse und von der Umwelt (Kultur und soziale Werte) beeinflusst wird (Linton & Shaw, 2011).

Linton et Shaw (2011) erwähnen mehrere psychologische-Modelle, die zeigen, wie diese psychologischen Prozesse zu einer Chronifizierung der Schmerzen führen können. Zum Beispiel beschreiben sie das „fear-avoidance-model“ (Angst-vermeidungsmodell). In diesem Modell wird erklärt, dass die Aufmerksamkeit, die man den Schmerzen gibt, die Interpretation des Schmerzinputs, die Gedanken und Überzeugungen (beliefs) über die Schmerzen, die Emotionen, die Bewältigungsstrategien und das daraus resultierende Verhalten einen Einfluss auf die Dauer der

Schmerzen hat. Das „fear-avoidance-model“ besagt, dass Menschen, die ihren Schmerzen eine zu grosse Beachtung schenken, beziehungsweise die ihre Schmerzen wegen bestimmter Überzeugungen (beliefs) und Gedanken negativ interpretieren, Emotionen wie Angst und Depression entwickeln, die wiederum zu unpassenden Bewältigungsstrategien und Verhaltensweisen, wie zum Beispiel die Vermeidung von Aktivitäten, führen kann. Durch die Vermeidung von Aktivitäten projiziert man sich dann in einen Teufelskreis, denn dieses Verhalten intensiviert die Dysfunktion, die soziale Isolation, die negativen Emotionen, und am Schluss auch die Schmerzen (ebd.). Mehrere Studien unterstützen die Aussagen dieses Models in dem sie bestätigen, dass Angstvermeidungsgedanken und Verhaltensweisen die Dauer der Schmerzen verlängern und die Chancen zur Wiederherstellung minimieren (Darlow et al., 2013; Main, Foster, & Buchbinder, 2010; Rainville et al., 2011). Es ist in der Literatur erwiesen, dass psycho-soziale Faktoren einen Einfluss auf die Chronifizierung der Schmerzen haben (Linton & Shaw, 2011).

Es gibt also mehrere Hypothesen zu der Entwicklung von chronischen lumbalen Rückenschmerzen. Trotzdem ist der genaue Grund für CLBP bisher noch undefiniert.

## **1.1 Funktionsstörungen verbunden mit CLBP**

In der Vergangenheit wurde anhand mehrerer wissenschaftlicher Untersuchungen gezeigt, dass CLBP einen negativen Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit, die Sensomotorik, den Gang und die lumbale Muskelkraftausdauer der Patienten haben.

### **1.1.1 Einfluss von CLBP auf die Gleichgewichtsfähigkeit**

Mehrere Studien zeigen, dass CLBP die Gleichgewichtsfähigkeit der Patienten, sowohl im Einbeinstand (Luoto et al., 1998) als auch im normalen aufrechten Stand (Nies & Sinnott, 1991) beeinträchtigten. Radebold et al. (2001) berichten zusätzlich, dass das Gleichgewicht der Patienten mit CLBP auch sitzend schlechter ist als das der Personen ohne CLBP. In dieser Studie hatten die Patienten mit CLBP bei Einfluss von einer plötzlichen auftretenden externen Last ein Defizit im Rumpfgleichgewicht aufgewiesen (Radebold et al., 2001). Später betonte Panjabi (2003) in seiner Studie, in der die CLBP-Patienten bei geschlossenen Augen ein schlechteres Rumpfgleichgewicht aufwiesen als die gesunden Probanden, den möglichen Zusammenhang zwischen dem schlechteren Rumpfgleichgewicht und der verzögerten Rumpfmuskulatur-Aktivierung der CLBP-Patienten. Allgemein ist die

unterschiedliche Gleichgewichtsfähigkeit bei Personen mit und ohne CLBP vor allem unter schwierigen Bedingungen erkennbar (Gatti et al., 2011).

In der Literatur wurde die schlechtere Gleichgewichtsfähigkeit der CLBP-Patienten nicht nur als Konsequenz der CLBP dargestellt, sondern auch als möglicher Prädiktor für die spätere Entwicklung von solchen Schmerzen. Zum Beispiel vermuten Takala & Viikari-Juntura (2000), dass Menschen mit einer geringeren Gleichgewichtsfähigkeit ein grösseres Risiko haben, spätere CLBP zu entwickeln.

### **1.1.2 Einfluss von CLBP auf die Sensomotorik**

Ein zusätzlicher Grund für ein geringeres Rumpfgleichgewicht bei CLBP-Patienten könnte ihr schlechterer Positionssinn, beziehungsweise ihre schlechtere Sensomotorik sein (Gatti et al., 2011). Der Begriff «Sensomotorik» ist eine Zusammensetzung der Wörter «Sensorik» und «Motorik» (Kienle & Meyer, 2015). «Sensorik» bezeichnet die Aufnahme von Informationen und deren Weiterleitung an das zentrale Nervensystem (Gehirn, Rückenmark) und «Motorik» steht für die Ansteuerung und die daraus folgende Anspannung der Muskulatur (ebd.). Sensomotorik ist folglich das Zusammenspiel zwischen den Muskeln und dem Nervensystem (ebd.). In diesem Zusammenspiel entstehen sogenannte sensomotorische Regelkreise, die der Steuerung der Motorik dienen (Haus, 2005). Die wichtigsten sensorischen Systeme bilden dabei die sogenannten Basissinne: das visuelle System, das vestibuläre System (Gleichgewichtssinn) und das somatosensorische System (das Körperwahrnehmungssystem). Zusammen mit Mechano- und Thermorezeption wird die Propriozeption, die auch Tiefensensibilität genannt wird, als Somato-Sensorik (Körperwahrnehmung) bezeichnet (Olivier, Rockmann, & Krause, 2013). Die Propriozeption ist ein Bestandteil der Sensomotorik und kann in Stellungssinn, Bewegungssinn und Kraftsinn unterteilt werden (Proske & Gandevia, 2012). Über diese Sinne kann ein Mensch dank dem entscheidenden Beitrag von Hautrezeptoren, Gelenkrezeptoren und vor allem von Muskelspindeln fühlen, wie weit er einen Körperteil bewegt, wie schnell er ihn bewegt und, ob diese Bewegung anstrengend ist (ebd.). Die Tiefensensibilität ermöglicht, sowohl bei offenen Augen wie auch bei geschlossenen Augen, seinen Körper unter stabilen und dynamischen Bedingungen zu kontrollieren, zu orientieren und zu stabilisieren (Laskowski, Newcomer-Aney, & Smith, 1997). Aspekte der Propriozeption kann man zum Beispiel mittels eines Winkelreproduktionstestverfahrens messen. Es handelt sich um ein

Verfahren bei dem die Fähigkeit einer Person eine ursprünglich veränderte Position so genau wie möglich wiederherzustellen (Stellungssinn), geprüft wird. Bisherige Studien deuten darauf hin, dass CLBP-Patienten eine schlechtere Rumpfpropriozeption haben als Menschen ohne Schmerzen (Brumagne, Cordo, Lysens, Verschueren, & Swinnen, 2000; Newcomer, Laskowski, Yu, Johnson, & An, 2000). Die schlechtere Rumpfpropriozeption wurde in diesen Studien anhand von Winkelreproduktionstests festgestellt. Das bedeutet, dass CLBP-Patienten die Position ihres Rumpfes vermutlich ungenauer wahrnehmen können als gesunde Personen.

### **1.1.3 Einfluss von CLBP auf das Gangmuster**

In der Vergangenheit wurde anhand verschiedener wissenschaftlichen Studien herausgefunden, dass die CLBP ebenfalls einen Einfluss auf das Gangmuster haben. Allgemein ergeben die Studien zu diesem Thema, dass CLBP-Patienten einen langsameren Gang haben als Menschen ohne CLBP (Keefe & Hill, 1985; Lamothe, Meijer, Daffertshofer, Wuisman, & Beek, 2006; Selles, Wagenaar, Smit, & Wuisman, 2001). Keefe (1985) beobachtete in seiner Studie, dass CLBP-Patienten nicht nur langsamer gehen, sondern auch kleinere Schritte als Kontrollprobanden machen. Andere Befunde deuten auf Unterschiede in der Aktivierung und Koordination der lumbalen Muskulatur während des Ganges zwischen Probanden mit und ohne CLBP hin (Arendt-Nielsen, Graven-Nielsen, Sværre, & Svensson, 1996; Lamothe et al., 2006). Um diese Unterschiede zu verstehen, ist es wichtig die zwei Hauptphasen des Gangzyklus, zu kennen. Ein Gangzyklus beginnt mit dem ersten Bodenkontakt des Aufsetzens eines Fusses und endet mit dem folgenden Bodenkontakt desselben Fusses (Kramers-de Quervain, Stüssi, & Stacoff, 2008). Der Zyklus beinhaltet somit eine Stand- und Schwungphase beider Seiten (ebd.) Bezüglich dieser Gangphasen zeigen Arendt-Nielsen & al. (1996), dass Patienten mit CLBP im Gegensatz zu den gesunden Probanden ihre Rumpfmuskulatur während der Schwungphase sehr stark aktivieren, obwohl die Rumpfmuskulatur in dieser Phase normalerweise nicht aktiv sein sollte. Im Gegensatz dazu wird während der Zweibeinstandphase, wenn die Rückenmuskulatur eigentlich sehr aktiv sein sollte, bei den CLBP-Patienten eine reduzierte Rückenmuskulatur-Aktivität beobachtet (Arendt-Nielsen et al., 1996). Zudem haben Vogt et al., (2001) im Gangmuster der CLBP Patienten eine grössere Schritt zu Schritt Variabilität bei den CLBP-Patienten

als bei Menschen ohne CLBP festgestellt (Vogt, Pfeifer, Portscher And, & Banzer, 2001).

#### **1.1.4 Einfluss von CLBP auf die lumbale Muskulatur**

Darlow et al., (2013) interessieren sich in ihrer Studie unter anderem für die Überzeugungen der CLBP-Patienten betreffend ihrer Rückenschmerzen. Die CLBP-Patienten, die er befragte, waren zum Beispiel überzeugt, dass eine stärkere Rückenmuskulatur sie vor intensiveren Rückenschmerzen schützen würde. Die Literatur stellt diesen Zusammenhang zwischen einem starken Rücken und weniger Schmerzen jedoch in Frage. Mehrere Forscher zeigten, dass eine schwache Rückenmuskulatur kein Prädiktor für die Entwicklung von späteren muskuloskeletalen Beschwerden, wie zum Beispiel CLBP, ist (Faber et al., 2012; Timpka, Petersson, Zhou, & Englund, 2013). Trotzdem kommt in der Literatur zur Geltung, dass die Rückenmuskulatur von CLBP-Patienten vor allem in der Extension weniger ausdauernd ist als die der Personen ohne CLBP (Kankaanpää, Taimela, Laaksonen, Hänninen, & Airaksinen, 1998; Suter & Lindsay, 2001; Süüden, Erelina, Gapeyeva, & Pääsuke, 2008). Andere Forscher zeigten zusätzlich, dass sich auch der Gluteus Maximus (der grösste Gesässmuskel) und die Rumpfmuskulatur der CLBP-Patienten schneller ermüden, als bei gesunden Personen (Kankaanpää et al., 1998; Moffroid, 1997). Die Rückenmuskulatur der CLBP-Patienten scheint also nicht unbedingt weniger stark, sondern weniger ausdauernd zu sein, als die der Personen ohne CLBP.

Neben einer verringerten Ausdauerleistungsfähigkeit konnte bei CLBP-Patienten eine Atrophie und eine Verfettung der paraspinalen Muskulatur nachgewiesen werden. Die Recherchen dazu beziehen sich meistens spezifisch auf die paraspinalen lumbalen Multifidus Muskeln (LMM), die als sehr wichtige Stabilisatoren der Lendenwirbelsäule gelten (Freeman, Dean, & Hanham, 1965). Zum Beispiel zeigen Fortin & Macedo (2013) in ihrer Übersichtsarbeit ein Tendenz, dass die paraspinale Muskulatur der CLBP-Patienten signifikant kleiner ist, als die der gesunden Probanden, die sie untersucht haben. Chan et al., (2012) bestätigen dies und demonstrieren in ihrer Studie, dass die CLBP-Patienten eine kleinere Multifidus Querschnittsfläche / Cross-Sectional Area (CSA) haben als gesunde Probanden. Diese Forscher stellten zudem auch fest, dass die Fettgewebe-Zone im Multifidus der CLBP-Patienten grösser war als die der gesunden Probanden. Kader, Wardlaw,

& Smith (2000) beschreiben die LMM-Atrophie als einen Ersatz der Muskulatur durch Fett- und fibröses Gewebe. Dieselben Autoren beobachteten eine LMM-Atrophie in 80% der CLBP-Patienten. Eine Atrophie dieser Muskulatur führt zu einer verringerten Fähigkeit die lumbale Zone zu kontrollieren und zu stabilisieren und ist stark im Zusammenhang mit lumbalen Rückenschmerzen /Low Back Pain (LBP) (M. D. Freeman, Woodham, & Woodham, 2010).

## **1.2 Die Effekte eines Gleichgewichtstrainings**

Über die Anpassungen im menschlichen Körper nach einem Gleichgewichtstraining wurde schon viel herausgefunden. Mehrere Forscher konnten Veränderungen auf der Verhaltensebene und der neuronalen Ebene bei ihren Probanden nach einem Gleichgewichtstraining beobachten. Die Wissenschaftler, die sich für die Veränderungen auf der Verhaltensebene interessierten, zeigten, dass sich durch ein Gleichgewichtstraining nicht nur die Gleichgewichtsfähigkeit verbessert, sondern auch die Explosivkraft und die Sprungleistungsfähigkeit (Gruber et al., 2007; Taube, Kullmann, et al., 2007). Zusätzlich belegten andere Forscher, dass ein regelmässiges Gleichgewichtstraining die Prävention von manchen Verletzungen und deren Rehabilitation fördert (Freeman, M. A. et al., 1965; HÜBSCHER et al., 2010; Pánics, Tállay, Pavlik, & Berkes, 2008). Diesen Anpassungen auf der Verhaltensebene liegen mehrere neuronale Veränderungen zu Grunde. Um diese Veränderungen zu verstehen, ist es wichtig, dass man sich die Struktur des motorischen Systems klar vorstellen kann (Abb.2). Das motorische System kann in drei grosse Unterkategorien unterteilt werden, die für unterschiedlich komplexe Bewegungen zuständig sind. Die spinale Ebene verschaltet vor allem Rückenmarksreflexe, die sehr einfache motorische Antworten nach einem äusseren Einfluss generieren (Gollhofer, Taube, & Bo Nielsen, 2012). Entsprechend der Komplexität der Bewegungen folgen supraspinale Zentren, die unter anderem für die optimale Organisation von Willkürbewegungen und der Standkontrolle zuständig sind (ebd.). Auf supraspinaler Ebene unterscheidet man zwischen der kortikalen Ebene (motorische Areale: primär-motorischer Kortex, supplementär-motorischer Kortex, prä-motorischer Kortex), die vor allem für die Steuerung der bewussten (willkürlichen) Bewegungen zuständig ist, und der subkortikalen Ebene (Thalamus, Basalganglien, Kleinhirn, Hirnstamm), die vor allem für unbewusste rhythmische Bewegungen verantwortlich sind (ebd.). Zudem sind diese Areale ebenfalls an der

komplexen Verarbeitung und Integration peripherer Informationen beteiligt (long-loop Reflexes) (ebd.).

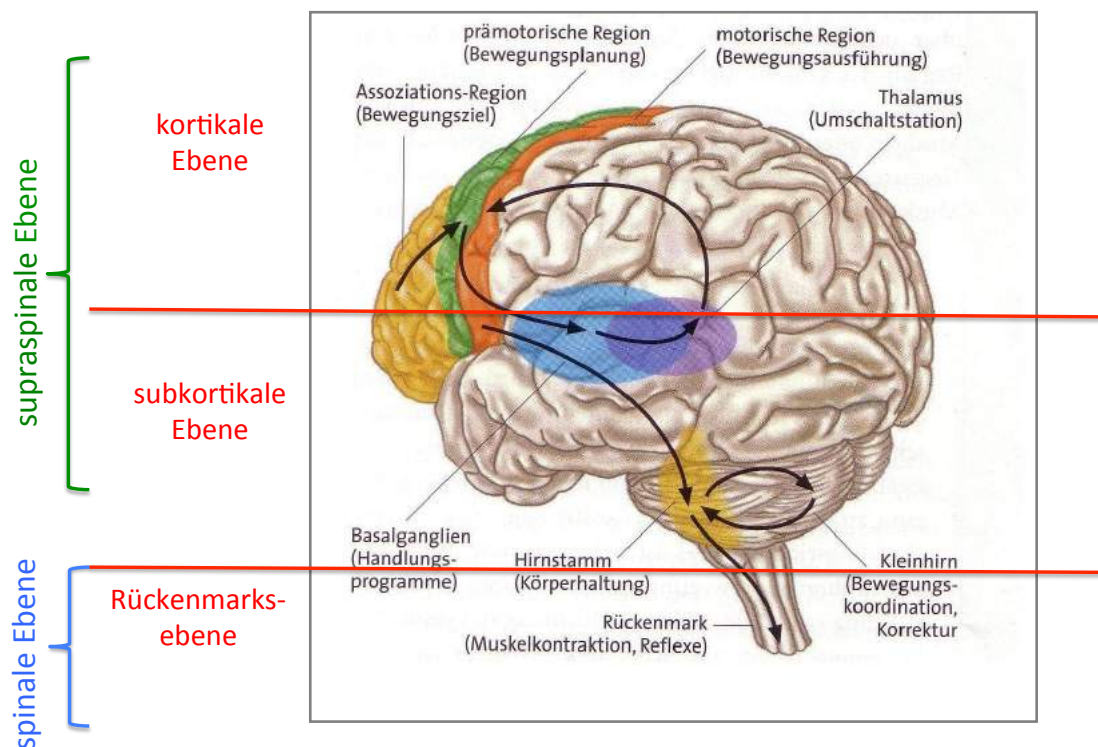


Abb. 2: Struktur des motorischen Systems.

Auf der Abbildung sind die verschiedenen Ebenen des motorischen Systems und deren Hauptfunktion zusammengefasst (Abbildung angepasst: (Wolfgang Taube, Mastervorlesung SP 2016: Thema 7)).

Auf den verschiedenen beschriebenen Ebenen des motorischen Systems scheint es dank einem Gleichgewichtstraining Anpassungen zu geben. Forscher fanden durch eine periphere Nervenstimulation, die einen H-Reflex auslöste, heraus, dass ein Gleichgewichtstraining wichtige spinale Reflexanpassungen verursacht (Gruber et al., 2007; Keller, Pfusterschmied, Buchecker, Müller, & Taube, 2012; Taube, Gruber, et al., 2007; Taube, Kullmann, et al., 2007; Trimble & Kocaja, 1994). Nach dem Gleichgewichtstraining wurde beobachtet, dass der induzierte H-Reflex wahrscheinlich durch eine erhöhte präsynaptische Inhibition reduziert wurde (Katz, Meunier, & Pierrot-Deseilligny, 1988). Auch auf supraspinaler Ebene vermutet man nach einem Gleichgewichtstraining Anpassungen (Taube, Gruber, et al., 2007). Mehrere Forscher konnten nach einem vierwöchigen Gleichgewichtstraining eine Reduktion der motorische kortikalen Aktivität feststellen (Beck et al., 2007; Schubert

et al., 2008; Taube). Sie vermuten deswegen eine Verlagerung der posturalen Kontrollmechanismen von den kortikalen (Motorkortex) zu den subkortikalen Arealen (Basalganglien, Kleinhirn, Hirnstamm). Taube, Gruber, et al., (2007) beobachteten in ihrer Studie, dass diese supraspinalen Anpassungen mit einer Änderungen der Standstabilität korrelieren (Abb.3). Da eine solche Korrelation auf spinaler Ebene nicht zu beobachten war, kamen diese Forscher zum Schluss, dass in erster Linie die supraspinalen Anpassungen für die Verbesserung der Standstabilität verantwortlich sind (Taube, Gruber, et al., 2007).

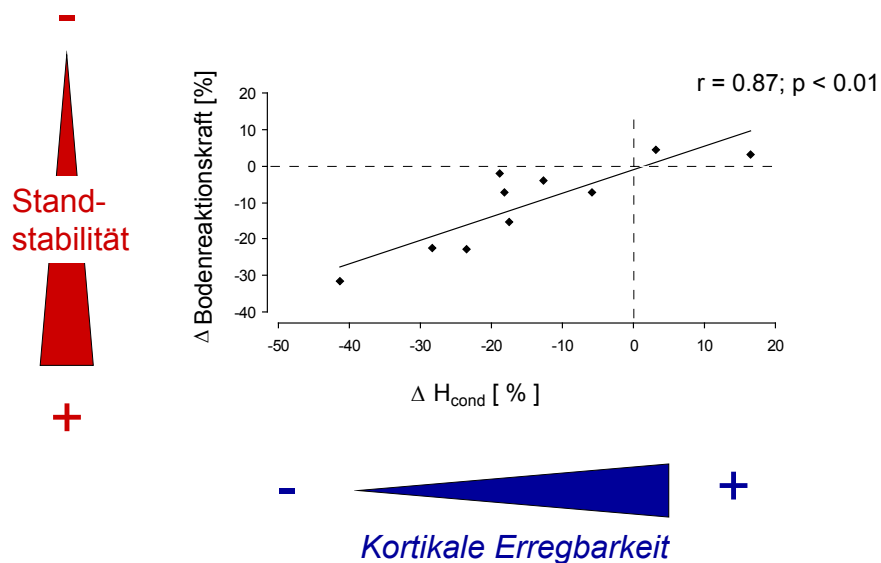


Abb.3: Interrelation zwischen der kortikalen Plastizität und der Standstabilität.

Gleichgewichtstrainingsverbundene Unterschiede der kortikalen Erregbarkeit von den Prä- und Post-Messungen (ausgedrückt als Hcond (konditionierter H-Reflex) Prä- als % von Hcond Post) sind auf der Abszisse dargestellt. Die vertikale Bodenreaktionskraft (Änderung der Standstabilität) ist auf der Ordinate angezeigt. Die Regressionslinie zeigt folgende Korrelation: je mehr die Kortikale Erregbarkeit bei einem Probanden gesunken ist, desto besser wurde seine Standstabilität (angepasst von Taube, Gruber, et al., 2007).

Den erwähnten neuronalen Veränderungen folgen innerliche strukturelle Anpassungen. Taubert et al., (2010) berichten über eine Erhöhung der grauen und weissen Substanz in der präfrontalen Gehirnregion durch ein Gleichgewichtstraining (Taubert et al., 2010). In ihrer Studie von 2011 zeigen Taubert et al., dass das Volumen des Supplementär-motorischen Kortex (SMA) und des Prämotorischen Kortex (preSMA) nach einem Gleichgewichtstraining ansteigt und die Konnektivität



zwischen dem parietalen und motorischen Kortex zunimmt (Taubert, Lohmann, Margulies, Villringer, & Ragert, 2011).

Der Zusammenfassung der allgemeinen Effekte eines Gleichgewichtstrainings folgt eine Analyse der spezifischen Effekte eines Gleichgewichtstrainings bei CLBP-Patienten.

### **1.2.1 Die Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf die Sensomotorik der CLBP-Patienten**

Es wurde bereits herausgefunden, dass ein regelmässiges Gleichgewichtstraining einen positiven Effekt auf die Nackensensomotorik von Nackenpatienten bewirkt (Beinert & Taube, 2013). Der Nacken ist jedoch durch seine enorme Dichte an Muskelspindeln eine besondere Körperregion (Amonoo-Kuofi, 1983). Deswegen ist es fraglich, ob diese Ergebnisse auf die lumbale Ebene, auf der sich nicht so viele Muskelspindeln befinden, übertragbar sind. Boucher et al., (2016) sind die ersten, die die Effekte eines lumbalen Stabilisierungstrainingsprogrammes auf die lumbale Propriozeption von CLBP-Patienten untersuchten (Boucher, Preuss, Henry, Dumas, & Larivière, 2016). In ihrer Studie haben 29 CLBP-Patienten während acht Wochen, zweimal pro Woche ein Rumpfstabilisierungstraining durchgeführt. Dann wurde die Entwicklung ihrer propriozeptiven Fähigkeiten mit der von einer Kontrollgruppe, die keine Behandlung erhalten hatte, verglichen (ebd.). Um die lumbale Propriozeption zu evaluieren, haben sie einen „motion perception threshold“ Test durchgeführt, in dem der Proband sagen musste ab wann er das Gefühl hatte, dass sein Rumpf bewegt wurde (ebd.). Dieser Test ermöglichte also die Bestimmung der kleinsten axialen Rumpfrotation, die vom Probanden wahrgenommen werden konnte. Die Ergebnisse der Studie zeigen jedoch, dass sich nicht nur die Interventionsgruppe signifikant über die Zeit verbessert hat, sondern auch die Kontrollgruppe (ebd.). Deswegen bleibt der Effekt von einem Rumpfstabilisierungs-training auf die lumbalen propriozeptiven Fähigkeiten von CLBP-Patienten ungewiss.

