



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Auswirkungen eines wirbelsäulenspezifischen
Kraftausdauertrainings mit DAVID-System auf
Patienten und Patientinnen im Rahmen eines
Rehabilitationsprogramms“

verfasst von / submitted by

Julia Berger, Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree
of

Master of Science (MSc)

Wien, 2019 / Vienna 2019

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Sportwissenschaft

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschann

Zusammenfassung

Die österreichische Gesundheitsbefragung aus dem Jahr 2014 (Klimont & Baldaszi, 2015) lässt erkennen, wie bedeutend die Behandlung und die Therapie von Rückenschmerzen ist. Chronische Kreuzschmerzen und/oder ein anderes chronisches Rückenleiden wurden mit 23% bei den Männern und 26% bei den Frauen als häufigste chronische Krankheit der letzten zwölf Monate angegeben. Ziel dieser Masterarbeit ist es, genauere Aussagen über die Wirksamkeit von Krafttraining in der Trainingstherapie bezüglich der Parameter Kraftwerte, Schmerzangabe, Funktionsfähigkeit und Gesundheitszustand bei Personen mit Wirbelsäulenbeschwerden und Rückenschmerzen treffen zu können.

Ein kraftspezifisches Rehabilitationsprogramm mit DAVID-Kraftgeräten (David Health Solutions, Finnland), das sich auf die Behandlung von Rückenbeschwerden konzentriert, wurde retrospektiv ausgewertet. Dabei wurden Daten von 366 Patienten und Patientinnen (anfangs 541 Patienten und Patientinnen; davon 175 aufgrund formulierter Ausschlusskriterien ausgenommen), die dieses Programm in einer privaten Krankenanstalt zwischen dem 1. Januar 2015 und dem 31. März 2018 in Anspruch genommen haben, ausgewertet. Diese Personen absolvierten sowohl die ärztlichen Untersuchungen als auch 80 Therapieeinheiten (68 Trainings- und 12 Entspannungstherapieeinheiten) innerhalb eines Jahres. Prä-post Vergleiche wurden mit dem statistischen Programm IBM® SPSS Statistics® Version 24 (Signifikanzniveau $p < 0,05$) durchgeführt.

Basierend auf prä-post Vergleichen wurden nach Absolvierung der Trainingstherapie signifikante Steigerungen der Kraftleistungen ($p < 0,000$) an allen DAVID Geräten festgestellt. Außerdem konnten eine signifikante Reduktion des Schmerzwertes an der Visuellen Analogskala für Schmerzen ($p < 0,000$), eine signifikante Steigerung der Funktionsfähigkeit beim Roland Morris Fragebogen ($p < 0,000$) und eine signifikante Verbesserung des Gesundheitszustandes beim EQ5D-3L Fragebogen ($p < 0,000$) erzielt werden.

Die Wirksamkeit des Rehabilitationsprogramms kann eindeutig bestätigt werden, sowohl für die Entwicklung der Kraftleistung, als auch für die Schmerzreduktion, die Steigerung der Funktionsfähigkeit und die Verbesserung des Gesundheitszustandes. Auch unter Berücksichtigung des aktuellen Forschungsstandes ist die Bedeutung der aktiven Trainingstherapie im Rahmen des Rehabilitationsprogramms definitiv als sehr hoch anzusehen. Außerdem zeigen die Ergebnisse deutlich, dass sowohl Männer als auch Frauen gleichermaßen von der krafttrainingsspezifischen Trainingstherapie profitieren.

Schlüsselwörter: Rückenerkrankungen, Wirbelsäulenschmerzen, Krafttraining, Trainingstherapie, Wirbelsäulenrehabilitation

Abstract

The Austrian health survey from 2014 (Klimont & Baldaszti, 2015) shows the importance of treatment and therapy of back pain. Chronic low back pain and/or other chronic back pain were reported as the most common chronic disease in the last twelve months with 23% in men and 26% in women. The aim of this Master's Thesis is to be able to make more precise statements about the effectiveness of training therapy with regard to the parameters strength values, pain information, functional capability and state of health of persons with spinal column complaints and back pain.

A special rehabilitation program focusing on treatment of back pain complaints has been evaluated retrospectively, analyzing data from 366 patients (initially included 541 patients; excluded 175 patients not fulfilling required adherence and dropouts) treated in a private hospital using DAVID strength training equipment (David Health Solutions, Helsinki, Finland) between 01st January 2015 and 31st March 2018. These patients completed both, medical assessment pre- and post-treatment, as well as 80 training sessions (exercise training 68 sessions and 12 sessions of mental training) within one year. Pre- post comparisons have been performed using the statistical program IBM® SPSS Statistics® Version 24 level of significance ($p < 0.05$).

Based on pre-post comparisons, significant increases in strength output ($p < 0,000$) were observed on all DAVID devices after completion of the training therapy. Furthermore, a significant reduction of the value of pain on the visual analogue scale for pain ($p < 0,000$), a significant increase of the functional capacity on the Roland Morris questionnaire ($p < 0,000$) and a significant improvement of the health status on the EQ5D-3L questionnaire ($p < 0,000$) could be achieved.

The effectiveness of the rehabilitation program can be clearly confirmed, both for the development of strength performance, as well as for pain reduction, the increase of functional capacity and the improvement of health status. Taking into account the current state of research, the importance of active training therapy within the framework of the rehabilitation program can definitely be regarded as very high. In addition, the results clearly show that both men and women benefit equally from the specific strength training therapy.

Keywords: spinal column disorders, backpain, strength training, training therapy, spinal column rehabilitation

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	2
Abstract.....	3
Inhaltsverzeichnis.....	4
Einleitung.....	6
1. Aktueller Wissensstand.....	9
1.1 Krafttraining.....	9
1.1.1 Arten der Kraft.....	12
1.1.2 Methoden im Krafttraining.....	13
1.1.3 Krafttraining in der Rehabilitation.....	16
1.2 Anatomie und Physiologie der Wirbelsäule.....	20
1.2.1 Aufbau eines Wirbels.....	21
1.2.2 Die Bandscheibe.....	22
1.2.3 Die Rumpfmuskulatur.....	23
1.3 Rückenschmerzen.....	25
1.3.1 Ursachen für Rückenbeschwerden.....	28
1.3.2 Bandscheibenvorfall.....	32
1.4 Krafttraining und Anpassungen der Rumpfmuskulatur.....	34
1.5 Krafttraining und Rückenschmerz.....	35
1.6 Krafttraining und Funktionsfähigkeit.....	38
1.7 Krafttraining und Gesundheitszustand.....	40
2. Methodik.....	41
2.1 Untersuchungsdesign.....	41
2.1.1 DAVID-System.....	42
2.1.2 Eingangs- und Ausgangsdiagnostik.....	48
2.1.3 Medizinische Trainingstherapie.....	50
2.2 Messinstrumente.....	51
2.2.1 Messparameter Kraft.....	51
2.2.2 Messparameter Schmerz.....	53
2.2.3 Messparameter Funktionsfähigkeit.....	53
2.2.4 Messparameter Gesundheitszustand.....	54
2.3 Stichprobe.....	55
2.3.1 Ausschlusskriterien.....	55
2.3.2 Flow Diagram.....	56

2.3.3	Deskriptive Statistik	57
2.4	Analyse.....	60
3.	Resultate	61
3.1	Hypothese H1a	61
3.2	Hypothese H1b	62
3.3	Hypothese H1c	63
3.4	Hypothese H1d	64
3.5	Hypothese H1e	65
3.6	Hypothese H1f	67
3.7	Hypothese H1g	69
3.8	Hypothese H1h	71
3.9	Hypothese H1i.....	71
4.	Diskussion	74
	Limitationen der Arbeit und Ausblick	82
	Schlussfolgerung	85
	Literaturverzeichnis	86
	Tabellenverzeichnis	96
	Abbildungsverzeichnis	97
	Eidesstattliche Erklärung.....	98

Einleitung

Die österreichische Bevölkerung ab 15 Jahren schätzt ihren Gesundheitszustand zum Großteil als gut beziehungsweise sehr gut ein. Lediglich 5% der Österreicher und Österreicherinnen geben an, bei schlechter oder sehr schlechter Gesundheit zu sein. Je älter die befragten Personen sind, desto niedriger ist auch die angegebene Gesundheitsbewertung. Die Angaben zum Gesundheitszustand und der Lebensqualität werden jedoch besonders durch das Auftreten chronischer Erkrankungen beeinflusst. Hier liegen chronische Rückenschmerzen und andere chronische Rückenleiden an vorderster Stelle der meistgenannten chronischen Erkrankungen. In der Österreichischen Gesundheitsbefragung 2014 (Klimont & Baldaszi, 2015) werden chronische Rückenschmerzen und/oder ein anderes chronisches Rückenleiden mit 23% bei den Männern und 26% bei den Frauen als häufigste chronische Krankheit der letzten zwölf Monate angegeben, das entspricht rund 1,76 Mio. Menschen. Je höher das Alter der befragten Personen ist, desto größer ist auch der Prozentsatz der Betroffenen. Daraus lassen sich die Relevanz der Aufarbeitung des Themas und der entsprechende Handlungsbedarf erkennen.

Krafttraining ist heutzutage in vielen Rehabilitationsprogrammen fester Bestandteil der Trainingstherapie, so wird es auch in der Behandlung von Rückenerkrankungen und Rückenschmerzen angewandt. Ein dreimonatiges Kraftausdauertraining mit Geräten für den Rumpf zeigt eine Verbesserung der Kraftleistung für die Übungen in allen drei Bewegungsebenen des Rumpfes (Mannion et al., 2001). Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Reuss-Borst, Hartmann und Wentrock (2008). Nach einem nur vierwöchigen Kraftausdauertraining auf Geräten kann ebenfalls eine signifikante Kraftsteigerung in allen Bewegungsrichtungen des Rumpfes erzielt werden.

Über einen deutlich längeren Interventionszeitraum von sechs Monaten untersuchen Pieber et al. (2014) die Auswirkungen eines Ganzkörperkrafttrainings. Sowohl die Muskelkraft, aber auch die subjektive Schmerzangabe und die Funktionsparameter, gemessen mittels Roland and Morris Disability Questionnaire, zeigen eine signifikante Verbesserung. Auch in der Untersuchung von Demoulin et al. (2010) können deutliche Kraftzuwächse in allen Ebenen gemessen werden, die Kraftmessung wird auf Geräten des DAVID-Systems (DAVID LTD, Finnland) durchgeführt. Zusätzlich können sie zeigen, dass es nach der Trainingsintervention zu einer geringeren subjektiven Schmerzbeurteilung kommt als zu Beginn. Auch Kell und Asmundson (2009) können in Folge eines Rumpfkrafttrainings über 16 Wochen neben einer signifikanten Steigerung der Kraft der Rücken- und Bauchmuskulatur auch eine signifikante Verbesserung der Funktionsparameter, gemessen am SF-36, zeigen.

Nach einer theoretischen Einführung über Krafttraining und Rückenschmerzen werden die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse über Krafttraining in der Rehabilitation von Rückenschmerzen und Wirbelsäulenerkrankungen dargelegt. Anschließend werden im empirischen Teil die im Folgenden beschriebenen Forschungsfragen und die daraus abgeleiteten Hypothesen in Bezug zum aktuellen Stand der Wissenschaft erläutert, überprüft und diskutiert. Im Detail werden die Daten von all jenen Patienten und Patientinnen für die Analyse herangezogen, die im Zeitraum vom 01.01.2015 bis 31.03.2018 in einer privaten Krankenanstalt das Rehabilitationsprogramm für Wirbelsäule der Phase drei absolviert haben. 542 Patienten und Patientinnen erfüllen diese Grundvoraussetzung. Die Daten werden vollständig anonymisiert und unter den Vorgaben der Ethikrichtlinien von Helsinki verwendet (Denner, 1998). Ziel hierbei ist es, genaue Aussagen über die Wirksamkeit von Krafttraining in unterschiedlichen Parametern bei Personen mit Wirbelsäulenbeschwerden und Rückenschmerzen treffen zu können.

Folgende Fragestellungen sollen im Rahmen dieser Arbeit beantwortet werden:

- Können die Maximalkraftwerte der Rumpfmuskulatur in allen drei Ebenen nach einem wirbelsäulenspezifischen Krafttraining im Rahmen einer Rehabilitation der Phase drei in Österreich gesteigert werden?
- Kommt es nach der Absolvierung dieses Rehabilitationsprogramms zu einer Schmerzreduktion, einer Funktionsverbesserung oder einer Steigerung des Gesundheitszustandes?
- Gibt es einen negativen Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Rumpfkraft und der Schmerzangaben?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Rumpfkraft und dem Gesundheitszustand sowie der Funktionsfähigkeit?
- Hat die Dauer des Rehabilitationsprogramms Einfluss auf die Ergebnisse bezüglich Rumpfkraft, Schmerzempfinden, Funktionsfähigkeit und Gesundheitszustand?
- Profitieren an der Wirbelsäule operierte Personen im gleichen Maß von dem Rehabilitationsprogramm wie nicht operierte Personen?

Die daraus abgeleiteten Nullhypothesen werden mit Hilfe des Statistikprogramms IBM® SPSS Statistics® Version 24 ausgewertet. Für diese Arbeit werden neun Nullhypothesen (H0a-i) aufgestellt. Die Alternativhypothesen (H1a-i) behaupten den zu den Nullhypothesen alternativen Sachverhalt beziehungsweise die jeweilige Negation.

- H0a: Es besteht kein signifikanter Unterschied bezüglich den Kraftwerten bei den einzelnen DAVID Geräten 110, 120, 130 und 150 zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik.
- H0b: Es besteht kein signifikanter Unterschied bezüglich den Schmerzangaben zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik.
- H0c: Es besteht kein signifikanter Unterschied bezüglich der subjektiven Funktionsfähigkeit und des Gesundheitszustandes zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik.
- H0d: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Kraftwerten bei den einzelnen DAVID Geräten 110, 120, 130 und 150 und den Schmerzangaben.
- H0e: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Kraftwerten bei den einzelnen DAVID Geräten 110, 120, 130 und 150 und der subjektiven Funktionsfähigkeit sowie dem Gesundheitszustand.
- H0f: Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den unterschiedlich langen Dauern der Rehabilitation bezüglich der Kraftentwicklung sowie der Entwicklung der Schmerzangaben, der subjektiven Funktionsfähigkeit und des Gesundheitszustandes
- H0g: Es besteht kein signifikanter Unterschied bezüglich der Differenz von den tatsächlich erreichten Kraftwerten und den Referenzwerten zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik.
- H0h: Es besteht kein signifikanter Unterschied bezüglich der links-rechts Differenz der Kraftwerte an den zwei DAVID Geräten 120 und 150 zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik.
- H0i: Es besteht kein signifikanter Unterschied bezüglich der Kraftwerte, der Kraftentwicklung, den Schmerzangaben, der Entwicklung der Schmerzangaben, der Funktionsfähigkeit und des Gesundheitszustandes zwischen an der Wirbelsäule operierten Personen und an der Wirbelsäule nicht operierten Personen.

Im Zuge dieser neun Hypothesen werden auch geschlechts- und altersspezifische Unterschiede verifiziert beziehungsweise falsifiziert.

1. Aktueller Wissensstand

1.1 Krafttraining

Die Muskelkraft des Menschen als konditionell physische Leistungskomponente trägt einen bedeutenden Anteil im Bereich der Verletzungsprophylaxe, der Steigerung der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit und der physiologischen, aufrechten Körperhaltung (Ciolac und Rodrigues-da-Silva, 2016).

