



Untersuchung des Einflusses vom h/p/cosmos robowalk® expanders auf ausgewählte Gang- bzw. Laufparameter

Praxisprojektbericht

im Studiengang: Sportmedizinische Technik
Hochschule Koblenz, RheinAhrCampus Remagen

Vorgelegt von

Stefanie John

geb. am 08.01.1991 in Münster

Interner Betreuer: Prof. Dr. Ulrich Hartmann

Externer Betreuer: Dr. Björn Zimmermann

Durchgeführt bei: h/p/cosmos sports & medical gmbh

Warendorf, 16.07.2014

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	3
Tabellenverzeichnis.....	4
1 Vorwort.....	5
2 Das Unternehmen.....	5
2.1 Der robowalk®expander.....	5
3 Studien.....	6
3.1 Studie über kurzzeitige Adaptationseffekt nach einem einmaligen Training.....	6
3.1.1 Einleitung.....	6
3.1.2 Methodik.....	7
3.1.3 Ergebnisse.....	8
3.1.4 Diskussion.....	13
3.1.5 Ausblick.....	13
3.2 Studie über den Einfluss verschiedener Expanderkonfigurationen.....	14
3.2.1 Einleitung.....	14
3.2.2 Methodik.....	14
3.2.3 Ergebnisse.....	17
3.2.4 Diskussion.....	20
3.2.5 Ausblick.....	21
3.3 Studie über den Einfluss eines Widerstandstraining.....	22
3.3.1 Einleitung.....	22
3.3.2 Methodik.....	22
3.3.3 Ergebnisse.....	25
3.3.4 Diskussion.....	28
3.3.5 Ausblick.....	29
4 Gesamtfazit.....	29
5 A Anhang.....	30
6 Literaturverzeichnis.....	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Laufband mit integriertem vordern und hinteren robowalk® expander.....	5
Abbildung 2: verwendete Expanderkonfiguration für die Adaptationsstudie	7
Abbildung 3:Vergleich der Schrittlängen.....	9
Abbildung 4: Vergleich der max. Vorfußkraft.....	9
Abbildung 5: Vergleich des max. Vorfußdrucks	10
Abbildung 6: Vergleich der max. Mittelfußkraft	11
Abbildung 7: Vergleich der max. Fersenkraft.....	11
Abbildung 8: Vergleich der Ganglinie	12
Abbildung 9: Vergleich der Schrittweite	12
Abbildung 10: Konfiguration 1	15
Abbildung 11:Konfiguration 2	15
Abbildung 12:Konfiguration 3	16
Abbildung 13:Konfiguration 4	16
Abbildung 14:Konfiguration 5	16
Abbildung 15: Gangparameter Konfiguration 1.....	17
Abbildung 16:Gangparameter Konfiguration 2	18
Abbildung 17: Gangparameter Konfiguration 3	19
Abbildung 18: Gangparameter Konfiguration 4	19
Abbildung 19:Gangparameter Konfiguration 5	20
Abbildung 20: Positionierung der Marker für die Laufanalyse in der Sagittalebene	23
Abbildung 21: Trainingskonfiguration 1	23
Abbildung 22: Trainingskonfiguration 2	24
Abbildung 23: Phasen des Laufzyklus.....	24
Abbildung 24: Vergleich der Schrittlänge	25
Abbildung 25: Vergleich der Kontaktzeit.....	26
Abbildung 26: Vergleich der Zeit des Footflats	26
Abbildung 27: Gelenkwinkel beim Initial Contact	27
Abbildung 28: Gelenkwinkel bei der Peak Knee Flexion	27
Abbildung 29: Gelenkwinkel beim Push Off.....	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Signifikanztabelle Schrittlänge.....	9
Tabelle 2: Signifikanztabelle max. Vorfußkraft.....	10
Tabelle 3: Signifikanztabelle max. Vorfußdruck	10
Tabelle 4: Signifikanztabelle max. Mittelfußkraft	11
Tabelle 5: Signifikanztabelle max. Fersenkraft.....	12
Tabelle 6: Signifikanztabelle Ganglinie.....	13
Tabelle 7: Signifikanztabelle Schrittweite	13

1 Vorwort

Meine praktische Phase absolvierte ich in der Zeit vom 03.03.2014 bis 03.06.2014 bei dem Unternehmen h/p/cosmos sports & medical gmbh in Traunstein. Meine Hauptaufgabe für die drei Monate bestand in der Untersuchung des Einflusses des Gummiseilzugsystems robowalk® expander auf selektierte Gang- bzw. Laufparameter. Auf Basis dessen wurden drei Studien erstellt, durchgeführt und deren Ergebnisse ausgewertet und interpretiert.

Nach kurzer Vorstellung des Unternehmens und des h/p/cosmos robowalk® expanders werden diese Studien in den folgenden Kapiteln detailliert präsentiert. Jede Studie wird dabei einzeln und in sich geschlossen dargestellt. Über die Ergebnisse der Studien wird am Ende des Berichtes ein Gesamtfazit gezogen.

2 Das Unternehmen

Das Traunsteiner Unternehmen h/p/cosmos® ist ein Spezialist für die Entwicklung und Produktion von Laufband-Ergometern und Laufband-Systemen. Nach der Gründung im Jahr 1988 hat sich h/p/cosmos® von einem 2-Mann-Betrieb zu einem Betrieb mit über 50 Mitarbeitern entwickelt und bietet Laufbänder in den Bereichen Sport, Medizin, Therapie und Wissenschaft an. Durch Spezialisierungen, wie zum Beispiel individuell angepasste Laufband-Ergometer mit Überlänge und Überbreite, hohe Geschwindigkeitsbereiche sowie Speziallösungen für Rollstuhlfahrer, Skilangläufer oder Radfahrer ist h/p/cosmos® zu einer der führenden Unternehmen in der Branche geworden und bietet seine Produkte auch weltweit an.

In Traunstein ist der Betrieb in zwei Gebäude unterteilt. Im Hauptgebäude findet die Entwicklung und die Produktion der Laufbänder statt. Im zweiten Gebäude befindet sich das sales & service Gebäude mit Marketing, Vertrieb, Kundendienst und Ausstellungsräumen.

2.1 Der robowalk® expander

Der h/p/cosmos robowalk® expander ist ein dynamisches, individuell einstellbares Expandersystem, welches vorne und hinten an die Laufbänder montiert wird (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Laufband mit integriertem vorderen und hinteren robowalk® expander

Mithilfe von Manschetten, welche entweder um den distalen Oberschenkel und/oder distalen Unterschenkel gelegt werden, können die Expanderzüge angebracht werden. Je nach Zugrichtung entsteht somit eine Zugunterstützung oder ein Zugwiderstand. Durch das Verschieben der Expanderarme ist neben dem ventralen und dorsalen Zug auch der laterale Zug möglich. Des Weiteren hat der Therapeut die Möglichkeit die Zugstärke der Expanders zu verändern, indem mittels Lochraster der Expander gestrafft oder gelockert wird. Der große Vorteil dieses Systems ist die hohe Variabilität an Einstellungsmöglichkeiten, welches sich vor allem die Therapeuten in dem Bereich der Lokomotionstherapie zu Nutze machen. Dort werden die Expanderzüge als Unterstützung, zur Gangbildkorrektur sowie als Koordinations-, Kräftigungs- und Ausdauertraining eingesetzt [1]. Neben dem Einsatz im Bereich der Rehabilitation findet das Expandersystem auch immer größere Anwendung im Bereich des Sportes. Mithilfe der Expanderzüge kann dort ein funktionales Training auf dem Laufband durchgeführt werden [2].

3 Studien

3.1 Studie über kurzzeitige Adaptationseffekt nach einem einmaligen Training

3.1.1 Einleitung

Mithilfe unterschiedlicher Konfigurationen der Expanderzüge von dorsal, ventral oder lateral kann die Gehbewegung auf der einen Seite geführt oder erleichtert werden, sowie auf der anderen Seite das Gangbild beeinflusst werden, sodass langfristig eine Normalisierung des Gangbildes erreicht werden kann.

Das Lernen von neuen Bewegungsabläufen bzw. Bewegungsmodifizierungen basiert allerdings auf eine hohe Wiederholungsrate bis die neue Bewegung automatisiert wird und neurophysiologische Änderungen eintreten [3]. Aus der Sportwissenschaft ist bekannt, dass ein einmaliges Training noch keine langfristigen Adaptationen zur Folge hat [4].

Die kurzfristigen Anpassungseffekte nach einem einmaligen Training, zum Beispiel die Speicherung des neuen Bewegungsablaufs im Kurzzeitgedächtnis sind wissenschaftlich kaum untersucht und sollen in dieser Studie behandelt werden, da sie durchaus richtungsweisend für die langfristigen Adaptationsprozesse stehen können.

Ziel dieser Studie ist es somit, die kurzzeitigen Adaptationseffekte nach einem einmaligen Training mit dem h/p/cosmos robowalk® expander System zu untersuchen und zu bewerten. Dafür werden die Gangparameter vor, während und nach dem Training verglichen, um mögliche temporäre Veränderungen festzustellen.

3.1.2 Methodik

Probandenkollektiv:

Das Probandenkollektiv bestand aus 21 gesunden Mitarbeitern der Firma h/p/cosmos, darunter 8 weibliche (Alter $35,25 \pm 14,09$ Jahre, Größe $166,38 \pm 11,69$ cm, Gewicht $69,75 \pm 15,32$ Kg) und 13 männlichem (Alter $27,38 \pm 9,31$ Jahre, Größe $180,46 \pm 6,49$ cm, Gewicht $81,57 \pm 14,68$ Kg).

Messinstrumente:

Die Messungen wurden auf dem Laufband h/p/cosmos locomotion® 150/50 de med durchgeführt, welches zusätzlich mit dem robowalk® expander System ausgestattet war. Die Gangparameter wurden mittels in das Laufband eingebauter Drucksensormatrix von Zebris und der Software des Zebris Rehawalk® System aufgezeichnet.

Protokoll:

Vor den Messungen wurde den Probanden der Versuch vorgestellt, ihnen die für das Training benötigten Manschetten jeweils am distalen Unterschenkel angebracht und ihnen die Sicherheitsweste angelegt.

Pretest: Beim Pretest gingen die Probanden zunächst ohne Expanderzüge bei einer Geschwindigkeit von 4km/h auf dem Laufband. Nach einer kurzen Eingewöhnungszeit wurden die Gangparameter für 1 Minute aufgenommen. Danach wurden sie angewiesen sich mit jeweils einem Bein auf die beiden Seiten des Laufbandes zu stellen, sodass das Laufband bei 4km/h weiterlaufen konnte.