### **1.2.2 Die Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf das Gangmuster der CLBP-Patienten**

In der Literatur wurden keine Studien zu den Effekten eines spezifischen Rumpfgleichgewichtstrainings auf das Gangmuster von CLBP-Patienten gefunden. Einige Forscher haben sich jedoch für die Effekte eines lumbalen Extensions-resistenztrainings auf den Gang der CLBP-Patienten interessiert (Steele, Bruce-Low,

Smith, Jessop, & Osborne, 2016). Steele et al., (2016) berichten über eine Tendenz dieses Trainings, die Gangvariabilität der CLBP-Patienten zu reduzieren. Andere Wissenschaftler haben die Effekte eines multidisziplinären Trainings, das Rückenstabilisierende Übungen und eine kognitive Verhaltenstherapie beinhaltet, auf das Gangmuster von CLBP-Patienten untersucht. Sie fanden heraus, dass das multidisziplinäre Training die Gangkadenz der CLBP-Patienten signifikant verbesserte (Monticone et al., 2014). Ausserdem haben weitere Forscher die Auswirkungen von Rumpfübungen auf einer instabilen Unterlage auf den Gang von neurologischen Patienten und geriatrischen Patienten analysiert. Diese Wissenschaftler zeigten, dass solche Übungen den Gang der Patienten positiv verändern können (Chung, Kim, & Lee, 2013; Halvarsson, Franzen, & Stahle, 2014; Tamburella, Scivoletto, & Molinari, 2013). Zum Beispiel war das Gangmuster der Hirnschlagprobanden, die während einem Monat Rumpfgleichgewichtsübungen durchgeführt hatten, bei den Post-Messungen signifikant schneller als das der Schlaganfallprobanden, die keine Übungen durchgeführt hatten (Chung et al., 2013). Auch bei älteren Menschen mit Osteoporose (zwischen 66 und 87 Jahre alt) hat ein Gleichgewichtstraining mit „multi-Tasking“ eine Erhöhung der Ganggeschwindigkeit verursacht (Halvarsson et al., 2014). Zudem haben Tamburella, Scivoletto, & Molinari (2013) bei Patienten mit einer inkompletten Rückenmarksverletzung beobachtet, dass ein spezifisches Gleichgewichtstraining („visual biofeedback task-specific balance training“) zu einer Verbesserung von verschiedenen Gangparametern, wie zum Beispiel die Ganggeschwindigkeit und die Schrittlänge, führt. Bei diesen Patienten wurde eine signifikante Korrelation zwischen der Verbesserung des Ganges und des Gleichgewichts festgestellt (ebd.).

Ob ein spezifisches Gleichgewichtstrainings einen Einfluss auf das Gangmuster der CLBP-Patienten hat, bleibt bisher noch offen.

### **1.2.3 Die Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf die lumbale Muskulatur der CLBP-Patienten**

Es wurde bisher schon gezeigt, dass aktive Rehabilitationsinterventionen die Ermüdungswiderstandsfähigkeit der lumbalen Muskulatur bei CLBP-Patienten effektiver verbessern als passive Rehabilitationstechniken (Thermalbad, Massage) (Kankaanpää, Taimela, Airaksinen, & Hänninen, 1999). Allerdings gibt es wenig Literatur über die Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf die lumbale Kraft-

ausdauer. Sung (2013) analysierte die Veränderung der Muskelkraftausdauer nach vier Wochen Rumpfstabilisierungsübungen bei CLBP-Patienten. Dieses Training führte jedoch zu keinen signifikanten Veränderungen der lumbalen Kraftausdauer bei den CLBP-Patienten (Sung, 2013).

#### **1.2.4 Die Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf die Schmerzen und den Alltag der CLBP-Patienten**

Der Zusammenhang zwischen den lumbalen Rückenschmerzen und dem Gleichgewicht wurden im Absatz 1.1.1 schon erwähnt. Da womöglich eine ungenaue Verarbeitung der Information der Grund für die verspätete Aktivierung der Rumpfmuskulatur und somit für das schlechtere Rumpfgleichgewicht bei Patienten mit CLBP ist, haben Forscher geplant zu untersuchen, ob die Verarbeitung der Information durch neuromuskuläre Rehabilitationstechniken, sowie zum Beispiel ein Gleichgewichtstraining, verbessert werden kann und ob somit auch die CLBP gelindert werden können (McCaskey, Schuster-Amft, Wirth, & de Bruin, 2015). Neuere Studien deuten nämlich darauf hin, dass ein Gleichgewichtstraining untere Rückenschmerzen verbessert. Zum Beispiel haben Gatti & al., (2011) gezeigt, dass ein rückenspezifisches Gleichgewichtstraining mit zusätzlichen Dehnungsübungen, die Beeinträchtigung der Patienten im Alltag und somit ihre Lebensqualität effektiver reduziert als ein Krafttraining mit zusätzlichen Dehnungsübungen. Die Experimental-Gruppe, die während fünf Wochen zweimal pro Woche Rumpfgleichgewichtsübungen durchgeführt hatte, hat ihren Beeinträchtigungscore im Roland and Morris Fragebogen (siehe Beschreibung Kapitel 2.4.5) im Gegensatz zur Kraftübungsgruppe signifikant reduziert. Auch wenn viele Kliniker und Therapeuten über eine erfolgreiche Behandlung durch sensomotorisches Training berichten, bleibt der exakte Effekt und die Gültigkeit von sensomotorischen Interventionen kontrovers diskutiert (McCaskey, Schuster-Amft, Wirth, Suica, & de Bruin, 2014). Die europäischen Leitlinien für die Behandlung von chronischen lumbalen Rückenschmerzen kommen deswegen zum Schluss, dass die Effekte von spezifischen Übungen sowie ein sensomotorisches Training weiter ausgewertet werden müssen (Airaksinen et al., 2006).

### **1.3 Ziel und konkrete Fragestellung**

Das Ziel dieser Studie ist die Erforschung der (positiven) Effekte eines rücken-spezifischen Gleichgewichtstrainings bei Patienten mit chronischen lumbalen

Rückenschmerzen. Ganz konkret versucht die Studie folgende Fragen zu beantworten: Welche Auswirkungen hat ein einmonatiges rückenspezifisches Gleichgewichtstraining bei Patienten mit chronischen lumbalen Rückenschmerzen auf:

- a. die Gleichgewichtsfähigkeit im aufrechten Stand?
- b. die Gleichgewichtsaufgaben im Sitzen?
- c. die lumbale und zervikale Winkelreproduktionsfähigkeit?
- d. das Gangmuster?
- e. die lumbale Kraftausdauer?
- f. die lumbale Schmerzwahrnehmung?
- g. die Durchführung von Alltagsaktivitäten?
- h. die Überzeugungen der CLBP-Patienten?

H0: Das spezifische Rumpfgleichgewichtstraining hat keine Auswirkung auf die Stand-und Rumpfstabilität, auf die lumbale und zervikale Winkelreproduktionsfähigkeit, auf das Gangmuster, auf die lumbale Kraftausdauer, auf die Schmerzwahrnehmung, auf die Durchführung von Alltagsaktivitäten und auf die Überzeugungen der CLBP-Patienten.

H1: Das spezifische Rumpfgleichgewichtstraining hat eine positive Auswirkung auf die Stand-und Rumpfstabilität, auf die lumbale und zervikale Winkelreproduktionsfähigkeit, auf das Gangmuster, auf die lumbale Kraftausdauer, auf die Schmerzwahrnehmung, auf die Durchführung von Alltagsaktivitäten und auf die Überzeugungen der CLBP-Patienten.

## 2 Methoden

### 2.1 Probanden

Um die Effekte eines rücken-spezifischen Gleichgewichtstrainings bei Patienten mit CLBP zu messen, wurden zwischen Ende Januar 2016 und Anfang Februar 2016 39 Probanden mit CLBP rekrutiert (26 Frauen, 13 Männer) (siehe Anhang 1). Anschliessend wurden sie in eine Interventionsgruppe (IG: 13 Frauen, 4 Männer) und Kontrollgruppe (KG: 8 Frauen, 7 Männer) eingeteilt. Die Probandinnen und Probanden hatten ein Durchschnittsalter von  $30.3 \pm 2.3$  Jahre (IG:  $31.3 \pm 3.3$  Jahre und KG:  $29.1 \pm 3.2$  Jahre), eine durchschnittliche Grösse von  $172.2 \pm 1.6$  Zentimeter und ein Durchschnittsgewicht von  $71.2 \pm 2.1$  Kilogramm (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Biometrische Daten der Probanden (Mittelwerte und Standardfehler)

	Interventionsgruppe	Kontrollgruppe	Gesamt
<b>Anzahl</b>	17	15	32
<b>Anzahl Frauen</b>	13	8	21
<b>Anzahl Männer</b>	4	7	11
<b>Gewicht (Kg)</b>	$69.5 \pm 3.1$	$73.2 \pm 2.73$	$71.2 \pm 2.1$
<b>Grösse (cm)</b>	$171.6 \pm 1.9$	$173.1 \pm 2.5$	$172.2 \pm 1.6$
<b>Alter (Jahre)</b>	$31.3 \pm 3.3$	$29.1 \pm 3.2$	$30.3 \pm 2.3$

Alle an der Teilnahme berechtigten Probanden waren zwischen 18 und 65 Jahre alt und erfüllten folgende Einschlusskriterien: sie hatten seit mindestens sechs Monaten lumbale Rückenschmerzen, die mindestens viermal im Monat auftraten. Die Schmerzen aller Probanden befanden sich zwischen der 12. Rippe und der Glutealfalte und strahlten bei manchen bis in die Beine aus. Die Ausschlusskriterien waren schwere sensitive und / oder Motor radikuläre Defizite mit Nervenwurzel-Herkunft, Wirbelsäulenchirurgie oder Fraktur in den letzten sechs Monaten vor Beginn der Studie, Neoplasia, Infektion der Wirbelsäule, eine Rücken entzündliche Arthritis, untere Rückenschmerzen mit viszeralem Hintergrund, Schwangerschaft, Opioid Medikation.

## **2.2 Studiendesign**

Zu Beginn der Studie wurden die CLBP-Probanden durch E-Mail Versand und Aushang von Informationsblättern rekrutiert. Dank einem „Screening-Fragebogen“, der von einem Physiotherapeuten erstellt wurde, konnte sichergestellt werden, dass die Probanden die oben genannten Einschlusskriterien erfüllten und die Ausschlusskriterien nicht zutrafen. Zusätzlich ermöglichte dieser Fragebogen, eine kleine Anamnese über die Schmerzen und den allgemeinen Gesundheitszustand der Probanden, zu machen (Anhang 2). Die Probanden berichteten darin nämlich über den Zeitpunkt des Anfangs, die Frequenz, die Stärke, die bisherige Behandlung, die Verbreitung und das Anfühlen (ein Ziehen/ ein Ameisenlaufen/ ein Nadelstechen) ihrer Rückenschmerzen. Sie beschrieben zudem bei welchen Bewegungen ihnen der Rücken besonders schmerzte und bei welchen Haltungen sie schmerzfrei waren. Dann zeigten die Probanden auf einer Abbildung des menschlichen Körpers den genauen Ort ihrer Schmerzen. Um mehr über den allgemeinen Gesundheitszustand der Probanden zu erfahren, wurden die Teilnehmer darum gebeten eine allfällige plötzliche Gewichtsabnahme, eventuelle ernsthafte Krankheiten in der Vergangenheit und eine mögliche aktuelle Medikation, zu melden.

Nach der Rekrutierung wurden die Probanden in zwei Gruppen, je nach ihrer Verfügbarkeit für die Trainingseinheiten unterteilt. Eine Trainingsgruppe von 20 Probanden hat während einem Monat, dreimal pro Woche ein rückenpezifisches Gleichgewichtstraining durchgeführt (insgesamt 12 Trainingseinheiten). Eine Kontrollgruppe von 19 Probanden hat während einem Monat ihr normales alltägliches Aktivitätsniveau beibehalten und nur an den Eingangs- und Ausgangsmessungen teilgenommen. Eine Woche vor und nach dem einmonatigen Training wurden verschiedene Messungen von Gleichgewicht, Sensomotorik und Schmerzempfindlichkeit durchgeführt, um die Effekte des Trainings festzustellen (siehe Kapitel 2.4). Die Messungen und die Trainingsintervention wurden von verschiedenen Personen durchgeführt.

Die Studie wurde an der Universität Freiburg in der Schweiz durchgeführt. Alle Probanden haben eine Einverständniserklärung unterschrieben (Anhang 3).

## **2.3 Intervention**

Die Trainingsintervention bestand aus 12 Trainingseinheiten (drei Trainingseinheiten pro Woche) und dauerte insgesamt vier Wochen. Die Trainingseinheiten wurden von Montag bis Freitag von 18 Uhr bis 19 Uhr angeboten und die Probanden schrieben sich jede Woche in einem Doodle für drei Abende ein. Jede Trainingseinheit fand unter Aufsicht eines Experten statt und hatte folgende Struktur: 10' Aufwärmen, 25' bis 30' rückenspezifisches Gleichgewichtstraining, 5' rückenspezifisches Dehnen. Bei den Experten handelte es sich um zwei Mastersportstudenten, die sich für das Thema Gleichgewicht interessierten. Jeder Trainingsexperte bereitete sein eigenes Aufwärmen vor. In diesem Teil der Trainingseinheit war es die Aufgabe der Trainer das Herz-Kreislaufsystem der Probanden zu aktivieren. Für den rückenspezifischen Teil folgten dann beide Trainer dem selben vorgegebenen Trainingsprotokoll (Anhang 4). Die Übungen des rückenspezifischen Gleichgewichtstrainings waren auf sechs Posten verteilt. An jedem Posten machten die Probanden verschiedene rückenspezifische Gleichgewichtsübungen während 4x30 Sekunden. Zwischen jeder 30 Sekunden Übung machten die Teilnehmer 20 Sekunden Pause. Bei allen Aufgaben war das Ziel der Teilnehmer eine gewünschte Position während 30 Sekunden zu halten. Die Übungen wurden meistens kniend oder sitzend auf einem instabilen Untergrund durchgeführt. Das Ziel war, dass vor allem die Rückenmotorik an der Stabilisation des Körpers beteiligt ist. Die Schwierigkeit der Aufgaben wurde dem Niveau der Probanden angepasst und sukzessiv über die Trainingsperiode gesteigert. Um das Niveau zu erhöhen, wurden die Probanden zuerst darum gebeten, eine Position zu halten und dabei gleichzeitig den Kopf nach links und rechts zu bewegen. Dann sollten die Teilnehmer versuchen die Augen während der Übung zu schließen. Zum Schluss probierten sie das schwierigste Niveau aus in dem sie während der Gleichgewichtsübung gleichzeitig die Augen schlossen und den Kopf nach links und rechts bewegten. Zusätzlich wurden bei manchen Aufgaben die Unterlagen über die vier Trainingswochen immer instabiler. Den 25-30 Minuten Gleichgewichtstraining folgte ein fünf minütiges rückenspezifisches Dehnen (Anhang 5). Jede Dehnungsübung musste während 20 Sekunden gehalten werden und diente vor allem zur Dehnung von den Gesäß- und hinteren Oberschenkel Muskeln.

## 2.4 Messmethoden

Eine Woche vor Beginn und eine Woche nach Ende des einmonatigen Gleichgewichtstrainings wurden folgende Messungen durchgeführt:

### 2.4.1 Messung des Gleichgewichts

In verschiedenen Tests (statisch, dynamisch) wurde die Gleichgewichtsfähigkeit der Probanden erfasst. Zur Beurteilung ihrer statischen Gleichgewichtsfähigkeit wurde eine Kraftmessplatte verwendet. Eine Kraftmessplatte ist ein Messgerät, das die Veränderung des Druckpunktes unter dem Fuss aufnimmt (COP: centre of pressure) (Burini, 2008). Um den Verlauf der COP-Schwankung zu messen, nimmt dieses Gerät die Bodenkräfte ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) auf. Die drei Kräfte und die drei Drehmomente ( $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) werden benutzt, um die COP-Koordinaten zu berechnen (ebd.). Die Intra-Session Zuverlässigkeit der Kraftmessplatte für die Messung der COP-Schwankung bei CLBP-Patienten wurde als ausreichend gut befunden (Maribo, Stengaard-Pedersen, Jensen, Andersen, & Schiøttz-Christensen, 2011).

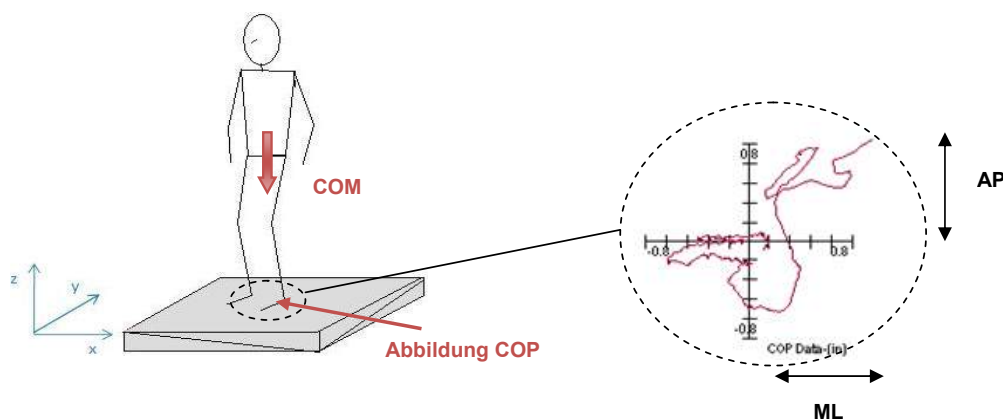


Abb.4: Messprinzip der Kraftmessplatte von (Burini, 2008).

Links sieht man die Darstellung des Körperschwerpunktes (COM). Rechts sind die COP-Bewegungen in anteriorer/posteriorer (AP) und medialer/lateraler (ML) Richtung zu sehen.

Die Auslenkung der COP-Schwankung in anterior-posteriore wie auch in die medio-laterale Richtung wurde im Einbeinstand während 3x30 Sekunden pro Bein gemessen. Insgesamt führten die Teilnehmer zwölf Versuche von 30 Sekunden auf der Kraftmessplatte durch. Sie absolvierten sechs Messwiederholungen von 30 Sekunden bei den Prämessungen (3x auf dem linken und 3x auf dem rechten Bein) und sechs Wiederholungen bei den Post-Messungen (3x auf dem linken und 3x auf dem rechten Bein). Die Aufgabe der Probanden war es, im Einbeinstand mit



geschlossenen Augen und mit den Händen in der Hüfte ihren Körper auf der Kraftmessplatte so ruhig wie möglich zu halten.

Die dynamische Gleichgewichtsfähigkeit wurde in zwei verschiedenen Übungen auf einem Posturomed TM (Haider Bioswing, Pullenreuth, Germany) und in einer Übung auf der Kraftmessplatte gemessen. Das Posturomed ist ein Trainings- und Messgerät mit einer auf vier Federn aufgehängten frei schwingenden Balance-Plattform, die freie Bewegungen in allen Richtungen auf transversaler Ebene ermöglicht (Keller, Röttger, & Taube, 2014) (siehe Abb.5). Durch die Kombination mit einem Wegaufnahmesystem kann das Balancevermögen von den Probanden mit diesem Gerät, das die Translationsbewegungen der Plattform in der medio-lateralen (X-Achse) und der anterior-posterioren Richtung (Y-Achse) misst, quantifiziert werden (Müller, Günther, Krauss, & Horstmann, 2004). Zusätzlich kann das Posturomed durch einen mechanischen Auslösemechanismus eine Störung des Standes simulieren (ebd.). Boeer et al., (2010) berichteten über den engen Zusammenhang zwischen den Messwerten der Test- und Re-Test-Messung der Einbeinstand-Gleichgewichtsfähigkeit auf diesem Messgerät (Pearson-Korrelationskoeffizient  $r = 0,73$ ). Somit gilt das Posturomed als eine zuverlässige Methode für die Messung der Einbeinstand-Gleichgewichtsfähigkeit. Diese Forscher erwähnen jedoch, dass das Posturomed einen kleinen Lerneffekt einschliessen kann (Boeer, Mueller, Krauss, Haupt, & Horstmann, 2010).



Abb.5 : Posturomed (Haider Bioswing, Pullenreuth, Germany).

Messgerät zur Erfassung der einbeinigen Standstabilität (Bioswing.de, n.d.)

Auf dem Posturomed mussten die Probanden versuchen, im Einbeinstand mit den Händen in der Hüfte während 3x20 Sekunden pro Bein, die schwingende Balance-Plattform so ruhig wie möglich zu halten. Bei dieser ersten Übung wurde noch keine Störung des Standes simuliert. Insgesamt machten die Teilnehmer zwölf Versuche in der ungestörten Bedingung auf dem Posturomed. Sie absolvierten sechs Wiederholungen von 30 Sekunden (3x auf dem linken und 3x auf dem rechten Bein) bei den Prämessungen und sechs Versuche (3x auf dem linken und 3x auf dem rechten Bein) bei den Post-Messungen. Bei der zweiten Übung auf dem Posturomed wurde der Einbeinstand der Probanden jedoch durch den oben erwähnten mechanischen Auslösemechanismus gestört. Die Teilnehmer positionierten sich so, dass die Störung immer von derselben Seite kam. Dieses Mal mussten die Probanden die einbeinige Position mit den Händen in der Hüfte nur während 3x10 Sekunden pro Bein ausbalancieren. Unter der gestörten Bedingung auf dem Posturomed führten die Teilnehmer insgesamt 12 Messwiederholungen von 10 Sekunden durch. Sowohl bei den Prä- wie auch bei den Post-Messungen absolvierten sie drei Versuche von 10 Sekunden auf dem linken Bein und drei Versuche von 10 Sekunden auf dem rechten Bein.

Am Ende wurde das Rumpfgleichgewicht auf einem instabilen Kreisel, der sich auf einer Kraftmessplatte befand, erfasst (Abb.6). Bei dieser Aufgabe saßen die Probanden mit beiden Beinen in der Luft und mit den Armen gekreuzt über die Brust auf dem instabilen Kreisel und versuchten mit geschlossenen Augen während 3x30 Sekunden so ruhig wie möglich sitzen zu bleiben. Sie führten somit insgesamt sechs Messwiederholungen von 30 Sekunden bei den Prä- und Post-Messungen durch.

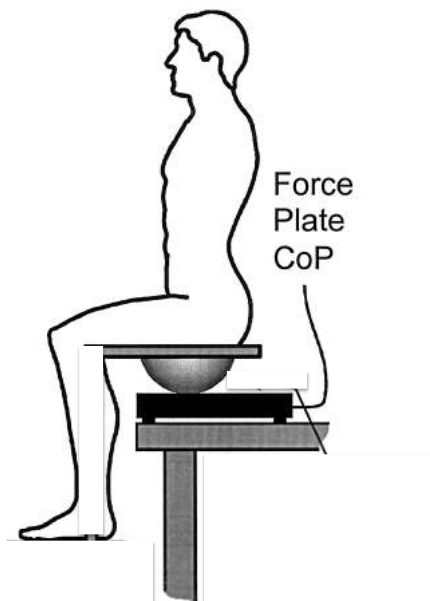


Abb. 6: Darstellung der Messung der Rumpfstabilität (Abbildung angepasst: Radebold et al., 2001)

#### 2.4.2 Messung der zervikalen und lumbalen Winkelreproduktion

In verschiedenen Winkelreproduktionstests / „joint position sense“ (JPS) Tests wurde die Fähigkeit der Probanden, eine ursprünglich veränderte Position so genau wie möglich wiederherzustellen, geprüft. Die Tests wurden auf zervikaler und lumbaler Ebene durchgeführt. Ursprünglich wurde diese JPS-Messmethode mit einer Zielanpassungsaufgabe von Revel, Andre-Deshays, & Minguet (1991) beschrieben. Die Test-Retest Reliabilität dieser Messmethode auf zervikaler Ebene wurde mit einer Interklassen Korrelation (Inter-Class Correlation (ICC)) zwischen 0.52 und 0.81 von Pinsault et al., (2008) als gut bis ausgezeichnet bezeichnet. Auf lumbaler Ebene gilt der JPS-Test in der Studie von Silfies et al., (2007) mit einer ICC zwischen 0.47 und 0.61 ebenfalls als zuverlässig (Silfies, Cholewicki, Reeves, & Greene, 2007).