Schoenfeld et al. (2014) nennen gesteigerte Kraftfähigkeit, ökonomisierte Muskelarbeit und Ausgleich defizitärer Muskelbalance als Wirkungen von Krafttraining, welche durch Anpassungen von Nervensystem und Stoffwechselsituation sowie einem verbesserten Muskelzusammenspiel erreicht werden. Die Dickenzunahme des Muskels wird einerseits durch Verdickung der einzelnen Muskelfasern, andererseits durch eine Vermehrung des Sarkoplasmas zwischen den Muskelfibrillen hervorgerufen. Durch einen größeren Anteil an Muskelmasse steigt auch der Grundumsatz und erhöht somit den Energieverbrauch des Körpers, was für das Gewichtsmanagement eine bedeutende Rolle spielt. Außerdem bildet Krafttraining im Jugendalter die Basis für gut entwickelte motorische Fähigkeiten im Allgemeinen. In einer Untersuchung von 251 Erwachsenen im Alter von 39-70 Jahren mit Typ-2-Diabetes belegen Sigal et al. (2007) außerdem die verbesserte Blutzuckerkontrolle bei Typ-2-Diabetes durch Krafttraining im Vergleich zu einer sitzenden Kontrollgruppe. Eine durch Krafttraining gut entwickelte Muskulatur hat eine aktive Schutzfunktion für das Absichern von Gelenken und die Reduzierung von Gelenkbelastungen. Baker et al. (2001) zeigen an 46 Arthrosepatienten und -patientinnen im Alter von 55 Jahren und älter neben einer gesteigerten Muskelkraft auch eine Verbesserung der körperlichen Funktion und der Lebensqualität sowie eine durchschnittliche Schmerzreduktion von 43%. Ciolac und Rodrigues-da-Silva (2016) nennen Krafttraining als wichtigen Bestandteil in der Therapie von Beschwerden am Bewegungsapparat. Javadian et al. (2015) belegen, dass es durch Rumpfkraft- und Rumpfstabilitätstraining zu einem geringeren Ausmaß von Verschiebungen und Rotationen der lumbalen Wirbelkörpern kommt und somit Instabilitäten der Lendenwirbelsäule verringert werden können. Ciolac und Rodrigues-da-Silva (2016) und Zahner et al. (2015) weisen auf den Zusammenhang von Krafttraining und Verbesserung der Knochendichte sowie den positiven Einfluss auf die Funktion von Sehnen und Bändern hin. Cauza et al. (2005) belegen, dass trotz des kurzfristigen Blutdruckanstiegs während der Kraftübungen sowohl die systolischen als auch die diastolischen Blutdruckwerte durch Krafttraining langfristig gesenkt werden können. Durch dynamisches Krafttraining kommt es darüber hinaus zu einer Mehrdurchblutung des

Gehirns, was folglich in einer gesteigerten Hirnleistungsfähigkeit resultiert, sowie positive Effekte für das Nervenzellwachstum hat. Hierbei erscheinen niedrig intensive Krafttrainingsmethoden wie Kraftausdauertraining empfehlenswert. Wewege, Booth und Parmenter (2018) nennen die positive Beeinflussung des allgemeinen Wohlbefindens als Wirkung von Krafttraining auf psychischer Ebene. Durch die besonders bei intensivem Krafttraining ausgeschütteten Endorphine kommt es zu einer erhöhten Schmerztoleranz und einer verbesserten Stimmungslage. Die zusätzliche Ausschüttung von Serotonin und Dopamin begünstigt die Verarbeitung von Emotionen. Mit der Durchführung eines 16-wöchigen Krafttrainings zeigen Brenes et al. (2007) an 37 Personen mit klinisch diagnostizierter Depression eine signifikante Senkung der Angaben an der Hamilton-Skala für Depression (HRSD) im Vergleich zu einer Kontrollgruppe.

Kunz (2003) unterscheidet zwei Formen der Kraft, die statische und die dynamische Kraft, wobei zweite exzentrisch oder konzentrisch wirken kann. Die statische, oder auch isometrische, Kraft kann als Haltekraft eines Widerstandes in einer fixierten Position beschrieben werden. Isometrisches Krafttraining kann in der Frühphase der Rehabilitation erfolgreich angewendet werden, wenn Gelenkbewegungen unerwünscht oder nicht möglich sind. Im weiteren Verlauf der Rehabilitation oder bei fehlenden Kontraindikationen für dynamisches Krafttraining wird statischem Krafttraining ein geringerer Stellenwert zugeschrieben und das dynamische Krafttraining gewinnt zunehmend an Bedeutung und Anwendung. Das dynamisch-konzentrische Krafttraining zeichnet sich durch das Überwinden eines Widerstandes bei gleichzeitiger Muskellängenverkürzung aus. Das dynamisch-exzentrische Krafttraining beschreibt hingegen Muskelkontraktionen, die durch eine Zunahme an Muskellänge charakterisiert sind. Weineck (2010a) betont aufgrund der fehlenden Isoliertheit einer reinen dynamischen Arbeitsweise das auxotonische Training, eine Mischform von dynamischer und isometrischer Muskelspannung.

Friedrich (2007) zählt den Muskelquerschnitt, die Zusammensetzung der Muskelfasertypen, die inter- und intramuskuläre Koordination, die Art der Energiebereitstellung, die Motivation, den Willen und die Beherrschung der technischen Übungsausführung als leistungsbestimmende Faktoren auf, die die quergestreifte Skelettmuskulatur beeinflussen.

Für den bei Krafttraining notwendigen erhöhten Widerstand bei der Bewegungsausführung können elastische Trainingsbänder, wie Therabänder oder Tubes, freie Gewichte oder Kraftgeräte sorgen. Krämer, Wilcke und Krämer (2005) nennen das geringe Verletzungsrisiko aufgrund der geführten Bewegung bei gleichzeitig wenig Möglichkeiten für Ausgleichsbewegungen und die Möglichkeit des isolierten Muskeltrainings als Vorteil von Krafttraining mit Kraftmaschinen. Darüber hinaus ist auch das sichere, bequeme und

einfache Durchführen der Bewegung im Gerät und das folglich rasche Bewegungslernen vorteilhaft. Durch die vollständig geführte Arbeitsweise kommt es jedoch zu sehr monotonen Bewegungen und somit zu kaum einer Steigerung der Koordination. Im Gegensatz dazu fordert das Freihanteltraining ein exaktes und sorgfältiges Bewegungslernen, um die freien Gewichte kontrolliert führen zu können. Hier gibt es durch mögliche Ausweichbewegungen ein deutlich erhöhtes Verletzungsrisiko und entstehende Fehlbelastungen im Vergleich zum Training an Maschinen.

Lesinski, Prieske und Granacher (2016) zeigen, dass Krafttraining über einen Zeitraum von über 23 Wochen signifikant höhere Kraftzuwächse bringt als kürzere Trainingsperioden. Fröhlich und Schmidbleicher (2008) empfehlen zur Steigerung der Maximalkraft generell zwei bis drei Krafttrainingseinheiten pro Woche. Sie zeigen, dass zwei, drei oder vier Trainingseinheiten pro Woche zu signifikant höheren Maximalkraftwerten führen als eine, fünf oder sechs Trainingseinheiten pro Woche. Bereits gut trainierte Personen ziehen aus zwei Trainingseinheiten pro Woche den besten Effekt-Aufwand-Nutzen, Anfänger im Krafttraining ziehen diesen aus drei Trainingseinheiten pro Woche. Wirth, Atzor und Schmidbleicher (2007) vergleichen die Trainingshäufigkeit von Hypertrophietraining bei Trainingsanfängern und trainingsfortgeschrittenen Männern. Bei krafttrainingsunerfahrenen Personen kommt es bei sowohl einer, zwei als auch drei Trainingseinheiten pro Woche zur Steigerung des Muskelvolumens sowie zu Maximalkraftsteigerungen im 1 Repetition Maximum. Die höchsten Zuwächse bei beiden Parametern können bei jenen Personen verzeichnet werden, die drei Mal pro Woche trainieren. Bei bereits gut krafttrainierten Personen kommt es bei einer Trainingseinheit pro Woche lediglich zu einem geringen Muskelwachstum. Bei zwei oder drei Trainingseinheiten pro Woche können signifikante Muskelhypertrophien nachgewiesen werden. Eine Steigerung der Maximalkraft wird bei gut krafttrainierten Personen ebenso nur bei zwei oder drei Trainingseinheiten pro Woche erreicht. Nach Lesinski, Prieske und Granacher (2016) kommt es bei Krafttrainingseinheiten mit fünf Sätzen pro Übung zu signifikant größeren Kraftzuwächsen als bei einer geringeren Anzahl an Sätzen pro Übung. Lemmer et al. (2000) zeigen, dass die Anpassungen an Krafttraining vom Alter abhängig sind. Bei Personen im Alter von 20-30 Jahren zeigen sich nach neun Wochen Krafttraining deutlich höhere Maximalkraftzuwächse im 1 Repetition Maximum als bei Personen im Alter von 65-75 Jahren. Außerdem zeigen junge Personen nach über sieben Monaten eine geringere Abnahme der Maximalkraft als ältere Personen.

1.1.1 Arten der Kraft

Je nach Form der Aktivierung können unterschiedliche Arten der Kraft unterschieden werden, die in einer wechselwirkenden Beziehung zueinander stehen. Dazu gehören die Maximalkraft, die Schnellkraft, die Reaktivkraft und die Kraftausdauer (Weineck, 2010a).

Friedrich (2007) beschreibt die Maximalkraft als größtmögliche, willkürlich ausübbarer Kraft. Die Maximalkraft ist nach Weineck (2010a) vom Muskelquerschnitt sowie der intra- und intermuskulären Koordination abhängig. Die intermuskuläre Koordination steht für das Zusammenarbeiten von Muskeln bei einer Bewegung. Die intramuskuläre Koordination beschreibt hingegen die Koordination innerhalb eines Muskels und ist maßgeblich von der Fähigkeit der Frequenzierung und Rekrutierung von Muskelfasern abhängig. Die maximal zu erreichenden exzentrischen Kraftwerte liegen bis zu 45% über der maximal mobilisierbaren isometrischen Kraft. Die isometrischen Maximalkraftwerte sind wiederum 5-20% höher als die konzentrischen Maximalkraftwerte. Für die Kraftentfaltung sind Adenosintriphosphat und Kreatinphosphat als rasche Energielieferanten von entscheidender Bedeutung.

Schnellkraft und Reaktivkraft sind vor allem in vielen Sportarten leistungsbringende Komponenten. Die als Kraftanstieg pro Zeiteinheit beschriebene Schnellkraft lässt sich weiter unterteilen in die Startkraft und die Explosivkraft. Die Schnellkraft wird unter anderem durch die Maximalkraft, den Muskelquerschnitt, die Kontraktionsgeschwindigkeit, die intra- und intermuskuläre Koordination sowie motivationale Faktoren beeinflusst (Weineck, 2010a). Die Reaktivkraft ist durch den Dehnungsverkürzungszyklus sowie die Kopplung exzentrischer und konzentrischer Arbeitsphasen, also eine abbremsende Bewegung möglichst schnell in eine beschleunigende Bewegung umzuwandeln, definiert. Die exzentrische Muskelaktion wird durch den Dehnungsreflex und die Elastizität von aktiven und passiven Strukturen bestimmt, worauf eine reaktive konzentrische Muskelaktion folgt (Radlinger et al., 1998).

Die Kraftausdauer wird durch die Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei lang andauernden Belastungen geprägt. Die Belastungen sind hierbei 30% und höher von der Maximalkraft im Sinne eines 1 Repetition Maximums (Weineck, 2010a). Je nachdem wie hoch der Kraftbeziehungsweise der Ausdaueraspekt der Bewegungsausführung ist, steigt der Prozentsatz der Maximalkraft (Friedrich, 2007). Durch die Belastungen mit niedriger Intensität werden vermehrt Kapillaren gebildet. Diese verbesserte Kapillarisation bringt eine bessere Versorgung der Muskulatur mit Nährstoffen. Der limitierende Faktor im Kraftausdauertraining ist die mangelnde Abpufferung von Laktat durch den länger einwirkenden Reizzustand (Weineck, 2010b).

1.1.2 Methoden im Krafttraining

Die unterschiedlichen Kraftarten und Komponenten der Kraft werden durch verschiedene Krafttrainingsmethoden trainiert, die sich durch die Intensität und die Dauer der Belastung unterscheiden. Die empfohlene Bewegungsgeschwindigkeit der Kraftübungsausführung hängt primär von der Zielstellung ab (Weineck, 2010a).

Kunz (2003) beschreibt das ideale Maximalkrafttraining als Verbesserung der intramuskulären Koordination durch maximale Belastungsintensitäten von 80-100% mit kurzer Reizdauer von vier bis acht Wiederholungen und zwei bis fünf Serien. Hierdurch kommt es zu deutlichen Kraftzuwächsen durch eine gesteigerte Rekrutierung und Frequenzierung der Muskelfasern bei gleichzeitig geringer Muskelhypertrophie. Lesinski, Prieske und Granacher (2016) zeigen, dass ein Krafttraining mit einer Intensität von 80-89% des 1 Repetition Maximums signifikant höhere Kraftzuwächse hervorruft als ein Krafttraining mit einer niedrigeren Intensität.

Das Muskelaufbautraining, oder auch Hypertrophietraining, ist nach Schoenfeld et al. (2014) primär durch Muskelmassen- und Kraftzuwachs gekennzeichnet, zusätzlich kommt es zu einer gesteigerten Phosphat- und Glykogenspeicherkapazität. Bei einer Trainingsintensität von über 65% des 1 Repetition Maximums kommt es tendenziell zu einer höheren Kraftzunahme und einem größeren Muskelwachstum als bei niedrigeren Intensitäten. Weineck (2010a) empfiehlt für Hypertrophietraining drei bis acht Serien, mit ein bis zwei Minuten Serienpause, zu je 8-12 Wiederholungen bei 40-60% beziehungsweise 60-80% der Maximalkraft, je nach Trainingszustand. Das Muskelwachstum resultiert aus einer Dickenzunahme der einzelnen Muskelfasern und Myofibrillen bei gleichzeitiger Vermehrung der Myofibrillen und ist am größten, wenn der Adenosintriphosphat-Abbau durch entsprechende Reizdauer intensiv gefördert wird. Wirth, Atzor und Schmidtbleicher (2007) stellen bei einem achtwöchigen Hypertrophietraining der Armbeugemuskulatur mit fünf Sätzen zu je acht bis zwölf Wiederholungen bei Anfängern im Kraftsport sowie kraftsporterfahrenen Personen sowohl eine Steigerung des Muskelvolumens als auch eine Steigerung des 1 Repetition Maximums fest. Abe et al. (2000) stellen anhand eines zwölfwöchigen Hypertrophietrainings mit acht bis zwölf Wiederholungen und einem bis drei Sätzen bei Frauen eine signifikante Steigerung des 1 Repetition Maximums nach der vierten Woche fest. Bei Männern zeigt sich eine signifikante Maximalkraftsteigerung der unteren Extremitäten nach zwei und der oberen Extremitäten nach sechs Wochen. Bei beiden Geschlechtern liegt der größte Kraftzuwachs, sowohl bei den oberen als auch bei den unteren Extremitäten, erst am Ende der Trainingsintervention vor. Eine signifikante Muskelhypertrophie der oberen Extremitäten kann bei beiden Geschlechtern nach sechs

Wochen festgestellt werden, in den Beinen konnte hingegen kein relevantes Muskelwachstum verzeichnet werden.

Fisher et al. (2018) zeigen nach einer sechswöchigen Trainingsintervention, dass bezüglich der lumbalen Rückenstreckmuskeln kein Unterschied in der isometrischen Maximalkraftentwicklung zwischen jenen Personen, die mit einer niedrigen Trainingslast (50% der isometrischen Maximalkraft) trainieren und jenen Personen, die mit einer hohen Trainingslast (80% der isometrischen Maximalkraft) trainieren, besteht. Somit können beim Rumpfkrafttraining andere Faktoren, wie das Maß der Anstrengung oder Muskelschmerzen, in die Wahl der Trainingsintensität miteinbezogen werden.