Training: Für das Training wurden die hinteren Expanderzüge an die am distalen Unterschenkel angebrachten Manschetten eingehängt (siehe Bild)



Abbildung 2: verwendete Expanderkonfiguration für die Adaptationsstudie

Dabei wurden die unteren schwarzen Expander verwendet, sowie die beiden Umlenkrolleneinheiten auf die Positionen 1 und 8 gesetzt und ohne Vorspannung gearbeitet. Die schwenkbaren Hebelarme wurden wie auf dem Bild in die 0-Grad-Einstellung gestellt. Durch die Expanderkonfiguration ergab sich somit beim Gehen eine durchschnittliche Zugkraft von 4-4,5 Kg im vordersten Drittel des Laufbandes, in welchem die Probanden sich beim Gehen befinden sollten.

Nach der Befestigung der Expanderzüge erfolgte ein 10-minütiges Gehen bei 4km/h auf dem Laufband. Auch hier wurden die Gangparameter nach einer Eingewöhnungsphase für 1 Minute aufgenommen. Nachdem das 10-minütige Training absolviert wurde, wurden die Probanden wieder gebeten, sich jeweils mit einem Bein auf jeweils eine Seite des Laufbandes zu stellen, sodass die Expanderzüge wieder ausgehängt werden konnten.

Posttest: Nach Entfernung der Expanderzüge folgte direkt der Posttest. Dafür gingen die Probanden wieder bei 4km/h auf dem Laufband. Hier wurden die Gangparameter gleich vom

ersten Schritt für 1 Minute lang aufgezeichnet, um mögliche spontane Adaptationseffekt von Anfang an festzuhalten.

Auswertung

Für die Auswertung wurden die aufgezeichneten Gangparameter verwendet. Mithilfe der Zebris Software FDMv1.8.3 konnten die Daten entsprechend bearbeitet werden, indem Reports bzw. Ergebnisse aus den Rohdaten erstellt wurden. Für jeden Probanden wurden 10 verschiedene Reports erstellt.

- 1) Gangparameter für die pre-Messung (gemittelt über alle Gangzyklen von 1 min)
- 2) Gangparameter für die Messung mit dem robowalk (gemittelt über alle Gangzyklen)
- 3) Gangparameter für die post-Messung (Gangzyklen 1-3)
- 4) Gangparameter für die post-Messung (Gangzyklen 4-6)
- 5) Gangparameter für die post-Messung (Gangzyklen 7-9)
- 6) Gangparameter für die post-Messung (Gangzyklen 10-12)
- 7) Gangparameter für die post-Messung (Gangzyklen 1-10)
- 8) Gangparameter für die post-Messung (Gangzyklen 11-20)
- 9) Gangparameter für die post-Messung (Gangzyklen 21-30)
- 10) Gangparameter für die post-Messung (gemittelt über alle Gangzyklen)

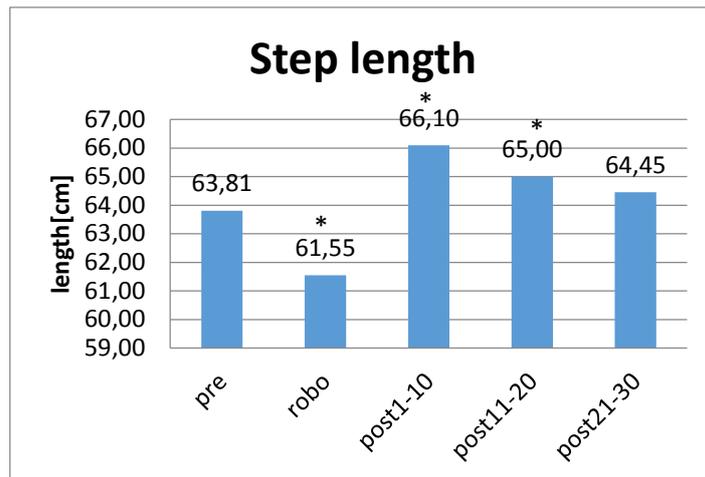
Diese Daten wurden anschließend in Excel eingetragen und weiterverarbeitet. Für die Ergebnisse wurde sich auf 5 Reports konzentriert und diese unter relevanten Parametern verglichen. Als relevante Parameter wurden angesehen:

- **Schrittlänge rechts und links**(beschreibt die Entfernung zwischen dem Fersenauftritt einer Körperseite und dem Fersenauftritt der kontralateralen Seite)
- **Schrittweite**(Abstand zwischen dem rechten und linken Fuß)
- **Länge der Ganglinie**(kennzeichnet den Verlauf des Kraftangriffspunkts)
- **Maximalkraft Vorfuß, Mittelfuß, Ferse**
- **Maximaldruck Vorfuß, Mittelfuß, Ferse**

Für die statistische Auswertung kam der T-Test für abhängige Parameter zur Anwendung. Die Voraussetzung der Intervallskaliertheit und Normalverteilt wurden erfüllt. Die Normalverteilung der Messwerte wurde mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests von WinSTAT überprüft. Der T-Test wurde ebenso mit Excel und 0.05 als Signifikanzniveau festgehalten. Signifikante Unterschiede werden im Folgenden mit * gekennzeichnet.

3.1.3 Ergebnisse

Der Vergleich der Schrittlängen (Abbildung 1) zeigt deutliche Unterschiede. Bei der pre-Messung lag die durchschnittliche Schrittlänge bei 63,81 cm. Unter Verwendung des robowalks® wurde diese um 4% auf 61,55cm kürzer. Nach Lösen der Expanderzüge zeigte sich eine um 4% vergrößerte Schrittlänge in den Gangzyklen 1-10 gegenüber der pre-Messung. In den darauffolgenden Gangzyklen nahm die Schrittlänge wieder ab und näherte sich dem Wert der pre-Messung an. Bei den Gangzyklen 21-30 liegt die Schrittlänge noch 1% über dem des Pre-Wertes.



* p<0.05

Abbildung 3: Vergleich der Schrittlängen

	Step length[cm]	Std-Dev[cm]	p
Pre	63,81	4,73	-----
robo	61,55	4,90	<0.001
Post1-10	66,10	4,98	<0.001
Post11-20	65,0	4,04	0.001
Post 21-30	64,45	4,04	0.083

Tabelle 1: Signifikanztabelle Schrittlänge

Bei der Betrachtung der Maximalkraft des Vorfußes (Abbildung 4) zeigt sich eine signifikante Abnahme der Kraft unter Verwendung des robowalk® und bei den darauf folgenden post-Messungen.

Im Vergleich zur durchschnittlichen Maximalkraft von 727,26N bei der Pre-Messungen nahmen die Werte bei dem robowalk® sowie bei den post-Messungen um 7% auf ca. 677N ab.

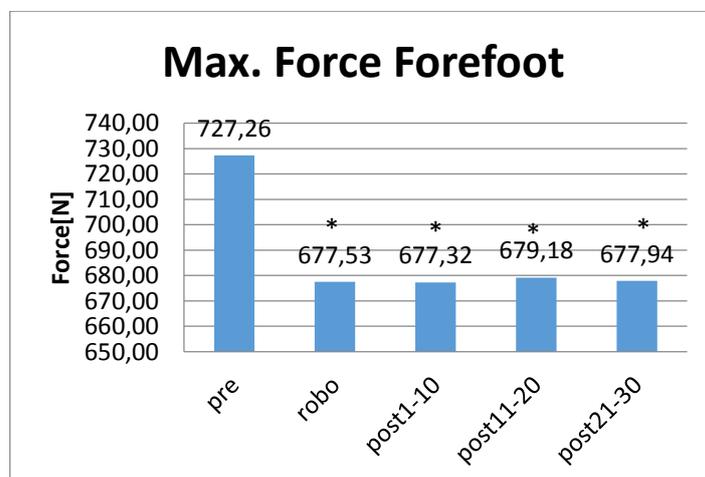


Abbildung 4: Vergleich der max. Vorfußkraft

	Max.Force Forefoot[N]	Std-Dev[N]	p
Pre	727,26	144,46	-----
robo	677,53	139,79	<0.001
Post1-10	677,32	131,92	<0.001
Post11-20	679,18	122,67	<0.001
Post 21-30	677,94	127,85	<0.001

Tabelle 2: Signifikanztabelle max. Vorfußkraft

Da Druck nur die Kraft auf eine bestimmte Fläche darstellt, sehen die Ergebnisse für den Vorfuß (Abbildung 5) ähnlich aus. Auch hier ist eine Abnahme des Maximaldruckes festzustellen. In den Gangzyklen 21-30 nach Lösen der Expander, beträgt der Wert 8% weniger als bei der pre-Messung

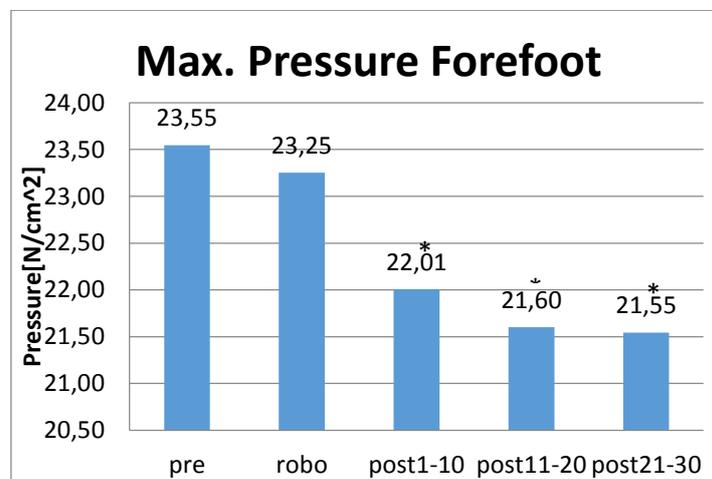


Abbildung 5: Vergleich des max. Vorfußdrucks

	Max.Pressure Forefoot[N/cm²]	Std-Dev[N/cm²]	p
Pre	23,55	5,93	-----
robo	23,25	6,35	0.305
Post1-10	22,01	5,6	<0.001
Post11-20	21,60	5,60	<0.001
Post 21-30	21,55	4,93	<0.001

Tabelle 3: Signifikanztabelle max. Vorfußdruck

Beim Vergleich der Mittelfußkräfte (Abbildung 6) findet sich eine ähnliche Entwicklung wie bei der Vorfußkraft. Unter Benutzung des robowalks® bleibt die Kraft allerdings konstant, in den post Gangzyklen nimmt sie aber geschlossen ab. Bei den Gangzyklen 21-30 beträgt die Kraft 9% weniger als im Vergleich zum pre-Wert.