Um die lumbale Winkelreproduktion der Probanden zu messen, saßen sie sich zuerst auf einen an die Wand gestellten Drehstuhl, der in der Mitte mit einem Laserpointer ausgerüstet war (Abb.7). Dann wurde den Probanden mitgeteilt, dass ihre Schulterblätter während der ganzen Übung an der Wand fixiert bleiben müssen und, dass ihr unterer Rücken dagegen die Wand nicht berühren soll. Zusätzlich mussten ihre Augen während der ganzen Übung geschlossen sein. Nachdem der Teilnehmer korrekt installiert war, wurde seine Ausgangsposition, die wir in der Arbeit als Neutralposition bezeichnen werden, von der Messperson fünfmal auf die linke

Seite und fünfmal auf die rechte Seite verändert. Das Ziel des Probanden war es, nachdem seine Position durch die Messperson verändert wurde, alleine so genau wie möglich seine Anfangsposition wieder zu finden. Dank dem Laserpointer konnte die Abweichung zwischen der echten Anfangsposition und der Einschätzung der Anfangsposition notiert werden.

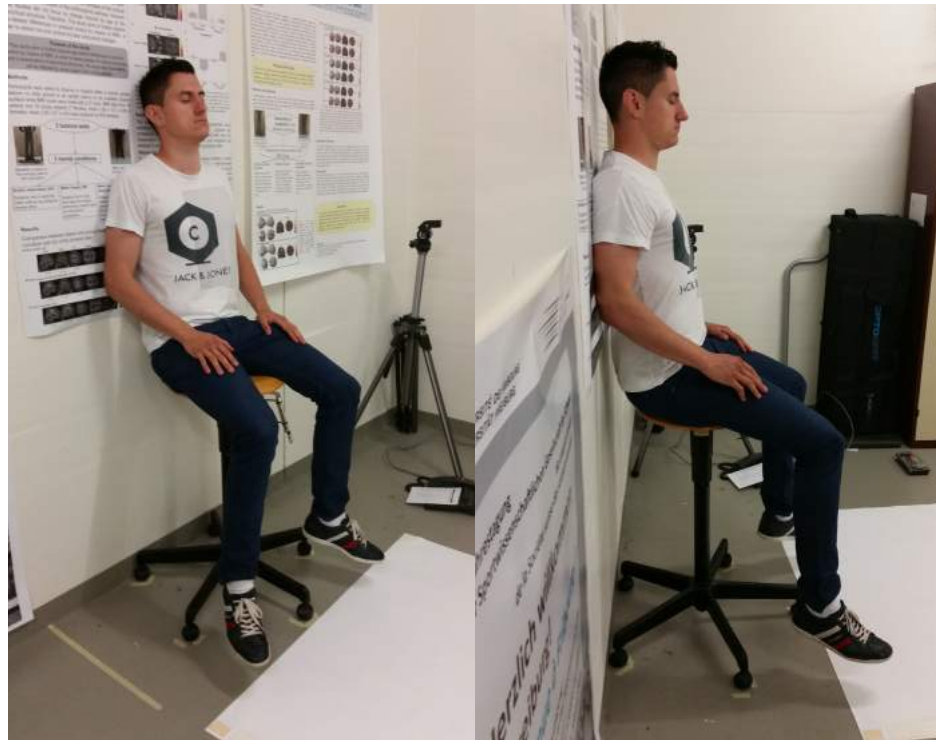


Abb.7: Messung der lumbalen Sensomotorik

Um die zervikale Winkelreproduktionsfähigkeit der Probanden zu beurteilen, wurde den Probanden ein Helm aufgesetzt auf dem ein Laserpointer fixiert war. Die Teilnehmer setzten sich wieder auf einen Stuhl und machten sich auf die Suche nach ihrer „Nackенmitte“, die wir als Neutralposition benutzten. Dann schlossen sie ihre Augen und ihre Neutralposition wurde genau wie beim lumbalen „joint position sense Test“ von der Messperson fünfmal nach links und fünfmal nach rechts verändert. Bei jeder Veränderung versuchten die Probanden, ihre Neutralposition blind von alleine wieder zu finden. Dank dem Laserpointer konnte die Abweichung der eingeschätzten Position von der Neutralposition gemessen werden.

### 2.4.3 Messung des Ganges

Im vorliegenden Experiment interessierte man sich für die eventuelle Veränderung des Ganges der Personen mit CLBP nach einem Rumpfgleichgewichtstraining. Deswegen wurde bei den Prä- und Post-Messungen eine Ganganalyse mittels eines modernen Gangmessgerätes, namens OptoGait, durchgeführt. Das OptoGait ist ein Messinstrument, das aus einem sendenden und einem empfangenden Messstab besteht (Microgate Corporation, n.d.). Jeder einzelne Messstab besteht aus 96 LEDs (1,041 cm Auflösung) (ebd.). Durch das ständige kommunizieren der LEDs auf dem Sender mit denen auf dem Empfängerstab kann das System eventuelle Unterbrechungen erkennen und deren Dauer berechnen (ebd.). Der OptoGait ermöglicht somit die Messung von vielen Gangparametern. In dieser Arbeit wurde insbesondere die Variabilität der Schrittlänge und der Ganggeschwindigkeit analysiert. Das OptoGait-System demonstrierte mit einer ICC zwischen 0.933 und 0.999 eine hohe diskriminierende Gültigkeit für die Beurteilung von Gangparametern (Lienhard, Schneider, & Maffioletti, 2013).



Abb. 8: Das OptoGait Messgerät zur Erfassung der Gangvariabilität (Microgate Corporation, n.d.)

Bei den Messungen mussten die Probanden während einer Minute zwischen den OptoGait-Stäben (Abb.8) im alltäglichen Gang und mit aufrechtem Blick ohne zu sprechen hin und her laufen.

#### 2.4.4 Messung der lumbalen Kraftausdauer

Um die lumbale Kraftausdauer der Probanden zu beurteilen, wurde der Biering-Sorensen Test durchgeführt. In diesem Test wird gemessen, wie viele Sekunden der Proband seinen nicht unterstützten Oberkörper (vom oberen Rand des Beckenkamms weg) in der Horizontale halten kann, während seine Beine auf dem Tisch fixiert sind und seine Arme über die Brust gekreuzt sind (Biering-Sørensen, 1984). Im originalen Biering-Sorensen Test sind die Beine durch drei breite Riemen am Tisch fixiert (Abb.9). In unserer Studie wurden die Beine durch die Messperson an den Tisch fixiert.

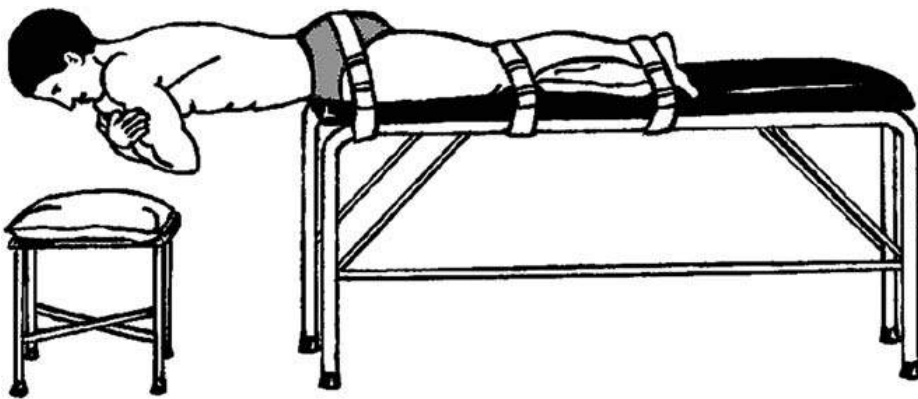


Abb. 9: Originaler Biering-Sorensen Test.

Test zur Erfassung der lumbalen Kraftausdauer (Demoulin, Vanderthommen, Duysens, & Crielaard, 2006).

Latimer et al., (1999) betonen, dass es sich um einen validen und zuverlässigen Test handelt, der geeignet ist für die Messung der lumbalen Kraftausdauer von CLBP-Patienten ( $ICC[1,1]: > 0.77$ ) (Latimer, Maher, Latimer, & Maher, 1999).

#### 2.4.5 Messung der Schmerzempfindlichkeit

Analysen in Bezug auf die Schmerzen wurden mittels zwei standardisierten Rückenschmerzfragebögen und einer Schmerzskala absolviert. Bei den Fragebögen handelte es sich erstens um den Roland and Morris Fragebogen / Roland and Morris Disability Questionnaire (RMDQ) (Anhang 6), der mit 24 spezifischen Fragen eine Reihe von Körperfunktionen und Aktivitäten evaluiert (Diemer, Sutor, & Nedeljko,

n.d.-b). Dieser Fragebogen informiert den Forscher vor allem über die Beeinträchtigung der Probanden bei der Durchführung von Alltagsaktivitäten durch ihre Rückenschmerzen. Die Gültigkeit dieses Messinstruments wurde in vielen Sprachen validiert (Lee et al., 2011; Payares, Lugo, & Restrepo, 2015; Yi et al., 2012). Die französische Version davon, die in unserer Studie verwendet wurde, gilt zum Beispiel als sehr zuverlässig für die Beurteilung des Beeinträchtigungsgrades durch die Rückenschmerzen bei den CLBP- Patienten (ICC: [0.83-0.93]) (Zerkak, Métivier, Fouquet, & Beaudreuil, 2013). In diesem Fragebogen wird der Patient dazu aufgefordert, die Aussagen anzukreuzen, die am Tag des Ausfüllens des Fragebogens zutreffend sind (Diemer et al., n.d.-b). Es findet also eine Selbstbeurteilung statt (ebd.). Jede der angekreuzten Aussagen wird mit einem Punkt bewertet. Daraus entsteht ein Gesamtscore (von 0 bis 24), der in dieser Arbeit als „RMDQ-Score“ bezeichnet wird. Je höher dieser Gesamtscore ist, desto stärker ist die Beeinträchtigung im Alltag durch die Rückenschmerzen.

Zweitens beantworteten die Probanden den Fear-Avoidance-Belief-Questionnaire (FABQ) (Anhang 7). Dieser Fragebogen untersucht den Glauben der Patienten bezüglich des Einflusses physischer Aktivität und Arbeit auf ihre lumbalen Rückenschmerzen (Waddell, Newton, Henderson, Somerville, & Main, 1993). Die deutsche FABQ-Version wurde von Staerke et al., (2004) validiert und als hoch empfehlenswertes Messinstrument für CLBP-Studien bezeichnet. Die französische Version des FABQ-Fragebogens wurde ebenfalls von Wissenschaftlern validiert (Chaory et al., 2004). Dieser Fragebogen enthält 16 Aussagen. Die Fragen 1 bis 5 beziehen sich auf körperliche Aktivitäten und die Fragen 6 bis 16 auf die Arbeit. Bei jeder der 16 Aussagen dieses Fragebogens muss man auf einer Skala von 0 bis 6 anzeigen inwiefern man mit jeder Aussage einverstanden ist. Für die Aussagen über die körperlichen Aktivitäten kann man folglich einen maximal Score von 30 angeben und für die Arbeitsbelastungsaussagen ist der maximal Score bei 66. Je höher der FABQ-Gesamtscore ist, desto höher sind die „fear-avoidance-beliefs“, d.h. die Angstvermeidungsüberzeugungen (George, Valencia, & Beneciuk, 2010). Anders formuliert bedeutet es, dass die CLBP Patienten, die hohe Werte in diesem Fragebogen anzeigen, eine grössere Tendenz haben, ihren Rücken vor körperlichen Aktivitäten und Arbeit schonen zu wollen. Sie denken, dass sie körperliche Aktivität und/oder Arbeit vermeiden müssen, um die Intensivierung ihrer Rückenschmerzen

zu verhindern.

Drittens zeigten die Teilnehmer auf einer Schmerzskala an, wie stark ihre Schmerzen eine Woche vor und eine Woche nach dem einmonatigen Experiment waren. Bei der Schmerzskala handelte es sich um die Visuelle Analogskala (VAS) (siehe Anhang 2: Frage 5). Die VAS besteht aus einer zehn Zentimeter langen Linie an deren beiden Enden die sogenannten Ankerpunkte definiert sind: Links steht „kein Schmerz“ und rechts „schlimmster vorstellbarer Schmerz“ (Hilfiker, 2008). Auf der VAS ist keine Masseinheit zu sehen, die den Patienten beeinflussen könnte (ebd.). Mehrere Studien deuten an, dass die VAS im Vergleich zu anderen Skalen ein überzeugenderes und sensibleres Messinstrument ist (Breivik, Björnsson, & Skovlund, 2000; Joyce, Zutshi, Hrubes, & Mason, 1975; Scrimshaw & Maher, 2001). Mader et al., (2003) betonen jedoch die Subjektivität dieser Messmethode. Sie beobachteten in ihrer Studie, dass dieselbe Schmerzintensität von verschiedenen Personen unterschiedlich wahrgenommen wurde oder, dass derselbe induzierte Schmerzstimulus von der gleichen Person an zwei verschiedene Momenten anders beurteilt wurde (Mader, Blank, Smithline, & Wolfe, 2003). Um noch präzisere Informationen über die Entwicklung der Schmerzen der Trainingsgruppe zu erhalten, füllten die Interventionsprobanden vor und nach jeder einzelnen Trainingseinheit die Faces Pain Scale-Revised nach Hicks (FPS-R) aus. Es handelt sich um eine Schmerzskala von 0 bis 10, die den Probanden durch Smileys die Einschätzung vereinfacht.

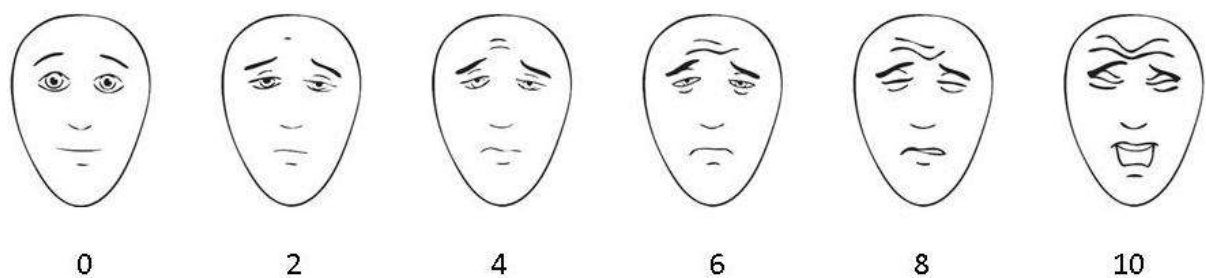


Abb. 10: Faces Pain Scale-Revised nach Hicks (FPS-R)

(Hicks, von Baeyer, Spafford, van Korlaar, & Goodenough, 2001).



## **2.5 Datenanalyse und Statistik**

Um zu überprüfen, ob sich die Interventionsgruppe und Kontrollgruppe im Alter, im Gewicht, in der Grösse, in der Schmerzintensität, im RMDQ- und FABQ-Score nicht schon von Anfang an unterscheiden, wurden die Daten beider Gruppen hinsichtlich einer Normalverteilung mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test überprüft. Anschliessend wurden mehrere *t*-Tests gerechnet, um eventuelle Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen.

### **2.5.1 Gleichgewichtstests**

Bei den Messungen der statischen und dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit wurden verschiedene Parameter erfasst. Beim Posturomed wurde der Schwankungsweg in Zentimeter in die x- und y-Richtung der Transversalebene gemessen. Die Daten wurden in Volt erhoben und anschliessend in Zentimeter umgerechnet. Bei allen Versuchen wurden beide Wegsignale (x- und y-Werte) addiert, um einen Gesamtschwankungsweg zu erhalten. In die Auswertung wurde für jede Bedingung auf dem Posturomed (Einbeinstand rechts und links; Perturbation rechts und links) jeweils der Mittelwert der drei Messwiederholungen einbezogen.

Die Messungen auf der Kraftmessplatte ergaben die maximale Abweichung in Millimeter des COP's in die anterior-posteriore (Y) und medio-laterale (X) Achse. Auch hier wurden bei allen Versuchen beide Wegsignale (x- und y-Werte) addiert, um einen Gesamtschwankungsweg zu erhalten. Der beste Versuch der drei Messwiederholungen wurde in der Auswertung berücksichtigt. Bei der Auswertung der Standstabilität wurde für jeden Probanden zuerst der Mittelwert seines besten Versuches auf dem linken Bein und seines besten Versuches auf dem rechten Bein berechnet. Dann wurde der Prä-Mittelwert mit dem Post-Mittelwert in einem statistischen Test verglichen.

Beide Gleichgewichtstest (Posturomed und Kraftmessplatte) wurden mit einer mehrfaktoriellen ANOVA gerechnet, mit den Intersubjektvariablen „Zeit“ (Prä vs Post) und „Gruppe“ (IG vs KG).

### **2.5.2 JPS-Tests**

Bei beiden JPS-Tests auf lumbaler und zervikaler Ebene wurde die Abweichung der eingeschätzten Position von der Neutralposition (der „Repositionierungsfehler“) mit einem Lineal in Zentimeter ausgemessen. Der Mittelwert der fünf Messwieder-

holungen nach links und der Mittelwert der fünf Messwiederholungen nach rechts auf lumbaler und zervikaler Ebene wurde in die Auswertung miteinbezogen. Auch für diese Auswertung wurde eine ANOVA mit den Faktoren „Zeit“ (Prä zu Post) und „Gruppe“ (IG zu KG) durchgeführt.

### **2.5.3 Ganganalyse**

Um die Variabilität des Ganges zu analysieren, haben wir zuerst den Mittelwert und die Standardabweichung der Schrittdauer und Ganggeschwindigkeit errechnet. Anschliessend wurde der Variationskoeffizient dieser zwei Parameter berechnet (Standardabweichung / Mittelwert). Dann konnten durch eine Varianzanalyse (ANOVA) die Unterschiede in der Gangvariabilität zwischen den Prä- und Post-Messungen (Faktor 1) und der IG und KG (Faktor 2) überprüft werden.

### **2.5.4 Biering-Sorensen Test**

Mit einer Stoppuhr wurde die lumbale Extensionskraftausdauer der Probanden in Minuten und Sekunden gemessen. Die Daten wurden anschliessend auf Excel in Sekunden umgerechnet. Um den Unterschied zwischen der Prä- und Post-Ausdauerfähigkeit festzustellen, wurde ebenfalls eine mehrfaktorielle ANOVA mit den selben Intersubjektvariablen, wie bei den anderen beschriebenen Tests, gerechnet.

### **2.5.5 Visuelle Analogskala (VAS)**

Die von den Probanden angegebenen Schmerzintensitäten auf der zehn Zentimeter langen VAS Linie wurden mit einem Lineal ausgemessen. Die Prä- und Post-Werte wurden wieder durch eine mehrfaktorielle ANOVA verglichen.

### **2.5.6 Fragebögen**

Für die Auswertung des RMDQ-Fragebogens wurden die Ratschläge von Diemer, Sutor & Goreta (n.d.-b) berücksichtigt. Diemer, Sutor & Goreta (n.d.-b) erwähnen, dass die minimale klinisch relevante Veränderung vom Gesamt-RMDQ-Score von diversen Autoren unterschiedlich angegeben wird. Zum Beispiel setzen Ostelo et al., (2008) die minimale klinische relevante Veränderung des RMDQ-Score auf 5 während Stratford et al., (1996) sie auf 4 und Kovacs et al., (2007) sie auf 2.5 setzen. Daher schlagen Diemer, Sutor & Goreta (n.d.-b) vor, diese Grenze vom Beeinträchtigungsscore abhängig zu machen. Nach diesen Autoren gilt eine Veränderung von 1 bis 2 Punkten bei einer geringen Beeinträchtigung (Gesamtscore <9) als minimale klinisch relevante Veränderung (ebd.) Bei einer grossen

Beeinträchtigung (Gesamtscore > 16) würden sie eine Veränderung von 8 Punkten im Gesamtscore als klinisch relevant bezeichnen. Bei nicht genauer bestimmten Patienten würde eine Veränderung von 5 Punkten als klinisch relevant gelten (ebd.).

Um zu sehen, ob eine minimal klinisch relevante Veränderung stattfand, wurden zuerst die erreichte Gesamtpunktzahl bei den 24 Aussagen des Prä- und Post-RMDQ-Fragebogens auf Excel summiert. Dann wurde für jeden Probanden der Gesamtscore der Post-Messung vom Gesamtscore der Prä-Messung subtrahiert, um die Veränderung vom Prä- zum Post-Test feststellen zu können. Schlussendlich wurde auf SPSS ein Mann-Whitney U-Test gerechnet, um zu beurteilen, ob diese Veränderung statistisch signifikant ist.

Für die Auswertung des FABQ-Fragebogens raten Diemer, Sutor, & Nedeljko, (n.d.-a) und George et al., (2010) die Fragen 1, 8, 13, 14, 16 herauszunehmen, weil sie zu Verzerrungen in der Aussage führen könnten. Aus diesem Grund wurden die erwähnten Fragen in einem ersten Schritt herausgenommen. Somit konnte für die Aussagen über die körperlichen Aktivitäten ein maximaler Score von 24 Punkten und für die Aussagen über die Arbeitsbelastung ein höchster Score von 42 Punkten erreicht werden. Nach George et al., (2010) beträgt die minimal messbare Veränderung 5.4 Punkte für den Teil der körperlichen Aktivitäten und 6.8 Punkte für den Arbeitsbelastungsteil. Um zu sehen, ob es solche Veränderungen gab, wurden die angegebenen Scores von den Prä- und Post-FABQ-Fragebögen zuerst addiert. Dann wurde für jeden Probanden der Gesamtscore der Postmessung vom Gesamtscore der Prä-Messung subtrahiert, um die Veränderung vom Prä- zum Post-Test feststellen zu können. Schlussendlich wurde auf SPSS ein Mann-Whitney U-Test gerechnet, um zu evaluieren, ob die Veränderung vom Prä- zum Post-Test statistisch signifikant ist.

Für sämtliche statistischen Tests wurde das Statistikprogramm SPSS verwendet. Ausser für die Auswertung der Fragebögen, bei denen ein Mann-Whitney U-Test gerechnet wurde, wurde für alle Tests eine mehrfaktorielle ANOVA gerechnet, mit den Intersubjektvariablen „Zeit“ (Prä vs Post) und „Gruppe“ (IG vs KG). Bei einem signifikanten Zeit \* Gruppen-Effekt wurde anschliessend ein zweiseitiger t-Test mit Bonferroni-Korrektur erstellt. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p \leq 0.05$  gesetzt.

### 3 Resultate

Insgesamt konnten 32 Probanden an der Studie teilnehmen (IG:17; KG:15). Während des Experiments gaben drei Probanden der Interventionsgruppe wegen Verletzungen in ihrem Alltag auf. Ein Teilnehmer der Kontrollgruppe musste von der Studie ausgeschlossen werden, weil er manche Ausschlusskriterien erfüllte. Drei andere Probanden dieser Gruppe wurden ausgeschlossen, weil sie während den Post-Messungen nicht anwesend sein konnten. Für die restlichen 17 Probanden der Interventionsgruppe und 15 Probanden der Kontrollgruppe zeigten die Ergebnisse der statistischen Tests, dass sich diese beiden Gruppen für keinen der analysierten Parameter (Alter, Grösse, Gewicht, Schmerzintensität, RMDQ-Score, FABQ-Score) signifikant unterschieden (siehe Tab.2).

Tab. 2: Gruppenvergleich vor der Intervention (t-Tests)

	Interventionsgruppe	Kontrollgruppe	T-Test
<b>Gewicht (Kg)</b>	69.5 ± 3.1	73.2 ± 2.73	P = 0.4
<b>Grösse (cm)</b>	171.6 ± 1.9	173.1 ± 2.5	P = 0.63
<b>Alter (Jahre)</b>	31.3 ± 3.3	29.1 ± 3.2	P = 0.65
<b>Schmerzintensität (von 0 bis 10)</b>	4.79 ± 0.4	4.51 ± 0.5	P= 0.66
<b>Roland and Morris Score (von 0 bis 24)</b>	3.88 ± 0.54	3.2 ± 0.54	P= 0.4
<b>Gesamt-FABQ Score (von 0 bis 96)</b>	24.9 ± 3.4	22.7± 1.8	P= 0.6

### 3.1 Gleichgewicht

#### 3.1.1 Standstabilität

Die ANOVA auf dem Posturomed resultierte unter allen vier Bedingungen (Einbeinstand links (EL) und rechts (ER), Perturbation links (PL) und rechts (PR)) in einem signifikanten Unterschied über die Zeit (EL:  $F_{1;30} = 14.74$ ,  $p = 0.001$ ; ER:  $F_{1;30} = 9.81$ ,  $p=0.004$ ; PL:  $F_{1;30} = 9.9$ ,  $p=0.004$ ; PR:  $F_{1;30} = 18.52$ ,  $p=0.000$ ). Es gab jedoch unter keiner der vier Bedingungen einen Zeit \* Gruppen Effekt (EL:  $F_{1;30} = 0.137$ ,  $p=$

0.71; ER:  $F_{1;30} = 1.8$ ,  $p = 0.19$ ; PL:  $F_{1;30} = 0.003$ ,  $p = 0.96$ ; PR:  $F_{1;30} = 0.072$ ,  $p = 0.79$ ), weil beide Gruppen ihren Schwankungsweg über die Zeit reduziert haben (siehe Abb. 11).