Das Kraftausdauertraining ist durch geringe Intensitäten von rund 30% der Maximalkraft sowie einer hohen Wiederholungszahl von 15-30 Wiederholungen und kurzen Serienpausen gekennzeichnet. Je nach Krafteinsatz kann der Prozentsatz auf bis zu 60% des 1 Repetition Maximums ansteigen. Kraftausdauertraining bringt eine Vergrößerung der Glykogenspeicher, eine verbesserte Volumendichte der Mitochondrien und eine erhöhte Laktattoleranz (Kunz, 2003). Zusätzlich führt Kraftausdauertraining bei rund 30% des 1 Repetition Maximums bei untrainierten Personen zu einer Muskelhypertrophie. Burd et al. (2012) zeigen an 15 jungen Männern im Alter von durchschnittlich 21 Jahren ein gesteigertes Muskelwachstum bei einem Kraftausdauertraining der unteren Extremitäten mit 30% des 1 Repetition Maximums bei rund 24 Wiederholungen und vier Sätzen.

Hongo et al. (2005) vergleichen ein Krafttrainingsprogramm für den Rumpf mit einem Krafttrainingsprogramm mit gleichem Aufbau, aber mit reduzierter Häufigkeit, mit reduzierter Last beziehungsweise mit reduziertem Umfang. Das Krafttraining fünfmal pro Woche mit zehn Wiederholungen bei 30% der Maximalkraft führt nach zwölf Wochen zu einer Steigerung der isometrischen Maximalkraft der Rumpfextensoren. Aber auch das im Umfang auf nur fünf Wiederholungen, das in der Last auf 15% der Maximalkraft sowie das in der Häufigkeit auf nur drei Mal pro Woche reduzierte Krafttraining zeigt jeweils diesen Effekt. Die Kraftsteigerung ist in dem ursprünglichen Trainingsprogramm jedoch deutlich größer, als bei den drei Variationen.

Eine Steigerung der Schnellkraft, und ähnlich auch der Reaktivkraft, wird durch eine erhöhte Maximalkraft sowie eine verbesserte inter- und intramuskuläre Koordination erreicht. Eine geeignete Methode hierfür ist das plyometrische Training (Weineck, 2010a). Im Training wird dies durch Niedersprungübungen oder andere reaktive Bewegungen mit dem Ziel möglichst kurzer Bodenkontaktzeiten bei explosiver Bewegungsausführung realisiert. Plyometrisches Training mit vier Sätzen mit sechs bis zehn hochexplosiven

Wiederholungen zeigen tendenziell die größten Kraftzuwächse im Vergleich zu einer anderen Satzzahl (Lesinski, Prieske und Granacher, 2016).

Um eine besonders hohe Auslastung und Reizung der Zielstrukturen zu erreichen gibt es vielerlei weitere unterschiedliche Methoden, die mehr oder weniger Einsatz finden. Hierzu zählen beispielsweise die sogenannten Super-Serien. Weineck (2010a) unterteilt diese in Antagonisten- und Agonisten-Super-Serien. Weiters sind noch erzwungene Serien, Super-Pumpen-Serien, Bulk-Methode, Pyramidentraining, Methode der abnehmbaren Belastung, Methode der Vor- und Nachermüdung zu nennen. Trotz der Vielfalt der Trainingsmethoden bleibt das primäre Ziel eine Muskeladaption an die gesetzten Reize und eine resultierende Kraftsteigerung.

Der Großteil der Trainingsmethoden spricht die dynamisch-konzentrische Arbeitsweise an, wobei mitunter exzentrische Muskelarbeit im gleichen Ausmaß gegeben ist, hierbei jedoch die konzentrische Ausführung fokussiert wird und den limitierenden und Trainingsreiz setzenden Faktor darstellt. Dynamisch-exzentrisches Training kann durch langsames Nachgeben der Belastung als Übungsvorbereitung und Aufbautraining eingesetzt werden. Im Vergleich zu konzentrischer Muskelarbeit werden weniger Muskelfasern angesprochen, diese dafür stärker belastet. Hierdurch ruft es eine Muskelhypertrophie und, bei ungewohnten Übungen, starke Muskelkatererscheinungen hervor (Weineck, 2010a).

Mischformen aus konzentrischer und exzentrischer Muskelarbeit werden als isokinetisches Krafttraining bezeichnet. Isokinetische Trainingsgeräte gewährleisten bei gleichbleibender Geschwindigkeit eine konstante Belastung. Durch die Möglichkeit speziell schwache Muskulatur zu kräftigen, kommt dem Einsatz von isokinetischen Geräten in der Rehabilitation große Bedeutung zu. Isometrisches Krafttraining kann ohne Zusatzlasten, lediglich durch das Einnehmen bestimmter ermüdender Körperpositionen oder mit Zusatzlasten zur Erhöhung der Belastungsintensität durchgeführt werden. Es ruft einen hohen Kraftzuwachs und auch eine Muskelhypertrophie hervor, jedoch bleibt eine Vermehrung der Kapillaren aus (Weineck, 2010a).

1.1.3 Krafttraining in der Rehabilitation

In der Rehabilitation kommen in der Literatur unterschiedliche Begriffe für das Training im Allgemeinen und dem Krafttraining im Speziellen vor. Ein häufiger Terminus ist gesundheitsorientiertes Krafttraining oder Reha-Training. Horn und Steinmann (1998) und Kunz (2003) sprechen von medizinischem Aufbautraining. Österreichs Rehabilitationszentren wie beispielsweise das Herzkreislauf Zentrum in Groß Gerungs oder das SKA-RZ Hohegg benennen die aktive Therapie in der Rehabilitation allgemein als Bewegungstherapie, der Ansatz ist hier ein multidisziplinärer, gekennzeichnet durch multimodale Therapieprogramme. Das Training mit dem Ziel der Verbesserung von Kraft, Ausdauer, Beweglichkeit, Koordination und Gleichgewicht wird spezifischer als medizinische Trainingstherapie bezeichnet. Durch die Neuaufnahme der Trainingstherapie und dem Beruf des Trainingstherapeuten und der Trainingstherapeutin in das Medizinische Assistenzberufe-Gesetz vom 26. September 2012 findet österreichweit die Bezeichnung „medizinische Trainingstherapie“ vermehrt Anwendung.

Niemier und Seidel (2012) beschreiben die medizinische Trainingstherapie als gänzlich aktive Therapie seitens des Patienten oder der Patientin ohne jegliche manuelle Arbeit durch den Therapeuten oder die Therapeutin. Die medizinische Trainingstherapie wird immer in den Kontext einer multifunktionellen Therapie eingegliedert. Welcher Anteil hiervon der aktiven Trainingstherapie zukommt obliegt dem Arzt oder der Ärztin. Durch von Therapeuten und Therapeutinnen kontrolliertes Training im Einzel- oder Gruppensetting erlangen Patienten und Patientinnen die Fähigkeit und das Wissen zum korrekten und selbstständigen Durchführen der aktiven Übungen.

Eine allgemein gültige Definition für die medizinische Trainingstherapie zeigt § 27 Abs. 1 des Medizinischen Assistenzberufe-Gesetzes.

Die Trainingstherapie durch Sportwissenschaftler/innen umfasst die strukturelle Verbesserung der Bewegungsabläufe und der Organsysteme mit dem Ziel, die Koordination, Kraft, Ausdauer und das Gleichgewicht durch systematisches Training, aufbauend auf der Stabilisierung der Primärerkrankung und zur ergänzenden Behandlung von Sekundärerkrankungen, zu stärken. Übergeordnetes Ziel ist die Vermeidung des Wiedereintritts von Krankheiten sowie des Entstehens von Folgekrankheiten, Maladaptationen und Chronifizierungen. (Rechtsinformationssystem des Bundes, 2018)

Weineck (2010a) schreibt der medizinischen Trainingstherapie neben der Steigerung der Leistungsfähigkeit auf unterschiedlichen Ebenen auch allgemeine Ziele, wie beispielsweise bewusstes Gewichtsmanagement, zu. Aber auch der präventive Nutzen bezüglich degenerativer Wirbelsäulenerkrankungen, Haltungsschwäche, Osteoporose und Sturzgefährdung sowie Wirkungen auf psychosozialer Ebene, wie die Steigerung des Selbstbewusstseins und der Selbstwirksamkeit, sind mit der medizinischen Trainingstherapie anzustreben.

Maier et al. (2009) sehen unterschiedliche chronische Schmerzkrankheiten und neuropathische Schmerzsyndrome als Indikationen für medizinische Trainingstherapie. Weiters ist wirbelsäuleninduzierte medizinische Trainingstherapie für diskogene Lumbalgien, muskuläre Insuffizienzen, Defizite und Dysbalancen sowie segmentale Wirbelsäuleninstabilitäten induziert.

Krämer, Wilcke und Krämer (2005) schreiben der medizinischen Trainingstherapie neben den therapeutischen Auswirkungen auch die prophylaktische Minderung von Wirbelsäulenbelastungen und -schäden zu. Indikationen für eine medizinische Trainingstherapie umfassen nach Niemier und Seidel (2012) pathomorphologische und postoperative Veränderungen, posttraumatische und funktionelle Störungen des Bewegungsapparats, rheumatische und Stoffwechselerkrankungen sowie muskuläre Dysbalancen der Extremitäten- und Rumpfmuskulatur. Für Kunz (2003) ist das medizinische Aufbautraining bei Skoliosen, Bandscheibenleiden konservativ wie operativ versorgt, Spondylolyse beziehungsweise Spondylolisthesis sowie rezidivierenden Lumbalgien induziert.

Für eine erfolgreich durchführbare Trainingstherapie sind jedoch eine hohe Motivation und Compliance sowie die Bereitschaft zur Übernahme der Eigenverantwortung seitens der Patienten und Patientinnen erforderlich (Niemier & Seidel, 2012). Maier et al. (2009) ergänzen dies um das Verständnis für die Therapieinhalte und die Identifikation mit den Therapiezielen von Patienten und Patientinnen.

Neben akuten Erscheinungsbildern von Psychosen, Netzhautablösungen und Beinvenenthrombosen oder frischen Operationen und Frakturen stellen auch Wirbelsäulentumore, ausgeprägte Herzinsuffizienzen, Aneurysmen und unterschiedliche, besonders stark ausgeprägte Entzündungen absolute beziehungsweise relative Kontraindikationen für medizinische Trainingstherapie dar (Maier et al., 2009).

Imhoff et al. (2010) empfehlen für die Rehabilitation der Phase 3 nach ICF für Patienten und Patientinnen mit Lenden- und Brustwirbelsäulenbeschwerden Stabilisations-, Kraft- sowie sensomotorisches Training. Ziele und Inhalte sind hierbei die Steigerung der

segmentalen Stabilisation in verschiedenen Positionen, Rumpfrotationsübungen am Zugapparat, Stabilisation über die Muskelketten, isometrische Halteübungen mit Haltedauer von über einer Minute bei niedriger Intensität sowie Kraftausdauertraining für lokale Stabilisatoren mit vier Serien zu je rund 20 Wiederholungen. Für die Rehabilitation der Phase 4 empfehlen Imhoff et al. (2010) vermehrt Krafttraining der globalen Muskulatur als Splittraining unter Beachtung klassischer Trainingsprinzipien. Dem Sensomotoriktraining wird auch in Phase 4 eine bedeutende Rolle zugeschrieben und soll in keiner Trainingseinheit fehlen. Das Krafttraining setzt sich aus Maximalkrafttraining mit drei bis fünf Wiederholungen und sechs Serien, sowie explosiven und reaktiven Belastungen zusammen.

Horn und Steinmann (1998) empfehlen medizinisches Aufbautraining mit unterschiedlich langer Behandlungsdauer für einzelne, differenzierte orthopädische Indikationen, beispielsweise 24-34 Einheiten bei operativ versorgtem Bandscheibenvorfall.

Radlinger et al. (1998) beschreiben Kraftausdauertraining als nicht optimale Methode für Trainingstherapie. Die anaerob-laktazide Belastung im Kraftausdauertraining deckt sich wenig mit meist aeroben Belastungen des alltäglichen Lebens. Trainiert man allerdings bei niedrigen Laktatwerten, indem nur bis zur mittleren Ausbelastung beansprucht wird, bleiben starke Übersäuerungen aus, wodurch das Training verträglicher und passender für den rehabilitativen Gedanken wird.

Die Einbindung von medizinischer Trainingstherapie auf Basis eines Krafttrainings in eine multimodale Therapie erhält dadurch Berechtigung, dass Schmerz als komplexer Zusammenschluss unterschiedlicher Parameter auf verschiedenen Ebenen zu verstehen ist. Nicht nur das pathologische Beschwerdebild, sondern auch die psychophysischen und psychosozialen Erlebnisse und Auswirkungen müssen bei Betrachtung und Behandlung der Schmerzen aufgenommen werden. So ist die Zusammenarbeit von Ärzten und Ärztinnen, Psychologen und Psychologinnen, Physio-, Ergo- und Trainingstherapeuten und -therapeutinnen und Pflege- und Betreuungskräften als Team in einer multimodalen Therapie Voraussetzung. Neben dem Training mit dem Ziel der Verbesserung von Kraft, Ausdauer, Beweglichkeit, Koordination und Gleichgewicht können auch noch medikamentöse Therapien, Entspannungstherapien, kognitive Verhaltensänderung und ärztliche Aufklärung sowie Musiktherapie Anwendung finden (Mannion et al., 2001). Auch Demoulin et al. (2010) erklären ein multidisziplinäres ambulantes Programm bei Patienten und Patientinnen mit chronischen Rückenschmerzen als vorteilhaft. So führt die Kombination aus Schulungen über rüchenschonende Techniken, Interventionen durch Psychologen und Psychologinnen und Ergotherapeuten und -therapeutinnen sowie Krafttraining zu einer Schmerzlinderung um 44% und einer Funktionsverbesserung um

40%. Zusätzlich kann die Rumpfkraft deutlich gesteigert werden. Liddle, Gracey und Baxter (2007) kommen zu dem Entschluss, dass Schulungen in Verbindung mit Krafttraining zu dem größten Effekt, chronische Rückenschmerzen zu lindern und die Funktionsfähigkeit zu verbessern, führen. Keller et al. (2007) sehen für akute lumbale Rückenschmerzen entzündungshemmende Medikamente sowie manuelle Behandlungen als einzige effektive Therapiemöglichkeiten. Bei chronischen lumbalen Rückenschmerzen zeigen, neben medikamentöser Behandlung, auch Akupunktur und Krafttraining eine deutliche Minderung der Beschwerden.

Entspannungstherapien, wie sie auch in dem für diese Arbeit analysierten Rehabilitationsprogramm zum Einsatz kommen, beinhalten beispielsweise Biofeedbackmethoden, Autogenes Training, Progressive Muskelrelaxation nach Jacobson und Fantasiereisen.

Aufklärung und Information der Patienten und Patientinnen über krankheits- und gesundheitsfördernde Faktoren in den Bereichen Bewegungsapparat, Schmerz, Ernährung, Psyche und Krankheitsbilder kommen mit dem Ziel eines oder einer informierten und selbstbestimmten Patienten oder Patientin in vielen Rehabilitationsprogrammen Österreichs (Zentrum für ambulante Rehabilitation Graz, Rehabilitationszentrum St. Radegund, Rehabilitationszentrum Hochegg, und viele weitere) zum Einsatz.

Der für diese Arbeit fokussierte Aspekt der Rehabilitation liegt auf der medizinischen Trainingstherapie in Form eines Krafttrainings, weswegen auf die anderen Teilbereiche nicht spezifischer eingegangen wird.