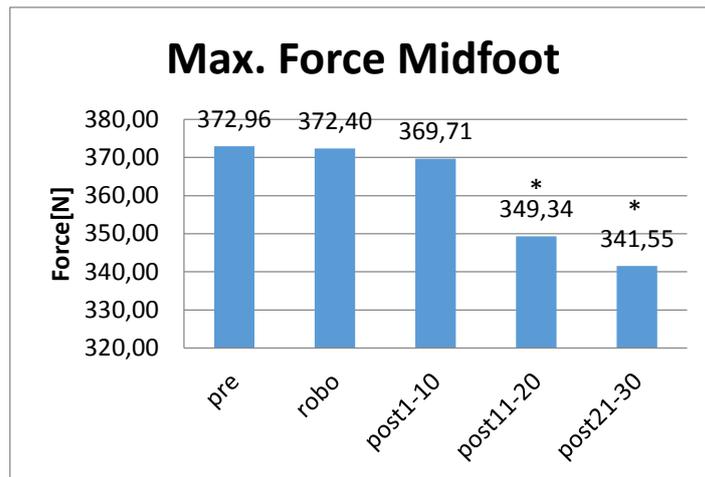


Abbildung 6: Vergleich der max. Mittelfußkraft

	Max.Force Midfoot[N]	Std-Dev[N]	p
Pre	372,96	128,71	-----
robo	372,4	123,2	0,918
Post1-10	369,71	116,5	0,606
Post11-20	349,34	124,17	<0.001
Post 21-30	341,55	123,28	<0.001

Tabelle 4: Signifikanztabelle max. Mittelfußkraft

Bei Betrachtung der Fersenkraft (Abbildung 7) ist auffällig, dass in den ersten Gangzyklen nach dem Lösen der Expander die Kraft um 4% zunimmt. In den darauffolgenden Gangzyklen nimmt diese jedoch wieder ab und sinkt sogar unter den Wert der pre-Messung.

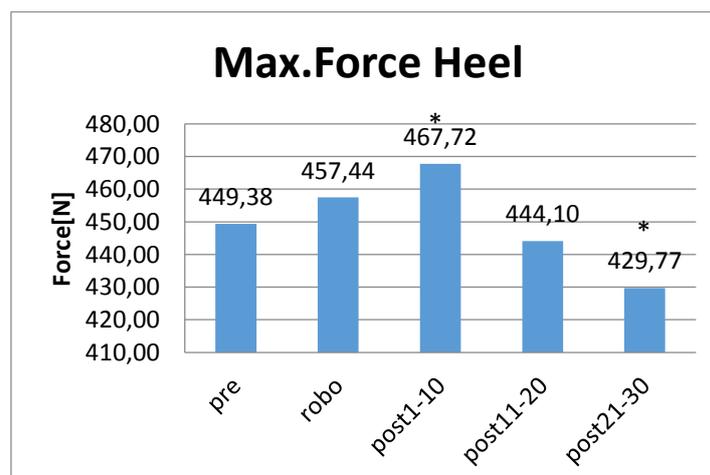


Abbildung 7: Vergleich der max. Fersenkraft

	Max.Force Heel[N]	Std-Dev[N]	p
Pre	449,38	109,28	-----
robo	457,44	109,30	0,307
Post1-10	467,72	118,17	0,034
Post11-20	444,10	110,83	0,451
Post 21-30	429,77	110,38	0,006

Tabelle 5: Signifikanztabelle max. Fersenkraft

Die Druckdaten für den Mittelfuß und die Ferse verhalten sich ähnlich und werden deswegen nicht nochmal explizit dargestellt.

Die Parameter der Ganglinie und der Schrittweite zeigen nur eine signifikante Änderung unter Verwendung des robowalks® beziehungsweise bei den ersten zehn Schrittzyklen im Fall der Schrittweite. Die Ganglinie, welche den Verlauf des COPs darstellt, nimmt bei der Belastung mit den Expanderzügen um fast 10 mm ab. In den post-Zyklen entspricht sie wieder der der pre-Messungen.

Bei Analyse der Schrittweite fällt auf, dass diese sich mit dem robowalk® um fast 2 cm vergrößert. Nach dem Lösen der Expanderzüge nimmt fällt diese um 1,5 cm unter dem des pre-Wertes, nähert sich in den Schrittzyklen 11-30 aber wieder der des pre-Wertes an.

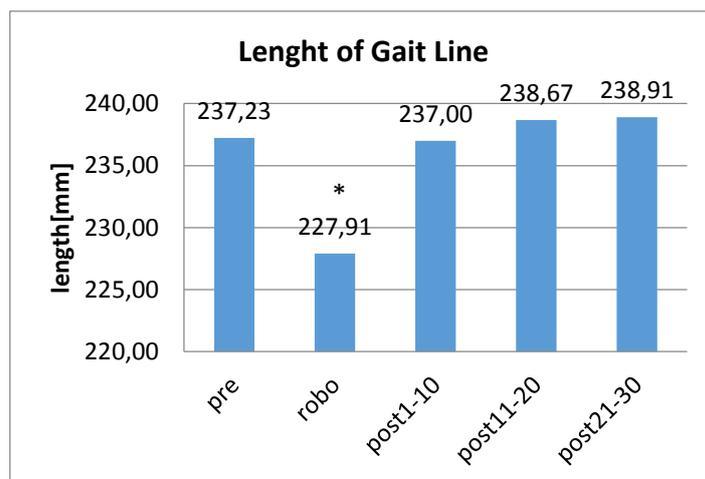


Abbildung 8: Vergleich der Ganglinie

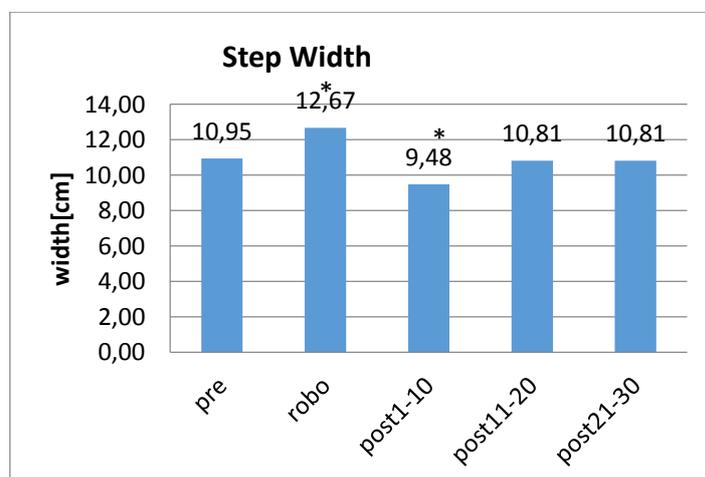


Abbildung 9: Vergleich der Schrittweite

	Length of Gait Line[mm]	Std-Dev[mm]	p
Pre	237,23	28,78	-----
robo	227,91	34,75	<0.001
Post1-10	237	29,51	0,91
Post11-20	238,67	23,17	0,424
Post 21-30	238,91	22,11	0,462

Tabelle 6: Signifikanztabelle Ganglinie

	Step width [cm]	Std-Dev[cm]	p
Pre	10,95	3,2	-----
robo	12,67	3,23	<0.001
Post1-10	9,48	3,52	0.001
Post11-20	10,81	3,16	0,666
Post 21-30	10,81	3,41	0,727

Tabelle 7: Signifikanztabelle Schrittweite

3.1.4 Diskussion

Das Ziel dieser Studie war es mögliche spontane Adaptationserscheinungen nach einem einmaligen Training mit dem h/p/cosmos robowalk® zu untersuchen. Eine der beiden Hauptergebnisse der Studie ist die Vergrößerung der Schrittlänge nach Lösen der Expanderzüge. Besonders hervorzuheben ist die Änderung der Schrittlänge in den ersten zehn Gangzyklen. Hier werden durchschnittlich 2,5cm größere Schritte gemacht. Zurückzuführen ist dieses vermutlich auf das sogenannte motorische Gedächtnis [5]. Auf Grund der veränderten Umgebungsbedingungen durch die Zugkraft des robowalks®, muss mehr Kraft aufgewendet werden, das heißt, mehr Muskelfasern aktiviert werden um die Gehgeschwindigkeit, die durch das Laufband vorgegeben ist, beizubehalten. Nach einigen Minuten gewöhnt sich der Körper an die neue Bewegung und auf neuronaler Ebene werden neue Nervenpfade geknüpft [6]. Nach dem Absolvieren des 10-minütigen Gehens mit den Expanderzügen wurde die notwendige höhere Aktivierung der Muskelfasern gespeichert. Es hat eine Adaptation stattgefunden, welches sich in den größeren Schritten nach dem Lösen der Expanderzüge zeigt, da trotz fehlender Zugkraft mehr Muskelfasern aktiviert werden als nötig wären. Der Adaptationseffekt klingt allerdings mit fortschreitender Zeit ab, welches aus der wieder abnehmenden Schrittlänge ersichtlich wird. Allerdings liegt die durchschnittliche Schrittlänge auch in den 21.-30. Gangzyklen nach dem Lösen der Expanderzüge noch ca. 1cm über dem Wert der pre-Messung.

Eine ähnliche Adaptationserscheinung findet sich beim Vergleich der Kräfte und Drücke, vor allem im Vorfußbereich. Hier nimmt die Kraft unter Verwendung des robowalks® um 6% ab, bei den post-Messungen liegt die Differenz sogar bei 7%. Während und nach dem Training wurde das Gangbild, bedingt durch den dorsalen Zug, verändert, sodass der Vorfuß weniger belastet wird. Interessanterweise ändert sich die Vorfußkraft auch im 21.-30 Gangzyklus nach Lösen der Expanderzüge kaum, sondern bleibt nahezu konstant. Die kurzfristige Adaptationserscheinung währt hier länger als bei der Änderung der Schrittlänge.