### Posturomed

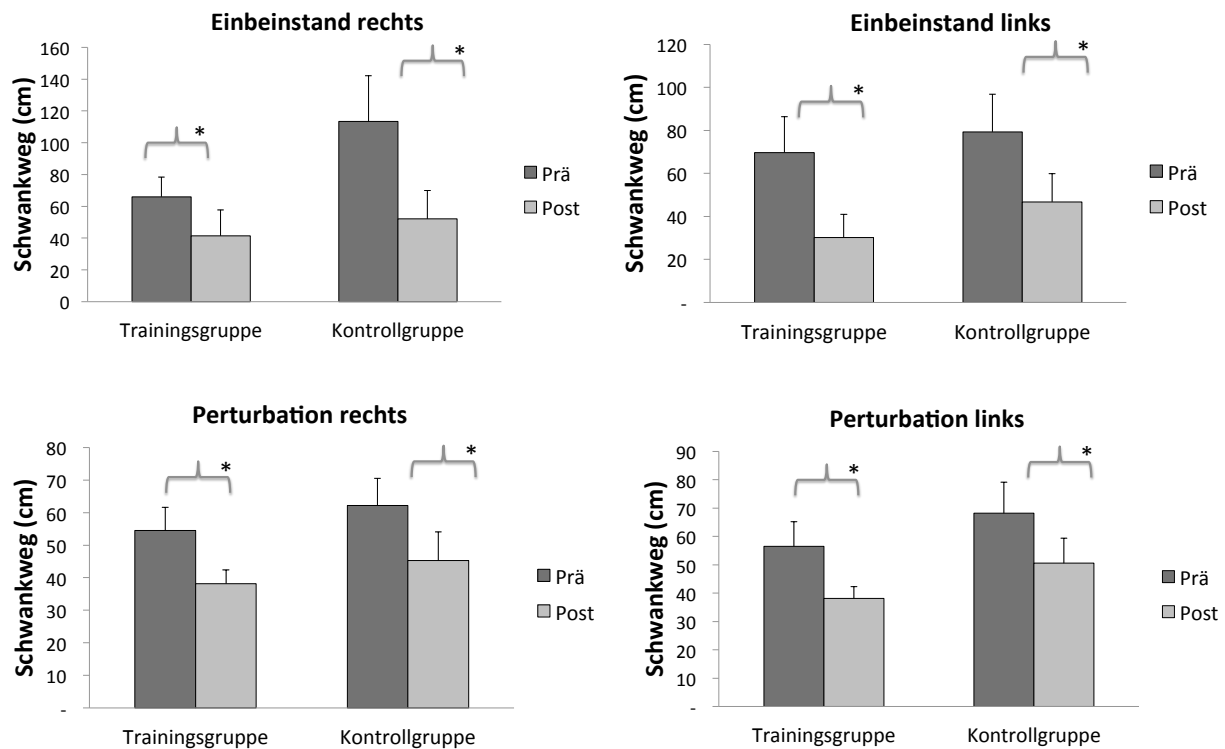


Abb. 11: Standstabilität auf dem Posturomed.

Diese Abbildung zeigt den Gesamtschwankungsweg in Zentimeter (Mittelwerte und Standardfehler), welcher auf dem Posturomed vor (Prä) und nach (Post) der Intervention gemessen wurde. \* bedeutet  $p < 0.05$ . Im oberen Teil der Abbildung sieht man die Ergebnisse in der ungestörten Bedingung auf dem rechten (in der linken Grafik) und dem linken (in der rechten Grafik) Bein. Im unteren Teil der Abbildung sind die Ergebnisse in der gestörten Bedingung auf dem rechten (in der linken Grafik) und dem linken (in der rechten Grafik) aufgezeichnet.

Die Interventionsgruppe hat ihren Schwankungsweg vom Prä- zum Post-Test im Durchschnitt unter den vier verschiedenen Bedingungen um 39 % (EL: - 37.5%, ER: - 56.7%, PR: - 29.9%, PL: - 32.5 %) und die Kontrollgruppe um 37 % (EL: - 54.1%; ER: - 41%; PR: - 27.2 %; PL: - 25.9%) reduziert. Der  $t$ -Test bestätigte, dass beide Gruppen sich beim Einbeinstand rechts und bei der Perturbation links und rechts vom Prä- zum Post-Test signifikant verbesserten (Interventionsgruppe: EL:  $p=0.01$ ,

PR:  $p=0.02$ , PL:  $p=0.03$ ; Kontrollgruppe: EL:  $p=0.03$ ; PR:  $p=0.00$ ; PL:  $p=0.05$ ).  
 Einzig die Verbesserung beim Einbeinstand rechts in der Interventionsgruppe wurde durch den  $t$ -Test mit Bonferroni-Korrektur nicht als signifikant bestätigt (IG: ER:  $p=0.2$ ). Für die Kontrollgruppe bestätigte der  $t$ -Test die signifikante Verbesserung unter der Einbeinstand rechts Bedingung (ER:  $p=0.01$ ).

Die ANOVA der Standstabilität im Einbeinstand (links und rechts) mit geschlossenen Augen durch die Kraftmessplatte ergab einen signifikanten Zeit\* Gruppen Effekt ( $F_{1;30} = 5.62$ ,  $p = 0.024$ ). Es gab jedoch keinen signifikanten Zeit Effekt ( $F_{1;30} = 0.13$ ,  $p = 0.72$ ). Im anschließenden  $t$ -Test wurde klar, dass sich die Interventionsgruppe im Gegensatz zur Kontrollgruppe vom Prä- zum Post-Test signifikant verbessert hat (IG:  $p=0.02$ ; KG:  $p=0.28$ ). Der Schwankungsweg der Interventionsgruppe im Stehen hat sich nach den vier Trainingswochen im Durchschnitt um 15.7% reduziert. Der Schwankungsweg der Kontrollgruppe im Stehen hat sich hingegen vom Prä- zum Post-Test um 12% vergrößert (siehe Abb. 12).

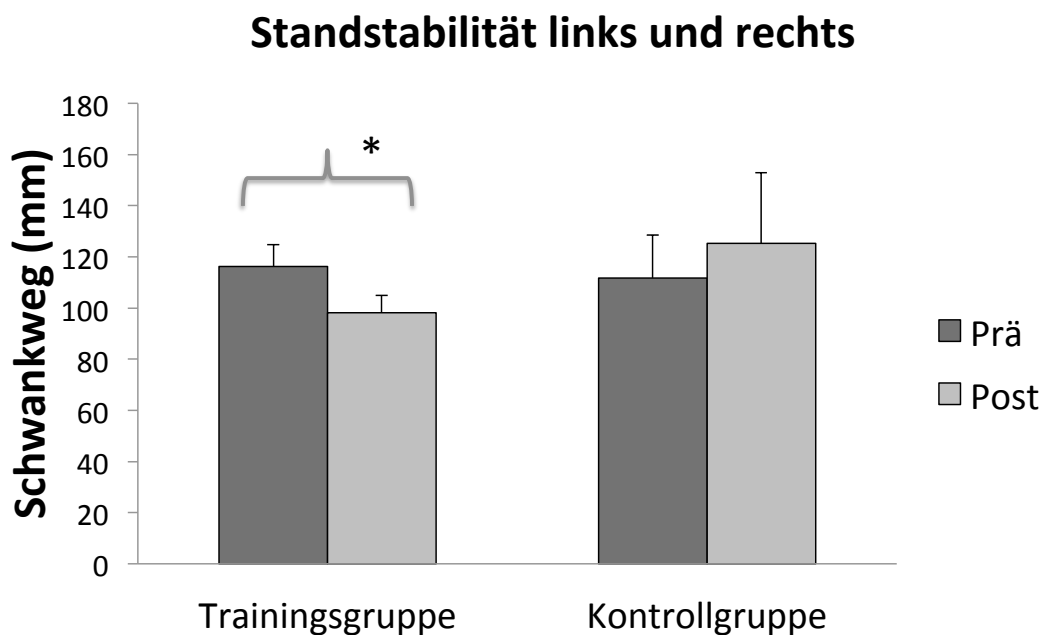


Abb.12: Standstabilität auf der Kraftmessplatte.

Illustration des Gesamtschwankungswegs in Millimeter (Mittelwerte und Standardfehler von Einbeinstand links + rechts), welcher bei der Testung vor (Prä) und nach (Post) der Intervention im Stehen auf der Kraftmessplatte erzeugt wurde.

\* bedeutet  $p < 0.05$ .

### 3.1.2 Rumpfstabilität

Die Ergebnisse der multifaktoriellen ANOVA für die Rumpfstabilität ergaben keinen signifikanten Zeit\*Gruppen Effekt ( $F_{1;30} = 2.59$ ,  $p = 0.12$ ). Es gab jedoch einen Zeiteffekt ( $F_{1;30} = 8.34$ ,  $p = 0.007$ ). Auf der Abbildung 13 ist zu erkennen, dass die Kontrollgruppe ihr Rumpfgleichgewicht vom Prä- zum Post-Test deutlicher verbesserte (- 30.5%) als die Interventionsgruppe (- 11.4%).

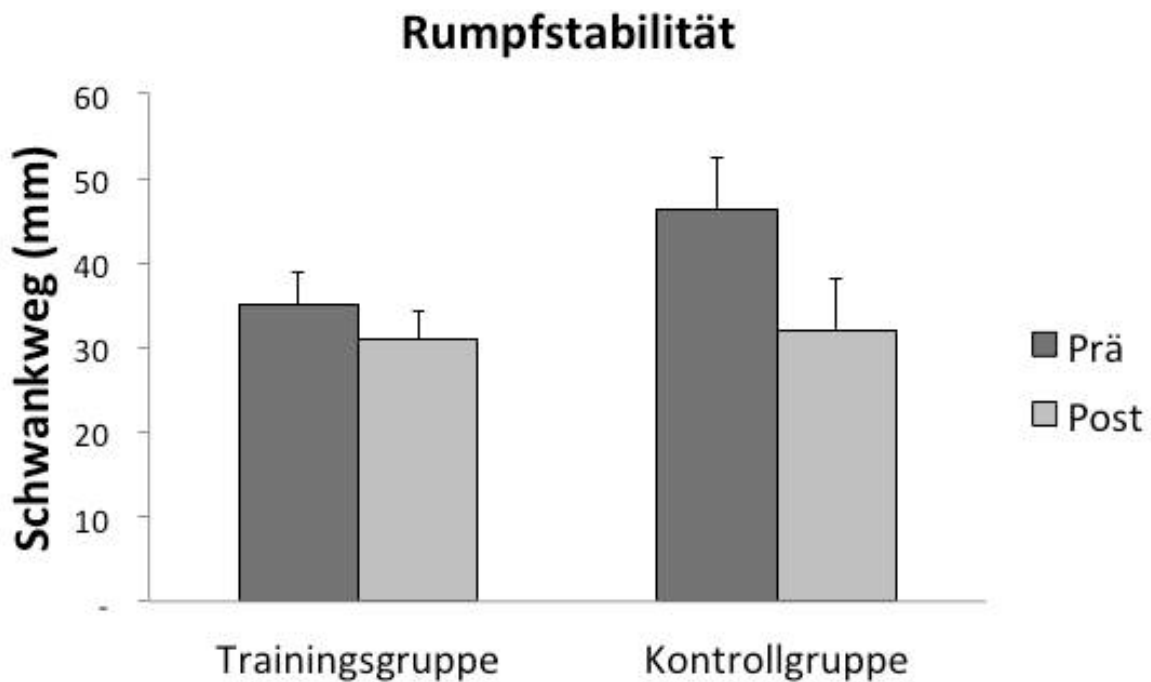


Abb.13: Rumpfstabilität auf der Kraftmessplatte.

Illustration des Gesamtschwankungswegs in Millimeter (Mittelwerte und Standardfehler), welcher auf der Kraftmessplatte vor (Prä) und nach (Post) der Intervention im sitzen auf dem instabilen Kreis ermittelt wurde. \* bedeutet  $p < 0.05$ .

### 3.2 Zervikale und lumbale Winkelreproduktion

Bei den „Joint Position sense (JPS)“ Tests zeigte sich sowohl auf zervikaler wie auch auf lumbaler Ebene, sei es bei den Rotationen nach links oder nach rechts, keine signifikante Zeit \* Gruppen-Interaktion (zervikal links (ZL):  $F_{1;30} = 0.96$ ,  $p = 0.33$ ; zervikal rechts (ZR):  $F_{1;30} = 0.72$ ,  $p = 0.79$ ; lumbal links (LL):  $F_{1;30} = 1.08$ ,  $p = 0.31$ ; lumbal rechts (LR):  $F_{1;30} = 2.08$ ,  $p = 0.16$ ). Es gibt auch keinen signifikanten Zeiteffekt (ZL:  $F_{1;30} = 2.45$ ,  $p = 0.13$ ; ZR:  $F_{1;30} = 3.22$ ,  $p = 0.083$ ; LL:  $F_{1;30} = 0.28$ ,  $p = 0.6$ ; LR:  $F_{1;30} = 3.58$ ,  $p = 0.068$ ). Auf Abbildung 14 sieht man, dass sich beide Gruppen vom Prä- zum Post-Test generell leicht verbessern (Interventionsgruppe: ZL: - 20.9%, ZR: - 9.5%, LL: - 8.5%, LR: -3.6 %; Kontrollgruppe: ZL: - 4.8%, ZR: -

12.5 %, LR: -22.7%). Einzig bei der Rotation nach links auf lumbaler Ebene hat sich die Kontrollgruppe beim Post-Test verschlechtert ( + 18.4%).

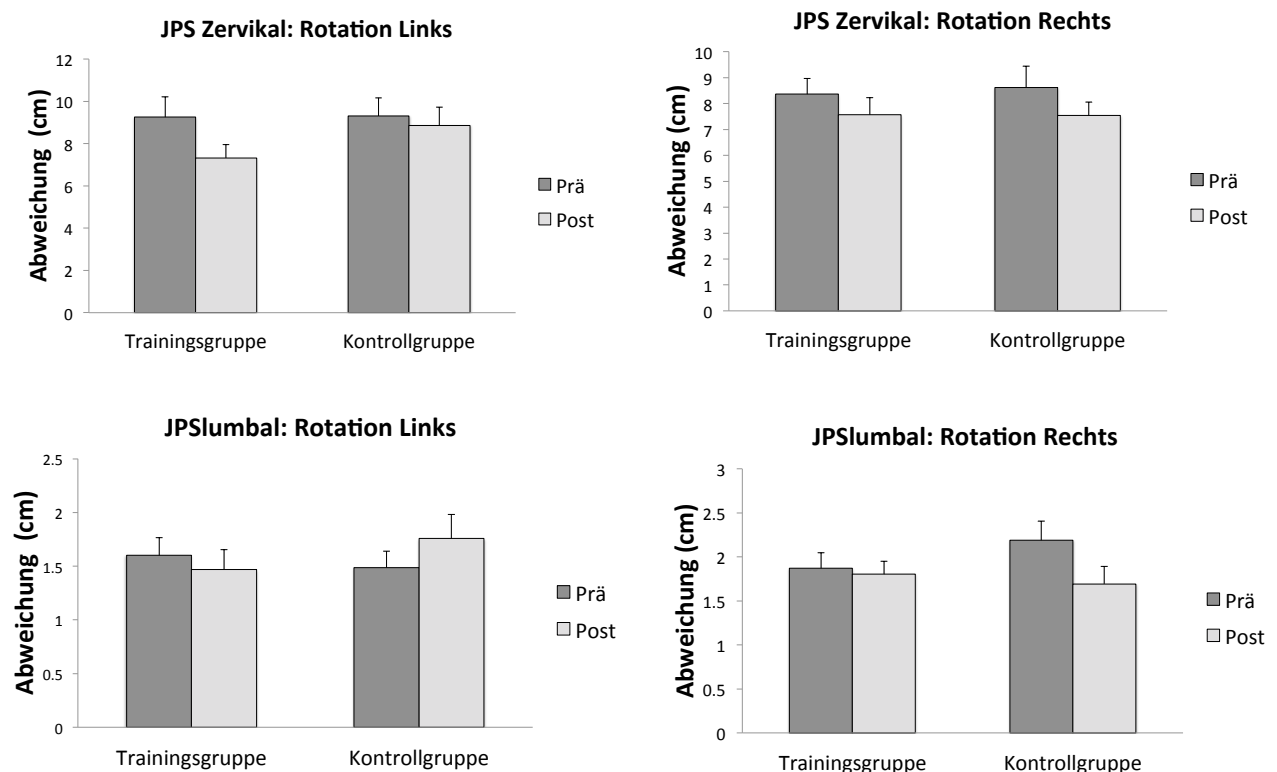


Abb.14: Lumbale und zervikale JPS-Tests.

Diese Abbildung stellt die Ergebnisse der JPS-Tests vor (Prä) und nach (Post) der Intervention dar (Mittelwerte und Standardfehler). Auf der Ordinate dieser vier Grafiken ist die Abweichung in Zentimeter zwischen der Neutralposition und der eingeschätzten Neutralposition nach Veränderung der Position durch die Messperson (der Repositionierungsfehler) angezeigt. Die Abszisse unterscheidet die Trainings- und die Kontrollgruppe. Im oberen Teil der Abbildung sieht man die Ergebnisse nachdem der Nacken nach links (Grafik oben links) oder rechts (Grafik oben rechts) gedreht wurde. Im unteren Teil stellen die Grafiken die Resultate nach der lumbalen Rotation nach links (Grafik unten links) und rechts (Grafik unten rechts) dar.

### 3.3 Ganganalyse

Bei der Analyse der Gangvariabilität nach dem Gleichgewichtstraining konnte in der ANOVA-Auswertung für die Schrittlänge (SL) und Ganggeschwindigkeit (GG) Parameter kein signifikanter Zeit\*Gruppen-Effekt festgestellt werden (SL:  $F_{1;29} = 0.08$ ,  $p = 0.93$ ; GG:  $F_{1;29} = 0.14$ ,  $p = 0.71$ ). Auf der Abbildung 15 sieht man, dass die Variabilität in der Schrittlänge bei beiden Gruppen um 8.9 % gesunken ist. Die Veränderungen sind aber nicht signifikant ( $F_{1;29} = 0.99$ ,  $p = 0.33$ ). In Bezug auf die Ganggeschwindigkeit sieht man in der Interventionsgruppe eine stärkere Reduktion



der Variabilität (-22.6%) als bei der Kontrollgruppe (-7.5%). Auch diese Veränderungen sind jedoch nicht signifikant ( $F_{1;29} = 1.65$ ,  $p = 0.21$ ).

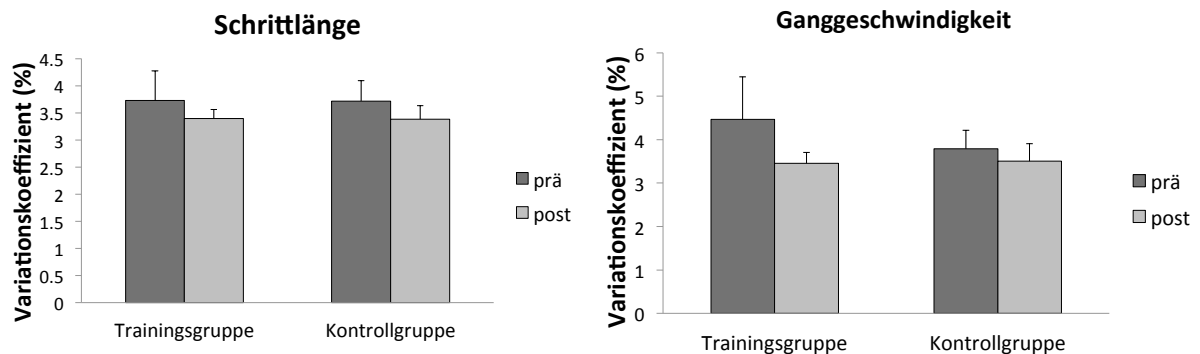


Abb. 15: Ergebnisse der Gangvariabilität.

Die Grafiken auf dieser Abbildung repräsentieren die prozentuale Veränderung der Schrittlängenvariabilität (linke Grafik) und der Ganggeschwindigkeitsvariabilität (rechte Grafik) vom Prä- zum Post-Test (Mittelwerte und Standardfehler). Die vertikale Achse zeigt die Veränderung des Variationskoeffizienten (in %). Die horizontale Achse unterscheidet die Trainings- und Kontrollgruppe.

Auch wenn man die Veränderung dieser beiden Parameter vom Prä- zum Post-Test auswertet, erhält man keinen signifikanten Zeit\*Gruppen Effekt (SL:  $F_{1;30} = 0.87$ ,  $p = 0.36$ ; GG:  $F_{1;30} = 0.18$ ,  $p = 0.67$ ). Für keine der beiden Parameter gibt es einen signifikanten Zeit Effekt (SL:  $F_{1;30} = 0.32$ ,  $p = 0.58$ ; GG:  $F_{1;30} = 2.7$ ,  $p = 0.11$ ). Auf der Abbildung 16 ist zu erkennen, dass die Veränderungen minim sind (< 2,5%).

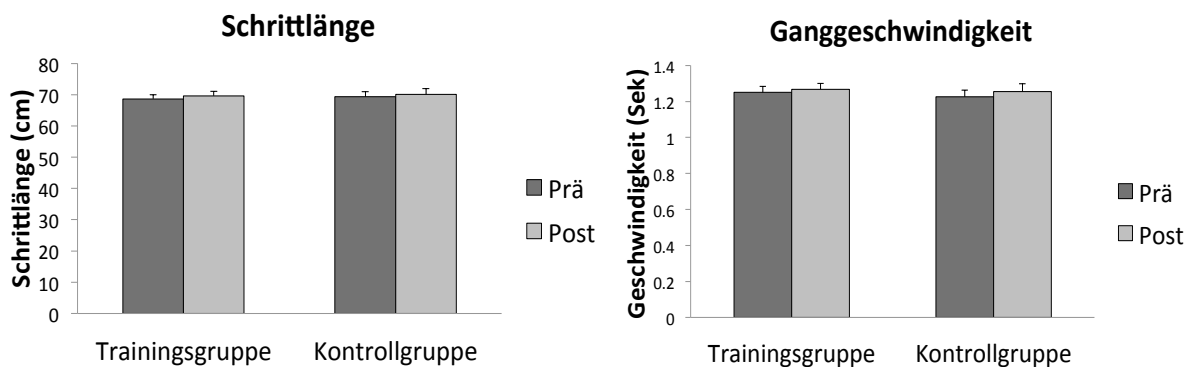


Abb. 16: Veränderung der Ganggeschwindigkeit und Schrittlänge vom Prä- zum Post-Test.

Die Grafiken auf dieser Abbildung stellen die Veränderung der Schrittlänge in Zentimeter (auf der Ordinaten der linken Grafik) und die Veränderung der Ganggeschwindigkeit in Sekunden (auf der Ordinaten der rechten Grafik) vom Prä- zum Post-Test (Mittelwerte und Standardfehler). Die horizontale Achse unterscheidet auf beiden Grafiken die Trainings- und Kontrollgruppe.

### 3.4 Lumbale Kraftausdauer

Die ANOVA, die für den Biering-Sorensen Test berechnet wurde, wies eine signifikante Zeit\*Gruppen Interaktion auf ( $F_{1;29} = 5.59$ ,  $p = 0.025$ ). Die Auswertung zeigte auch einen signifikanten Zeiteffekt an ( $F_{1;29} = 16.6$ ,  $p = 0.00$ ). Der anschliessende  $t$ -Test demonstrierte einen hoch signifikanten Unterschied zwischen der Kraftausdauerleistung der Interventionsgruppe beim Prä- und beim Post-Test und zeigte ( $p = 0.001$ ), dass sich die lumbale Kraftausdauer der Interventionsgruppe durch das Training deutlich verbessert hat (im Durchschnitt um 56.24 Sekunden) (siehe Abb.17). Die lumbale Kraftausdauer der Kontrollgruppe hat sich hingegen vom Prä- zum Post-Test nicht signifikant verbessert (im Durchschnitt um + 14 Sekunden,  $p = 0.09$ ).

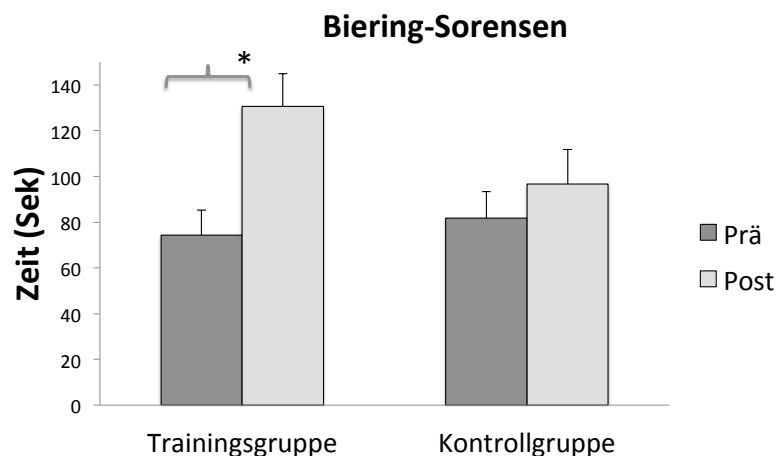


Abb. 17: Biering-Sorensen Ergebnisse.