1.2 Anatomie und Physiologie der Wirbelsäule

Die Wirbelsäule besteht aus sieben Halswirbeln, zwölf Brustwirbeln und fünf Lendenwirbeln sowie dem Kreuzbein, fünf verknöcherte Wirbel, und dem Steißbein, vier bis fünf verknöcherte Wirbel (Platzer, 2013). Sie hat eine physiologisch doppel-s-förmige Krümmung in der Sagittalebene, die sich durch eine Lordose der Hals- und Lendenwirbelsäule und eine Kyphose der Brustwirbelsäule ergibt, wobei sich der thorakolumbale Übergang dorsal des lumbo-sakralen Übergangs befinden soll (Brauer, 2000). Die Stabilität der Wirbelsäule ist nach Niemier und Seidel (2012) in der Frontalebene höher als in der Sagittalebene, was durch die nötige Feinabstimmung der Muskulatur für die doppel-s-förmige Schwingung bedingt ist.

Der Abschnitt der Brustwirbelsäule bildet mit den zwölf Rippenpaaren und dem Brustbein den Thorax. Er ist elastisch und widerstandsfähig (Platzer, 2013). Der Beckengürtel verbindet die Wirbelsäule mit den unteren Extremitäten. Das Iliosakralgelenk ist die Verbindung zwischen dem Kreuzbein und den zwei Darmbeinen. Es handelt sich hierbei um zwei echte Synovialgelenke. Neben einer ausgedehnten ligamentären Verbindung gibt es durch die lumbalen Mm. Multifidi, den M. Gluteus maximus und den M. Piriformis auch muskuläre Verbindungen. Durch diese starken Verbindungen ist die Beweglichkeit in den Iliosakralgelenken sehr gering. Es kann jedoch zu einer Vorwärtsskipfung oder Rückwärtsskipfung des Kreuzbeins gegenüber den Darmbeinen kommen. Durch Abnahme der Muskelkraft und Zunahme der Bandlaxität verringert sich die Stabilität des Iliosakralgelenks (Hildebrandt & Pfingsten, 2012). Nach Niemier und Seidel (2012) haben die Iliosakralgelenke bei 10-20% der Kreuzbeschwerden klinische Relevanz.

Kunz (2003) beschreibt das Bewegungsausmaß der Wirbelsäule in der Sagittalebene in einem Umfang von 80° Flexion bis 30° Extension, in der Frontalebene als Lateralflexion je 30° in beide Richtungen und in der Transversalebene als Rotation je 45° in beide Richtungen. Die größtmögliche Bewegungsfreiheit in Extension und Flexion ist zwischen den unteren Halswirbeln, dem thorakolumbalen Übergang sowie den unteren Lendenwirbeln gegeben. Durch die erhöhte Beweglichkeit sind in diesen Abschnitten Veränderungen an den Bandscheiben sowie Schädigungen an der Wirbelsäule häufig. Drehbewegungen sind in Hals- und Brustwirbelsäule möglich, hauptsächlich im unteren Kopfgelenk, und geringfügig auch in der Lendenwirbelsäule (Platzer, 2013).

Brinckmann, Frobin und Leivseth (2000) berichten über die dorsal-ventrale Verschiebung von Wirbelkörpern, die bei Flexions- und Extensionsbewegungen auftreten. Hildebrandt und Pfingsten (2012) erwähnen, dass die Wirbelsäule neben der axialen Kompression noch Kräften der Scherbewegung, Biegung und Verdrehung ausgesetzt ist. Durch eine Rotation

der Wirbelsäule bei gleichzeitiger Flexion treten besonders starke Belastungen für die Wirbelbogengelenke und die dorsal-seitlichen Bereiche der Bandscheibe auf. Javadian et al. (2015) nennen die Verschiebung und Rotation von Lendenwirbeln in der Sagittalebene als Hauptgrund für lumbale Instabilität und Ursache für unspezifische Rückenschmerzen.

1.2.1 Aufbau eines Wirbels

Der menschliche Wirbel besteht aus einem Wirbelkörper, einem nach dorsal gerichteten Wirbelbogen, je zwei oberen und unteren Gelenksfortsätzen mit Gelenksflächen, einem nach dorsal gerichteten Dornfortsatz und zwei seitlich verlaufenden Querfortsätzen. Zwischen den Wirbelkörpern und dem Wirbelbogen wird das Wirbelloch gebildet, hier verläuft das Rückenmark. Die ersten zwei Halswirbel, Atlas und Axis, weisen eine besondere, ihrer Funktion entsprechende Anatomie auf. Der siebente Halswirbel hat einen dominanten Dornfortsatz und wird deshalb auch als Vertebra prominens bezeichnet und ist durch die Haut sicht- und tastbar. Die Brustwirbel sind über zusätzliche Gelenksflächen mit den insgesamt zwölf Rippenpaaren verbunden. Die Dornfortsätze des ersten bis neunten Brustwirbels stehen stark nach unten geneigt, sodass sie sich dachziegelartig überlappen. Die Lendenwirbel sind deutlich größer und massiver als die restlichen Wirbel. Am fünften Lendenwirbel ist zu beachten, dass die Höhe des Wirbelkörpers dorsal geringer ist als ventral (Platzer, 2013).

Die Wirbelkörper sind ventral mit dem vorderen Längsband und dorsal mit dem hinteren Längsband verbunden, was zu einer erhöhten Stabilität der Wirbelsäule führt. Die Wirbelkörper sind über die Wirbelbogengelenke miteinander verbunden. Obwohl die Wirbelsäule, gesamt betrachtet, sehr beweglich ist, ist die Beweglichkeit zwischen zwei Wirbeln relativ gering (Platzer, 2013).

Die problematischste und bedeutungsvollste Belastungskomponente, die auf Wirbelkörper wirkt, ist die Kompressionskraft. Kommt es durch exogene Kompressionen zu einer Fraktur, ist es im Großteil der Fälle am porös-trabekulären Knochen mit Bildung von Rissen und Eindellung der Endplatten (Brinckmann, Frobin & Leivseth, 2000).

Brauer (2000) weist darauf hin, dass besonders am fünften Lendenwirbelkörper viel Bewegungswiderstand herrscht, einerseits durch den Rotationswiderstand zwischen L4 und L5, andererseits durch die Bewegungseinschränkung in Extension und Flexion zwischen L5 und S1.

Im Jahr 1983 zeigten Weh, Brassow und Kranz (1983), dass die Belastbarkeit der untersuchten Wirbelkörper in kranio-kaudaler Richtung zunimmt und dass die Tragfähigkeit der Wirbelkörper im Alter abnimmt.

1.2.2 Die Bandscheibe

Die Bandscheibe befindet sich zwischen zwei Wirbelkörpern und stellt deren nichtknöcherne Verbindung dar (Krämer, Wilcke & Krämer, 2005). Eine physiologische Wirbelsäule weist 23 Bandscheiben auf. Die gesunde Bandscheibe besteht aus dem Gallertkern Nucleus pulposus, dem Faserring Anulus fibrosus und, funktionell gesehen, zwei Knorpelplatten, die, anatomisch gesehen, zu den Wirbelkörpern gezählt werden. Zusätzlich sind die Bandscheiben durch das hintere Längsband gesichert (Platzer, 2013). Der straffe Anulus fibrosus setzt sich aus unterschiedlichen Kollagenschichten mit festen Fasern in horizontaler, vertikaler und schräger Ausrichtung zusammen, was bedeutend für die funktionelle Beweglichkeit im jeweiligen Bewegungssegment ist. Der weiche Nucleus pulposus besteht aus elastischen Kollagenfibrillen mit hydroelastischer Dämpfung gegenüber Stoßbelastungen. Die Höhe der Bandscheiben nimmt von der Halswirbelsäule in Richtung Lendenwirbelsäule physiologisch zu (Hochschild, 2005). Im Laufe eines Tages nimmt die Höhe der Bandscheiben durch Wasserverlust jeweils um 1-2 mm ab (Hildebrandt & Pfingsten 2012). Der Bandscheibe kommt eine Stoßdämpferfunktion zu. Bei Belastung werden die Bandscheiben zusammengedrückt und der Nucleus pulposus verteilt den Druck (Platzer, 2013). Eine auf die Wirbelsäule einwirkende Kraft wird von der Bandscheibe flächig auf den nächsten Wirbelkörper übertragen. Dieser Mechanismus ermöglicht die Abpufferung einwirkender Kräfte und gleichzeitig eine gewisse Beweglichkeit der Wirbelsäule. Hierfür ist es jedoch wichtig, dass die Wirbelkörper physiologisch aufeinander stehen, bei starker Verkipfung von Wirbelkörpern kann die einwirkende Kraft nicht mehr flächig übertragen werden und die einseitige Belastung der Bandscheibe wird erhöht (Mitchell et al., 2017).

Die Ernährung der Bandscheibe erfolgt über steigenden und sinkenden Belastungsdruck. Das Molekülgemisch des Nucleus pulposus hat stark wasserbindende Eigenschaften und beeinflusst mittels Elastizität und Quellbarkeit den osmotischen Druck. Kommt es zu einer externen Druckentlastung, werden wichtige Nährstoffe von der Bandscheibe aufgenommen, kommt es hingegen zu einer Drucksteigerung auf die Bandscheibe, wird Flüssigkeit abgegeben. Ob es zu einer Hydration oder Dehydration der Bandscheibe kommt, ist abhängig vom intradistalen Druck, je niedriger der Druck, desto besser die Hydration. Der intradistale Druck ist stark von der Körperposition abhängig. So ist der Druck

im aufrechten Stand leicht über der Grenze zwischen Flüssigkeitsaufnahme und -abgabe, im Sitzen auf einem aufrechten Sessel jedoch schon deutlich erhöht, was eine Dehydrierung der Bandscheibe zur Folge hat (Mitchell et al., 2017).

Teichtahl et al. (2015) zeigen, dass Inaktivität zu einer Höhenabnahme der Bandscheibe führt und in weiterer Folge das Auftreten von starken Rückenschmerzen begünstigt.

Die Bandscheibe ist reversibel verformbar. Durch eine Flexionsbewegung des Rumpfes nach vorne über einen längeren Zeitraum verlagert sich der Nucleus pulposus weg von der Druckbelastung nach dorsal. Nach Aufrichtung in die Senkrechte kann sich der Kern wieder langsam nach ventral verlagern. Je fortgeschrittener die Degeneration an der Bandscheibe ist, desto stärkere Verformungen werden durch geringere Belastungen hervorgerufen (Brauer, 2000). Eine weitere Verlagerung der Bandscheibe findet sich bei einer Skoliose, hier jedoch in einem dauerhaften Zustand durch die seitlich gekrümmte Wirbelsäule. Die konkav gekrümmte Seite erleidet im Vergleich zur konvex gekrümmten Seite erhöhte Druckbelastungen, wodurch Bandscheibenverlagerungen begünstigt werden (Krämer, Wilcke & Krämer, 2005).

Nach Steele et al. (2015) besteht eine Wechselwirkung zwischen der Intensität im Krafttraining der lumbalen Rückenstrecker und der Regeneration von Bandscheiben. Eine hohe Trainingslast mit hohen Umfängen und hoher Frequenzschnelligkeit kann Bandscheibendegeneration und -verletzungen hervorrufen. Hingegen soll bei dynamischen Krafttrainingsübungen eine hohe Trainingslast bei niedrigen Umfängen und niedriger Frequenzschnelligkeit Regenerations- und Heilungsprozesse von Bandscheiben bewirken.

1.2.3 Die Rumpfmuskulatur

Die Stabilisierung der Wirbelsäule wird durch die Rumpfmuskeln aktiv gewährleistet, wobei die autochthone wirbelsäulennahe Muskulatur hierzu einen geringeren Beitrag leistet, als die wirbelsäulenferne Rückenstreck- und Bauchmuskulatur sowie die große Extremitätenmuskulatur (Krämer, Wilcke & Krämer, 2005).

Als autochthone Rückenmuskulatur werden jene Muskeln bezeichnet, die durch den dorsalen Ast des Nervus spinalis innerviert werden. Sie werden durch die Fascia thoracolumbalis und die Proc. Transversi und Spinosi begrenzt (Brauer, 2000). Platzer (2013) zählt den M. Erector spinae, Mm. Spinotransversales, Mm. Interspinales, Mm. Intertransversarii und Mm. Transversospinales zur autochthonen Rückenmuskulatur. Der M. Erector spinae setzt sich aus drei großen Rückenmuskeln zusammen: M. Iliocostalis, M. Longissimus und M. Spinalis. Zusammen bilden diese drei Muskeln einen kräftigen

Extensor der Wirbelsäule. Die Mm. Spinotransversales bilden sich aus den Mm. Splenii. Die Mm. Transversospinales bestehen aus Mm. Rotatores, Mm. Multifidi und M. Semispinalis. Die gerade und schräg verlaufenden Muskelgruppen wirken beidseitig innerviert als Strecker. Die gerade verlaufende Muskulatur wirkt einseitig innerviert seitbeugend und die schräg verlaufende Muskulatur drehend. Der M. Multifidus ist ein bedeutender Stabilisator der Lendenwirbelsäule, wodurch er im lumbalen Bereich sehr stark ausgeprägt ist. Die Mm. Rotatores lumborum hingegen sind durch das geringe Rotationsausmaß in der Lendenwirbelsäule nur sehr schwach ausgeprägt (Brauer, 2000).

Die Bauchwandmuskulatur ist nach Platzer (2013) durch ein intelligentes System miteinander verbunden um besonders wirksam zu sein. Zur oberflächlichen Bauchmuskulatur zählen M. Obliquus externus abdominis und M. Obliquus internus abdominis, sowie M. Transversus abdominis, M. Rectus abdominis und M. Pyramidalis. M. Quadratus lumborum und M. Psoas major gelten als tiefliegende Bauchmuskeln. Die oberflächlichen Bauchmuskeln sind gemeinsam mit den zwei tiefliegenden Bauchmuskeln für die Bewegungen im Rumpf verantwortlich. Durch das Verspannungssystem ergänzen sich die Zugrichtungen der einzelnen Muskelfasern. Die Flexion im Rumpf erfolgt maßgeblich durch den M. Rectus abdominis, wobei die Mm. Obliqui eine unterstützende Wirkung haben. Das Seitneigen veranlassen die Mm. Obliqui der in Beugerichtung liegenden Seite, M. Quadratus lumborum und Teile der autochthonen Rückenmuskulatur. Bei der Rotation in der Transversalebene wirken M. Obliquus externus abdominis und M. Obliquus internus abdominis der gleichen Seite als Antagonisten, das heißt die Drehung erfolgt durch den an der Seite zu der gedreht wird liegenden M. Obliquus internus abdominis und den gegenüberliegenden M. Obliquus externus abdominis. Dem M. Transversus kommt gürtelförmig um den Bauch liegend hauptsächlich die Wirkung der Bauchpresse zu. Der M. Psoas major veranlasst das Anheben der Beine oder des Rumpfes in Rückenlage, in geringem Maße kann er auch an der Seitbeugung beteiligt sein.

Auch weiter entfernte Muskeln, wie der M. Latissimus dorsi oder die Mm. Glutei, sind für die Haltung, Aufrichtung und Beweglichkeit der Wirbelsäule von Bedeutung (Hildebrandt & Pfingsten, 2012).

Muskelfasern und folglich auch Muskelgruppen werden, abhängig von der Muskelfaserzusammensetzung, im Groben in zwei unterschiedliche Typen eingeteilt. Sie unterscheiden sich hinsichtlich morphologischer und funktioneller Parameter. Typ-I-Fasern, auch ST-Fasern, sind langsam zuckende, tonische Muskelfasern mit niedriger Ermüdbarkeit. Typ-II-Fasern, auch FT-Fasern, sind schnellzuckende phasische Muskelfasern für schnellkräftige Muskelaktionen mit höherer Ermüdbarkeit. Sie werden nochmals unterteilt in Typ-IIc/IIa-Fasern und Typ-IIx-Fasern (Weineck, 2010b). Steffen und

Krämer (1992) finden in der Rückenstreckmuskulatur einen Anteil von 55-62% an Typ-I-Fasern. Auch in der Untersuchung von Jørgensen et al. (1993) überwiegt der prozentuelle Anteil der Typ-I-Fasern in den Rückenstreckmuskeln.