3.1.5 Ausblick

Wie zu Beginn beschrieben braucht das Lernen neuer Bewegungen oder das Optimieren von Bewegungsabläufen viel Zeit und eine hohe Anzahl von Wiederholungen. Deswegen konnte

diese Studie nur exemplarisch zeigen, inwiefern das h/p/cosmos robowalk® System Einfluss auf eine Veränderung des Gangbildes nehmen kann. Durch das einmalige Training wurden kurzzeitige Adaptationseffekte im Bereich der Schrittlänge und Kraft bzw. Druckverteilung erreicht und deuten an, welche Bedeutung und welchen Effekt das Training mit dem robowalk® System für den Rehabilitationsbereich sowie für den Sportbereich birgt.

3.2 Studie über den Einfluss verschiedener Expanderkonfigurationen

3.2.1 Einleitung

Das h/p/cosmos robowalk® expander-System bietet durch die vielen Einstellungsmöglichkeiten der Expanderzüge, zum Beispiel die Zug-/Widerstandslast von entweder vertikal oder horizontal oder auch Verstellung des Zugwinkels sowie die Anbringung am distalen Ober-oder/und Unterschenkel eine hohe Variation von unterschiedlichen Expanderkonfigurationen. Für jedes pathologisch veränderte Gangbild sowie für leistungsorientierte Ziele im Sportbereich lässt sich auf diese Weise eine optimale Expanderanordnung finden, sodass eine Normalisierung des Gangbildes oder eine Verbesserung des Laufstils erreicht werden kann. Die passende Konfiguration zu finden ist jedoch mit viel Erfahrung des Therapeuten und Mithilfe des Patienten oder des Sportlers verbunden.

Das Ziel dieser Studie ist es nun zu untersuchen, welchen generellen Einfluss einige selektierte Basis-Konfigurationen auf das Gangbild eines unverletzten Probanden haben. Dafür werden ausgewählte Gangparameter der Eingangsmessung- des Gehens ohne Expanderkonfiguration- mit den Gangparametern unter Verwendung verschiedener Konfigurationen verglichen. Des Weiteren wird untersucht, inwiefern sich die Anbringung der Manschetten am Oberschenkel im Vergleich zum Unterschenkel unterscheidet.

3.2.2 Methodik

Probandenkollektiv:

Das Probandenkollektiv bestand aus 14 gesunden Mitarbeitern der Firma h/p/cosmos, darunter 8 weibliche (Alter $33,0 \pm 10,68$ Jahre, Größe $163,63 \pm 8,4$ cm, Gewicht $59,75 \pm 13,29$ Kg) und 6 männliche (Alter $26,33 \pm 7,06$ Jahre, Größe $177,33 \pm 4,27$ cm, Gewicht $70,5 \pm 6,06$ Kg).

Messinstrumente:

Die Messungen wurden auf dem Laufband h/p/cosmos locomotion® 150/50 de med durchgeführt, welches zusätzlich mit dem robowalk® expander System ausgestattet war. Die Gangparameter wurden mittels in das Laufband eingebauter Drucksensormatrix von Zebris und der Software des Zebris Rehawalk® System aufgezeichnet.

Protokoll:

Den Probanden wurde der Versuch vorgestellt und ihnen die für die Expanderkonfigurationen benötigten Manschetten am distalen Ober-, sowie am distalen Unterschenkel angebracht. Für die Eingangsmessung gingen die Probanden ohne Schuhe bei einer Geschwindigkeit von 3km/h zunächst ohne Expanderzüge auf dem Laufband. Nach

einer kurzen Eingewöhnungsphase wurden die Gangparameter dann für 1 Minute aufgezeichnet. Auf die Eingangsmessung folgten 6 unterschiedliche Expanderkonfigurationen, welche den Probanden nacheinander angelegt wurden. Für die Messungen wurden die schwarzen Expanderzüge verwendet, welche im Gegensatz zu den grauen Expanderzügen eine etwas geringere Zug- bzw. Widerstandskraft besitzen. Die durchschnittliche auf den Probanden wirkende Expanderkraft lag je nach Konfiguration und Position auf dem Laufband zwischen 3 und 4 Kg. Die Gangparameter wurden für jede Konfiguration bei der gleichbleibenden Gehgeschwindigkeit von 3km/h jeweils für 1 Minute aufgenommen. Für die einzelnen Konfigurationen wurden die Probanden weiterhin gebeten ihr subjektives Empfinden zu schildern, welches dokumentiert wurde. Folgende Expander-Konfigurationen wurden verwendet:

Konfiguration 1: Frontrobowalk: oberer schwarze Expander, waagerechte Position 11, senkrechte Position 1, Befestigung am distalen Oberschenkel



Abbildung 10: Konfiguration 1

Konfiguration 2: Frontrobowalk: unterer schwarze Expander, waagerechte Position 11, senkrechte Position 1, Befestigung am distalen Unterschenkel



Abbildung 11: Konfiguration 2

Konfiguration 3: Hinterer Robowalk: oberer schwarze Expander, Winkelposition der schwenkbaren Hebelarme 0-Grad, senkrechte Position 1, Befestigung am distalen Oberschenkel



Abbildung 12: Konfiguration 3

Konfiguration 4: Hinterer Robowalk: unterer schwarze Expander, Winkelposition der schwenkbaren Hebelarme 0-Grad, senkrechte Position 1, Befestigung am distalen Unterschenkel



Abbildung 13: Konfiguration 4

Konfiguration 5: Frontrobowalk: oberer schwarze Expander, waagerechte Position 11, senkrechte Position 1, Befestigung am distalen Oberschenkel, Hinterer Robowalk: oberer schwarze Expander, Winkelposition der schwenkbaren Hebelarme 0-Grad, senkrechte Position 1, Befestigung am distalen Unterschenkel



Abbildung 14: Konfiguration 5

Auswertung

Für die Auswertung wurden die aufgezeichneten Gangparameter verwendet. Mithilfe der Zebris Software FDMv1.8.3 konnten die Daten entsprechend bearbeitet werden, indem Reports bzw. Ergebnisse aus den Rohdaten generiert wurden. Für jeden Probanden wurden 7 verschiedene Reports (Eingangstest + 6 Konfigurationen) erstellt, welche die über für 1

Minute aufgenommen gemittelten Gangparameter enthielten. Diese Werte wurden in Excel eingetragen und weiterverarbeitet. Für die Ergebnisse wurden folgende Parameter als relevant angesehen und miteinander verglichen:

- Schrittlänge rechts und links
- Schrittweite
- Länge der Ganglinie
- Maximalkraft Vorfuß, Mittelfuß, Ferse
- Maximaldruck Vorfuß, Mittelfuß, Ferse

Statistisch wurden diese Gangparameter mithilfe des Zweistichproben-T-test für abhängige Stichproben analysiert, da jeweils nur die Werte der einzelnen Konfigurationen mit denen des Eingangstests verglichen wurden. Die Voraussetzung der Intervallskaliertheit der Daten sowie die normalverteilte Messwertdifferenzen der Messwertpaare wurden erfüllt. Die Normalverteilung der Messwerte wurde mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests von WinSTAT überprüft. Als Signifikanzniveau wurde 0.05 festgelegt. Signifikante Ergebnisse werden im Folgenden mit einem * gekennzeichnet.

3.2.3 Ergebnisse

Zunächst werden die Ergebnisse für jede einzelne Konfiguration vorgestellt. Die Signifikanztabellen für die einzelnen Gangparameter befinden sich der Übersicht halber im Anhang.

Die Konfiguration 1 mit dem ventralen Zug und Befestigung am Oberschenkel findet vor allem im Rehabilitationsbereich Anwendung und wirkt unterstützend, indem sie die Hüftflexion erleichtert.

In Abbildung 15 sind alle relevanten Gangparameter im Vergleich zur Baseline dargestellt und geben prozentual die Veränderungen an.

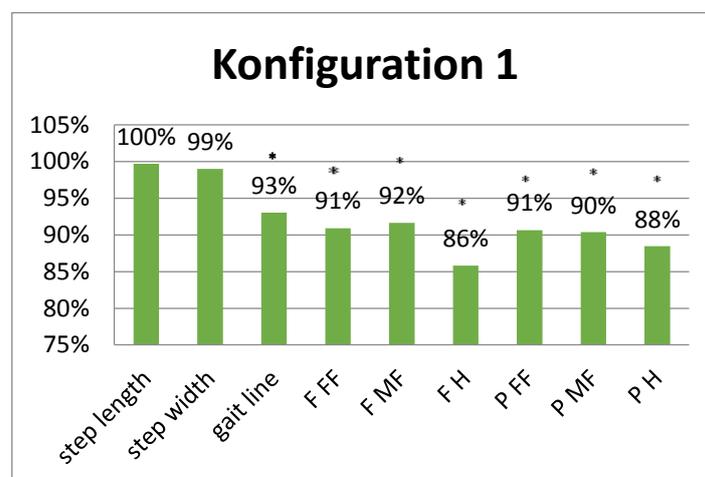


Abbildung 15: Gangparameter Konfiguration 1

Die Schrittlänge und die Schrittweite werden bei dieser Konfiguration nicht beeinflusst. Die mittlere Ganglinie nimmt um 7 % von 185,67 mm auf 172,71mm ab und auch die Kräfte (F) und Drücke (P) unter Vorfuß (FF), Mittelfuß (MF) und Ferse(H) werden insgesamt geringer.

Besonders signifikant ist die Reduktion der Kraft und des Druckes unter der Ferse von fast 15%.

Die Konfiguration 2 mit ventralem Zug am distalen Unterschenkel wirkt ebenfalls unterstützend und soll die Schwungbeinphase erleichtern. Die in Abbildung 16 aufgeführten Gangparameter zeigen ähnliche Ergebnisse wie Konfiguration 1. Die Schrittlänge hat leicht abgenommen, die Schrittweite hat sich allerdings von 12,21cm auf 14,64cm zugenommen.