Diese Abbildung zeigt die Veränderung in Sekunden (auf der Ordinaten) der Performanz im Biering-Sorensen Test vor (Prä) und nach (Post) der Intervention (Mittelwerte und Standardfehler).

\* bedeutet  $p < 0.05$ .

### 3.5 Schmerzintensität

Die ANOVA für die visuelle Analogskala resultierte in einem signifikanten Zeit\*Gruppen Effekt ( $F_{1;29} = 5.99$ ,  $p = 0.021$ ). Sie zeigte auch einen signifikanten Zeiteffekt an ( $F_{1;29} = 13.97$ ,  $p = 0.01$ ). Der anschliessende  $t$ -Test zeigte, dass sich der Schmerz nur bei der Interventionsgruppe signifikant reduziert hat ( $p = 0.0006$ ). Die Veränderung bei der Kontrollgruppe war hingegen nicht signifikant ( $p = 0.34$ ). Die Schmerzintensität hat sich bei der Interventionsgruppe durchschnittlich um 47.5% und bei der Kontrollgruppe um 11.1% reduziert (siehe Abb. 18).

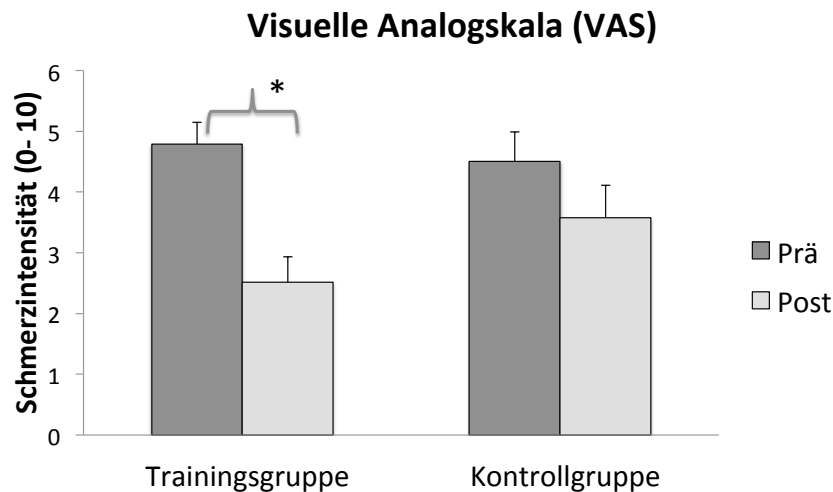


Abb. 18: VAS Ergebnisse.

Diese Abbildung zeigt die Veränderung der Schmerzintensität auf einer Skala von 0 bis 10 (auf der Ordinate) vom Prä- zum Post-Test (Mittelwerte und Standardfehler). Die Abszisse unterscheidet die Ergebnisse von der Trainingsgruppe und der Kontrollgruppe. \* bedeutet  $p < 0.05$ .

### 3.6 Fragebögen

#### 3.6.1 RMDQ-Score

Die Ergebnisse des berechneten Mann-Whitney U-Test ergaben keine signifikante Veränderung vom Prä- zum Post-Fragebogen ( $U = 97.5$ ,  $p = 0.26$ ). Auf Abbildung 19 ist zu sehen, dass sich der gesamt RMDQ-Score vom Prä- zum Post-Test bei der Interventionsgruppe um  $1.47 \pm 0.47$  Punkte und bei der Kontrollgruppe nur um  $0.67 \pm 0.37$  Punkte reduziert hat.

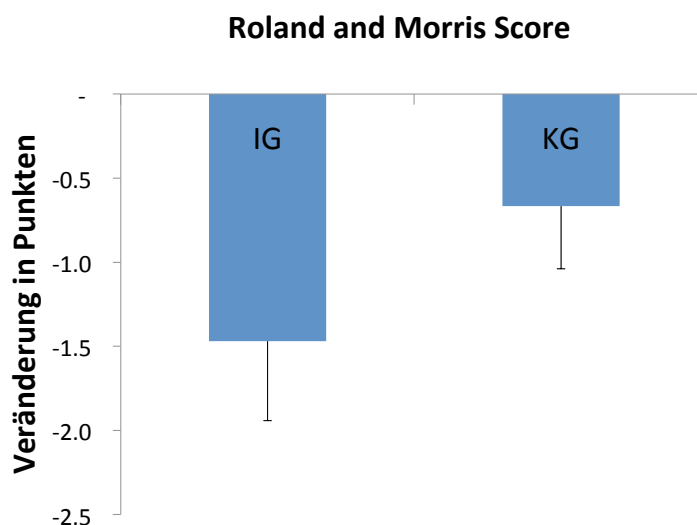


Abb.19: Veränderung des RMDQ-Beeinträchtigungsscores vom Prä- zum Post-Test in Punkten.

### 3.6.2 FABQ-Ergebnisse

Der Mann-Whitney U-Test zeigte für die Aussagen über die körperliche Aktivität keine signifikante Veränderung vom Prä- zum Post- Fragebogen ( $U=87.5$ ,  $p = 0.2$ ). Auf Abbildung 20 ist zu erkennen, dass die Interventionsgruppe ihren Gesamtscore für diese Fragen deutlicher reduziert hat ( $- 2.75 \pm 1.03$  Punkte) als die Kontrollgruppe ( $- 1.1 \pm 0.79$  Punkte).

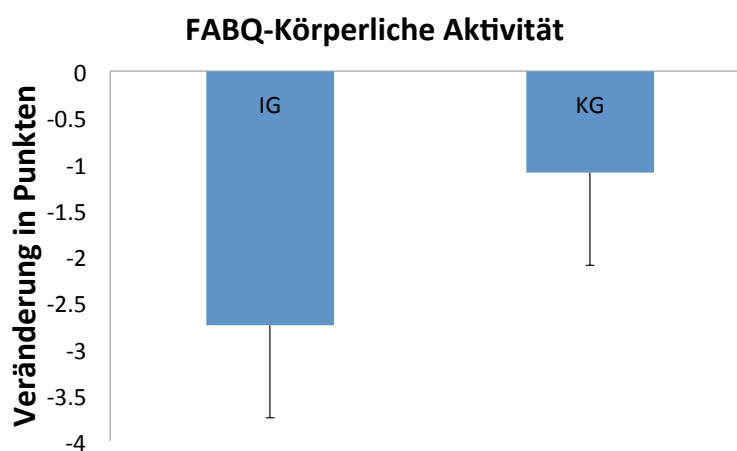


Abb.20: Veränderung des FABQ-Scores in Bezug auf die körperliche Aktivität vom Prä- zum Post-Test in Punkten.

Für die Aussagen bezüglich der Arbeitsbelastung wies der Mann-Whitney U-Test ebenfalls keine signifikante Veränderung vom Prä- zum Post-Fragebogen auf ( $U = 99.5$ ,  $p = 0.42$ ). Auf der Abbildung 21 wird klar, dass sich der Gesamtscore für die Arbeitsbelastungsaussagen bei der Interventionsgruppe deutlicher verringerte ( $-1.88 \pm 0.87$  Punkte) als bei der Kontrollgruppe ( $- 0.4 \pm 1.6$  Punkte).

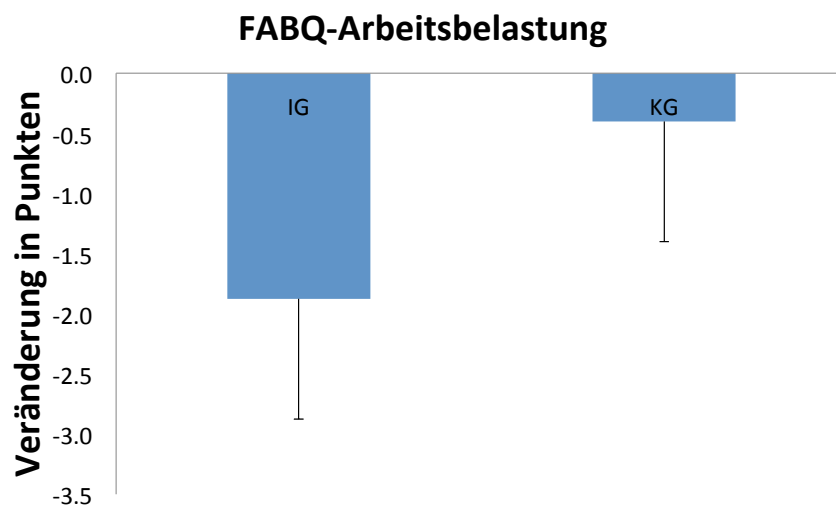


Abb.21: Veränderung des FABQ-Scores in Bezug auf die Arbeitsbelastung vom Prä- zum Post-Test in Punkten.

## **4 Diskussion**

Das Ziel dieser Studie war die Erforschung der (positiven) Effekte eines rückenpezifischen Gleichgewichtstrainings bei Patienten mit chronischen lumbalen Rückenschmerzen. Konkreter versuchte die Studie die Auswirkungen eines solchen Trainings auf die Stand- und Rumpfstabilität, auf die Winkelreproduktionsfähigkeit, auf das Gangmuster, auf die Kraftausdauer, auf die Schmerzwahrnehmung, auf die Durchführung von Alltagsaktivitäten und auf die Überzeugungen (beliefs) von den CLBP-Patienten, zu erkennen. In dieser Studie zeigen die Resultate, dass ein Rumpfgleichgewichtstraining (RGT) positive Effekte auf die Schmerzwahrnehmung, die Kraftausdauerfähigkeit und die statische Stabilität der CLBP-Patienten hat.

### **4.1 Effekte des RGT auf die Standstabilität der CLBP-Patienten**

Bei den Messungen der Standstabilität mit dem Posturomed (unstabiler Untergrund) haben sich beide Gruppen signifikant vom Prä- zum Post-Test verbessert. Deswegen konnte bei dieser Übung kein signifikanter Zeit\*Gruppen Effekt festgestellt werden. Bei der Messung der Standstabilität mittels der Kraftmessplatte (stabiler Untergrund) wurde jedoch bei der Auswertung der Tests auf dem linken und rechten Bein ein signifikanter Zeit\* Gruppen Effekt beobachtet. Die Interventionsgruppe verbesserte sich signifikant vom Prä- zum Post-Test während die Kontrollgruppe sich eher verschlechterte.

In einer bereits erwähnten Studie von Boer et al., (2010) über die Reliabilität des Posturomed Messsystems wurde betont, dass dieses Messgerät einen Lerneffekt erzielen kann. Dies könnte erklären, wieso die Kontrollgruppe auch ohne Training ihre Standstabilität auf diesem Messgerät verbessert hat. Da der Stand auf dem Posturomed für alle Probanden neu war und es bei den ersten Versuchen immer einen Lerneffekt gibt, kann man die signifikante Verbesserung der Kontrollgruppe auf diesem Messgerät verstehen. In der vorliegenden Studie wurde nämlich nach einem einzigen kurzen Versuch auf jedem Bein auf dem Posturomed beim Prä-Test direkt mit den Messungen begonnen. Während den insgesamt 24 Versuchen der Prä- und Post-Messungen in der gestörten und ungestörten Bedingung auf dem Posturomed konnten die Probanden vermutlich eine Taktik entwickeln, um die Balance-Plattform zu stabilisieren. Mehrere Probanden sprachen dies sogar aus und teilten der

Messperson als sie besser wurden mit, dass sie verstanden hatten was sie tun mussten, um das Gerät zu stabilisieren. Da beide Gruppen ihre Standstabilität unter den dynamischen Bedingungen (auf dem Posturomed) verbesserten, konnten die Fortschritte nicht dem Rumpfgleichgewichtstraining zugewiesen werden. Um den Lerneffekt bei der Kontrollgruppe zu verhindern, hätte man die Probanden vielleicht schon vor dem Prä-Test ein paar Minuten auf dem Posturomed stehen lassen sollen, damit die Probanden sich an die Funktionsweise des Posturomeds gewöhnen. Dies hätte eventuell den Lerneffekt während der Messung minimiert.

Auf der Kraftmessplatte (stabiler Untergrund) wurde jedoch ein Unterschied in der Standstabilität zwischen der Gruppe, die trainiert hatte und der, die keine Rumpfgleichgewichtsübungen durchgeführt hatte, sichtbar. In einer Studie über die Intra-Session Zuverlässigkeit der Kraftmessplatte für die Messung des COP bei CLBP-Patienten wurde gezeigt, dass die Kraftmessplatte ein zuverlässiges Messgerät ist, um die Abweichung des COP der CLBP-Patienten zwischen zwei Sessions zu messen (Maribo et al., 2011). Aus diesem Grund, aber auch, weil der Einbeinstand auf festem Boden normalerweise allen bekannt ist, sind auf der Kraftmessplatte keine kurzfristigen Lerneffekte durch das wiederholte Durchführen des Tests zu erwarten. Ausserdem betonen Kaji et al., (2010), dass manche Rumpfstabilisierungsübungen, die auch in unserer Studie ausgeübt wurden, einen positiven Effekt auf die Standstabilität von gesunden Menschen unter stabilen Bedingungen haben (Kaji, Sasagawa, Kubo, & Kanehisa, 2010). Imai et al., (2014) bestätigen diese Ergebnisse und fügen hinzu, dass solche Rumpfstabilisierungsübungen auch einen positiven Effekt auf die dynamische Standstabilität von jungen Fussballspielern haben (Imai, Kaneoka, Okubo, & Shiraki, 2014). Bae et al., (2013) zeigen zudem, dass Rumpfstabilisierungsübungen auf einem instabilen Untergrund die statische und dynamische Gleichgewichtsfähigkeit von Hirnschlagpatienten deutlicher verbessern als ein Rumpfstabilisierungsprogramm auf einem stabilen Untergrund. Allerdings muss betont werden, dass Rumpfstabilisierungsprogramme im Gegensatz zu den Übungen der vorliegenden Studie nicht nur Rumpfgleichgewichtsübungen sondern auch Rumpfkraftausdauerübungen beinhalten. Zudem finden Rumpfstabilisierungsübungen eher auf stabilen Untergrund statt während die Übungen dieser Studie alle auf einem instabilen Untergrund

durchgeführt wurden. Deswegen sind die Ergebnisse der erwähnten Studien nur eingeschränkt mit denen der vorliegenden vergleichbar.

Die vorliegende Studie kommt zu dem Ergebnis, dass ein spezifisches Rumpfgleichgewichtstraining einen positiven Effekt auf die statische Standstabilität hat. Es konnte jedoch wegen einem möglichen Lerneffekt nicht nachgewiesen werden, dass ein rückenspezifisches Gleichgewichtstraining, einen positiven Einfluss auf die dynamische Gleichgewichtsfähigkeit hat.

#### **4.2 Effekte des RGT auf die Rumpfgleichgewichtsfähigkeit der CLBP-Patienten**

In unserer Studie konnten kein signifikanter Zeit\*Gruppen Effekt für die Rumpfgleichgewichtsfähigkeit festgestellt werden. Die Kontrollgruppe hat ihr Rumpfgleichgewicht erstaunlicherweise vom Prä- zum Post-Test sogar deutlicher verbessert (- 30.5%) als die Interventionsgruppe (- 11.4%). Es muss jedoch betont werden, dass die Interventionsgruppe aus einem höheren Leistungsstand gestartet ist als die Kontrollgruppe. Deswegen war es für die Interventionsgruppe schwieriger, sich zu verbessern. Trotzdem bleibt es kompliziert zu erklären, wieso die Interventionsgruppe nach einem Monat spezifischem Rumpfgleichgewichtstraining ihre Rumpfgleichgewichtsfähigkeit nicht signifikant verbessern konnte. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass die Höhe, auf der die Übung auf dem instabilen Kreis durchgeführt wurde, beim Training und bei den Messungen nicht identisch war. Da die Installation beim Training tiefer war, mussten vor allem die grösseren Probanden entweder ihren Oberkörper nach hinten beugen oder ihre Beine heben damit ihre Füße den Boden nicht berühren. Bei den Messungen war diese Installation jedoch höher und alle Probanden konnten eine gerade Position einnehmen, um die Übung durchzuführen. Vielleicht hatte die Interventionsgruppe beim Training auf tieferer Ebene eine Taktik entwickelt, um ihr Stabilität zu finden, die sie bei den Messungen durch die unterschiedlichen Bedingungen nicht mehr anwenden konnten. Ein anderer möglicher Grund für die nicht signifikante Verbesserung der Interventionsgruppe nach der Trainingszeit könnte der zu tiefe Schwierigkeitsgrad der Übung sein. Vielleicht war die vorgeschlagene Aufgabe bei den Messungen zu einfach, weshalb ein Deckeneffekt vorgelegen haben könnte. Es ist schwer diese Ergebnisse zu vergleichen, denn in der Literatur wurden die Effekte eines Rumpfgleichgewichtstrainings auf die Rumpfbalance von Hirnschlagpatienten, Hemiplegie Patienten und



Multiple Sklerose Patienten geprüft, aber nicht auf die Rumpfbalance von CLBP-Patienten oder gesunde Patienten. Bei diesen neurologischen Patienten wird vermutet, dass das Rumpfgleichgewichtstraining auf einem instabilen Untergrund einen positiven Effekt auf das Rumpfgleichgewicht der Patienten hat (Cabanas-Valdés, Cuchi, & Bagur-Calafat, 2013; Keser, Kirdi, Meric, Kurne, & Karabudak, 2013; Park & Hwangbo, 2014). Da die vorliegenden Ergebnisse keine Effekte eines Rumpfgleichgewichtstraining auf die Rumpfgleichgewichtsfähigkeit von CLBP-Patienten aufweisen und keine andere spezifische CLBP-Studie zu diesem Thema gefunden wurde, müssten die Effekte eines Rumpfgleichgewichtstraining auf die Rumpfgleichgewichtsfähigkeit von CLBP-Patienten weiter erforscht werden.

#### **4.3 Effekte des RGT auf die Winkelreproduktionsfähigkeit der CLBP-Patienten**

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass keine der beiden Gruppen ihre Winkelreproduktionsfähigkeit vom Prä- zum Post-Test, sei es auf lumbaler oder zervikaler Ebene, signifikant verbessert hat. Folglich gab es für keinen der JPS-Tests einen signifikanten Zeit\*Gruppen Effekt. Die Ergebnisse von Beinert et Taube (2013), die eine Verbesserung der Nackensensomotorik bei Nacken-Patienten nach einem traditionellen Gleichgewichtstraining (im Stehen) feststellten, konnten durch ein rumpfspezifisches Gleichgewichtstraining nicht reproduziert werden. Ein möglicher Grund dafür könnte die unterschiedlichen Messmethoden sein, die für den Nacken-JPS-Test verwendet wurde, sein. Erstens wurden in den beiden erwähnten Studien verschiedene Messgeräte benutzt. Beinert et Taube (2013) verwendeten für den Nacken-JPS Test ein Goniometer. Es handelt sich um ein präzises Messgerät zur Bestimmung von Winkeln. In der vorliegenden Studie wurde für die Messung der Nackenwinkelreproduktionsfähigkeit ein Fahrradhelm mit einem angeklebten Laserpointer benutzt. Mit dem zervikalen Goniometer, der von Beinert et Taube (2013) benutzt worden ist, konnte der Kopf von jedem Probanden immer genau mit dem selben Winkel von 45° Grad in die verschiedenen Richtungen gedreht werden. Bei unserer Messmethode, die keine Winkeleinstellung ermöglichte, wusste die Messperson nicht, auf wie viel Grad sie den Kopf eines Probanden drehte. Dadurch wurde zum Beispiel der Kopf eines Probanden einmal um 45° Grad nach links bewegt und der Kopf eines anderen Probanden wurde nur um 30° nach links gedreht. Zweitens unterschieden sich die Messgeräte in ihrer Fixation auf dem Kopf der Probanden.

Auf Abbildung 22 sieht man, dass der Goniometer, der von Beinert et Taube (2013) verwendet wurde, durch die breiten und stabilen Bänder optimal am Kopf fixiert war. Beim Fahrradhelm, der nur durch zwei feine Bänder unter dem Kiefer am Kopf fixiert war, bestand jedoch die Gefahr, dass sich das Messgerät beim Bewegen des Kopfes durch die Messperson, verstellt und die Ergebnisse fälscht. Eine andere Hypothese für die negativen Ergebnisse auf zervikaler Ebene, könnte sein, dass nur ein traditionelles Gleichgewichtstraining (im Stehen) zu einer Verbesserung der Nacken Sensomotorik führt und, dass ein spezifisches Rumpfgleichgewichtstraining keinen Einfluss auf die Nackenwinkelreproduktionsfähigkeit hat. Um das zu erfahren, müsste man weiter forschen.



Abb. 22: Zervikaler Goniometer zur Nacken-JPS-Messung von Beinert et Taube (2013).

Auf lumbaler Ebene fällt es schwer, die Ergebnisse mit anderen Studien zu vergleichen, weil es kaum Literatur über die Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf die lumbale Sensomotorik gibt. Einzig Boucher et al., (2016) haben sich ebenfalls für dieses Thema interessiert. Die Ergebnisse von diesen Forschern, die keinen signifikanten Zeit\*Gruppen Effekt aufwiesen, sind jedoch mit unseren Ergebnissen nur beschränkt vergleichbar, denn in der Studie von Boucher et al., haben die Probanden zusätzlich zu den Rumpfgleichgewichtsübungen auch Rumpfkraftübungen durchgeführt. Möglicherweise könnten die negativen Ergebnisse auf

lumbaler Ebene in der vorliegenden Studie an dem verwendeten Messgerät liegen. Die angewandte Messmethode für die Beurteilung von der lumbalen Sensomotorik wurde in dieser Studie ebenfalls gegenüber anderen existierenden lumbalen-JPS-Methoden angepasst. Silfies et al. (2007) verwendeten in ihrer Studie ein lumbales JPS-Messgerät, das mit einem „Step Motor“ ausgerüstet war und in dem der Oberkörper der Probanden durch einen vierpunktigen Gürtel an die Lehne des Messgeräts fixiert war (siehe Abb. 23). In unserer Studie mussten die Probanden sich selbst darauf konzentrieren, die Schulterblätter an die Wand zu fixieren. Ein verzerrender Faktor für die vorliegenden Messergebnisse könnte sein, dass die Probanden sich während der Messung mehr auf die Veränderung des Drucks ihrer Schulterblätter konzentrierten, als auf die Position ihres Rumpfes im Raum. Mehrere Probanden bestätigten der Messperson, dass bei ihnen der Fokus während der Messung auf den Schulterblättern und nicht auf der lumbalen Ebene war.

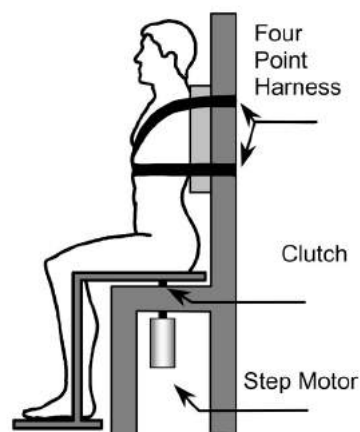


Abb. 23: Lumbales JPS-Messgerät von Silfies et al., (2007)

Um etwas über den Effekt eines Rumpfgleichgewichtstrainings auf die Nacken- und lumbale Winkelreproduktionsfähigkeit auszusagen, müsste man vermutlich präzisere oder andere Messmethoden verwenden. Für die Nackensensomotorik wäre der erwähnte Goniometer, der präzisere Messungen ermöglicht, ein angebrachtes Messgerät. Um wirklich die lumbale Winkelreproduktionsfähigkeit zu messen, könnte man das von Silfies et al., verwendete JPS-Messgerät für die lumbale Ebene benutzen, welches eine gute Zuverlässigkeit aufwies (Silfies et al., 2007). Zur Messung der reinen Propriozeption (Bewegungssinn) könnte man den „motion

perception threshold“ Test, der in Boucher et al., (2016) verwendet wurde, benutzen. Dieser Test ermöglicht zur Erinnerung die kleinste axiale Rumpfrotation, die vom Probanden wahrgenommen werden kann, zu messen. Silfies et al., (2007) fanden nämlich heraus, dass diese Messmethode, die den Bewegungssinn analysiert, noch zuverlässigere Daten produzierte als der lumbale JPS-Test, der den Stellungssinn evaluiert (Silfies et al., 2007). Der Mehrwert des zuverlässigeren „motion perception threshold“ Test ist trotzdem bei CLBP-Patienten noch weiter zu untersuchen.