1.3 Rückenschmerzen

Der Rückenschmerz gehört zum häufigsten Beschwerdebild in Industriestaaten (Freburger et al., 2009). Rund dreiviertel der Bevölkerung leidet im Laufe des Lebens an Rückenschmerzen, oftmals kann keine spezifische Diagnose gestellt werden (Maher et al., 2017). Es zeigt sich jedoch, dass durch Rückenschmerzen ein Vermeidungsverhalten bezüglich körperlicher Aktivität entwickelt wird, wodurch es zur weiteren Abschwächung der Rumpfmuskulatur und Fehlhaltung des Rumpfs kommt und es folglich in einer Chronifizierung der Schmerzen resultieren kann (Niederer et al., 2018). Für Hildebrandt und Pfingsten (2012) ist die aus Rückenschmerzen resultierende Arbeitsunfähigkeit das größte sozialmedizinische Problem. Für Hoy et al. (2012) stellen Rückenschmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule ein großes Problem weltweit dar, mit der höchsten Prävalenz im mittleren Alter, welches im Allgemeinen durch hohe Arbeitsbelastungen im Beruf geprägt ist.

Durch die österreichische Gesundheitsbefragung aus 2014 (Klimont & Baldaszi, 2015) werden durch Selbstangaben der Österreicher und Österreicherinnen unter anderem die häufigsten chronischen Erkrankungen und Gesundheitsprobleme der letzten zwölf Monate ermittelt. Sie zeigt, dass die Österreicher und Österreicherinnen als häufigste von 17 Erkrankungen chronische Kreuzschmerzen oder ein anderes chronisches Rückenleiden angeben (Abb. 1). Krämer, Wilcke und Krämer (2005) beschreiben die umgangssprachlichen Kreuzschmerzen als lokales Lumbalsyndrom, also Beschwerden im lumbosakralen Bereich durch Degenerationen der Lendenwirbelsäule. Hildebrandt und Pfingsten (2012) benennen Kreuzschmerzen als Beschwerden zwischen dem unteren Rippenbogen und der Glutealfalte.

Insgesamt leiden 1,8 Mio. Personen an Rückenschmerzen, 26% der Österreicherinnen und 23% der Österreicher. Je älter die Personengruppen sind, desto deutlicher macht sich der geschlechterspezifische Unterschied bemerkbar. Im Alter von 75 Jahren oder älter ist die Hälfte der Frauen und ein Drittel der Männer von chronischen Rückenbeschwerden betroffen. Als mit 19% vierthäufigste chronische Erkrankung nennen Österreicher und Österreicherinnen chronische Nackenschmerzen (Abb. 1). Auch hier zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Frauen sind mit 23% häufiger betroffen als

Männer mit 14%. An Beschwerden sowohl im Rücken- als auch im Nackenbereich leiden 10% der Männer und 15% der Frauen in Österreich (Klimont & Baldaszi, 2015).

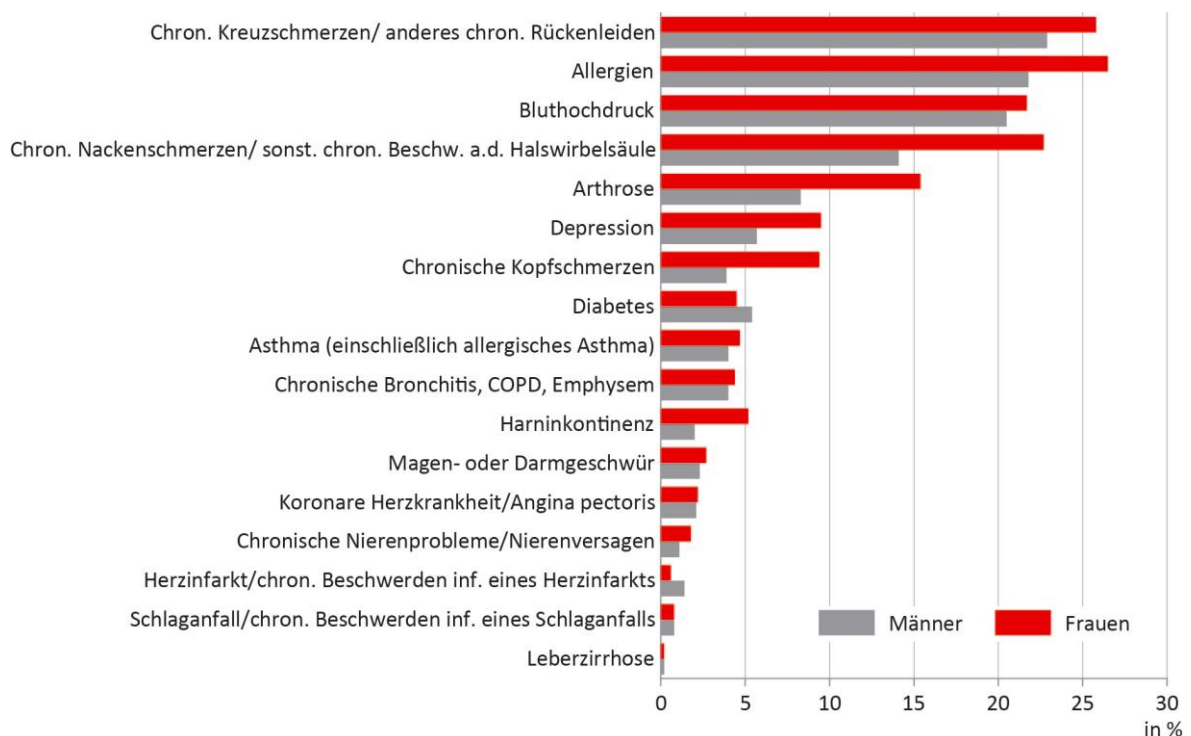


Abb. 1: Ausgewählte chronische Erkrankungen nach Geschlecht (Klimont & Baldaszi, 2015, S. 22).

Wirbelsäulenerkrankungen werden, je nach Dauer, eingeteilt in akute, subakute und chronische Erkrankungen. Zusätzlich kann man die Beschwerden als rezidivierend, posttraumatisch oder postoperativ kategorisieren. Als rezidivierend werden jene Schmerzen bezeichnet, die sich durch die Abwechslung von Schmerzphasen und schmerzfreien Phasen auszeichnen. Als akute Rückenschmerzen gelten Beschwerden mit einer Dauer von bis zu sechs Wochen, subakute Rückenschmerzen mit einer Dauer bis zu zwölf Wochen. Die Chronifizierung von Rückenschmerzen beschreibt die Dauer darüber hinaus, also Schmerzen, die länger als drei Monate anhalten. Auf dieser Ebene sind kognitive Verhaltenstherapie und aktivitätsorientierte Ansätze allgemein anerkannt (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009). Chronischen Rückenschmerzen kann folglich eine strukturelle Veränderung des Gehirns zugeschrieben werden. So führen chronische Schmerzen zu einer Abnahme der grauen Substanz im Kortex, zusätzlich können vor allem chronische Rückenschmerzen zu funktionellen Veränderungen des Motorkortex führen, woraus eine verminderte posturale Kontrolle der Rumpfmuskulatur resultiert (Tsao, Galea & Hodges, 2008).

Es gibt vielerlei Risikofaktoren für Rückenschmerzen, die unterschiedlich stark zu gewichten sind. Der Schmerzanamnese einer Person kommt eine hohe Bedeutung zu. Hat es früh in der Vergangenheit Rückenschmerzen gegeben oder liegen andere körperliche Beschwerden vor, ist die Gefahr für zukünftige Rückenschmerzen hoch. Auch psychische Beeinträchtigungen, wie Depressivität, bergen ein erhöhtes Risiko für Rückenschmerzen. Psychosoziale Faktoren, wie geringe persönliche Zufriedenheit, Stress und soziale Konflikte am Arbeitsplatz können ebenfalls einen negativen Einfluss auf Rückenschmerzen haben. Eine körperlich belastende Arbeitsplatzsituation aufgrund von Tragen schwerer Lasten oder ungünstigen Körperhaltungen verstärkt zusätzlich das Auftreten von Rückenschmerzen (Hildebrandt & Pfingsten, 2012). Denner (1998) zieht neben Alter und Geschlecht die Art der beruflichen Tätigkeit, Bildung und Einkommen sowie sozialen Status und Unterstützung in Betracht als Einflussfaktoren für Rückenschmerzen. Je höher der Bildungsgrad und je höher das Nettoeinkommen, desto geringer ist das Auftreten von Rückenschmerzen.

Bei Personen mit sitzendem Lebensstil, das entspricht einer moderaten körperlichen Aktivität unter 30 Minuten am Tag, ist ein deutlicher Zusammenhang mit dem Auftreten von chronischen Rückenschmerzen im Lendenwirbelsäulenbereich festzustellen. Auch Personen mit stark exzessiver körperlicher Belastung in Dauer oder Intensität zeigen ein erhöhtes Risiko für chronische Rückenschmerzen im Lendenwirbelsäulenbereich, hierbei sind Frauen besonders gefährdet. Lediglich Personen mit aktiver Freizeitgestaltung und Personen mit sportlicher Betätigung für 1-2,5 Stunden pro Woche zeigen keine vermehrten Rückenschmerzen. Zweitere weisen zusätzlich einen Zusammenhang mit einem geringeren Auftreten von Rückenschmerzen auf, wobei dies unabhängig von der Intensität der sportlichen Aktivität ist (Heneweer, Vanhees & Picavet, 2009).

Hoy et al. (2012) zeigen, dass Frauen im Alter von 40-80 Jahren weltweit die größte Prävalenz für Rückenschmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule aufweisen. Hierfür können Osteoporose sowie hormonelle Einflüsse, bedingt durch die Menstruation oder Schwangerschaften, mögliche Ursachen sein. Außerdem beeinflusst das frühere Auftreten der Adoleszenz bei Frauen im Vergleich zu Männern die damit verbundenen frühen Rückenschmerzen.

Der Vergleich von Frauen mit unspezifischen chronischen Rückenschmerzen und einer gesunden weiblichen Kontrollgruppe von Kankaanpää et al. (1998) zeigt nicht nur deutlich höhere Schmerzangaben an der visuellen Analogskala für Schmerz (VAS), sondern auch höhere Funktionseinschränkungen bei Frauen mit Rückenschmerzen. Außerdem sind bei jenen Frauen mit Rückenschmerzen signifikant niedrigere Kraftwerte sowohl bei der isometrischen Maximalkraftmessung als auch bei dem Kraftausdauerstest am Gerät DAVID

110 der Rumpfextensoren zu finden. Zusätzlich zeigt die EMG-Messung eine raschere Ermüdung des M. Glutaeus maximus bei Frauen mit Rückenschmerzen im Vergleich zu gesunden Frauen.

Kamaz et al. (2007) zeigen anhand von CT-Messungen, dass zwischen untrainierten Frauen mit und ohne Rückenschmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule Unterschiede in der Ausprägung der Rumpfmuskulatur bestehen. So weisen Frauen mit Rückenschmerzen in Höhe des vierten Lendenwirbels signifikant kleinere Muskelquerschnittsflächen des M. Multifidus, des M. Psoas major und des M. Quadratus lumborum im Vergleich zur schmerzfreien Kontrollgruppe auf.

Javadian et al. (2015) erkennen, dass Instabilitäten der Lendenwirbelsäule durch Verschiebung und Rotation der Wirbelkörper in der Sagittalebene Ursache für chronische unspezifische Rückenschmerzen sind. Mit einem achtwöchigen Rumpfkraft- und Rumpfstabilitätstraining kann das Ausmaß der Verschiebung und Rotation lumbaler Wirbelkörper signifikant verringert werden.

1.3.1 Ursachen für Rückenbeschwerden

Rückenbeschwerden sind mittlerweile ein häufiges, in allen sozialen Schichten verbreitetes Krankheitsbild. Dennoch ist die Entstehungsursache für Rückenschmerzen großteils unklar. Sie werden dann unter Sammelbegriffen wie „unspezifischer Rückenschmerz“ klassifiziert. Nach Javadian et al. (2015) sind hierfür lumbale Instabilitäten eine mögliche Ursache. Neben idiopathischen Ursachen gibt es aber auch einige konkrete Rückenerkrankungen.

Als häufigste Ursache für Schmerzen im Rücken lassen sich Haltungsschäden unterschiedlicher Art benennen. Die Muskulatur, im Besonderen die Rücken-, Bauch-, Gesäß- und Brustmuskulatur sowie die Muskulatur des Schultergürtels, trägt für die aufrechte Körperhaltung eine bedeutende Rolle. Ein klassisches Bild eines Haltungsschadens zeigt eine verstärkte Kyphose der Brustwirbelsäule bei gleichzeitiger Vorwölbung des Abdomens mit Beckenkipfung nach ventral, zusätzlich sind nach vorne stehende Schultern typisch. Bei einer Hyperlordose der Lendenwirbelsäule, umgangssprachlich auch als Hohlkreuz bekannt, treten, durch die Schwerkraft bedingt, an den unteren Lendenwirbeln verstärkt Schubkräfte nach ventral auf, die durch eine erhöhte Belastung der unteren Wirbelsegmente verfrühte Degenerationen an den Bandscheiben verursachen (Maher et al., 2017). Die angemessene Therapie hierfür besteht aus einer Kombination von Kräftigung der Rumpf- und proximalen Extremitätenmuskulatur und Dehnung verkürzter Muskulatur (Krämer, Wilcke & Krämer, 2005). Auch die gegenteilige

Flexionshaltung der Lendenwirbelsäule, wie beispielsweise bei langem Sitzen vor dem Computer oder bei langen Autofahrten, kann bei fehlender Stützung und Stabilität zu haltungsinsuffizienten Beschwerden führen (Puntumetakul et al., 2018).

Das myofasziale Schmerzsyndrom wird von Hildebrandt und Pfingsten (2012) als Schmerz mit muskulärem Ursprung ohne Entzündungsherd beschrieben. Charakteristisch sind muskuläre Triggerpunkte, die als druckschmerzempfindliche kleine Knötchen in der Muskulatur liegen. Diese können lokale oder ausstrahlende Schmerzen, motorische und autonome Phänomene hervorrufen. Lang andauernde einseitige Körperbewegungen, wie Computerarbeiten, fördern die Entstehung von muskulären Triggerpunkten. Zur Wiederherstellung des optimalen Bewegungsmusters ist hier eine Kombination aus manuellen Massagetechniken und Trainingstherapie angebracht.

Eine häufig auftretende Missbildung der Wirbelsäule und Auslöser für Schmerzen im Rücken ist die Skoliose. Sie bezeichnet eine Verschiebung der Wirbelsäule lateral in der Frontalebene mit zusätzlicher Torsion. Die Wirbelkörper und Bandscheibenräume sind konkavseitig niedriger und die Weichteile verkürzt. Zumeist weist die skoliotische Wirbelsäule eine s-förmige oder, aufgrund der Kompensation der darüber und darunter liegenden Wirbelsäulenabschnitte, gar doppel-s-förmige Lateralverkrümmung auf. Die Wirbelkörper drehen sich zur konvexen Seite, die Dornfortsätze zur Konkavseite. Hierdurch entsteht ein Rippenbuckel im Bereich der Brustwirbelsäule und eine Lendenwulst im Lendenbereich (Niemier & Seidel, 2012). Man unterscheidet die funktionelle von der strukturellen Skoliose, wobei letztere immer fixiert ist, auch in der Vornüberbeugung. In rund 90% der Fälle sind die Ursachen für eine Skoliose idiopathisch. Weitere Ursachen können Tumore, Frakturen, Muskeldystrophie oder Wirbelsäulenfehlbildungen, wie Spina bifida, sein (Krämer, Wilcke & Krämer, 2005).