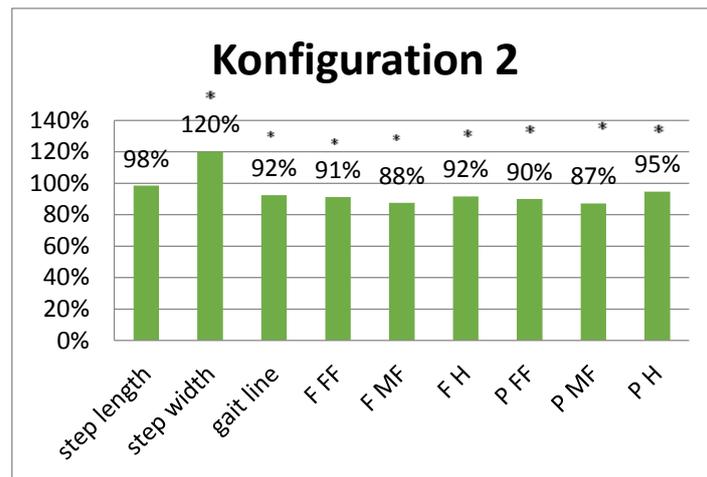


Abbildung 16: Gangparameter Konfiguration 2

Die Druck- und Kraftabnahme unter Vorfuß, Mittelfuß und Ferse gleicht der Konfiguration 1 jedoch sehr, auch wenn die Gesamtabnahme des Druckes und des Kraftes im Vergleich zur Konfiguration 1 etwas geringer ist. Bei Konfiguration 1 werden insgesamt 90% der Kraft verglichen zur Baseline erreicht, bei Konfiguration 2 94%.

Konfiguration 3 stellt durch den Zug von dorsal am Oberschenkel ein Widerstandstraining dar, welches im Reha- sowie bei schnelleren Geschwindigkeiten auch im Sportbereich eingesetzt werden kann. Da der Proband gegen einen Widerstand arbeiten muss, soll die Standbeinphase verbessert und eine höhere Standfestigkeit trainiert werden.

Die Ergebnisse in Abbildung 17 zeigen eine Abnahme der Schrittlänge um 3%, von durchschnittlichen 53,43cm auf 51,71 cm. Auffällig ist weiterhin die starke Kraft- und Druckabnahme im Vorfuß und Fersenbereich, sowie die gegensätzliche Kraft- und Druckzunahme von 4% im Mittelfußbereich.

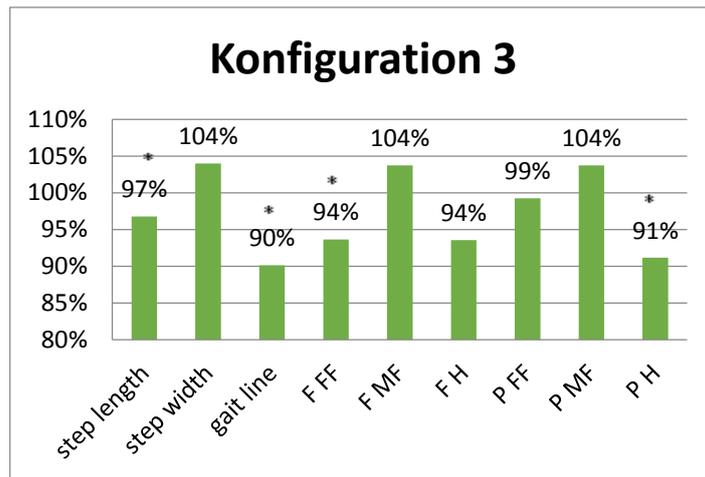


Abbildung 17: Gangparameter Konfiguration 3

Bei der Konfiguration 4 findet ebenfalls ein Widerstandstraining durch dorsalen Zug statt. Die Anbringung der Expanderzüge ist dieses Mal allerdings am Unterschenkel und bewirkt eine Unterstützung der Hüftgelenksexpressoren, sowie ein konzentrisches Training des M. Iliopsoas sowie des M. quadriceps femoris.

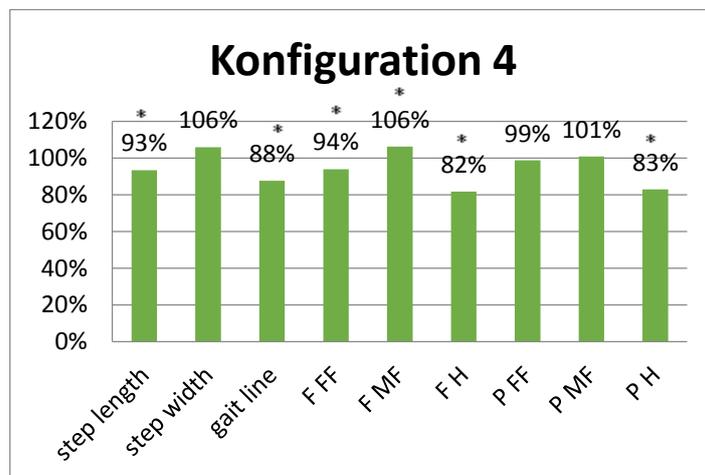


Abbildung 18: Gangparameter Konfiguration 4

Die Schrittlänge nimmt signifikant um 7% im Vergleich zur Baseline ab und damit um 4% mehr als bei der Anbringung der Expanderzüge am Oberschenkel. Die Kraft- und Druckwerte ähneln wieder denen der Konfiguration 3. Die Abnahme im Fersenbereich ist mit nur 82% bzw. 83% erreichten Kraft bzw. Druckes allerdings deutlich geringer als bei Konfiguration 3.

Die Konfiguration 5 mit Anbringung von Expanderzügen von ventral und dorsal stammt aus dem Rehabilitationsbereich und bildet ein Zusammenspiel aus Zugwiderstand und Zugunterstützung. Durch den ventralen Zug am Oberschenkel und den dorsalen Zug am

Unterschenkel wird der Gang stark vorgegeben und wirkt bei Patienten mit Defiziten im Gang unterstützend und gibt ein Gefühl von Sicherheit. Die Gangparameter der Konfiguration 5 zeigen eine Abnahme der Schrittlänge von 5% sowie eine Zunahme der Schrittweite von 13%.

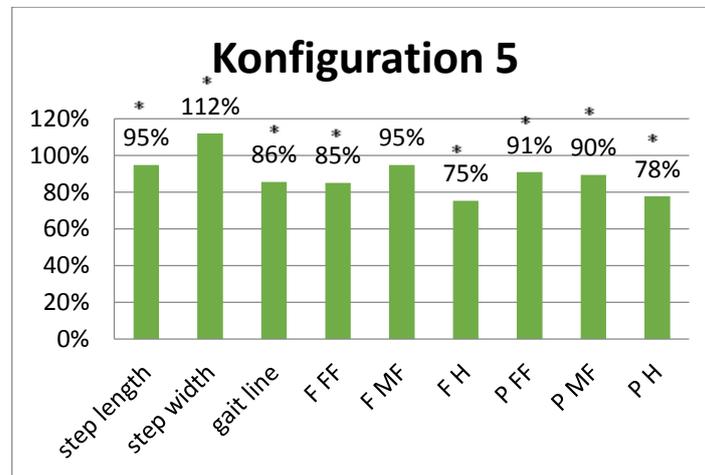


Abbildung 19: Gangparameter Konfiguration 5

Am auffälligsten ist die jedoch die Gesamtabnahme des Druckes und der Kraft unter allen Fußbereichen, welche verglichen mit den anderen Konfigurationen am stärksten ist. Besonders signifikant ist die Verringerung des Druckes und der Kraft unter der Ferse mit ca. 25%.

3.2.4 Diskussion

Das Ziel dieser Studie war es mögliche Veränderungen der Gangparameter durch die einzelnen Konfigurationen darzustellen und zu quantifizieren.

Bei Betrachtung der Ganglinie fiel auf, dass diese bei allen Konfigurationen um ca. 10% oder mehr abnahm, welches aussagt, dass jegliche Expanderanordnung den Gang dahingehend beeinflusst, dass nicht mehr vollständig über den ganzen Fuß abgerollt wird, da dieses durch den Zug von ventral, dorsal oder lateral verhindert wird.

Eine weitere Aussage, die über alle Konfigurationen getroffen werden kann, ist diese, dass der allgemeine Druck- beziehungsweise die Kraft unter dem Fuß durch den Zug der Expanderzüge verringert wird. Die Stärke der Abnahme variiert dann je nach Anordnung der Expander. Vergleicht man zum Beispiel die Abnahme des Druckes bei ventralem Zug, lässt sich erkennen, dass bei Anbringung der Manschetten am Oberschenkel deutlich mehr Druckreduktion im Fersenbereich zu verzeichnen ist als bei der Anbringung am Unterschenkel, da diese den Probanden deutlich mehr stabilisiert und somit unterstützender wirkt als Konfiguration 1.

Bei Konfiguration 5 war die Druck- und Kraftverringering im gesamten Fußbereich am stärksten, welches aus der den Gang stark führenden Expanderanordnung resultiert.

Das einzige Mal, dass die Druck- und Kraftwerte über der der Eingangsmessung lagen, ließ sich bei den Konfigurationen 3 und 4 finden, bei denen die Probanden die Expanderzüge von dorsal angelegt bekommen hatten. Durch den Widerstand wurde im Mittelfußbereich stärker aufgesetzt und hatte somit die höheren Druck- und Kraftwerte zur Folge. Die wiederum verminderten Druck bzw. Kraftwerte des Vorfußes im Vergleich zum Eingangstest sind darauf zurückzuführen, dass durch den dorsalen Zug der Fuß vermutlich vorzeitig zurückgezogen wird und nicht vollständig abgedrückt werden konnte.

Bei Analyse der Schrittlänge fällt auf, dass sie nur bei ventralem Zug unverändert bleibt, bei dorsalem Zug beziehungsweise bei lateralem wird diese geringer. Die Reduktion der Schrittlänge resultiert entweder aus dem Widerstand, gegen die die Probanden arbeiten müssen, oder aus Instabilität, welche durch die Konfigurationen verursacht werden. Dieses war bei Konfiguration 5 der Fall, da der Gang stark durch die Expander vorgegeben wurde.

Vergleicht man nun die Anbringung der Expander an Ober- bzw. Unterschenkel, lässt sich aus subjektivem Empfinden der Probanden sagen, dass sie die Fixierung am Oberschenkel bei ventralem sowie dorsalem Zug als angenehmer und sicherer empfanden. Die Daten der Gangparameter unterstreichen diese Beobachtung. Bei ventralem Zug nahmen die Druckwerte stärker bei der Anbringung am Oberschenkel als am Unterschenkel ab, welches eine höhere Unterstützung impliziert. Die größere Unsicherheit und Instabilität der Probanden bei der Anbringung der Expanderzüge am Unterschenkel lässt sich auch durch die erhöhte Schrittweite beim ventralen Zug darstellen.