#### **4.4 Effekte des RGT auf das Gangmuster der CLBP-Patienten**

Ein spezifisches Rumpfgleichgewichtstraining führte zu keinen signifikanten Veränderungen der Gangvariabilität hinsichtlich Schrittlänge und Ganggeschwindigkeit. Zudem unterschied sich weder die Schrittlänge noch die Ganggeschwindigkeit signifikant vom Prä- zum Post-Test. Im Gegensatz zu diesen Befunden hat sich die Ganggeschwindigkeit von neurologischen- (Chung et al., 2013; Tamburella et al., 2013) und geriatrischen Patienten (Halvarsson et al., 2014) durch Rumpfgleichgewichtsübungen signifikant verbessert. Allerdings haben die Probanden dieser Studien entweder länger oder häufiger trainiert als die Teilnehmer der vorliegenden Studie. Die geriatrischen Patienten haben zum Beispiel über zwölf Wochen dreimal pro Woche trainiert, die inkompletten Rückenmarksverletzungspatienten trainierten über acht Wochen fünfmal pro Woche und die Hirnschlagpatienten absolvierten über vier Wochen fünfmal pro Woche ein generelles Training und die Interventionsgruppe dieser Studie führte zusätzlich jede Woche noch drei spezifische Rumpfstabilisierungstrainingseinheiten durch. Auch in den Studien über die Effekte von einem rumpfextensions- oder einem multidisziplinären-Trainings auf das Gangmuster von CLBP-Patienten führten längere Interventionen als in der vorliegenden Studie zu positiven Veränderungen des Gangmusters der CLBP-Patienten (Monticone et al., 2014; Steele et al., 2016). In der Rumpfextensionstrainingsstudie trainierten die CLBP-Probanden während zwölf Wochen, um ihre Gangvariabilität zu reduzieren und in der multidisziplinären-Trainingsstudie übten die Teilnehmer während acht Wochen, um ihre Gangkadenz gegenüber der Kontrollgruppe signifikant zu verbessern. Es kann folglich vermutet werden, dass eine vierwöchige Intervention mit drei Trainingseinheiten pro Woche nicht reicht, um die Gangparametern von CLBP-Patienten positiv zu verändern. Deswegen wäre es

interessant in der Zukunft die Auswirkungen einer längeren Gleichgewichtsintervention auf die Gangparametern der CLBP-Patienten zu untersuchen.

#### **4.5 Effekte des RGT auf die lumbale Kraftausdauer der CLBP-Patienten**

Die Ergebnisse des Biering-Sorensen Test zeigen, dass sich die Interventionsgruppe und die Kontrollgruppe signifikant über die Zeit unterscheiden. Die Interventionsgruppe verbessert ihre lumbale Kraftausdauer vom Prä- zum Post-Test im Gegensatz zur Kontrollgruppe signifikant.

Diese Ergebnisse unterstützen die Resultate von Kankaanpää et al., (1999), die zeigten, dass eine aktive Rehabilitationsintervention die Ermüdungswiderstandsfähigkeit der lumbalen Muskulatur bei CLBP-Patienten effektiver verbessert als passive Rehabilitationstechniken (Thermalbad, Massage). Sie widersprechen jedoch den Ergebnissen von Sung (2013), der in seiner Studie zum Schluss kam, dass ein Rumpfstabilisierungsprogramm zu keinen signifikanten Veränderungen der lumbalen Kraftausdauer führt. Sung (2013) verglich seine 25 Interventionsprobanden mit 21 Probanden, die Flexibilitätübungen durchführten. Alle seine Probanden waren über 21 Jahre alt und hatten seit mindestens zwei Monaten CLBP. Genau wie in der vorliegenden Studie trainierten die Probanden während vier Wochen. Die Trainingseinheiten fanden nur einmal pro Woche während 20 Minuten unter Aufsicht eines Experten statt, sonst trainierten die Probanden täglich (20') alleine zuhause. Keine der beiden Gruppen in der Studie von Sung (2013) verbesserte ihre lumbale Kraftausdauerfähigkeit signifikant nach der Intervention. In Bezug auf die Probanden und die Dauer der Intervention sind diese beiden Studien folglich gut vergleichbar. Der grosse Unterschied zwischen der Studie von Sung (2013) und der vorliegenden Studie liegt aber in der Übungsauswahl. Im Gegensatz zu Sung (2013), dessen Trainingsprotokoll auch Kräftigungsübungen wie Curl-ups oder Oberkörper Extension enthielt, haben die Probanden der vorliegenden Studie nur Rumpfgleichgewichtsübungen durchgeführt. Zudem wurde die Schwierigkeit der Übungen in der Studie von Sung (2013) im Gegensatz zu dem Schwierigkeitsgrad der Übungen dieser Studie nicht progressiv über die Zeit gesteigert. Dieser methodische Unterschied könnte entscheidend sein und erklären, wieso die Intervention von Sung (2013) zu keinen signifikanten Veränderungen der lumbalen Kraftausdauer geführt hat. Ausserdem muss auch betont werden, dass in der vorliegenden Studie alle 12 Trainingseinheiten unter der Aufsicht von Trainingsexperten stattfanden. Bei Sung

(2013) trainierten die Probanden insgesamt nur viermal unter Aufsicht von Experten und sonst trainierten sie alleine. Obwohl, Sung (2013) sich durch Telefonanrufe und Übungsprotokolle der Probanden versicherte, dass die Trainingseinheiten jeden Tag durchgeführt wurden, wäre eine Vernachlässigung der Trainings in so einem Studiendesign möglich.

In unserer Studie wurde nachgewiesen, dass ein einmonatiges Rumpfgleichgewichtstraining die lumbale Kraftausdauer der CLBP-Patienten signifikant verbessert.

#### **4.6 Effekte des RGT auf die Schmerzwahrnehmung der CLBP-Patienten**

Ein spezifisches Rumpfgleichgewichtstraining führte bei der Interventionsgruppe im Gegensatz zur Kontrollgruppe zu einer signifikanten Schmerzreduktion.

Es gibt mehrere Studien und Reviews, die über die positiven Effekte von Rumpfstabilisierungsübungen auf die Schmerzwahrnehmung der CLBP-Patienten berichten (Ferreira, Ferreira, Maher, Herbert, & Refshauge, 2006; França, Burke, Hanada, & Marques, 2010; Salavati et al., 2015; Yi et al., 2012). Allerdings wurde bereits erwähnt, dass in den meisten Rumpfstabilisierungstrainingsprogrammen im Gegensatz zu dieser Studie nicht nur Rumpfgleichgewichtsübungen sondern auch Rumpfkraftausdauerübungen integriert sind. Deswegen sind diese Ergebnisse nur eingeschränkt vergleichbar. In der Studie von Gatti et al., (2011) haben 34 CLBP-Probanden jedoch genau wie in dieser Studie ein spezifisches Rumpfgleichgewichtstraining durchgeführt. Bei Gatti et al., (2011) wurde die Interventionsgruppe aber nicht mit einer Kontrollgruppe verglichen, die wie in der vorliegenden Studie einfach nur ihr alltägliches Aktivitätsniveau beibehalten hat, sondern mit einer Kontrollgruppe, die über 5 Wochen (2x pro Woche) ein Krafttraining absolvierte (insgesamt 10 Trainingseinheiten). Auch Gatti's Interventionsgruppe führte über 5 Wochen 10 Rumpfgleichgewichtstrainingseinheiten mit einer progressiven Schwierigkeitssteigerung durch (2x pro Woche). In der vorliegenden Studie absolvierte die Interventionsgruppe insgesamt 12 Rumpfgleichgewichtstrainingseinheiten über 4 Wochen (3x pro Woche). Der VAS-Score von Gatti's IG hat sich um 1.4 Zentimeter (41%) und der seiner KG um 0.56 Zentimeter (-8.7%) nach der Intervention reduziert. In der vorliegenden Studie hat sich der VAS-Score der IG um 2.25 Zentimeter (-47.5%) und der der KG um 0.5

Zentimeter (-11.1%) verbessert. Die IG und KG von Gatti et al., (2011) haben sich im Gegensatz zu der vorliegenden Studie nicht signifikant über die Zeit unterschieden. Unsere Ergebnisse zeigen, dass ein spezifisches Rumpfgleichgewichtstraining, die Schmerzwahrnehmung der CLBP-Patienten signifikant verbessert. Wenn man die Ergebnisse von Gatti et al., (2011) betrachtet, ist es jedoch nicht erwiesen, dass ein Rumpfgleichgewichtstraining die Schmerzintensität der CLBP-Patienten mehr reduziert als ein Rumpfkrafttraining.

#### **4.7 Effekte des RGT auf die Beeinträchtigung im Alltag der CLBP Patienten**

Die Ergebnisse des RMDQ-Fragebogens zeigen, dass es in keinen der beiden Gruppen eine klinisch relevante oder statistisch signifikante Veränderung des RMDQ-Scores vom Prä- zum Post-Test gab. Das bedeutet, dass das Rumpfgleichgewichtstraining die Beeinträchtigung der CLBP-Patienten durch ihre Rückenschmerzen im Alltag nicht signifikant reduziert hat. Dies widerspricht den Resultaten von Gatti et al., (2011) bei denen nachgewiesen wurde, dass eine Rumpfgleichgewichtstraining über fünf Wochen (2 Trainingseinheiten pro Woche) im Gegensatz zu ein Rumpfkrafttraining über fünf Wochen zu einer signifikanten Veränderung des RMDQ-Scores führte. Der Grund weswegen die Ergebnisse von Gatti et al., (2011) nicht reproduziert werden konnten ist womöglich, dass die Interventionsgruppe dieser Studie schon vor der Intervention einen geringen RMDQ-Score aufwies. Der Durchschnitts-Gesamtscore der Interventionsgruppe war von  $3.88 \pm 0.54$  Punkte. Diemer Sutor & Goreta (n.d.-b) warnen, dass bei so tiefen Werten, keine Veränderung zu erwarten ist: „Bei Werten unter 4 bzw. über 20 sind nur geringe Veränderungen zu erwarten und der Fragebogen ist entweder nicht aussagekräftig bzw. die minimal klinisch relevante Veränderung übersteigt den Ausgangswert“ (Diemer, Sutor & Goreta, n.d.-b). Manche Probanden der Interventionsgruppe gaben sogar im Prä-RMDQ-Fragebogen einen Score von 1 oder 0 an. Bei diesen Probanden war es folglich überhaupt nicht möglich die von Diemer, Sutor & Goreta (n.d.-b) minimal klinische relevante Veränderung von zwei Punkten zu erreichen. Deswegen ist es zu vermuten, dass die von Anfang an geringe Beeinträchtigung im Alltag durch die Rückenschmerzen unserer Trainingsgruppe, die Erklärung für die nicht signifikante Veränderung des RMDQ-Scores vom Prä- zum Post-Test ist. Trotz dieser nicht signifikanten Resultate, ist in der RMDQ-Score Grafik

zu erkennen, dass die Interventionsgruppe ihren RDQM-Score deutlicher verbessert hat als die Kontrollgruppe. Deswegen kann man, vor allem wenn man die Ergebnisse von Gatti et al., (2011) mitbetrachtet, vermuten, dass das einmonatige Rumpfgleichgewichtstraining bei Patienten mit einem höheren RMDQ-Score vor der Intervention zu signifikanten Veränderung geführt hätte.

#### **4.8 Effekte des RGT auf die Überzeugungen (beliefs) der CLBP-Patienten**

Auch die Ergebnisse des „Fear-Avoidance-Score“, d.h. des Angstvermeidungsscore, sei es bezüglich der körperlichen Aktivität oder der Arbeitsbelastung, weisen keine signifikante Veränderung beider Gruppenscore vom Prä- zum Post-Test auf. Diese Resultate sind jedoch nicht sehr aussagekräftig, weil es in den Ergebnissen eine grosse Variabilität gibt (siehe Abb. 19-20). Bei manchen Probanden der Interventionsgruppe verändert sich der FABQ-Score überhaupt nicht und bei anderen reduziert er sich um 16 Punkte nach der Intervention. Bisherige Studien deuten darauf hin, dass körperliche Aktivität bei Patienten mit einem hohen Angstvermeidungsverhalten, d.h. bei Leuten die Arbeit und körperliche Aktivität vermeiden, weil sie überzeugt sind, dass es ihre Schmerzen intensiviert, vor allem wenn die körperliche Aktivität mit einer Art psychologischen Therapie über die falschen Überzeugungen begleitet ist, zu einer signifikanten Veränderung des FABQ-Score führt (George, Fritz, Bialosky, & Donald, 2003; Godges, Anger, Zimmerman, & Delitto, 2008). Die Studie von Godges et al., (2008) wies zum Beispiel einen signifikanten Gruppen Unterschied im FABQ-Score zwischen der Gruppe, die nur eine herkömmliche physische Therapie erhielt und der Gruppe, die zusätzlich zu dieser physischen Therapie eine Erziehung und Beratung über das Schmerz-Management und die Werte der körperlichen Aktivität erhielten. Wenn man diese Resultate zusammen mit unseren betrachtet, ist zu vermuten, dass ein Rumpfgleichgewichtstraining alleine das Angstvermeidungsverhalten von CLBP- Patienten nicht signifikant verändern kann.



## **4.9 Limitationen**

Erstens ist die nicht randomisierte Einteilung der Probanden in die Interventionsgruppe oder die Kontrollgruppe eine Limitation des Studiendesigns. Allerdings muss betont werden, dass die erstellten Gruppen hinsichtlich Alter, Grösse, Gewicht, Schmerzintensität, RMDQ- und FABQ-Score vor der Intervention fast identisch waren. Zweitens wurde eine andere Limitation dieser Studie bezüglich den angewandten Methoden für die Messung der lumbalen und zervikalen Winkelreproduktionsfähigkeit im Absatz 4.2 bereits erwähnt. Drittens wurde in der Diskussion auch schon erwähnt, dass man durch ein kleines Training auf dem Posturomed vor dem Prä-Test, womöglich den Lerneffekt der Kontrollgruppe hätte minimieren können. Schlussendlich wäre die Auswertung der RMDQ- und FABQ-Fragebögen aussagekräftiger gewesen, wenn Probanden mitgemacht hätten, die vor der Intervention höhere Score in diesen Fragebögen aufgewiesen hätten.

## **5 Schlussfolgerungen**

Das spezifische Rumpfgleichgewichtstraining hat die Schmerzintensität der CLBP-Patienten signifikant reduziert. Dies sind positive Ergebnisse vor allem in Bezug auf die sozioökonomischen Konsequenzen von CLBP. Diese Ergebnisse könnten somit einen Einfluss auf die von CLBP verursachten hohen indirekten Gesundheitskosten durch Abwesenheit bei der Arbeit und soziale Isolation haben. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass sich durch das Rumpfgleichgewichtstraining die lumbale Kraftausdauer der CLBP-Patienten verbesserte. Das 4-wöchige rückenspezifische Gleichgewichtstraining scheint jedoch keinen positiven Effekt auf das Rumpfgleichgewicht, die Winkelreproduktion und das Gangmuster zu haben.

## **Danksagung**

Mein Dank gilt allen, die mich beim Erstellen der vorliegenden Arbeit unterstützt haben.

Meinen Betreuern Prof. Dr. Wolfgang Taube und Herrn Konstantin Beinert für die kompetente Beratung.

Ich möchte mich besonders bei Herrn Martin Keller für seine hervorragende Hilfsbereitschaft während allen Phasen dieser Arbeit und für seine Geduld bei den vielen Fragen bedanken.

Mein Dank richtet sich ebenfalls an Michael Wälchli für seine Mithilfe bei der Auswertung und seine guten Ideen für die Messung der Rumpfstabilität. Diesbezüglich möchte ich mich auch bei Jan Ruffieux und Yves-Alain-Kuhn für ihre Hilfe bei der Installation der Kraftmessplatte für die Messung der Rumpfstabilität bedanken.

Mit grosser Dankbarkeit wende ich mich zudem an alle Probandinnen und Probanden, die sich bereit erklärt hatten, an der Studie teilzunehmen und ihre wertvolle Zeit für die Interventionsstudie hergegeben haben.

Ein riesiges Dankeschön gilt den beiden Trainern der Interventionsgruppe, Herrn Benoît Tonnetti und Herrn Jorris Vaucher, für ihren hervorragenden Einsatz und ihre durchgehende Motivation während der Trainingszeit.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meiner Familie und meinem Partner für die Geduld, die sie mir in dieser Zeit entgegenbrachten, bedanken. Dieser Dank richtet sich ganz besonders an meinen Vater, der meine Arbeit regelmässig durchgelesen hat, um meine Deutschfehler zu korrigieren.

## Literaturverzeichnis

- Airaksinen, O., Brox, J. I., Cedraschi, C., Hildebrandt, J., Klaber-Moffett, J., Kovacs, F., ... Zanolli, G. (2006). Chapter 4: European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *European Spine Journal*, 15(SUPPL. 2), 192–300.  
<http://doi.org/10.1007/s00586-006-1072-1>
- Amonoo-Kuofi, H. S. (1983). The density of muscle spindles in the medial, intermediate and lateral columns of human intrinsic postvertebral muscles. *Journal of Anatomy*, 136(Pt 3), 509–19. Retrieved from  
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1171897&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Apkarian, A. V., Sosa, Y., Sonty, S., Levy, R. M., Harden, R. N., Parrish, T. B., & Gitelman, D. R. (2004). Chronic Back Pain Is Associated with Decreased Prefrontal and Thalamic Gray Matter Density. *Group*, 24(46), 10410–10415.  
<http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2541-04.2004>
- Arendt-Nielsen, L., Graven-Nielsen, T., Sværre, H., & Svensson, P. (1996). The influence of low back pain on muscle activity and coordination during gait: a clinical and experimental study. *Pain*, 64(2), 231–40. Retrieved from  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8740599>
- Bae, S. H., Lee, H. G., Kim, Y. E., Kim, G. Y., Jung, H. W., & Kim, K. Y. (2013). Effects of Trunk Stabilization Exercises on Different Support Surfaces on the Cross-sectional Area of the Trunk Muscles and Balance Ability. *Journal of Physical Therapy Science*, 25, 741–5. <http://doi.org/10.1589/jpts.25.741>
- Beck, S., Taube, W., Gruber, M., Amtage, F., Gollhofer, A., & Schubert, M. (2007). Task-specific changes in motor evoked potentials of lower limb muscles after different training interventions. *Brain Research*, 1179, 51–60.  
<http://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.08.048>
- Beinert, K., & Taube, W. (2013). The effect of balance training on cervical sensorimotor function and neck pain. *Journal of Motor Behavior*, 45(3), 271–8.  
<http://doi.org/10.1080/00222895.2013.785928>

- Biering-Sørensen, F. (1984). Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine*, 9(2), 106–19. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6233709>
- Bioswing.de. (n.d.). BIOSWING Posturomed compact. Retrieved June 12, 2016, from <http://www.bioswing.de/therapiesysteme/bioswing-posturomed/posturomed-modelle>
- Boer, J., Mueller, O., Krauss, I., Haupt, G., & Horstmann, T. (2010). [Reliability of a measurement technique to characterise standing properties and to quantify balance capabilities of healthy subjects on an unstable oscillatory platform (Posturomed)]. *Sportverletzung Sportschaden : Organ Der Gesellschaft Für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*, 24(1), 40–5. <http://doi.org/10.1055/s-0029-1245184>
- Boucher, J.-A., Preuss, R., Henry, S. M., Dumas, J.-P., & Larivière, C. (2016). The effects of an 8-week stabilization exercise program on lumbar movement sense in patients with low back pain. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 17(1), 23. <http://doi.org/10.1186/s12891-016-0875-4>
- Breivik, E. K., Björnsson, G. A., & Skovlund, E. (2000). A comparison of pain rating scales by sampling from clinical trial data. *The Clinical Journal of Pain*, 16(1), 22–8. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10741815>
- Brumagne, S., Cordo, P., Lysens, R., Verschueren, S., & Swinnen, S. (2000). The role of paraspinal muscle spindles in lumbosacral position sense in individuals with and without low back pain. *Spine*, 25(8), 989–94. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10767813>
- Burini, A. (2008). Erheben von Normdaten der Körperhaltungsvariablen für den zukünftigen Vergleich mit Schwindelpatienten. *ETH Zürich: Department Biologie*, (September).
- Cabanas-Valdés, R., Cuchi, G. U., & Bagur-Calafat, C. (2013). Trunk training exercises approaches for improving trunk performance and functional sitting balance in patients with stroke: A systematic review. *NeuroRehabilitation*, 33(4), 575–592. <http://doi.org/10.3233/NRE-130996>
- Chan, S. T., Fung, P. K., Ng, N. Y., Ngan, T. L., Chong, M. Y., Tang, C. N., ... Zheng, Y. P. (2012). Dynamic changes of elasticity, cross-sectional area, and fat infiltration of

- multifidus at different postures in men with chronic low back pain. *Spine Journal*, 12(5), 381–388. <http://doi.org/10.1016/j.spinee.2011.12.004>
- Chaory, K., Fayad, F., Rannou, F., Lefèvre-Colau, M.-M., Fermanian, J., Revel, M., & Poiraudeau, S. (2004). Validation of the French Version of the Fear Avoidance Belief Questionnaire. *Spine*, 29(8), 908–913. <http://doi.org/10.1097/00007632-200404150-00018>
- Cholewicki, J., Silfies, S. P., Shah, R. A., Greene, H. S., Reeves, N. P., Alvi, K., & Goldberg, B. (2005). Delayed trunk muscle reflex responses increase the risk of low back injuries. *Spine*, 30(23), 2614–20. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16319747>
- Chung, E.-J., Kim, J.-H., & Lee, B.-H. (2013). The effects of core stabilization exercise on dynamic balance and gait function in stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(7), 803–6. <http://doi.org/10.1589/jpts.25.803>
- Darlow, B., Dowell, A., Baxter, G. D., Mathieson, F., Perry, M., & Dean, S. (2013). The enduring impact of what clinicians say to people with low back pain. *Annals of Family Medicine*, 11(6), 527–34. <http://doi.org/10.1370/afm.1518>
- Demoulin, C., Vanderthommen, M., Duysens, C., & Crielaard, J. M. (2006). Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: A critical appraisal of the literature. *Joint Bone Spine*, 73(1), 43–50. <http://doi.org/10.1016/j.jbspin.2004.08.002>
- Diemer, F., Sutor, V., & Nedeljko, G. (n.d.-a). Fear avoidance belief questionnaire. *FOMT*.
- Diemer, F., Sutor, V., & Nedeljko, G. (n.d.-b). Roland and Morris Disability Questionnaire ( RMDQ ). *FOMT*.
- Faber, A., Sell, L., Hansen, J. V, Burr, H., Lund, T., Holtermann, A., & Sogaard, K. (2012). Does muscle strength predict future musculoskeletal disorders and sickness absence? *Occupational Medicine (Oxford, England)*, 62(1), 41–6. <http://doi.org/10.1093/occmed/kqr150>
- Ferreira, P. H., Ferreira, M. L., Maher, C. G., Herbert, R. D., & Refshauge, K. (2006). Specific stabilisation exercise for spinal and pelvic pain: a systematic review. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 52(2), 79–88. Retrieved from

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16764545>

Fortin, M., & Macedo, L. G. (2013). Multifidus and Paraspinal Muscle Group Cross-Sectional Areas of Patients With Low Back Pain and Control Patients: A Systematic Review With a Focus on Blinding. *Physical Therapy*, 93(7), 873–888.