Nach Horn und Steinmann (1998) werden Skoliosen je nach Neigungsgrad unterschiedlich behandelt. Ist der Skoliosewinkel unter 20° ist Physiotherapie die anzuwendende Therapie, über 20° kommt eine Korsettbehandlung hinzu. Nach Hildebrandt und Pfingsten (2012) ist unter 20-25° Physiotherapie induziert und ab einem Krümmungswinkel von 25° eine zusätzliche Korsettbehandlung angezeigt. Erst bei besonders stark ausgeprägter Skoliose über 50° thorakal beziehungsweise 35-40° lumbal kommen unterschiedliche Operationstechniken zum Einsatz. Nach Krämer, Wilcke und Krämer (2005) ist eine operative Versorgung der Skoliose bereits ab einem Winkel von 40° induziert. Die Wahl der Therapie ist jedoch von der Progredienz und Lokalisation der Skoliose sowie den Rotationszeichen und der familiären Skoliosebelastung abhängig. Als Ziel für das medizinische Aufbautraining empfehlen Horn und Steinmann (1998) die Beherrschung der

optimalen Körperhaltung, die durch arbeiten mit Übungen entgegen der Wirbelsäulentorsion zu erreichen ist.

Auch eine Spinalkanalstenose kann für Schmerzen im Rücken verantwortlich sein. Es gibt unterschiedliche Ursachen für die Verengung des Wirbelkanals. Neben der Anlagerung von Knochengewebe an der dorsalen Wirbelkörperseite oder den Facettengelenken können auch eine Vergrößerung des Ligamentum Flavum und Wirbelgleiten den Spinalkanal einengen (Brauer, 2000). Am häufigsten tritt die altersbedingte Form durch Degeneration der Wirbelgelenke und Bandscheiben im Bereich L4/L5 beziehungsweise L3/L4 auf. Bei der Spinalkanalstenose zeigen sich durch Extensionsbewegungen im Rumpf ausgelöste Schmerzen in den unteren Extremitäten. Patienten und Patientinnen mit einer Spinalkanalstenose zeigen oft ein nach vorne gebeugtes Standbild. In der medizinischen Trainingstherapie sollten Übungen, die zu einer Entlordosierung der Lendenwirbelsäule führen, bevorzugt durchgeführt werden. In schwerwiegenden Fällen mit anhaltenden Schmerzen, kann eine Operation zur Dekompression erforderlich sein (Krämer, Wilcke & Krämer, 2005).

Eine weitere Erkrankung der Wirbelsäule und mögliche Ursache für lumbalen Rückenschmerz ist nach Ikuta et al. (2016) die Spondylolisthese im Bereich L4/L5 oder L5/S1, was eine Verschiebung des Wirbelkörpers nach ventral bedeutet. Sie wird durch eine Unterbrechung der Kontinuität des Wirbelbogens ausgelöst. Diese kann durch eine doppelseitige Spondylolyse, eine angeborene Fehlbildung oder einen degenerativ bedingten Vorgang am Kapsel-Bandapparat ausgelöst werden (Brauer, 2000). Je nach Ursache und Gleitstrecke des Wirbels können unterschiedliche Formen und Schweregrade der Spondylolisthese unterschieden werden. Das Beschwerdebild kann eine ganz unterschiedliche Schmerzintensität aufzeigen, von klinisch stumm bis zu hartnäckigen Schmerzen durch Kompression des Nervus Ischiadicus. Die Therapiemaßnahmen sind abhängig vom Ausmaß der Beschwerden, dem Alter der betroffenen Person, den Symptomen und der Progredienz des Wirbelgleitens. Im Allgemeinen werden ein spezifisches Rumpfkrafttraining und wirbelsäulenfreundliche Sportarten empfohlen (Krämer, Wilcke & Krämer, 2005).

Darüber hinaus kann auch die chronisch entzündliche Erkrankung Morbus Bechterew für Rückenschmerzen verantwortlich sein (Allouch, Shousha & Böhm, 2017). Neben unspezifischen Beschwerden im Iliosakralgelenk kommt es durch die Verknöcherung auch zu einer eingeschränkten Beweglichkeit der Wirbelsäule sowie einer fixierten Kyphose im Brust- und Lendenwirbelsäulenbereich. Typischerweise zeigt die erkrankte Wirbelsäule eine Bambusstabform. Durch die Verknöcherung der Gelenke und die folglich fehlende statische Funktion der Wirbel kommt es in weiterer Folge zur sekundären Osteoporose der

Wirbelkörper, welche durch bildgebende Diagnostik ebenfalls erkennbar ist (Krämer, Wilcke & Krämer, 2005).

Beim Morbus Baastrup kommt es zum Kontakt zweier benachbarter Dornfortsätze, wodurch intraspinales Gewebe eingeklemmt wird. Durch die Quetschung entwickelt sich aus dem Gewebe eine Bursa, die schmerzhaft und auch als Schwellung sichtbar sein kann. Neben Sportarten mit Hyperextensionsbewegungen, wie Tennis und Volleyball, können Bandscheibendegenerationen und Hyperextensionstraumata, wo Wirbelkörper dichter aufeinander kommen, Auslöser für ein Baastrup Syndrom sein (Brauer, 2000).

Osteoporose zeigt neben einer geringeren Knochenmasse eine gestörte Mikroarchitektur und wird als systemische Skeletterkrankung klassifiziert. Infolge dessen kommt es häufig zu osteoporotischen Frakturen, wobei die Wirbelsäule, der Oberschenkelhals und die Rippen besonders gefährdet sind (Siebert et al., 2010). Am häufigsten tritt die Altersosteoporose auf, die durch den Alterungsprozess beinahe jeden Menschen ab dem 70. Lebensjahr betrifft. Krämer, Wilcke und Krämer (2005) unterscheiden außerdem die idiopathische Osteoporose bei Männern ab dem 50. Lebensjahr von der postmenopausalen Osteoporose bei Frauen im Alter von 50-70 Jahren. Eine sekundäre Osteoporose kann als Begleiterscheinung bei einer Dauermedikation mit Kortison-Präparaten oder der bereits erwähnten degenerativen Wirbelsäulenerkrankung Morbus Baastrup auftreten. Besondere Bedeutung als klinische Risikofaktoren haben der Ausfall der Sexualhormonproduktion, Nikotinkonsum, Immobilität und Vitamin-D-Mangel (Hildebrandt & Pfingsten, 2012). Typischerweise zeigen sich neben Rückenschmerzen eine Reduzierung der Körpergröße und eine verstärkte Brustwirbelsäulenkyphose. Durch körperliche Aktivität wird der Aufbau von Knochenmasse begünstigt, weshalb dynamisches Krafttraining als Therapie und Prophylaxe genutzt werden kann (Krämer, Wilcke & Krämer, 2005).

Die Diskose beschreibt alle frühzeitigen Verschleißerscheinungen der Bandscheibe, für die langjährige, unphysiologische Belastungen durch das alltägliche Leben sowie genetische Dispositionen hauptverantwortlich sind. Als besonders häufige degenerative Wirbelsäulen- und Bandscheibenerkrankung lässt sich der Bandscheibenvorfall, Prolaps, benennen (Krämer, Wilcke & Krämer, 2005). Livshits et al. (2011) zeigen einen Zusammenhang zwischen lumbalen Rückenschmerzen und Bandscheibendegenerationen beziehungsweise Übergewicht. Je höher der Grad der Bandscheibendegeneration ist, desto höher ist auch das Risiko einer Manifestation von Rückenschmerzen. Zusätzlich besteht ein Zusammenhang zwischen Rückenschmerzen beziehungsweise Bandscheibendegeneration und genetischen Faktoren. Auch nach Battié et al. (2007) unterliegen Bandscheibendegenerationen und damit zusammenhängende Rückenschmerzen im Lendenwirbelsäulenbereich genetischen Faktoren. Vergroesen et al.

(2015) benennen die wechselwirkende Beziehung zwischen mechanischen Überbelastungen, Zellabbauvorgängen und Degeneration der wasserbindenden Bandscheibenstrukturen als Teufelskreis.

Zu beachten sind auch Wirbelsäulenverletzungen in Folge von Sport-, Freizeit- oder Verkehrsunfällen. Sie umfassen vor allem Frakturen und Luxationen von Wirbelkörpern, sowie die Schädigung von Bandscheiben und Bändern. Mit über der Hälfte aller Frakturen ist der thorakolumbale Übergang am Häufigsten betroffen. Eine typische Verkehrsverletzung der Halswirbelsäule ist eine Peitschenschlagverletzung, auch als Schleudertrauma bekannt. Dabei kommt es zu einer Hyperflexion und Luxation der Wirbelgelenke und in weiterer Folge zu Schädigungen der Weichteile, Gefäße, Nerven und des Rückenmarks. Bei den Brust- und Lendenwirbeln werden drei Verletzungsmechanismen mit unterschiedlichem Schweregrad unterschieden. Die Kompressionsverletzung führt oft zu einer stabilen Fraktur und ist dadurch geringer gewichtet als eine Distraktionsverletzung in Kombination einer Flexion oder Extension, die großteils zu einer instabilen Fraktur führt. Besonders schwerwiegend ist eine zusätzliche Rotationsverletzung einzustufen. Je nach Klassifikation und Stabilität der Wirbelsäule kommt eine konservative oder operative Therapie zur Anwendung (Krischak, 2009).

Hildebrandt und Pfingsten (2012) weisen noch auf statistisch gesehen sehr selten vorkommende spezifische Kreuzschmerzen mit dringendem Handlungsbedarf hin. Diese Kategorie umfasst Tumore an der Wirbelsäule, spezifische und nichtspezifische Spondylodiszitis sowie die Lähmungserkrankung Kaudasyndrom.

1.3.2 Bandscheibenvorfall

Nach Graf und Höher (2009) beschreibt der Bandscheibenvorfall das Ausdringen des Nucleus pulposus aus dem Anulus fibrosus nach außen, wo das gallertige Gewebe auf Nervenwurzeln des Rückenmarks drücken kann. Ursachen hierfür sind in den meisten Fällen chronische Über- oder Fehlbelastungen und folglich Verschleißprozesse. Oft kommt es zu akuten Rückenschmerzen, wenn eine Kompression der Nervenwurzel vorliegt mitunter auch zu Schmerzen in Beinen oder Armen, sowie Taubheitsgefühl und Lähmungserscheinungen. Je nach Höhe und Austrittsrichtung des Nucleus pulposus ist die Symptomatik weit gestreut, von klinisch stumm bis starke Schmerzen mit und ohne Ausstrahlung, Sensibilitätsverlust oder Lähmungserscheinungen.

Die Protrusion kann als Vorstufe des Bandscheibenvorfalls angesehen werden. Es kommt lediglich zu einer Vorwölbung der Bandscheibe über den Wirbelkörper, wobei der Anulus fibrosus noch nicht gänzlich zerrissen ist (Hochschild, 2005).

Krämer, Wilcke und Krämer (2005) benennen den Zeitraum zwischen dem 35. und 45. Lebensjahr als Prävalenz für das Auftreten eines Bandscheibenvorfalls. Nach Hildebrandt und Pfingsten (2012) liegt das wahrscheinlichste Auftreten eines lumbalen Bandscheibenvorfalls zwischen dem 40. und 50. Lebensjahr.

Besonders häufig sind lumbale Bandscheibenvorfälle in den Segmenten L4/5 und L5/S1 (Horn & Steinmann, 1998; Niemier & Seidel, 2012). Hingegen sind mit 0,15-4,0% Bandscheibenvorfälle sehr selten im Brustwirbelbereich gelegen (Siebert et al., 2010).

Speziell Verletzungen der dorsalen Bandscheibenaußenseite können Schmerzen verursachen, da diese Region durch den afferenten Nerv Nervus sinuvertebralis innerviert wird (Brauer, 2000).

Als konservative Therapieoptionen gelten neben Schmerztherapie die Stufenlagerung, Injektionen sowie entzündungshemmende Medikamente. In Akutfällen kann bei Nervenkompressionen oder neurologischen Ausfällen eine Operation notwendig sein. Langfristig empfiehlt sich, Fehlbelastungen durch ein spezifisches Rumpfkrafttraining zu vermindern beziehungsweise zu beseitigen.

Hildebrandt und Pfingsten (2012) nennen die mikrochirurgische Entfernung eines Bandscheibenvorfalls als häufigstes minimalinvasives Standardverfahren. Wird ein Bandscheibenvorfall in der Lendenwirbelsäule operiert, meistens eine offene Dekompression von Nervenwurzeln, kommt es aufgrund von Substanzverlust zu einer Abnahme der Bandscheibenhöhe und weiter zu einem ineinander Stauchen der Wirbelgelenke. Hierdurch werden sowohl die Stabilität, als auch die Belastbarkeit im betreffenden Segment deutlich reduziert. Ab dem zweiten postoperativen Tag kann mit rumpfstabilisierenden Übungen begonnen werden. In den ersten zwölf Wochen nach der Operation sollen Lateralflexion und starke Flexion der Lendenwirbelsäule vermieden werden. Danach kann mit medizinischer Trainingstherapie begonnen werden. Spätestens sechs Monate nach dem operativen Eingriff soll die vollständige Belastungsfähigkeit gegeben sein. Dieser Belastungsaufbau kann durch postoperative Komplikationen, hervorgerufen durch Verwachsungen und Instabilität, negativ beeinflusst werden. Funktionelle Störungen, wie Denervierung, Muskeldesinsertion und Immobilität, können bewegungsabhängige Schmerzen verursachen (Krämer, Wilcke, Krämer & 2005).

1.4 Krafttraining und Anpassungen der Rumpfmuskulatur

Stevens et al. (2008) zeigen, dass zur Steigerung der Maximalkraft der geraden Bauchmuskulatur eine Trainingsintensität von rund 70% der Maximalkraft nötig ist. Die gerade Rückenstreckmuskulatur wird hingegen mit Trainingslasten von 30-50% der Maximalkraft ausreichend stark gereizt, um Maximalkraftwerte zu steigern.

Fisher et al. (2018) vergleichen die isometrische Maximalkraft der lumbalen Rückenstrecker nach einer sechswöchigen Trainingsperiode mit niedriger (50% der isometrischen Maximalkraft) und hoher (80% der isometrischen Maximalkraft) Trainingslast. Nach der Trainingsintervention können zwischen den beiden Trainingsgruppen keine signifikanten Unterschiede in der isometrischen Maximalkraft festgestellt werden.

Durch ein achtwöchiges Rumpfkraft- und Rumpfstabilitätstraining nimmt die Muskeldicke des M. Transversus abdominis, des M. Obliquus externus abdominis und des M. Obliquus internus abdominis bei Krankenschwestern mit chronischen Rückenschmerzen signifikant zu bei gleichzeitiger Reduktion der Schmerzen gemessen mittels VAS (Noormohammadpour et al., 2018).

Toprak Çelenay und Özer Kaya (2017) zeigen, dass es bei Universitätsstudenten und -studentinnen nach einer achtwöchigen Trainingsintervention, bestehend aus Brustwirbelsäulenstabilitäts- und Rumpfkrafttraining, im prä-post Vergleich zu einer verbesserten Muskelausdauer der Rumpfmuskulatur bei den McGill Muskelausdauertests kommt.