Beim dorsalen Zug unterscheiden sich Anbringung an Oberschenkel und Unterschenkel zunächst durch die stärkere Abnahme der Schrittlänge bei Fixierung der Expander am Unterschenkel, denn je distaler die Manschetten platziert sind, desto mehr Kraft muss der Proband aufwenden [1].

Die Probanden beschrieben diese Konfiguration deshalb als anstrengender und den Gang stärker beeinflussender als die Anbringung am Oberschenkel.

3.2.5 Ausblick

Wie zu Beginn beschrieben, verfügt das robowalk® expander System über vielzählige Einstellungsvarianten und damit auch über die Möglichkeit das Gangbild beliebig zu beeinflussen. Diese Studie konnte zeigen, dass alleine die Wahl der Anbringung der Expanderzüge schon unterschiedliche Auswirkungen auf den Gang haben kann und sehr viel Potential, gerade für die Therapeuten in der Arbeit mit Patienten, besitzt. Denn die Expanderzüge können das Gangbild nicht nur in die Richtung eines physiologischen Gangbildes leiten, sondern auch durch unterstützende Konfigurationen die Drücke- und Kräfte unter dem Fuß senken.

In größeren Studien müsste in Zukunft nun untersucht werden, inwiefern für bestimmte Krankheitsbilder festgelegte Expanderkonfigurationen helfen, um eine Optimierung oder Normalisierung des Gangbildes der Patienten zu erreichen. Ein weiterer interessanter Untersuchungsaspekt wäre es auch zu quantifizieren, wie sich die Muskelaktivität in der Muskulatur ändert, das heißt wie viel mehr die Muskeln unter Verwendung bestimmter Expanderkonfiguration angesprochen werden.

3.3 Studie über den Einfluss eines Widerstandstraining

3.3.1 Einleitung

Das h/p/cosmos robowalk® expander-System findet nicht nur im Therapie- und Rehabilitationsbereich ein großes Anwendungsgebiet, sondern bietet auch Sportlern die Möglichkeit auf vielfältige Weise Trainingsreize zu setzen um ihre Leistungsfähigkeit und- oder ihren Laufstil zu verbessern. Der große Vorteil ist, dass mithilfe des robowalks® neben einem Koordinationstraining auch ein Krafttraining stattfindet, welches dynamisch im Laufen möglich ist. Dieses funktionelle Training kräftigt nicht nur einzelne Bereiche, wie es bei einem herkömmlichen Krafttraining der Fall ist, sondern stärkt den Körper mit den komplexen Übungen im Ganzen und in der Bewegung [7].

So kann durch den ventralen Zug des Front-robowalks® zum Beispiel die Dynamik der Schwungbeinphase sowie die Abdruckphase optimiert werden.

Der hintere robowalk® bietet ein Widerstandstraining und spricht vor allem die Hüftflexoren an, bevorzugt den M. iliopsoas, welcher ein wichtiger Muskel zur Beckenstabilisierung ist. Beim Laufen und Springen übernimmt der große Lendenmuskel die nach vorne gerichtete Hebung der Beine und trägt somit maßgeblich zu einem reibungslosen Bewegungsablauf bei [8].

Ziel dieser Studie ist es ein Widerstands -Training mit dem hinteren robowalk® expander-System durchzuführen und den dadurch verursachte Effekt auf ausgewählte Laufparameter sowie auf die dynamischen Gelenkwinkelverläufe von Rumpf, Hüfte und Knie zu untersuchen.

3.3.2 Methodik

Probandenkollektiv:

Das Probandenkollektiv bestand aus 3 gesunden Mitarbeitern der Firma h/p/cosmos, darunter 2 weibliche (Alter $24,50 \pm 3,5$ Jahre, Größe $170,00 \pm 16,97$ cm, Gewicht $65,5 \pm 13,43$ Kg) und einem männlichen (Alter 23 Jahre, Größe 175cm, Gewicht 65Kg). Auf der Aktivitätsskala von 1-5, wobei 1 kein Sport bedeutet und 5 mehr als 4 mal die Woche, ordneten sich die Probanden zwischen 2 und 3 ein.

Messinstrumente:

Die Messungen wurden auf dem Laufband h/p/cosmos pulsar® 3p durchgeführt, welches zusätzlich mit dem robowalk® expander System ausgestattet war, sowie mit dem implementierten OptoGait® System von Microgait. Die Laufparameter wurden mittels in das Laufband eingebauter LED-Schienen und der Software von Optogait, Version 1.8.10, aufgezeichnet. Für die Bestimmung der Gelenkwinkel wurden selbstleuchtende Marker verwendet und diese mit der Basler-Kamera aufgenommen. Die Auswertung erfolgte mit der Software Simi Aktisys 1.4.0 beta2.

Protokoll:

PreTest: Für den Eingangstest liefen die Probanden bei individuell angepassten Laufgeschwindigkeiten, welches das Tempo ihres lockeren Dauerlaufes (GA1) entsprechen sollte, auf dem Laufband. Nachdem sie sich eingelaufen hatten, wurden die Laufparameter und die Gelenkwinkel für jeweils eine Minute aufgezeichnet. Für die Aufnahme der Gelenkwinkel aus der Sagittalebene wurden den Probanden 5 selbstleuchtende Marker aufgeklebt. Von den Positionen wurden Fotos gemacht, damit diese Marker beim nächsten Mal auf der gleichen Stelle angebracht werden konnten. Die Positionen und die Farben der Marker wurden dabei von der Software vorgegeben. Platziert wurden die Marker dazu am Vorfuß, am Sprunggelenk, am Knie, am Trochanter und an der Schulter.

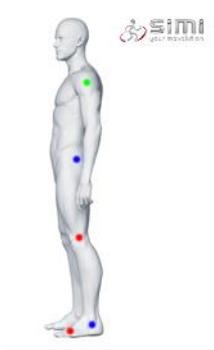


Abbildung 20: Positionierung der Marker für die Laufanalyse in der Sagittalebene

Training: Das Training bestand aus 8 Trainingseinheiten, welche auf 4 Wochen aufgeteilt zwei Mal in der Woche durchgeführt werden sollten. Die Laufgeschwindigkeit sollte dabei der des Eingangstestes entsprechen. Folgendes Trainingsprotokoll wurde von den Probanden absolviert:

- 5 min einlaufen
- **Konfiguration 1:** 3x2 min schwarze Expanderzüge von dorsal, obere Expander, Befestigung am distalen Unterschenkel, jeweils eine halbe Min. Pause dazwischen
- **Konfiguration 2:** 3x2 min schwarze Expanderzüge von dorsal, obere Expander, Befestigung am distalen Oberschenkel, jeweils eine halbe Min Pause dazwischen
- 5min auslaufen



Abbildung 21: Trainingskonfiguration 1



Abbildung 22: Trainingskonfiguration 2

Die Reihenfolge von den Konfigurationen durfte dabei von den Probanden getauscht werden. Des Weiteren wurden die Probanden nach jedem Training nach ihrem subjektiven Belastungsempfinden befragt und dieses dokumentiert. Bei dem 6. Training der Probanden wurden zusätzlich unter Verwendung der Konfigurationen die Laufparameter aufgezeichnet.

PostTest: Für den Ausgangstest wurden nach einer Einlaufphase bei der gleichen Laufgeschwindigkeit wie beim Eingangstest die Laufparameter ohne Verwendung von Expanderkonfigurationen mithilfe von Optogait und Simi für 1 Minute aufgenommen.

Auswertung

Für die Auswertung wurden die aufgezeichneten Laufparameter verwendet. Mithilfe der Software von Optogait konnten die durchschnittliche Schrittlänge und die Kontaktzeit ermittelt werden. Die mit Simi aufgenommenen Verläufe der Gelenkwinkel konnten mit der Software bestimmt werden, indem einzelne Laufzyklen angeschaut wurden. Dazu mussten die Zeitpunkte des Initial Contacts, der Peak Knee Flexion, des Push Offs, der Flight-Phase sowie des Initial Contacts des kontralateralen Beines manuell bestimmt werden.



Initial Contact



Peak Knee Flexion



Push Off



Flight phase

Abbildung 23: Phasen des Laufzyklus

Da nicht jeder Laufzyklus gleich ist, sowie das manuelle Bestimmen der Zeitpunkte fehlerbehaftet ist, wurden 10 Laufzyklen bearbeitet und die Werte gemittelt. Diese Daten, sowie die Daten, die mithilfe der Optogaitsoftware ermittelt wurden, wurden in Excel eingetragen und dort weiterverarbeitet. Folgende Parameter wurden dabei untersucht:

- Durchschnittliche Schrittlänge
- Gesamte Kontaktzeit des Fußes, sowie aufgeteilt in
 - Contact Phase : Zeitdauer vom ersten Kontakt der Ferse bis zum vollständigen Auftritt des Fußes
 - Foot Flat: Dauer des Auftritts des gesamten Fußes
 - Propulsive Phase: Zeitdauer von Anheben der Ferse bis zum vollständigen Anheben der Fußes
- Rumpf-, Hüft- und Kniewinkel während
 - Initial contact
 - Peak Knee Flexion
 - Push-Off

Statistisch wurden die Gelenkwinkel mithilfe des Zweistichproben-T-test für abhängige Stichproben Die Voraussetzung der Intervallskaliertheit der Daten sowie die normalverteilte Messwertdifferenzen der Messwertpaare wurden erfüllt. Die Normalverteilung der Messwerte wurde mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests von WinSTAT überprüft. Als Signifikanzniveau wurde 0.05 festgelegt. Signifikante Ergebnisse werden im Folgenden mit einem * gekennzeichnet.

Die Signifikanztabellen sind zur besseren Übersicht im Anhang zu finden.

3.3.3 Ergebnisse

Bei der Analyse der Schrittlänge fällt auf, dass diese bei allen Probanden beim Ausgangstest im Vergleich zum Eingangstest abgenommen hat. In Abbildung 24 wird die gemittelte Schrittlänge aller drei Probanden dargestellt und die durchschnittliche Differenz zwischen Pre- und Post-Test beträgt 2cm. Während des Trainings und unter Verwendung der Konfigurationen nimmt die Schrittlänge sogar um durchschnittliche 5 beziehungsweise 5,5 cm ab.