<http://doi.org/10.2522/ptj.20120457>

França, F. R., Burke, T. N., Hanada, E. S., & Marques, A. P. (2010). Segmental stabilization and muscular strengthening in chronic low back pain: a comparative study. *Clinics (São Paulo, Brazil)*, 65(10), 1013–7. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2972594&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>

Freeman, M. A., Dean, M. R., & Hanham, I. W. (1965). The etiology and prevention of functional instability of the foot. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 47(4), 678–85. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5846767>


Freeman, M. D., Woodham, M. A., & Woodham, A. W. (2010). The Role of the Lumbar Multifidus in Chronic Low Back Pain: A Review. *PM and R*, 2(2), 142–146. <http://doi.org/10.1016/j.pmrj.2009.11.006>

Gatti, R., Faccendini, S., Tettamanti, A., Barbero, M., Balestri, A., & Calori, G. (2011). Efficacy of trunk balance exercises for individuals with chronic low back pain: a randomized clinical trial. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 41(8), 542–552. <http://doi.org/10.2519/jospt.2011.3413>

George, S. Z., Fritz, J. M., Bialosky, J. E., & Donald, D. A. (2003). The effect of a fear-avoidance-based physical therapy intervention for patients with acute low back pain: results of a randomized clinical trial. *Spine*, 28(23), 2551–2560. <http://doi.org/10.1097/01.BRS.0000096677.84605.A2>

George, S. Z., Valencia, C., & Beneciuk, J. . (2010). A Psychometric Investigation of Fear-Avoidance Model Measures in Patients With Chronic Low Back Pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(4), 197–2015. Retrieved from <http://www.jospt.org/doi/full/10.2519/jospt.2010.3298>

Godges, J. J., Anger, M. a, Zimmerman, G., & Delitto, A. (2008). Effects of education on

- return-to-work status for people with fear-avoidance beliefs and acute low back pain. *Physical Therapy*, 88(2), 231–9. <http://doi.org/10.2522/ptj.20050121>
- Gollhofer, A., Taube, W., & Bo Nielsen, J. (2012). *Routledge Handbook of Motor Control and Motorlearning*. Oxon: Routledge.
- Grachev, I. D., Ramachandran, T. S., Thomas, P. S., Szeverenyi, N. M., & Fredrickson, B. E. (2003). Association between dorsolateral prefrontal N-acetyl aspartate and depression in chronic back pain: An in vivo proton magnetic resonance spectroscopy study. *Journal of Neural Transmission*, 110(3), 287–312. <http://doi.org/10.1007/s00702-002-0781-9>
- Gruber, M., Taube, W., Gollhofer, A., Beck, S., Amtage, F., & Schubert, M. (2007). Training-specific adaptations of H- and stretch reflexes in human soleus muscle. *Journal of Motor Behavior*, 39(1), 68–78. <http://doi.org/10.3200/JMBR.39.1.68-78>
- Halvarsson, a., Franzen, E., & Stahle, a. (2014). Balance training with multi-task exercises improves fall-related self-efficacy, gait, balance performance and physical function in older adults with osteoporosis: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 29(4), 365–375. <http://doi.org/10.1177/0269215514544983>
- Haus, K.-M. (2005).  *Neurophysiologische Behandlung bei Erwachsenen: Grundlagen der Neurologie, Behandlungskonzepte, Altagsorientierte Therapieansätze. Synapse*. <http://doi.org/XX>, 397 S. Abb., Softcover
- Hicks, C. L., von Baeyer, C. L., Spafford, P. A., van Korlaar, I., & Goodenough, B. (2001). The Faces Pain Scale-Revised: toward a common metric in pediatric pain measurement. *Pain*, 93(2), 173–83. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11427329>
- Hilfiker, R. (2008). Schmerzintensität messen. *Physiotherapie*, 12/08, 46. <http://doi.org/10.1055/s-0032-1308158>
- Hodges, P. W., & Moseley, G. L. (2003). Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *Journal of Electromyography and Kinesiology : Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 13(4), 361–70. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12832166>
- Hodges, P. W., & Richardson, C. A. (1996). Inefficient muscular stabilization of the lumbar



- spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine*, 21(22), 2640–50. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8961451>
- Hodges, P. W., & Richardson, C. A. (1998). Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *Journal of Spinal Disorders*, 11(1), 46–56. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9493770>
- HÜBSCHER, M., ZECH, A., PFEIFER, K., HÄNSEL, F., VOGT, L., & BANZER, W. (2010). Neuromuscular Training for Sports Injury Prevention. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(3), 413–421. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181b88d37>
- Imai, A., Kaneoka, K., Okubo, Y., & Shiraki, H. (2014). Effects of two types of trunk exercises on balance and athletic performance in youth soccer players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(1), 47–57. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3924608&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Joyce, C. R., Zutshi, D. W., Hrubes, V., & Mason, R. M. (1975). Comparison of fixed interval and visual analogue scales for rating chronic pain. *European Journal of Clinical Pharmacology*, 8(6), 415–20. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1233242>
- Kader, D. F., Wardlaw, D., & Smith, F. W. (2000). Correlation between the MRI changes in the lumbar multifidus muscles and leg pain. *Clinical Radiology*, 55(2), 145–149. <http://doi.org/10.1053/crad.1999.0340>
- Kaji, A., Sasagawa, S., Kubo, T., & Kanehisa, H. (2010). Transient effect of core stability exercises on postural sway during quiet standing. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 24(2), 382–8. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c06bdd>
- Kankaanpää, M., Taimela, S., Airaksinen, O., & Hänninen, O. (1999). The efficacy of active rehabilitation in chronic low back pain. Effect on pain intensity, self-experienced disability, and lumbar fatigability. *Spine*, 24(10), 1034–42. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10332798>

- Kankaanpää, M., Taimela, S., Laaksonen, D., Hänninen, O., & Airaksinen, O. (1998). Back and hip extensor fatigability in chronic low back pain patients and controls. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79(4), 412–7. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9552107>
- Katz, R., Meunier, S., & Pierrot-Deseilligny, E. (1988). Changes in presynaptic inhibition of Ia fibres in man while standing. *Brain : A Journal of Neurology*, 111 ( Pt 2, 417–37. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3378143>
- Keefe, F. J., & Hill, R. W. (1985). An objective approach to quantifying pain behavior and gait patterns in low back pain patients. *Pain*, 21(2), 153–61. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3157094>
- Keller, M., Pfusterschmied, J., Buchecker, M., Müller, E., & Taube, W. (2012). Improved postural control after slackline training is accompanied by reduced H-reflexes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22(4), 471–7. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01268.x>
- Keller, M., Röttger, K., & Taube, W. (2014). Ice skating promotes postural control in children. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(6), e456–e461. <http://doi.org/10.1111/sms.12230>
- Keser, I., Kirdi, N., Meric, A., Kurne, A. T., & Karabudak, R. (2013). Comparing routine neurorehabilitation program with trunk exercises based on Bobath concept in multiple sclerosis: pilot study. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 50(1), 133–40. <http://doi.org/10.1682/JRRD.2011.12.0231>
- Kienle, G., & Meyer, E. (2015). Sensomotorisches Training. *Confédération Suisse. Bundesamt Für Sport BASPO*. Retrieved from <https://www.mobilesport.ch/erwachsenensport/monatsthema-052015-sensomotorisches-training/>
- Koda, S., Hisashige, A., Ogawa, T., Kurumatani, N., Dejima, M., Miyakita, T., ... Aoyama, H. (1991). [An epidemiological study on low back pain and occupational risk factors among clinical nurses]. *Sangyo Igaku*, 33(5), 410–422. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=1836503](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=1836503)

- Kovacs, F., Abaira, V., Royuela, A., Corcoll, J., Alegre, L., Cano, A., ... Mufraggi, N. (2007). Minimal clinically important change for pain intensity and disability in patients with nonspecific low back pain. *Spine*, 32(25), 2915–2920. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21796022>
- Kramers-de Quervain, I. A., Stüssi, E., & Stacoff, A. (2008). Ganganalyse beim gehen und laufen. *Schweizerische Zeitschrift Fur Sportmedizin Und Sporttraumatologie*, 56(2), 35–42.
- Lamoth, C. J. C., Meijer, O. G., Daffertshofer, A., Wuisman, P. I. J. M., & Beek, P. J. (2006). Effects of chronic low back pain on trunk coordination and back muscle activity during walking: changes in motor control. *European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 15(1), 23–40. <http://doi.org/10.1007/s00586-004-0825-y>
- Laskowski, E. R., Newcomer-Aney, K., & Smith, J. (1997). Refining rehabilitation with proprioception training: expediting return to play. *The Physician and Sportsmedicine*, 25(10), 89–104. <http://doi.org/10.3810/psm.1997.10.1476>
- Latimer, J., Maher, C. G., Latimer, J., & Maher, C. G. (1999). The Reliability and Validity of the Biering- Sorensen Test in Asymptomatic Subjects Reporting Current or Previous Nonspecific The Reliability and Validity of the Biering – Sorensen Test in Asymptomatic Subjects and Subjects Reporting Current or Previous N. *Spine*, 24(20), 2085–2090. <http://doi.org/10.1097/00007632-199910150-00004>
- Läubli, T. (2009). Arbeit Und Gesundheit – Ekrankung Und Beschwerden Des Bewegungsapparates. Swiss State Secretariat for Economic Affairs SECO, Berne, Switzerland; 2009. <https://www.seco.admin.ch/seco/de/home/suche.html#Erkrankung%20und%20Beschwerden%20>
- Lee, J. S., Lee, D. H., Suh, K. T., Kim, J. Il, Lim, J. M., & Goh, T. S. (2011). Validation of the Korean version of the Roland-Morris Disability Questionnaire. *European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*,

20(12), 2115–9. <http://doi.org/10.1007/s00586-011-1788-4>

- Leinonen, V., Airaksinen, M., Taimela, S., Kankaanpää, M., Kukka, A., Koivisto, T., & Airaksinen, O. (2007). Low back pain suppresses preparatory and triggered upper-limb activation after sudden upper-limb loading. *Spine*, 32(5), E150–5. <http://doi.org/10.1097/01.brs.0000256886.94791.94>
- Lienhard, K., Schneider, D., & Maffiuletti, N. A. (2013). Validity of the Optogait photoelectric system for the assessment of spatiotemporal gait parameters. *Medical Engineering & Physics*, 35(4), 500–4. <http://doi.org/10.1016/j.medengphy.2012.06.015>
- Linton, S. J., & Shaw, W. S. (2011). Impact of Psychological Factors in the Experience of Pain. *Physical Therapy*, 91(5), 765–776.
- Luoto, S., Aalto, H., Taimela, S., Hurri, H., Pyykkö, I., & Alaranta, H. (1998). One-footed and externally disturbed two-footed postural control in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. A controlled study with follow-up. *Spine*, 23(19), 2081–9; discussion 2089–90. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9794052>
- Mader, T. J., Blank, F. S. J., Smithline, H. A., & Wolfe, J. M. (2003). How reliable are pain scores? A pilot study of 20 healthy volunteers. *Journal of Emergency Nursing: JEN: Official Publication of the Emergency Department Nurses Association*, 29(4), 322–5. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12874553>
- Magni, G., Caldieron, C., Rigatti-Luchini, S., & Merskey, H. (1990). Chronic musculoskeletal pain and depressive symptoms in the general population. An analysis of the 1st National Health and Nutrition Examination Survey data. *Pain*, 43(3), 299–307. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2293141>
- Main, C. J., Foster, N., & Buchbinder, R. (2010). How important are back pain beliefs and expectations for satisfactory recovery from back pain? *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology*. <http://doi.org/10.1016/j.berh.2009.12.012>
- Maribo, T., Stengaard-Pedersen, K., Jensen, L. D., Andersen, N. T., & Schiøttz-Christensen, B. (2011). Postural balance in low back pain patients: Intra-session reliability of center of pressure on a portable force platform and of the one leg stand test. *Gait and Posture*,

34(2), 213–217. <http://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.04.014>

McCaskey, M. A., Schuster-Amft, C., Wirth, B., & de Bruin, E. D. (2015). Effects of postural specific sensorimotor training in patients with chronic low back pain: study protocol for randomised controlled trial. *Trials*, 16(1), 571. <http://doi.org/10.1186/s13063-015-1104-4>

McCaskey, M. A., Schuster-Amft, C., Wirth, B., Suica, Z., & de Bruin, E. D. (2014). Effects of proprioceptive exercises on pain and function in chronic neck- and low back pain rehabilitation: a systematic literature review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15, 382. <http://doi.org/10.1186/1471-2474-15-382>

Microgate Corporation. (n.d.). Was ist Optogait. Retrieved June 3, 2016, from <http://www.optogait.com/Was-ist-Optogait>

Moffroid, M. T. (1997). Endurance of trunk muscles in persons with chronic low back pain: assessment, performance, training. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 34(4), 440–7. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9323647>

Monticone, M., Ambrosini, E., Rocca, B., Magni, S., Brivio, F., & Ferrante, S. (2014). A multidisciplinary rehabilitation programme improves disability, kinesiophobia and walking ability in subjects with chronic low back pain: results of a randomised controlled pilot study. *European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 23(10), 2105–13. <http://doi.org/10.1007/s00586-014-3478-5>

Moseley, G. L., & Hodges, P. W. (2005). Are the changes in postural control associated with low back pain caused by pain interference? *The Clinical Journal of Pain*, 21(4), 323–9. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15951650>

Müller, O., Günther, M., Krauss, I., Horstmann, T. (2004). “Physikalische Charakterisierung desTherapiegerätes Posturomed als Meßgerät -Vorstellung eines Verfahrens zur Quantifizierung des Balancevermögens” |Biomedizinische Technik / Biomedical Engineering 3/2004 (49) Seite 56-60 / De Gruyter Verlag / ISSN 0013-5. Retrieved May 14, 2016, from <http://www.bioswing.de/therapiesysteme/studien/physikalische-charakterisierung-destherapiegeraetes-posturomed-als>

- Newcomer, K. L., Laskowski, E. R., Yu, B., Johnson, J. C., & An, K. N. (2000). Differences in repositioning error among patients with low back pain compared with control subjects. *Spine*, 25(19), 2488–93. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11013501>
- Nies, N., & Sinnott, P. L. (1991). Variations in balance and body sway in middle-aged adults. Subjects with healthy backs compared with subjects with low-back dysfunction. *Spine*, 16(3), 325–30. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1827539>
- North American Spine society: Public Education Series. (n.d.). Chronic Low Back Pain. Retrieved from Zugriff am 13. Mai 2016 auf [http://www.knowyourback.org/Documents/chronic\\_lbp.pdf](http://www.knowyourback.org/Documents/chronic_lbp.pdf).
- Olivier, N., Rockmann, U., & Krause, D. (2013). *Grundlagen der Bewegungswissenschaft und -lehre* (2., überar.). Hofmann-Verlag, Schorndorf.
- Ostelo, R., Deyo, R. a, Stratford, P., Waddell, G., Croft, P., Von Korf, M., ... de Vet, H. C. (2008). Interpreting change scores for pain and functional status in low back pain: towards international consensus regarding minimal important change. *Spine*, 33(1), 90–94. <http://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31815e3a10>
- Pánics, G., Tállay, A., Pavlik, A., & Berkes, I. (2008). Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. *British Journal of Sports Medicine*, 42(6), 472–6. <http://doi.org/10.1136/bjsm.2008.046516>
- Panjabi, M. M. (1992). The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *Journal of Spinal Disorders*, 5(4), 390–6; discussion 397. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1490035>
- Panjabi, M. M. (2003). Clinical spinal instability and low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology : Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 13(4), 371–9. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12832167>
- Park, J. H., & Hwangbo, G. (2014). The effect of trunk stabilization exercises using a sling on the balance of patients with hemiplegia. *Journal of Physical Therapy Science*, 26, 219–21. <http://doi.org/10.1589/jpts.26.219>

- Payares, K., Lugo, L. H., & Restrepo, A. (2015). Validation of the Roland Morris Questionnaire in Colombia to Evaluate Disability in Low Back Pain. *Spine*, 40(14), 1108–14. <http://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000963>
- Pinsault, N., Fleury, A., Virone, G., Bouvier, B., Vaillant, J., & Vuillerme, N. (2008). Test-retest reliability of cervicocephalic relocation test to neutral head position. *Physiotherapy Theory and Practice*, 24(5), 380–91. <http://doi.org/10.1080/09593980701884824>
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2012). The Proprioceptive Senses: Their Roles in Signaling Body Shape, Body Position and Movement, and Muscle Force. *Physiological Reviews*, 92(4), 1651–1697. <http://doi.org/10.1152/physrev.00048.2011>
- Radebold, A., Cholewicki, J., Polzhofer, G. K., & Greene, H. S. (2001). Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain. *Spine*, 26(7), 724–30. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11295888>
- Rainville, J., Smeets, R. J. E. M., Bendix, T., Tveito, T. H., Poiraudreau, S., & Indahl, A. J. (2011). Fear-avoidance beliefs and pain avoidance in low back pain - Translating research into clinical practice. *Spine Journal*. <http://doi.org/10.1016/j.spinee.2011.08.006>
- Reeves, N. P., Cholewicki, J., & Milner, T. E. (2005). Muscle reflex classification of low-back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology : Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 15(1), 53–60. <http://doi.org/10.1016/j.jelekin.2004.07.001>
- Revel, M., Andre-Deshays, C., & Minguet, M. (1991). Cervico- cephalic kinesthetic sensibility in patients with cervical pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 288–291. [http://doi.org/doi:0003-9993\(91\)90243-C](http://doi.org/doi:0003-9993(91)90243-C)
- Salavati, M., Akhbari, B., Takamjani, I. E., Bagheri, H., Ezzati, K., & Kahlaee, A. H. (2015). Effect of spinal stabilization exercise on dynamic postural control and visual dependency in subjects with chronic non-specific low back pain. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. <http://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.10.003>
- Schubert, M., Beck, S., Taube, W., Amtage, F., Faist, M., & Gruber, M. (2008). Balance training and ballistic strength training are associated with task-specific corticospinal

- adaptations. *The European Journal of Neuroscience*, 27(8), 2007–18.  
<http://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2008.06186.x>
- Scrimshaw, S. V., & Maher, C. (2001). Responsiveness of visual analogue and McGill pain scale measures. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 24(8), 501–4.  
<http://doi.org/10.1067/mmt.2001.118208>
- Selles, R. W., Wagenaar, R. C., Smit, T. H., & Wuisman, P. I. (2001). Disorders in trunk rotation during walking in patients with low back pain: a dynamical systems approach. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 16(3), 175–81. Retrieved from  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11240051>
- Silfies, S. P., Cholewicki, J., Reeves, N. P., & Greene, H. S. (2007). Lumbar position sense and the risk of low back injuries in college athletes: a prospective cohort study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 8, 129. <http://doi.org/10.1186/1471-2474-8-129>
- Staerke, R., Mannion, A. F., Elfering, A., Junge, A., Semmer, N. K., Jacobshagen, N., ... Boos, N. (2004). Longitudinal validation of the fear-avoidance beliefs questionnaire (FABQ) in a Swiss-German sample of low back pain patients. *European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 13(4), 332–40. <http://doi.org/10.1007/s00586-003-0663-3>
- Steele, J., Bruce-Low, S., Smith, D., Jessop, D., & Osborne, N. (2016). A Randomized Controlled Trial of the Effects of Isolated Lumbar Extension Exercise on Lumbar Kinematic Pattern Variability During Gait in Chronic Low Back Pain. *PM and R*, 8(2), 105–114. <http://doi.org/10.1016/j.pmrj.2015.06.012>
- Stratford, P. W., Binkley, J., Solomon, P., Finch, E., Gill, C., & Moreland, J. (1996). Defining the minimum level of detectable change for the Roland-Morris questionnaire. *Physical Therapy*, 76(4), 359–365; discussion 366–368.
- Sung, P. S. (2013). Disability and back muscle fatigability changes following two therapeutic exercise interventions in participants with recurrent low back pain. *Medical Science Monitor : International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 19, 40–8. Retrieved from  
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3628866&tool=pmcentrez&r>



endertype=abstract

- Suter, E., & Lindsay, D. (2001). Back muscle fatigability is associated with knee extensor inhibition in subjects with low back pain. *Spine*, 26(16), E361–6. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11493865>
- Süüden, E., Ereline, J., Gapeyeva, H., & Pääsuke, M. (2008). Low back muscle fatigue during Sørensen endurance test in patients with chronic low back pain: relationship between electromyographic spectral compression and anthropometric characteristics. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 48(3-4), 185–92. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18551839>
- Takala, E. P., & Viikari-Juntura, E. (2000). Do functional tests predict low back pain? *Spine*, 25(16), 2126–32. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10954645>
- Tamburella, F., Scivoletto, G., & Molinari, M. (2013). Balance training improves static stability and gait in chronic incomplete spinal cord injury subjects: A pilot study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 49(3), 353–364.
- Taube, W. (2016). *SP:1014 Bewegungswissenschaften (Mastervorlesung)*. Universität Freiburg.
- Taube, W., Gruber, M., Beck, S., Faist, M., Gollhofer, A., & Schubert, M. (2007). Cortical and spinal adaptations induced by balance training: correlation between stance stability and corticospinal activation. *Acta Physiologica (Oxford, England)*, 189(4), 347–58. <http://doi.org/10.1111/j.1365-201X.2007.01665.x>
- Taube, W., Kullmann, N., Leukel, C., Kurz, O., Amtage, F., & Gollhofer, A. (2007). Differential reflex adaptations following sensorimotor and strength training in young elite athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), 999–1005. <http://doi.org/10.1055/s-2007-964996>
- Taubert, M., Draganski, B., Anwander, A., Müller, K., Horstmann, A., Villringer, A., & Ragert, P. (2010). Dynamic properties of human brain structure: learning-related changes in cortical areas and associated fiber connections. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 30(35), 11670–7. <http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2567-10.2010>

- Taubert, M., Lohmann, G., Margulies, D. S., Villringer, A., & Ragert, P. (2011). Long-term effects of motor training on resting-state networks and underlying brain structure. *NeuroImage*, 57(4), 1492–8. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.05.078>
- Timpka, S., Petersson, I. F., Zhou, C., & Englund, M. (2013). Muscle strength in adolescent men and future musculoskeletal pain: a cohort study with 17 years of follow-up. *BMJ Open*, 3(5). <http://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-002656>
- Trimble, M. H., & Koceja, D. M. (1994). Modulation of the triceps surae H-reflex with training. *The International Journal of Neuroscience*, 76(3-4), 293–303. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7960485>
- Vogt, L., Pfeifer, K., Portscher And, M., & Banzer, W. (2001). Influences of Nonspecific Low Back Pain on Three-Dimensional Lumbar Spine Kinematics in Locomotion. *Spine*, 26(17), 1910–1919. <http://doi.org/10.1097/00007632-200109010-00019>
- Waddell, G., Newton, M., Henderson, I., Somerville, D., & Main, C. J. (1993). A Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ) and the role of fear-avoidance beliefs in chronic low back pain and disability. *Pain*, 52(2), 157–168. [http://doi.org/10.1016/0304-3959\(93\)90127-B](http://doi.org/10.1016/0304-3959(93)90127-B)
- Wand, B., & O’Connell, N. (2008). Chronic non-specific low back pain – sub-groups or a single mechanism? *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9(1), 11. <http://doi.org/10.1186/1471-2474-9-11>
- Yi, H., Ji, X., Wei, X., Chen, Z., Wang, X., Zhu, X., ... Li, M. (2012). Reliability and validity of simplified Chinese version of Roland-Morris questionnaire in evaluating rural and urban patients with low back pain. *PloS One*, 7(1), e30807. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0030807>
- Zerkak, D., M??tivier, J. C., Fouquet, B., & Beaudreuil, J. (2013). Validation of a French version of Roland-Morris questionnaire in chronic low back pain patients. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 56(9-10), 613–620. <http://doi.org/10.1016/j.rehab.2013.08.006>
- Zusman, M. (2013). Belief reinforcement: one reason why costs for low back pain have not decreased. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 6, 197–204. <http://doi.org/10.2147/JMDH.S44117>

## **Persönliche Erklärung**

«Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Veröffentlichungen oder aus anderweitig fremden Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.»

Fribourg, 24. Juni 2016

Carmen Pernstich

## **Urheberrechtserklärung**

«Die Unterzeichnende anerkennt, dass die vorliegende Arbeit ein Bestandteil der Ausbildung, Einheit Bewegungs- und Sportwissenschaften der Universität Freiburg ist. Sie überträgt deshalb sämtliche Urhebernutzungsrechte (dies beinhaltet insbesondere das Recht zur Veröffentlichung oder zu anderer kommerzieller oder unentgeltlicher Nutzung) an die Universität Freiburg.»

Die Universität darf dieses Recht nur im Einverständnis der Unterzeichnenden auf Dritte übertragen.

Finanzielle Ansprüche der Unterzeichnenden entstehen aus dieser Regelung keine.