Anhand eines rumpfspezifischen Krafttrainings auf DAVID Geräten über einen Zeitraum von einem Jahr zeigen Sappich et al. (2001) eine signifikante Steigerung der isometrischen Maximalkraft der Rumpfflexoren und -extensoren, sowie der Rumpfseitbeugemuskulatur und der Rumpfrotationsmuskulatur. Hierfür erfolgten in den ersten drei Monaten zwei Krafttrainingseinheiten pro Woche und in den folgenden Monaten eine Trainingseinheit alle sieben bis zehn Tage. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Reuss-Borst, Hartmann & Wentrock (2008). Nach einem nur vierwöchigen Kraftausdauertraining mit drei bis vier Trainingseinheiten pro Woche auf DAVID Geräten kann ebenfalls eine signifikante Maximalkraftsteigerung in allen Bewegungsrichtungen des Rumpfes erzielt werden. Auch Taimela et al. (2000) registrieren einen Anstieg der isometrischen Maximalkraft nach einem Krafttraining an DAVID Geräten für die Rumpfflexoren und -extensoren.

Ein Ganzkörperkrafttraining gekoppelt mit isoliertem Krafttraining für die Rückenextensoren über einen Zeitraum von sechs Monaten führt nach Vincent, Braith und Vincent (2006) zu einer deutlich gesteigerten Maximalkraft der unteren und oberen Extremitäten sowie der Rückenstreckmuskulatur. Übergewichte Personen profitieren hierbei ebenso wie nicht

übergewichtige Personen. Die absoluten Kraftwerte der Rückenstreckmuskulatur liegen vor der Trainingsperiode in der Gruppe der übergewichtigen Personen deutlich über jenen der nicht übergewichtigen Personen, auf das Körpergewicht relativiert unterscheiden sich die Kraftwerte nicht. Die Kraftzuwächse nach der Trainingsintervention sind bei nicht übergewichtigen Personen deutlich größer als bei übergewichtigen Personen.

Mit einer multimodalen Therapie, bestehend aus Krafttraining, Schulungen und psychologischen Interventionen, für Patienten und Patientinnen mit chronischen Rückenschmerzen mit einer Dauer von mindestens sechs Monaten kann die isometrische Muskelkraft der Rückenstreckmuskulatur signifikant gesteigert werden (Pieber et al., 2014). Das Krafttraining setzt sich hierbei aus Geräteübungen für große Muskelgruppen des gesamten Körpers zusammen und wird in einem Intensitätsbereich von 10-15 Wiederholungen und langsamer Bewegungsgeschwindigkeit durchgeführt. In den ersten drei Monaten des Rehabilitationsprogramms wird zweimal pro Woche trainiert, danach wird die Trainingsfrequenz auf ein Training pro Woche gesenkt. Bei einer weiteren isometrischen Maximalkraftmessung, 18 Monate nach der Krafttrainingsintervention, sind die Kraftwerte immer noch höher als vor dem Krafttraining.

1.5 Krafttraining und Rückenschmerz

Schon 1995 zeigt Denner (1995) anhand einer Untersuchung mit 3401 Probanden und Probandinnen, dass Rückenschmerzpatienten und -patientinnen im Vergleich zu untrainierten beschwerdefreien Personen neben einer verringerten Mobilität der Lenden- und Brustwirbelsäule auch ein deutliches isometrisches Kraftdefizit der Rückenstreckmuskulatur sowie der gesamten Bauchmuskulatur aufweisen. Inani und Selkar (2013) belegen, dass ein dreimonatiges Kraft- und Stabilitätstraining für den Rumpf unspezifische Rückenschmerzen gemessen anhand der Visuellen Analogskala für Schmerzen signifikant senken kann. Searle et al. (2015) erkennen in ihrer Übersichtsarbeit die geringen, aber signifikanten Besserungen von chronischen unspezifischen Rückenschmerzen durch Rumpfkrafttraining. Zusätzlich nimmt Rumpfkrafttraining im Vergleich zu anderen konservativen Therapien einen höheren Stellenwert aufgrund größerer Effektivität in der Behandlung von chronischen unspezifischen Rückenschmerzen ein. Auch Ciolac und Rodrigues-da-Silva (2016) erklären Krafttraining zu einer effektiven Methode zur Prophylaxe und Behandlung von Rückenschmerzen.

Puntumetakul et al. (2018) zeigen, dass auch Personen mit subakuten unspezifischen Rückenschmerzen von einem Rumpfkraft- und Rumpfstabilitätstraining profitieren und eine

signifikante Schmerzreduktion unmittelbar nach dem siebenwöchigen Training, aber auch noch weitere vier Wochen nach der letzten Trainingseinheit, aufweisen im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die über den gleichen Zeitraum hinweg eine Wärmetherapie in Anspruch nimmt.

Akhtar et al. (2017) verzeichnen auch nach einem nur sechswöchigen Rumpfkraft- und Stabilitätstraining eine signifikante Schmerzreduktion bei Personen mit unspezifischen Rückenschmerzen. Hingegen können Reuss-Borst, Hartmann und Wentrock (2008) in einem nur vierwöchigen Kraftausdauertraining auf DAVID Geräten trotz signifikanter Maximalkraftsteigerungen der Rumpfmuskulatur in allen drei Ebenen bei Patienten und Patientinnen mit chronischen Rückenschmerzen keine Schmerzreduktion feststellen.

Über einen deutlich längeren Interventionszeitraum von sechs Monaten untersuchen Pieber et al. (2014) die Auswirkungen eines multimodalen Rehabilitationsprogramms bei Personen mit chronischen Rückenschmerzen. Neben einer Verbesserung der maximalen isometrischen Kraft können auch die Schmerzen anhand der Visuellen Analogskala für Schmerzen deutlich gesenkt werden. Zusätzlich liegen die angegebenen Schmerzwerte auch noch 18 Monate nach dem Rehabilitationsprogramm deutlich unter den Angaben von vor der Rehabilitation.

Kumar et al. (2015) zeigen, dass es nach einem sechswöchigen Rumpfkrafttraining zu einer signifikanten Schmerzreduktion bei Personen mit Rückenschmerzen über einen Zeitraum von mehr als zwölf Monaten, aber auch über einen Zeitraum von drei bis zwölf Monaten, kommt. Auch Toprak Çelenay und Özer Kaya (2017) zeigen, dass es bei Universitätsstudenten und -studentinnen nach einer achtwöchigen Trainingsintervention bestehend aus Brustwirbelsäulenstabilitäts- und Rumpfkrafttraining sowohl im prä-post Vergleich als auch im Vergleich zu einer passiven Kontrollgruppe zu einer signifikanten Reduktion von haltungsbedingten Schmerzen kommt.

Lomond et al. (2014) verzeichnen nach einer spezifischen Rumpfkraftigung der globalen Muskulatur, aber auch nach einem sensomotorischen Training zur Entwicklung der tiefliegenden, lokalen Stabilisatoren im Rumpf, über einen zehnwöchigen Interventionszeitraum eine deutliche Schmerzreduktion bei Personen mit chronischen Rückenschmerzen im Lendenwirbelsäulenbereich. Dieser Effekt ist auch noch nach einem Zeitraum von sechs Monaten nach der Intervention bemerkbar. Eine ähnliche Wirkung beschreiben Kim, Kim und Chung (2014) durch ein wirbelsäulenspezifisches Stabilitätstraining mit dem CTT CENTAUR (BfMC Leipzig, Deutschland) bei Personen mit Bandscheibendegenerationen in der Höhe von L4/L5. Nach zwei Trainingseinheiten pro

Woche über einen Zeitraum von acht Wochen geben die Teilnehmer und Teilnehmerinnen deutlich geringere Rückenschmerzen an der Visuellen Analogskala an.

Nach Wewege et al. (2018) wirken sich Krafttraining und Aerobic gleichermaßen positiv auf die Reduktion von chronischen unspezifischen Rückenschmerzen aus, jedoch erzielt Krafttraining zusätzlich eine signifikante Verbesserung des psychischen Wohlbefindens.

Machado et al. (2007) vergleichen die Wirksamkeit von Psychotherapie und Bewegungstraining bei Personen mit chronischen unspezifischen Rückenschmerzen im Lendenwirbelsäulenbereich. Nach neun Wochen Intervention zeigt die Trainingsgruppe tendenziell niedrigere Werte an der Visuellen Analogen Skala für Schmerzen als die Psychotherapiegruppe. Auch noch sechs Monate nach Beendigung der jeweiligen Therapie ist dieser Effekt festzustellen.

Nach Noormohammadpour et al. (2018) sind Krankenschwestern durch die körperliche Arbeit mit Patienten eine häufig mit Rückenschmerzen konfrontierte Berufsgruppe. Sie zeigen in einer Untersuchung mit Krankenschwestern eine signifikante Reduktion von chronischen Rückenschmerzen gemessen mittels der Visuellen Analogen Skala für Schmerzen nach einem achtwöchigen Rumpfkraft- und Stabilitätstraining. Auch Jaromi et al. (2012) stellen nach einer sechswöchigen Trainingsintervention, bestehend aus einer Kombination von Rumpfkrafttraining und Stretching, eine signifikante Reduktion von Rückenschmerzen bei Krankenschwestern fest.

Mannion et al. (1999) zeigen eine deutliche Reduktion von chronischen Rückenschmerzen nach einer dreimonatigen Krafttrainingstherapie an DAVID Geräten für den Rumpf in allen drei Ebenen, welche auch noch sechs Monate nach der Therapie gegeben ist. Auch Taimela et al. (2000) stellen nach einem zwölfwöchigen Krafttraining an DAVID Geräten für den Rumpf und funktionellen Kräftigungsübungen eine Reduktion von chronischen lumbalen Rückenschmerzen fest. Zusätzlich können nach dem ambulanten Rehabilitationsprogramm weniger Arbeitsausfälle registriert werden.

Daschner und Tschubar (2006) können anschließend an ein Rumpfkrafttraining mit DAVID Geräten einen kostendämpfenden Effekt bezüglich der Erstattungsbeiträge durch die Krankenkasse der Probanden und Probandinnen verzeichnen. So können im Betrachtungszeitraum von vier Jahren 5842,44 Euro pro versicherter Person eingespart werden. Die in diesem Zeitraum stattgefundenen Arztbesuche und Krankenhausaufenthalte sind bei den trainierenden Personen signifikant geringer als in der Kontrollgruppe.

Sappich et al. (2001) bestätigen eine Senkung der arbeitsunfähigen Tage bei Männern im Alter von 25-50 Jahren nach einem Jahr wirbelsäulenstabilisierenden Krafttraining mit

DAVID Geräten. Die Arbeitsunfähigkeit liegt um 7,3 Tage pro Person signifikant unter dem Durchschnitt der nicht trainierenden Kontrollgruppe.

1.6 Krafttraining und Funktionsfähigkeit

Pieber et al. (2014) erheben bei einer multimodalen Rehabilitation für Personen mit chronischen Rückenschmerzen die Funktionsfähigkeit mittels Roland Morris Fragebogen. Nach insgesamt 40 Krafttrainingseinheiten, sechs psychologischen Interventionen und zwei Schulungen sind die zutreffenden Angaben beim Roland Morris Fragebogens stark gesunken. Auch 18 Monate nach der Rehabilitation ist eine deutlich verbesserte Funktionsfähigkeit durch weiterhin geringere Punktwerte beim Roland Morris Fragebogen festzustellen.

Nach einem Rumpfkraft- und Rumpfstabilitätstraining von sieben Wochen können Puntumetakul et al. (2018) eine signifikante Verbesserung der Funktionsfähigkeit mittels Roland Morris Fragebogen im Vergleich zu einer Kontrollgruppe feststellen.

Mannion et al. (1999) verzeichnen mittels Roland Morris Fragebogen eine deutliche Verbesserung der Funktionsfähigkeit bei Personen mit chronischen Rückenschmerzen im Lendenbereich nach einem Krafttraining auf DAVID Geräten über einen Zeitraum von drei Monaten. Die Funktionsfähigkeit weist auch noch sechs Monate nach der Therapie eine Verbesserung im Vergleich zur Ausgangslage auf.

Beim Vergleichen eines hochintensiven und eines niedrigintensiven Krafttrainings für Personen mit lumbalen Rückenschmerzen erkennen Helmhout et al. (2004), dass Personen des hochintensiven Trainingsprogramms eine bessere Compliance zeigen, als jene des niedrigintensiven Trainingsprogramms. Beide Trainingsgruppen zeigen unmittelbar nach den jeweiligen Interventionen, aber auch noch drei beziehungsweise sechs Monaten nach der Intervention, eine verbesserte Funktionsfähigkeit mittels Roland Morris Fragebogen. Zwischen den beiden Gruppen gibt es keinen Unterschied in der Funktionsfähigkeit, weder vor noch nach der Intervention.

Machado et al. (2007) vergleichen die Effekte einer psychotherapeutischen und einer trainingsspezifischen Therapie bei Personen mit chronischen unspezifischen Rückenschmerzen der Lendenwirbelsäule. Bei einer Interventionsdauer von neun Wochen finden die Therapien jeweils zweimal pro Woche statt, wobei die Dauer einer Psychotherapieeinheit 80 Minuten und jene einer Krafttrainingseinheit 40 Minuten beträgt. Nach der Intervention zeigen die Personen der Krafttrainingsgruppe wesentlich niedrigere Werte im Roland Morris Fragebogen und somit eine deutlich geringere

Funktionseinschränkung durch Rückenschmerzen als die Personen, die psychotherapeutisch betreut werden. Diese Tendenz zeigt sich, jedoch in einem geringeren Ausmaß, auch noch sechs Monate nach der jeweiligen Intervention.

Harts et al. (2008) verzeichnen durch sowohl ein hochintensives als auch ein niedrigintensives Rumpfkrafttraining über einen Zeitraum von acht Wochen eine verbesserte Funktionsfähigkeit gemessen am Roland Morris Fragebogen bei Personen mit chronischen lumbalen Rückenschmerzen. Dieser Effekt zeigt sich auch noch 16 Wochen nach der Trainingsintervention. Ein Unterschied bezüglich der Funktionsfähigkeit zwischen der hochintensiv und der niedrigintensiv trainierenden Gruppe ist nicht festzustellen.

Kumar et al. (2015) zeigen, dass sowohl Personen mit Rückenschmerzen über einen Zeitraum von mehr als zwölf Monaten als auch Personen mit Rückenschmerzen über einen Zeitraum von drei bis zwölf Monaten von Krafttraining für die Rumpfmuskulatur profitieren. Nach einem sechswöchigen Rumpfkrafttraining kommt es zu einer signifikanten Verbesserung der Funktionsfähigkeit gemessen mittels Oswestry Disability Index.

Kim, Kim und Chung (2014) erkennen nach einem achtwöchigen Stabilitäts- und Krafttraining am CTT CENTAUR (BfMC Leipzig, Deutschland) eine verbesserte Funktionsfähigkeit, gemessen mittels Oswestry Disability Index, bei Personen im Alter von 25-65 Jahren mit degenerativen Bandscheibenleiden auf Höhe L4/L5.

Eine Verbesserung der Funktionsfähigkeit anhand des Oswestry Disability Index beschreiben auch Hellum et al. (2011) bei operierten, als auch bei konservativ versorgten Personen mit chronischen lumbalen Rückenschmerzen und Bandscheibendegenerationen, sowohl ein als auch zwei Jahre nach der Intervention. Hierbei zeigt sich eine deutliche Verbesserung bei operierten Personen im Vergleich zu nicht operierten Personen zwei Jahre nach der Intervention. Die operative Versorgung sieht hierbei eine Bandscheibenprothese (ProDisc II, Synthes Spine) im Lendenwirbelsäulenbereich vor. Die konservative Therapie beschreibt eine multidisziplinäre ambulante Therapie über einen Zeitraum von drei bis sechs Wochen, die neben einer allgemeinen Verbesserung der Ausdauer-, Kraft- und Koordinationsfähigkeiten auch eine spezifische Kräftigung der Bauch- und Rückenstreckmuskulatur vorsieht. Vier Jahre nach einer posterolateralen Versteifung des Segments L4/L5 beziehungsweise L5/S1 bei Personen mit chronischen lumbalen Rückenschmerzen und Bandscheibendegenerationen erkennen Brox et al. (2010) keine Verbesserung der Funktionsfähigkeit mittels Oswestry Disability Index. Verglichen mit nicht operierten Personen, die konservativ mit Schulungen und Trainings behandelt werden, zeigen operierte Personen weder eine verbesserte Funktionsfähigkeit noch einen größeren Einsatz bei einer Vollzeitbeschäftigung. Ganz im Gegenteil, operierte

Personen weisen eine deutlich höhere Rate an Berufsunfähigkeits-, Invaliditäts- und Erwerbsunfähigkeitspension auf als nicht operierte Personen.