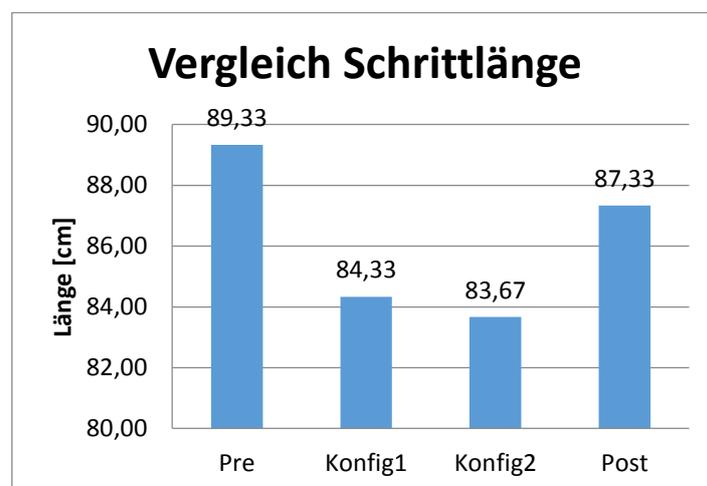


Abbildung 24: Vergleich der Schrittlänge

Wie in Abbildung 25 ersichtlich ändert sich die Kontaktzeit des Fußes im Vergleich von Eingangs- und Ausgangstest kaum. Unter Verwendung der Konfigurationen wird diese allerdings im Durchschnitt größer, bei Konfiguration 2 nimmt die Kontaktzeit von 0,351s auf 0,364s zu.

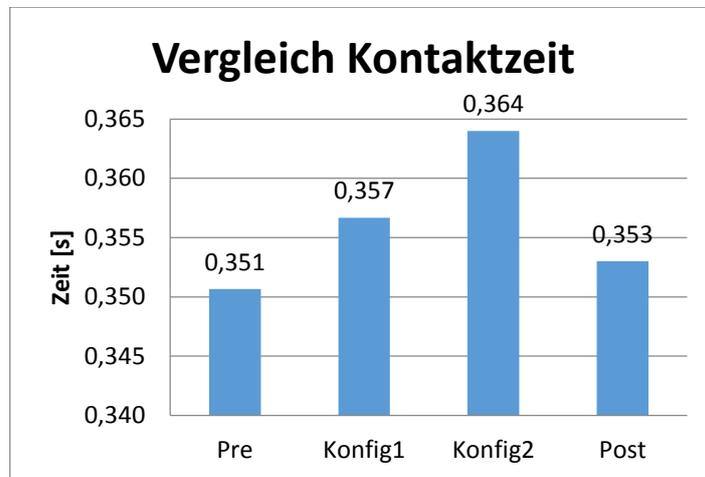


Abbildung 25: Vergleich der Kontaktzeit

Eine weitere Gemeinsamkeit bei allen Probanden war die Abnahme der Zeitdauer des Footflats, der Zeit des gesamten Auftrittes des Fußes. Beim Eingangstest betrug diese durchschnittlich 0,145s und nahm um fast 0,01s beim Ausgangstest ab.

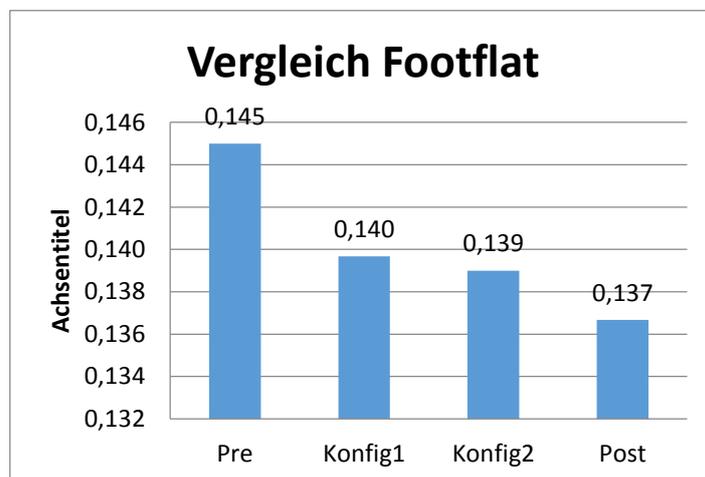


Abbildung 26: Vergleich der Zeit des Footflats

Im weiteren Verlauf werden die Änderungen in den Gelenkwinkeln für die Zeitpunkte des Initial Contacts, des Peak Knee Flexion und der Push-Off-Phase präsentiert. Hierfür ist es wichtig zu wissen, dass die Winkel die Differenz zur anatomischen Nullstellung darstellen. Je nachdem, ob der Winkel linksseitig der Achse oder rechtsseitig der Achse gesehen wird, wird der Winkel entweder negativ oder positiv dargestellt.

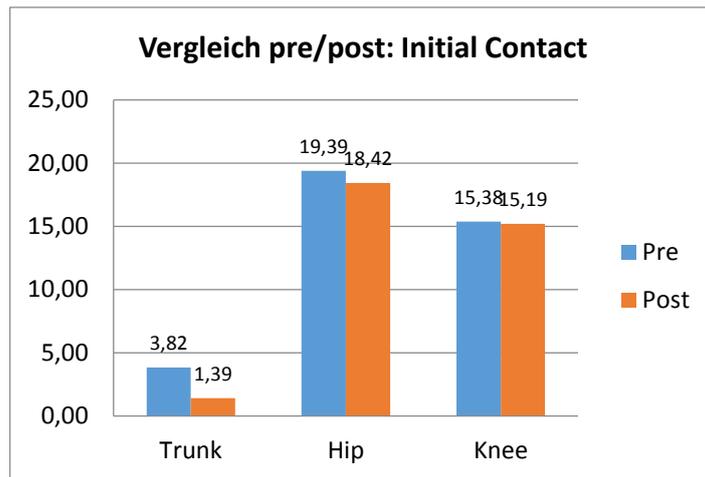


Abbildung 27: Gelenkwinkel beim Initial Contact

In der Phase des ersten Kontaktes mit dem Laufband lässt sich aus Abbildung 27 gut erkennen, dass die Gelenkwinkel durchschnittlich gering abgenommen haben. Die größte Abnahme mit mehr als 2,5° ist beim Rumpfwinkel zu verzeichnen.

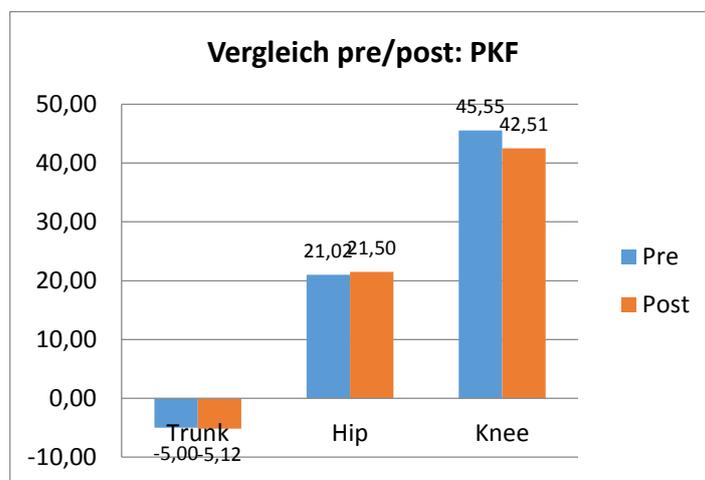


Abbildung 28: Gelenkwinkel bei der Peak Knee Flexion

Bei der Phase des PKF sind Rumpf- und Hüftwinkel nicht merklich verschieden. Der Kniewinkel hat beim Ausgangstest durchschnittlich um 3° abgenommen.

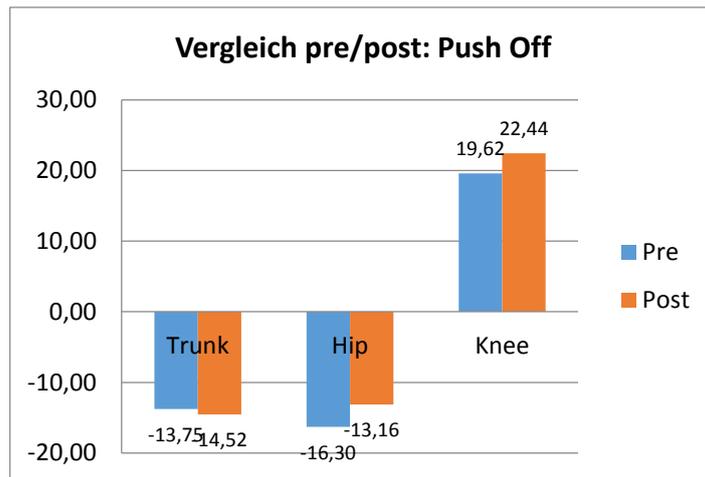


Abbildung 29: Gelenkwinkel beim Push Off

Beim Push Off fällt durch den größeren Rumpfwinkel auf, dass die Probanden sich beim Abdrücken mehr nach vorne legen. Der Hüftwinkel hat um durchschnittlich 3° abgenommen, der Kniewinkel um die etwa gleiche Differenz zugenommen.

3.3.4 Diskussion

Das Ziel dieser Studie war es den möglichen Effekt eines Trainings mit dem robowalk® auf einige Laufparameter sowie auf die Gelenkwinkel zu untersuchen. Bei allen Probanden war die Abnahme der Schrittlänge im Ausgangstest im Vergleich zum Eingangstest zu erkennen. Da sich Geschwindigkeit aus Schrittlänge und Schrittfrequenz zusammensetzt [9] und die Geschwindigkeit beim Ein- und Ausgangstest gleich geblieben ist, impliziert dieses eine Zunahme der Schrittfrequenz. Für die Zunahme ist laut Literatur neben der Kraft auch das neuromuskuläre System verantwortlich [10], welches durch das Training mit dem robowalk® angesprochen wird.

Unter der Verwendung der Expanderkonfigurationen nahm die Schrittlänge ebenfalls um 5cm ab. Dieses resultiert aus dem Widerstandszug durch die Expander. Bei der zweiten Konfiguration lag die Abnahme gering über der der ersten Konfiguration. Dieses deckt sich mit dem subjektiven Empfinden der Probanden, welche die zweite Konfiguration mit dem Zug am Oberschenkel als anstrengender angaben.

Bei Betrachtung der Kontaktzeiten lässt sich kaum eine Veränderung feststellen. Lediglich unter Zunahme der Expander erhöhte sich die Zeit des Fußkontaktes, welches durch den dorsalen Zug und damit längeren Kontaktphase auf den Laufgurt durch die Expander hervorgerufen wird. Bei der zweiten Konfiguration war diese Zeit mit 0,364s am größten, welches auf wiederum auf eine höhere Belastung als bei Konfiguration 1 hinweist.