Fribourg, 24. Juni 2016

Carmen Pernstich

## **Anhang**

**Anhang 1:** Teilnehmer

**Anhang 2:** Screening-Fragebogen

**Anhang 3:** Einverständniserklärung

**Anhang 4:** rückenspezifisches Gleichgewichtstrainingsprotokoll

**Anhang 5:** Dehnungsübungen: Protokoll

**Anhang 6:** Roland & Morris Fragebogen

**Anhang 7:** FABQ-Fragebogen

## Anhang 1: Teilnehmer

### Interventionsgruppe

Proband	Alter	Größe	Gewicht	Handedness
1. MR01	24	178	63	R
2. MK02	21	170	57	R
3. JS04	54	183	88	L
4. DS05	22	171	67	R
5. LE06	21	160	57	R
6. LC08	48	158	60	R
7. LK14	21	165	70	R
8. VA16	21	175	73	R
9. MD20	53	178	92	R
10. VC21	25	165	53	R
11. LS23	21	165	64	R
12. CL27	19	179	73	R
13. SP28	23	168	60	R
14. DP31	22	173	72	R
15. MS33	33	185	80	R
16. GT38	53	164	55	R
17. FR39	51	180	98	R
<b>MW</b>	<b>31.29411765</b>	<b>171.5882353</b>	<b>69.52941176</b>	
<b>SD</b>	<b>14.01679665</b>	<b>8.116794499</b>	<b>13.36093956</b>	
<b>T.Test</b>	<b>0.654223257</b>	<b>0.634896884</b>	<b>0.406014419</b>	

### Kontrollgruppe

Proband	Alter	Größe	Gewicht	Handedness
1. CP10	24	166	60	R
2. MR11	21	167	68	R
3. SP12	25	183	85	R
4. CS18	53	175	77	R
5. MR19	59	192	95	R
6. NR22	21	161	62	R
7. JC25	27	172	71	R
8. PB26	20	185	87	R
9. TV29	23	175	69	R
10. LR30	23	175	78	R
11. CP32	48	158	75	R
12. NM34	24	188	72	R
13. AM35	25	165	80	R
14. AH36	20	166	54	R
15. JS37	24	169	65	R
<b>MW</b>	<b>29.13333333</b>	<b>173.1333333</b>	<b>73.2</b>	
<b>SD</b>	<b>12.84449113</b>	<b>10.09148627</b>	<b>10.9492335</b>	

## Anhang 2: Screening-Fragebogen

Datum:

### Fragebogen Rücken Schmerzen

#### Personen bezogene Angaben

Name:

Alter:

Geschlecht:

Beruf:

---

#### Fragen zum Rücken:

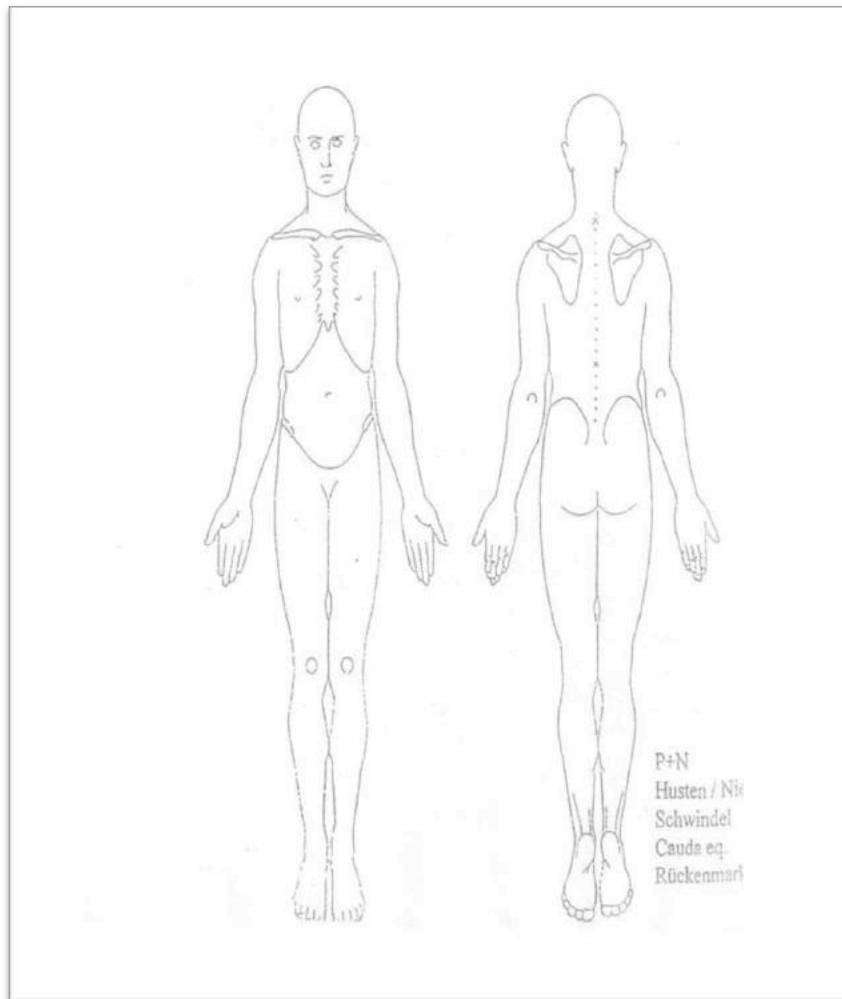
1. Wann hatten Sie zum ersten Mal Rücken Schmerzen?
2. Seit wann haben Sie diese Rücken Schmerz Episode?
3. Wie oft im Jahr haben Sie Rückenschmerzen?
4. Haben Sie Bein Schmerzen / ein ziehen im Bein / Ameisenlaufen oder Nadelstechen entlang des Oberschenkels, Unterschenkels oder des Fußes?
5. Wie stark sind ihre Rückenschmerzen auf dem Balken? (Zeichnen Sie es mit einem rotem X auf dieser Linie an.)

---

keine Schmerzen

stärkste Schmerzen

6. Bei welchen Bewegungen / Aktivitäten schmerzt der Rücken?
7. Gibt es auch schmerzfreie Haltungen, wie z.B. liegen oder sitzen etc....?
8. Sind Sie mit ihrem jetzigen Rückenproblem in Behandlung und wie ergeht es Ihnen mit ihrem Rücken, seit dem Sie behandelt werden?
9. Zeichnen Sie bitte das Gebiet der Rückenschmerzen durch ein rotes X in dem unteren Bild ein (das Word Dokument ist so eingestellt, dass Sie über das Bild schreiben können. Damit es klappt, klicken Sie zuerst links vom Bild und dann bewegen Sie den Cursor dank der Leertaste und der Entertaste zum Ort an dem Sie Schmerzen haben)



### Fragen zum allgemeinen Gesundheitszustand

1. Haben Sie in den letzten Wochen ungewollt Gewicht abgenommen?
2. Hatten Sie bereits einmal im Leben eine ernsthafte Erkrankung mit Krankenhausaufenthalt und wenn ja, welche?
3. Nehmen Sie Medikamente und wenn Ja welche?



## Anhang 3: Einverständniserklärung



UNIVERSITÉ DE Fribourg  
UNIVERSITÄT FREIBURG

SCIENCES DU MOUVEMENT ET DU SPORT  
BEWEGUNGS- UND SPORTWISSENSCHAFTEN

### *Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie*

#### **Die Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf Patienten mit chronischen lumbalen Rückenschmerzen**

- Bitte lesen Sie dieses Formular sorgfältig durch.
- Bitte fragen Sie, wenn Sie etwas nicht verstehen oder genauer wissen möchten.

#### **Der/die Unterzeichnende bestätigt hiermit:**

- Ich habe die Informationen zu der Studie gelesen und verstanden und bin mit den Bedingungen einverstanden.
- Ich garantiere, dass keines der in der Probandeninformation aufgeführten Ausschlusskriterien auf mich zutrifft.
- Allfällige Fragen konnten gestellt werden und wurden verständlich beantwortet.
- Ich weiss, dass ich die Studie jederzeit ohne irgendwelche negativen Folgen abbrechen kann, auch wenn ich diese Einverständniserklärung unterzeichne.
- Ich verstehe, dass alle meine persönlichen Daten und Untersuchungsergebnisse sowie die Tatsache meiner Studienteilnahme vertraulich und anonymisiert behandelt werden und nur den direkt an der Studie beteiligten Wissenschaftlern zugänglich sein werden.
- Ich bin damit einverstanden, dass die gesammelten Daten in anonymer und nicht identifizierbarer Form in einer oder mehreren wissenschaftlichen Veröffentlichungen publiziert werden.
- Ich entscheide mich freiwillig zur Teilnahme an der oben genannten Studie.

#### Probandin/Proband

Name und Vorname:

Unterschrift:

---

---

#### Person, die diese Studieninformationen erklärt hat

Ich bestätige, dem oben genannten Probanden die Art, das Ziel, die Dauer, sowie auch die Wirkungen und die Risiken dieser Studie erklärt zu haben.

Name und Vorname:

Unterschrift:

---

---

## Anhang 4: rückenspezifisches Gleichgewichtstrainingsprotokoll

### Trainingsprotokoll

#### Trainingsstruktur:

Trainingsdauer: 60 min ( von 18:00-19:00)

1. Aufwärmen : **5-10 Minuten**

- Gelenkmobilisation
- Aktivierung des Herzkreislaufsystems ( laufen/ Radfahren )

2. Rückenspezifisches Gleichgewichtstraining: 30 min. + 5-10 min. für die Postenerklärung = **40 Minuten**

- Prinzip: Es gibt 6 Posten. Bei jedem Posten bleibt man 4 min: die Übung dauert 4x30 Sekunden und die Erholung nach jeder 30 Sekunden Übung dauert 20 Sekunden.

**WICHTIG! DIE PROBANDEN DURFEN ERST DIE SCHWIRIGERE UBUNG AUSPROBIEREN WENN SIE DAS VORHERIGE LEVEL SCHAFFEN!**

3. Cool down: **5-10 Minuten**

#### Übungen für das rückenspezifische Training über die vier Wochen:

1.



**Übung:** Auf einem Knie am Rande eines Tisches auf einem Airex Kissen versuchen während 30 die Position zu halten. Zwei Wiederholungen (Wdh.) von 30 Sekunden pro Bein.

**Bemerkung:** Arme müssen gekreuzt über die Brust sein, denn das Ziel ist es den Körper durch die Rumpfmuskulatur zu stabilisieren und nicht durch die Arme.

**Levels:**

- 1: Augen offen
- 2 : Augen offen + Kopf Bewegung nach links und rechts
- 3: Augen zu
- 4: Augen zu + Kopf Bewegung nach links und rechts

Quelle Abbildung 1: (Gatti et al., 2011)

2.



Quelle Abbildung 2: (Gatti et al., 2011)

**Übung:** Kniend auf einem Luftkissen mit den Armen in einer 90° Abduktion wie auf dem Foto. Drehung des Oberkörpers, der Arme und des Kopfes in eine Richtung. Zwei Wdh. von 30 Sekunden pro Richtung.

**Levels:**

1: Augen offen

2: Augen zu

3: Mit einem Partner Pässe austauschen (beide sind kniend auf dem Luftkissen, das sich auf den Stühlen befindet ( siehe Abbildung unten)

**Material**

2 Luftkissen und 2 Stühle



3.

3.1



**Übung:** Wie auf dem Foto 3.1 den Pelvis heben mit maximaler Hüftextension. Position während 30 Sekunden halten.

3.2



Quelle Abbildung 3.1 & 3.2: (Gatti et al., 2011)

**Levels:**

1: = Foto 3.1

2: = Foto 3.1 + beide Füße auf einem Medizinball

3: = Level 2 + Augen zu

4: Bei maximaler Hüftextension ein Bein heben + Knie Extension. Zwei Wdh. von 30 Sekunden pro Bein.

5: Bei maximaler Hüftextension ein Bein heben + Knie Extension + Augen schliessen. Zwei Wdh. von 30 Sekunden pro Bein.

6: Wie Level 4 + Ball unter dem Fuss, der am Boden bleibt

7: Wie Level 6 + Augen zu

4.



**Übung:** Sich mit dem Bauch auf den Gymnastikball legen. Ein Arm und das gegenseitige Bein heben. Die Position während 30 Sekunden halten. Zwei Wdh. pro Gliederkombination.

**Levels:**

1. Augen offen
2. Augen zu
3. Beide Hände vom Boden lösen
4. Beide Füße sind auf einem Medizinball
5. Level 3 & 4 mit geschlossenen Augen

Quelle Abbildung 4 :<http://www.juhle.de/images/stories/gymnastikball-training-1.jpg>

5.

5.1



5.2



5.3

**Übung 5.1- 5.2:** Man ist in der Anfangsposition 5.1. Dann bewegt man einen Ball von der Mitte bis zur Seite des Gymnastikballs ( wichtig: der Ball muss so weit wie möglich nach unten gebracht werden und noch am Gymnastikball bleiben). Beide Beine sind in der Luft. Die Übung dauert 30 Sekunden (4 Wdh.)

**Übung 5.1-5.3:** Man ist in der Anfangsposition 5.1 Dann macht man einen Seitenwechsel der Bälle (der Ball der linken Hand geht zur rechten Hand und der, der rechten Hand zur Linken). Die Übung dauert 30 Sekunden und wird 4x wiederholt.

**Levels:**

1. Übung 5.1-5.2
2. Übung 5.1-5.3
3. Level 1 + man folgt dem Ball mit dem Blick
4. Übung 5.1-5.2+ Augen zu
5. Level 3 + Augen zu
6. Übung 5.1-5.3 + Augen zu

**Übung:** Auf verschiedenen Untergründen wie auf dem Foto eine Arabesque machen und die Position während 30 Sekunden halten. 2 Wdh. pro Bein.

**Levels:**

1. Auf einem harten Untergrund
2. =Level 1 mit Kopfbewegung nach links und rechts
3. = Level 1 + Augen zu
4. Auf einer Gymnastikmatte
5. =Level 4 mit Kopfbewegung nach links und rechts
6. = Level 4 + Augen zu
7. Auf einem instabilen Untergrund (Airex kissen/ instabilen Kreis/ Luftkissen)
8. = Level 7 mit Kopfbewegung nach links und rechts
9. = Level 7 + Augen zu

6.



Quelle Abbildung: <http://www.yoga-vidya.de/Bilder/Asanas/Surya-F/Kraft-3d.jpg>

7.



7.1



**Übung :** Mit den Beinen in der Luft auf einem instabilen Kreis sitzen und versuchen während 30 Sekunden die Position zu halten (4 Wdh.)

**Level 1 :** einfacher Kreis (mit einer grossen runden Fläche unter dem Kreis) + Augen offen

**Level 2 :** einfacher Kreis + Augen offen + Kopf nach links und nach rechts bewegen

**Level 3 :** einfacher Kreis + Augen zu

**Level 4 :** schwieriger Kreis (mit einer kleinen runden Fläche unter dem Kreis ) + Augen offen

**Level 5:** schwieriger Kreis + Augen offen + Kopf nach links und nach rechts bewegen

**Level 6:** schwieriger Kreis + Augen zu

**Level 7:** einfacher Kreis + Augen zu + Kopf nach links und rechts bewegen

**Level 8:** schwieriger Kreis+ Augen zu + Kopf nach links und rechts bewegen

**Level 9:** sitzend auf dem Rolla-bolla das Gleichgewicht suchen ( am Anfang mit Hilfe

**Quelle Abbildung 7.2: Rolla- bolla:** [http://www.cerf-volant.ch/magasin/jonglerie\\_contact/images/rb.JPG](http://www.cerf-volant.ch/magasin/jonglerie_contact/images/rb.JPG)

8.



Quelle Abbildung 8: (Gatti et al., 2011)

**Übung:** Man startet in der Vierfüssler Position am Boden und streckt ein Bein und der gegenseitige Arm aus. Das Knie das am Boden bleibt legt man auf ein Airex Kissen (wie auf dem Foto). Man hält die Position während 30 Sekunden und macht 2 Wdh. pro Gliederkombination.

**Levels:**

1. Augen offen

2. Augen offen + Kopfbewegung nach links und rechts

3. Augen zu

4. Unter die Hand mit Bodenkontakt legt man auch einen instabilen Untergrund(Luftkissen/ extrem schwieriger instabiler Kreis...)

5. =Level 4 + Kopfbewegung nach links und rechts

6. =Level 4 mit Augen zu

9.

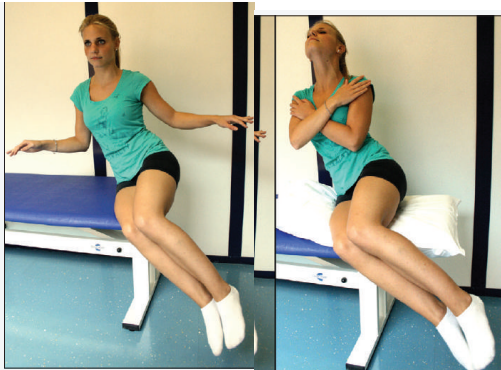


**Übung:** Man sitzt mit dem Gesäss auf einem Luftkissen am Boden. Die Beine sind gestreckt und sie sind ebenfalls auf einem instabilen Untergrund (Luftkissen/weicher Ball). Mit beiden Füßen macht man dann abwechselnd (zuerst mit dem linken Fuss, dann mit dem rechten) während 30 Sekunden ein Abduktion und Aussenrotation. Die Übung wird 4x wiederholt.

**Levels:**

- 1: Die Übung mit offenen Augen machen
- 2: Augen sind offen und man dreht den Kopf in die Andere Richtung gegenüber der Fussbewegung
- 3: Die Übung mit geschlossenen Augen machen
- 4 : = Level 2 aber mit geschlossenen Augen

10.



**Übung:** Man sitzt sich auf den Rand eines Tisches mit unilateralem Druck auf einem Oberschenkel. Die Armen sind gekreuzt über die Brust. Man hält die Position während 30 Sekunden (2 Wdh. pro Seite)

**Levels:**

1. Augen offen und man setzt sich direkt auf den Tisch
2. Augen offen + man setzt sich auf ein Airex Kissen, das auf dem Tisch liegt.
3. = Level 1 + Augen zu
4. = Level 2 + Augen zu
5. = Level 4 + Kopf nach links und nach rechts bewegen



11.

11.1



11.2



11.3



11.4



**Übung 11.1:** Man sitzt sich auf dem Gymnastikball und legt den linken Fuss über das rechte Knie (und dann das Gegenteil) und man versucht diese Position während 30 Sekunden zu halten ( 2 Wdh. pro Bein).

**+Kugelschreiberübung:** während der Übung bewegt man gleichzeitig einen Kugelschreiber nach links, nach rechts, nach oben und nach unten und folgt dem Kugelschreiber mit seinem Blick.

**Übung 11.2:** Man sitzt auf dem Gymnastikball und hebt beide Füße. Der Rücken bleibt gerade.

**Übung 11.3:** Man macht den Vierfüßler auf dem Gymnastikball

**Übung 11.4:** Man kniet sich auf den Gymnastikball und man hält die Position während 30 Sekunden

**Levels:**

1. Übung 11.1

2. Übung 11.1 + Kugelschreiberübung

3. Übung 11.2

4. Übung 11.2 + Kopfbewegung nach links und rechts oder Kugelschreiberübung

5. Übung 11.2 + mit einem Partner schiesst man sich Pässe zu.

6. Übung 11.2 + Augen zu /Kugelschreiber

7. Level 4 + Augen zu

8. Übung 11.3

9. Übung 11.3 +Kopfbewegung nach links und rechts

10. Übung 11.3 + Augen zu

11. Level 9 + Augen zu

12. Übung 11.4

12. Übung 11.4 + mit einem Partner schiesst man sich Pässe zu.

13. Übung 11.4 + Kopfbewegung

14. Übung 11.4 + Augen zu

15. Level 13 + Augen zu

## Anhang 5: Dehnungsübungen: Protokoll

# Dehnungsübungen

- **Timing:** 20 Sekunden pro Übung halten
- **Bemerkung:** Jede Übung immer auf beiden Seiten machen
- **Material:** Gymnastikmatten





## Anhang 6: Roland & Morris Fragebogen

### FRAGEBOGEN ZU RÜCKENSCHMERZEN

German translation of the Roland-Morris disability questionnaire by MAPI in 2005  
Translation process described after the questionnaire.

Wenn Sie Rückenschmerzen haben, sind alltägliche Dinge manchmal schwer zu erledigen.

Diese Liste enthält einige Sätze, die andere Menschen verwendet haben, um ihre Situation zu beschreiben, wenn sie Rückenschmerzen haben. Wenn Sie die Liste durchlesen, fällt Ihnen vielleicht der eine oder andere Satz auf, weil er Ihre Beschwerden von *heute* gut beschreibt. Wenn Sie die Liste lesen, denken Sie bitte daran, wie Ihre Situation *heute* ist. Wenn Sie einen Satz lesen, der Ihre Situation *heute* beschreibt, kreuzen Sie diesen Satz bitte an. Falls ein Satz Ihre Situation nicht beschreibt, kreuzen Sie diesen Satz nicht an und gehen zum nächsten. **Bitte denken Sie daran, nur die Sätze anzukreuzen, von denen Sie sicher sind, dass sie Ihre Situation *heute* beschreiben.**

1. Wegen meiner Rückenschmerzen bleibe ich den größten Teil des Tages zu Hause.
2. Ich wechsle häufig meine Körperhaltung, um meinen Rücken zu entlasten.
3. Ich gehe wegen meiner Rückenschmerzen langsamer als sonst.
4. Wegen meiner Rückenschmerzen erledige ich keine der Arbeiten, die ich sonst im Haushalt erledige.
5. Wegen meiner Rückenschmerzen halte ich mich beim Treppensteigen am Geländer fest.
6. Wegen meiner Rückenschmerzen lege ich mich häufiger als sonst zum Ausruhen hin.
7. Wegen meiner Rückenschmerzen muss ich mich an etwas abstützen, um aus einem Polstersessel hochzukommen.
8. Wegen meiner Rückenschmerzen bitte ich andere Menschen, etwas für mich zu erledigen.
9. Wegen meiner Rückenschmerzen brauche ich zum Ankleiden länger als sonst.
10. Wegen meiner Rückenschmerzen achte ich darauf, nur kurze Zeit zu stehen.
11. Wegen meiner Rückenschmerzen achte ich darauf, mich so wenig wie möglich zu bücken oder niederzuknien.
12. Wegen meiner Rückenschmerzen fällt es mir schwer, von einem Stuhl aufzustehen.
13. Ich leide den größten Teil des Tages/der Nacht unter Rückenschmerzen.
14. Meine Rückenschmerzen erschweren mir das Umdrehen im Bett.
15. Wegen meiner Rückenschmerzen ist mein Appetit nicht besonders gut.
16. Wegen meiner Rückenschmerzen habe ich Probleme beim Anziehen von Socken (oder Strümpfen/Strumpfhosen).
17. Wegen meiner Rückenschmerzen gehe ich nur kurze Strecken.
18. Wegen meiner Rückenschmerzen schlafe ich weniger als sonst.
19. Wegen meiner Rückenschmerzen brauche ich beim Ankleiden Hilfe.
20. Wegen meiner Rückenschmerzen verbringe ich den größten Teil des Tages sitzend.
21. Wegen meiner Rückenschmerzen versuche ich, schwere Arbeiten im Haushalt zu vermeiden.
22. Wegen meiner Rückenschmerzen bin ich reizbarer und übellauliger als sonst.
23. Wegen meiner Rückenschmerzen gehe ich Treppen langsamer hinauf als sonst.
24. Wegen meiner Rückenschmerzen verbringe ich den größten Teil des Tages im Bett.

**Fear avoidance belief questionnaire**  
—  
**deutsche Version**

Hier sind ein paar Aussagen anderer Patienten über ihren Schmerz. Bitte kreuzen Sie für jede Aussage eine Nummer zwischen 0 und 6 an. Bitte beurteilen Sie, inwieweit körperliche Betätigungen wie z.B. Vorneigen, Heben, Gehen oder Fahren ihren Rückenschmerz beeinflussen oder beeinflussen würden. Die Wertung „6“ entspricht einer vollen Zustimmung. Werten Sie mit „0“, dann stimmen Sie definitiv nicht zu. Die Zahlen im mittleren Bereich sind mit einer unentschiedenen Haltung gleichzusetzen.

Bitte beantworten Sie alle Fragen gemäß Ihrem aktuellen Zustand. Sollten Sie momentan keine Beschwerden haben, dann bewerten Sie die Fragen entsprechend Ihrem Zustand in der vergangenen Woche.

Aussage	Wertung						
1. Mein Schmerz wurde durch körperliche Betätigung verursacht.	0	1	2	3	4	5	6
2. Körperliche Betätigung verschlimmert meinen Schmerz.	0	1	2	3	4	5	6
3. Körperliche Betätigung könnte meinem Rücken schaden.	0	1	2	3	4	5	6
4. Ich sollte keine körperlichen Tätigkeiten verrichten, die meinen Schmerz verstärken (könnten).	0	1	2	3	4	5	6
5. Ich kann keine körperlichen Tätigkeiten verrichten, die meinen Schmerz verstärken (könnten).	0	1	2	3	4	5	6

Die folgenden Aussagen beziehen sich darauf, wie sich ihre normale Arbeit auf ihren Rücken auswirkt oder auswirken könnte.

Aussage	Wertung						
6. Mein Schmerz wurde durch meine Arbeit oder durch einen Unfall bei meiner Arbeit verursacht.	0	1	2	3	4	5	6
7. Meine Arbeit verstärkte meinen Schmerz.	0	1	2	3	4	5	6
8. Ich habe eine Forderung nach Schadensersatz bezüglich meines Schmerzes gestellt.	0	1	2	3	4	5	6
9. Meine Arbeit ist für mich zu schwer.	0	1	2	3	4	5	6
10. Meine Arbeit verstärkt (oder könnte) meine Schmerzen (verstärken).	0	1	2	3	4	5	6
11. Meine Arbeit schadet meinem Rücken.	0	1	2	3	4	5	6
12. Ich sollte meiner regulären Arbeit nicht mit meinen momentanen Schmerzen nachgehen	0	1	2	3	4	5	6
13. Ich kann meine normale Arbeit nicht mit meinen momentanen Schmerzen ausführen.	0	1	2	3	4	5	6
14. Ich kann meine normale Arbeit nicht wieder aufnehmen bis mein Schmerz behandelt wurde.	0	1	2	3	4	5	6
15. Ich denke nicht, dass ich innerhalb von 3 Monaten zu meiner normalen Arbeit zurückkehren kann	0	1	2	3	4	5	6
16. Ich denke nicht, dass ich jemals wieder werde arbeiten können.	0	1	2	3	4	5	6

Name: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_