Die Analyse der Gelenkwinkel in den ausgewählten Zeitpunkten von Initial Contact, Peak Knee Flexion und Push Off ergeben keine großen signifikanten Veränderungen. Beim Initial Contact ist ein geringerer Rumpf- und Hüftwinkel zu erkennen, welches auf einen aufrechteren Laufstil deuten kann. Diese Annahme wird durch die Aussagen der Probanden unterstützt, die das Widerstandstraining auch als Training der Rumpfmuskulatur empfanden.

Bei dem Zeitpunkt der Peak Knee Flexion unterscheiden sich die Gelenkwinkel von Rumpf und Hüfte im Vergleich pre und post kaum. Lediglich der Kniewinkel hat um 3° abgenommen, welches die Vermutung des aufrechteren Laufstils festigt.

In der Push-Off Phase sind die Probanden durch den etwas größeren Rumpfwinkel weiter nach vorne gebeugt. Des Weiteren nahm der Kniewinkel von $19,62^\circ$ auf $22,44^\circ$ zu. Beides könnte das Ergebnis eines stärkeren Abdrucks in der Push-Off Phase sein.

3.3.5 Ausblick

Durch die geringe Probandenzahl, das manuelle Festlegen der einzelnen Laufphasen sowie die mögliche Abweichung beim Platzieren der Marker ist die Studie fehlerbehaftet.

Dennoch zeigen die Daten und vor allem das subjektive Empfinden der Probanden, dass das Training mit dem robowalk® effektiv ist und Einfluss auf den Leistungsstand sowie auf den Laufstil haben kann. In weiteren Studien sollte allerdings darauf geachtet werden, dass die Probanden das gleiche Leistungsniveau haben beziehungsweise der gleichen spezifischen Sportart entstammen um damit gleiche Voraussetzungen zu schaffen und aussagekräftigere Ergebnisse zu erzielen.

Interessant wäre es auch Konfigurationen für das Techniktraining im Rahmen von Lauf-ABCs auf dem Laufband zu entwickeln und zu untersuchen, inwiefern diese den Laufstil in Richtung eines ökonomischeren optimieren können.

4 Gesamtfazit

Bei allen Studien konnten Effekte des robowalk® expanders auf das Gang- bzw. Laufbild festgestellt werden. Das einmalige Training bei der Adaptationsstudie hatte kurzzeitige Anpassungen der Schrittlänge, sowie der Kraft- und Druckverteilung zur Folge. Die Konfigurationsstudie konnte zeigen, inwiefern unterschiedliche Konfigurationen differierende Auswirkungen auf das Gangbild haben und somit wie vielfältig einsetzbar der robowalk® für eine hohe Anzahl von Krankheitsbildern ist. Auch die Ergebnisse der Widerstandtrainingsstudie deuten an, dass das Training mit dem robowalk® expander effektiv ist und dem Sportler nicht nur hilft seinen Leistungslevel zu steigern, sondern auch auf den Laufstil Einfluss zu nehmen. Die Resultate der Studien implizieren ein großes Potential für den robowalk® um das Gang- bzw. Laufbild langfristig zu beeinflussen und Langzeitadaptationen zu erreichen.

Diese Langzeitstudien waren im Rahmen des Praktikums leider nur sehr beschränkt bis kaum möglich und auch die Untersuchung von Studien mit Patienten, welche die eigentliche Zielgruppe für den robowalk® expander darstellen, war nicht durchführbar.

In Zukunft sind deshalb Studien notwendig, die diese Langzeitadaptationen validieren und präferiert mit Patienten oder Sportlern durch Physiotherapeuten bzw. Sportwissenschaftlern durchgeführt werden.

5 A Anhang

	Step Lenght [cm]	Std Dev [cm]	p
Baseline	53,43	4,26	-----
Konfig.1	53,25	4,64	0,67
Konfig. 2	52,57	4,54	0,18
Konfig. 3	51,71	5,57	0,01
Konfig. 4	49,93	5,53	< 0.001
Konfig. 5	50,67	4,67	< 0.001

	Step width [cm]	Std Dev [cm]	p
Baseline	12,21	3,35	-----
Konfig.1	12,07	2,56	0.78
Konfig. 2	14,64	2,98	< 0.001
Konfig. 3	12,71	2,70	0.36
Konfig. 4	12,93	3,08	0.14
Konfig. 5	13,64	2,90	0.02

	Gait line [mm]	Std Dev [mm]	p
Baseline	185,67	20,46	-----
Konfig.1	172,71	38,14	0.01
Konfig. 2	171,53	33,08	0.001
Konfig. 3	167,33	36,45	0,003
Konfig. 4	162,88	40,65	<0.001
Konfig. 5	158,96	38,50	<0.001

	Force Forefoot [N]	Std Dev [N]	p
Baseline	596,02	107,4	-----
Konfig.1	541,88	102,43	<0.001
Konfig. 2	543,07	98,16	<0.001
Konfig. 3	558,18	100,94	<0.001
Konfig. 4	559,79	106,49	<0.001
Konfig. 5	507,42	103,53	<0.001

	Force Midfoot [N]	Std Dev [N]	p
Baseline	203,21	55,27	-----
Konfig.1	186,21	60,94	<0.001
Konfig. 2	177,86	54,22	<0.001
Konfig. 3	210,77	61,77	0.23
Konfig. 4	216,18	55,88	0.013
Konfig. 5	192,65	56,94	0,066

	Force Heel [N]	Std Dev [N]	p
Baseline	380,24	72,15	-----
Konfig.1	326,27	88,52	<0.001
Konfig. 2	348,59	77,69	<0.001
Konfig. 3	355,81	102,06	0.056
Konfig. 4	310,74	86,41	<0.001
Konfig. 5	286,79	89,22	<0.001

	Pressure Forefoot [N/cm²]	Std Dev [N/cm²]	p
Baseline	27,91	3,88	-----
Konfig.1	25,30	4,73	<0.001
Konfig. 2	25,13	4,50	<0.001
Konfig. 3	27,70	4,18	0.62
Konfig. 4	27,56	4,66	0.46
Konfig. 5	25,39	5,10	<0.001

	Pressure Midfoot [N/cm²]	Std Dev [N/cm²]	p
Baseline	14,94	2,45	-----
Konfig.1	13,5	2,48	0.002
Konfig. 2	13,00	2,34	<0.001
Konfig. 3	15,5	2,46	0.29
Konfig. 4	15,08	3,02	0.76
Konfig. 5	13,38	2,59	0.002

	Pressure Heel [N/cm²]	Std Dev [N/cm²]	p
Baseline	23,98	2,96	-----
Konfig.1	21,21	4,80	<0.001
Konfig. 2	22,68	4,19	0.023
Konfig. 3	21,85	5,23	0.029
Konfig. 4	19,9	4,86	<0.001
Konfig. 5	18,66	4,7	<0.001

	Angle of Initial Contact [°]	Std Dev [°]	p
Trunk pre	3,82	4,65	-----
Trunk post	1,39	3,40	<0.001
Hip pre	19,39	3,37	-----
Hip post	18,42	2,05	0.32
Knee pre	15,38	4,21	-----
Knee post	15,19	3,81	0.78

	Angle of Peak Knee Flexion [°]	Std Dev [°]	p
Trunk pre	-5,0	7,54	-----
Trunk post	-5,13	5,53	0.94
Hip pre	21,02	3,51	-----
Hip post	21,5	1,84	0.36
Knee pre	45,55	7,25	-----
Knee post	42,51	2,73	0.29

	Angle of Push Off [°]	Std Dev [°]	p
Trunk pre	-13,75	7,73	-----
Trunk post	-14,51	4,78	0.18
Hip pre	-16,30	2,08	-----
Hip post	-13,16	3,71	<0.001
Knee pre	19,62	6,38	-----
Knee post	22,44	4,02	0.007

6 Literaturverzeichnis

- [1] D. Beckmann-Hemmers, 28 Januar 2012. [Online]. Available: http://www.h-p-cosmos.com/downloads/application_data/20130207_cos30022_h-p-cosmos_robowalk_expander_bachelor_thesis_beckmann_hemmers_short_DE.pd. [Zugriff am 12 Juli 2014].
- [2] L. Lowery, „Lamar Functional Training,“ [Online]. Available: <http://www.lamar-functional-training.de/functional-academy/hpcosmos-robowalkr-expander.html>. [Zugriff am 12 Juli 2014].
- [3] „Wikipedia: Bewegungslernen,“ [Online]. Available: <http://de.wikipedia.org/wiki/Bewegungslernen>. [Zugriff am 12 Juli 2014].
- [4] „Acadamy of Sports,“ [Online]. Available: http://www.academyofsports.de/medien/lehrgaenge/Academy_of_Sports-Leseprobe-Trainings_und_Bewegungslehre.pdf. [Zugriff am 12 Juli 2014].
- [5] F. N. J. K. S. Panzer, „Motorisches Lernen,“ [Online]. Available: http://www.zeitschrift-sportmedizin.de/fileadmin/content/archiv2002/heft11/a02_11_02.pdf. [Zugriff am 13 Juli 2014].
- [6] C. Hanson. [Online]. Available: <http://www.craighanson.de/training/muskelgedaechtnis/>. [Zugriff am 13 Juli 2014].
- [7] M. Rose, „move for life,“ [Online]. Available: <http://www.move-for-life.de/sport-und-gesundheit/19-trend-funktionales-training-kraeftigen-ohne-gewichtsplackerei>. [Zugriff am 13 Juli 2014].
- [8] D. Gumpert, „Dr. Gumpert: Sportmedizin,“ [Online]. Available: http://www.dr-gumpert.de/html/iliopsoastraining_mit_expander.html. [Zugriff am 13 Juli 2014].
- [9] „Lauftechnik,“ [Online]. Available: <http://www.hobbylauf.de/road-runners/lauftechnik.pdf>. [Zugriff am 14 Juli 2014].
- [10] H.-J. H. M. O. M. S. Harald Bant, „Sportphysiotherapie,“ [Online]. Available: http://books.google.de/books?id=sQJ_J8UoNvIC&printsec=frontcover&hl=de#v=onepage&q&f=false. [Zugriff am 14 Juli 2014].

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich den vorliegenden Bericht selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst habe.

Warendorf, den 16.07.2014

Stefanie John