1.7 Krafttraining und Gesundheitszustand

Nach Harts et al. (2008) ist bei Personen mit chronischen Rückenschmerzen im Lendenwirbelsäulenbereich ein verbesserter Gesundheitszustand mittels Short Form (SF-36) Gesundheitsfragebogen sowohl nach einem hochintensiven als auch nach einem niedrigintensiven Krafttraining über einen Zeitraum von acht Wochen festzustellen, wobei Personen, die ein intensives Krafttraining absolvieren, unmittelbar nach der Trainingsintervention einen besseren Gesundheitszustand zeigen, als Personen, die im niedrigintensiven Bereich trainieren. Für das hochintensive Krafttraining werden hierbei die Trainingslasten an den Geräten progressiv gesteigert, dass eine maximale Wiederholungszahl von 15-20 erreicht werden kann.

Auch Noormohammadpour et al. (2018) stellen eine signifikante Verbesserung des Gesundheitszustandes mittels SF-36 Gesundheitsfragebogen bei Krankenschwestern mit chronischen Rückenschmerzen nach einem achtwöchigen Rumpfkraft- und Stabilitätstraining fest. Kell und Asmundson (2009) können in Folge eines Rumpfkrafttrainings an Geräten über 16 Wochen, neben einer signifikanten Steigerung der Rücken- und Bauchmuskulatur, eine signifikante Verbesserung der Lebensqualität und des Gesundheitszustandes, gemessen am SF-36 Gesundheitsfragebogen, bei Personen mit unspezifischen chronischen Rückenschmerzen zeigen. Zusätzlich weisen Personen, die Krafttraining an Geräten absolvieren, einen tendenziell besseren Gesundheitszustand auf, als Personen, die aerobes Ausdauertraining in jeglicher Form im gleichen Ausmaß absolvieren.

Beim Vergleich einer operativen und einer konservativen Therapie bei Bandscheibendegeneration und chronischen Rückenschmerzen erkennen Helling et al. (2011) sowohl ein als auch zwei Jahre nach der Intervention lediglich tendenzielle Verbesserungen des Gesundheitszustandes anhand des EQ-5D Fragebogens in beiden Gruppen mit leichter Begünstigung der operierten Personen.

2. Methodik

2.1 Untersuchungsdesign

Die vorliegende Arbeit analysiert retrospektiv die Messdaten eines durch die Krankenkasse bewilligten Rehabilitationsprogramms für Patienten und Patientinnen mit Rückenschmerzen in einer privaten Krankenanstalt. Grundsätzlich besteht dieses Programm der ambulanten Rehabilitation für Wirbelsäule der Phase drei aus 90 Einheiten, die sich aus fünf Einheiten für Schulungen, 2,5 Einheiten für Diagnostiken, 2,5 Einheiten für ärztliche Untersuchungen und 80 Therapieeinheiten zusammensetzen. Alle Einheiten sind innerhalb eines Jahres verpflichtend abzuschließen.

Zu Beginn des Programms werden den Patienten und Patientinnen vom Therapeutenteam eine Häufigkeit von im Schnitt zwei Trainings pro Woche empfohlen. Die Einteilung der Trainingshäufigkeit pro Woche und somit tatsächliche Dauer des Rehabilitationsprogramms ist jedoch größtenteils durch die persönliche Situation, Motivation und zeitlichen Möglichkeiten der Patienten und Patientinnen geprägt und wird dementsprechend individuell eingeteilt.

Bei den ärztlichen Untersuchungen werden die drei Haupt- und die zwei Zwischenuntersuchungen unterschieden. Sie dienen dazu, den Rehabilitationsverlauf, mögliche medizinische Kontraindikationen, Schmerzwahrnehmung und Weiteres mit dem Bezugsarzt oder der Bezugärztin zu besprechen. Vor einer Hauptuntersuchung muss jeweils eine Diagnostik stattfinden. Bei der Eingangsdiagnostik wird die aktuelle Ausgangslage der Patienten und Patientinnen ermittelt, wohingegen die Zwischen- und die Ausgangsdiagnostik zur individuellen Fortschrittskontrolle dienen. In dieser Arbeit werden nur die Eingangs- und die Ausgangsdiagnostik zur Analyse herangezogen, da die Zwischendiagnostik zu sehr unterschiedlichen Zeitpunkten im Rehabilitationsverlauf unabhängig von der Gesamtdauer der Rehabilitation zur Anwendung kommt.

Die fünf Schulungen sind in den Bereichen „Schmerz und Psyche“, „Ernährung“, „Rückenmanagement“, „bewegte Wirbelsäule“ und „Krankheitsinfo“ zu absolvieren. Hier liegen die Weiterbildung und Verhaltensmodifikation der Patienten und Patientinnen im Fokus. Nach Waddell (1987) ist die Patientenedukation eine bedeutende Interventionsmaßnahme ergänzend zur Trainingstherapie hinsichtlich des weiteren Krankheitsverlaufs.

Insgesamt gibt es 80 Therapieeinheiten, wovon zwölf Einheiten für Entspannungstherapien verwendet werden. Diese finden in Kleingruppen mit bis zu neun Personen statt. Es kommen unterschiedliche Verfahren, wie spezielle Atemübungen, autogenes Training,

Biofeedbacktraining, Phantasie Reisen und Progressive Muskelrelaxation nach Jacobs zum Einsatz. Die weiteren 68 Therapieeinheiten werden zu 34 medizinischen Trainingstherapien zusammengefasst und bilden somit den Grundstock und umfangreichsten Teil des ambulanten Rehabilitationsprogramms. Auch diese finden in Kleingruppen mit bis zu maximal sechs Personen und unter ständiger Aufsicht eines Trainingstherapeuten oder einer Trainingstherapeutin statt, wobei das Erlangen der Fähigkeit zur selbstständigen Durchführung des Trainings angestrebt wird.

2.1.1 DAVID-System

Das Krafttraining sowie die Beweglichkeits- und Kraftdiagnostiken finden in der vorliegenden Arbeit auf DAVID-Geräten der Firma DAVID (DAVID Health Solutions LTD, Helsinki, Finnland) statt.

Das DAVID Wirbelsäulenkonzept steht für ein Erhebungs- und Behandlungsprogramm für Patienten und Patientinnen mit unterschiedlichen Rückenerkrankungen. Die Wirbelsäulenrehabilitation wird durch dieses umfassende System mit speziellen Kraftgeräten, Evaluationsprotokollen, einer eigenen Software sowie der Dokumentation und Schulung ermöglicht. Die eigens entwickelten Geräte sorgen auf sichere und effektive Weise für eine Verbesserung der Koordination, Beweglichkeit und Kraft im Rumpf und ermöglichen so die Behandlung von Patienten und Patientinnen mit einem breiten Spektrum an Erkrankungen. Das DAVID Wirbelsäulenkonzept ist bei subakuten, chronischen, rezidivierenden, posttraumatischen und postoperativen Problemen anwendbar. Indikationen für eine Therapie nach dem DAVID-System sind Bandscheibenerkrankungen und Spondylolisthesis, sowie wirbelsäulenbezogene Funktionsstörungen, Degenerationen, posttraumatische Symptome und Postdiskotomie-Syndrome (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009).

In der Trainingstherapie der für diese Arbeit verwendeten ambulanten Wirbelsäulenrehabilitation kommen vier spezielle Rumpfgeräte von DAVID sowohl in der Diagnostik als auch in den Trainingseinheiten zum Einsatz. Diese zielen auf die Rückenstreckmuskulatur mit dem Gerät DAVID 110, die Rotationsmuskulatur mit dem Gerät DAVID 120, die gerade Bauchmuskulatur mit dem Gerät DAVID 130 und die Seitbeugemuskulatur mit dem Gerät DAVID 150 ab. Für die Diagnostiken werden die Geräte der aktuellen Generation Line mit Bildschirm und DAVID EVE Karten System verwendet, für die Trainingstherapie die manuell einzustellende Vorgängerversion ohne Bildschirm. Die Trainingsgewichte der Geräte sind in beiden Fällen in 2,5 kg Schritten einstellbar.

Die zur Diagnostik verwendeten Geräte verfügen über neben der jeweiligen Drehachse angebrachte Goniometerskalen, wodurch das Ausmaß der Auslenkung des Dreharmes erkennbar ist. Die isometrische Maximalkraftmessung ermöglicht eine Darstellung des maximalen Drehmoments in Newtonmeter. Hierfür werden Foliendehnungsmessstreifen Typ XY 21 6/350 (HBM Höttinger Baldwin Messtechnik, Darmstadt, Deutschland) verwendet, die das muskulär aufgebrachte Drehmoment als elektrischen Spannungsunterschied misst, verstärkt und umrechnet (Denner, 1995).

Für die Bewertung der individuellen Leistung der Beweglichkeitstests und isometrischen Maximalkrafttests werden die erreichten Beweglichkeits- und Kraftwerte in Grad beziehungsweise Newtonmeter zu erreichenden Referenzwerten gegenübergestellt, die in Tabelle 1 ersichtlich sind (Tab. 1). Diese beschreiben nach Denner (1998) die Datengrundlage von insgesamt 8214 gesunden untrainierten beziehungsweise sportlichen Personen, sowie chronischen Wirbelsäulenpatienten und -patientinnen im Alter von 13-85 Jahren. Ausschlaggebend für den zu erreichenden Referenzwert sind das Alter, das Geschlecht und das Körpergewicht der gemessenen Person.

Tab. 1: Referenzdaten isometrische Kraft

	Männer							Frauen							Winkel	Umrechnungs- faktor auf 1RM
	<20	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	>70	<20	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	>70		
LS/TS																
110 Extension	3,8	3,8	3,5	3,6	3,6	3,1	2,7	3,1	3,0	2,8	2,9	2,9	2,7	2,6	30	0,41
120 Rot. R	1,6	1,8	1,5	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,0	1,0	-30	0,56 (0,77)
120 Rot. L	1,6	1,8	1,5	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,0	1,0	30	0,56 (0,77)
130 Flexion	2,3	2,5	2,2	2,0	2,0	2,0	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	0	0,43
150 Lat.flex.R	2,2	2,6	2,1	2,0	2,1	2,0	2,0	1,8	1,8	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	-30	0,57 (0,68)
150 Lat.flex. L	2,2	2,6	2,1	2,0	2,1	2,0	2,0	1,8	1,8	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	30	0,57 (0,68)
LWS/BWS Kraftrelation																
Flexion / Extension	0,61	0,66	0,63	0,64	0,58	0,64	0,63	0,51	0,56	0,57	0,54	0,51	0,53	0,55		
Lateralflexion: R / L	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
Rotation: R / L	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		

Quelle: DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Referenzdaten (2009)

Die Referenzwerte werden als Multiplikatoren dargestellt und als Quotient der isometrischen Kraft in Newtonmeter dividiert durch Körpergewicht in Kilogramm. Die Programmvorlagen von EVE Professional nehmen aus der isometrischen Maximalkraftmessung das 1 Repetition Maximum an, woraus Trainingsgewichte berechnet werden. Die Ableitung des 1 Repetition Maximums für dynamisches Krafttraining von einer isometrischen Messung kann jedoch lediglich als Schätzung betrachtet werden, da es keine

optimale Umrechnungsformel gibt, die die einflussnehmenden Faktoren berücksichtigt (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Referenzdaten, 2009).

Das Gerät DAVID 110 (Abb. 2) ermöglicht die lumbale und thorakale Extension und spricht dadurch die segmentale Bewegung folgender Muskulatur an: M. Spinalis thoracis, M. Longissimus, M. Iliocostalis thoracis und lumborum, M. Multifidus, Mm. Intertransversarii und M. Interspinalis (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009).



Abb. 2: DAVID G110 (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009).

Der Bewegungsumfang reicht von 52° Beugung bis -32° Streckung. Durch die spezielle Hüftfixierung wird das Training auf den Lenden- und Brustwirbelbereich begrenzt und die Beteiligung der Hüft- und Knieextensoren verringert, wodurch auch Personen mit starken Rückenschmerzen bei geringer Koordination und Kraftfähigkeit die Wirbelsäule mobilisieren und eine sichere Kräftigung erzielen können. Zusätzlich reduziert ein Hüftwinkel von rund 75° das Mitwirken des M. Glutaeus maximus und der M. Ischiocrurales an der Extensionsbewegung (Denner, 1995). Neben dem höhenverstellbaren Sitz gibt es auf die Unterschenkel- beziehungsweise Oberschenkellänge abgestimmt auch individuell

einstellbare Fußplatten und Kniestützen, mit dem ein Kniewinkel von 75-80° realisiert werden soll (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009). Denner (1998) nennt die impulsartige Aktivierung des M. Quadrizeps femoris als Unterstützung zur Kraftausübung als Hauptfehler bei der Durchführung des Maximalkrafttests für die Rückenextensionsmuskulatur.

Durch das Gerät DAVID 120 (Abb. 3) kann die rechte und linke Rotationsmuskulatur in der Transversalebene getestet und trainiert werden.



Abb. 3: DAVID G120 (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009).

Je nach Mobilität des Patienten oder der Patientin kann die Ausgangsposition in Rotation für die Übungen in 10° Schritten von 80° bis -80° festgelegt werden (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009). Während der Übung ist der Oberkörper mit Schulterpölstern fixiert und der Unterkörper führt auf einem drehbaren Sitz die Bewegung durch. Diese Bewegungsausführung ermöglicht im Vergleich zu einem drehenden Oberkörper bei fixiertem Unterkörper, eine exakt steuerbare Rotationsbewegung sowie eine Vermeidung von Überbelastungen. Die Drehachse des Gerätes befindet sich unter der

hinteren Sitzkante (Denner, 1995). Wechselwirkend konzentrisch und exzentrisch arbeiten M. Obliquus externus abdominis und M. Obliquus internus abdominis. Zusätzlich werden durch die Bewegungsausführung auch Mm. Rotatores, M. Multifidus und M. Semispinalis aktiviert (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009).

Mit dem Gerät DAVID 130 wird die lumbale und thorakale Flexion durchgeführt (Abb. 4).



Abb. 4: DAVID G130 (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009).

Ähnlich dem Gerät DAVID 110 wird durch die Hüftfixierung und den Rückenpolster Fehlbelastungen durch inkorrekte Bewegungsausführung vorgebeugt. Auch hier sind wieder die Sitzhöhe, die Fußplatte und Kniestütze individuell einstellbar, zusätzlich aber auch noch die Schulterpolster, die oberhalb des M. Pectoralis major angelegt werden. Die an den Schulterpolstern fixierten Handgriffe sollen eine konstante Armpositionierung gewährleisten. Die einzustellenden Hüft- und Kniewinkelpositionen entsprechen den Kriterien des Geräts DAVID 110. Um das Mitwirken der Hilfsmuskulatur Mm. Iliacus und M.

rectus femoris möglichst gering zu halten, gibt es auch hier eine spezielle Vorrichtung zur Beckenfixierung (Denner, 1995). Das mögliche Bewegungsausmaß liegt zwischen 57° Beugung und -32° Streckung. Den Hauptanteil der Bewegungsausführung übernimmt der M. Rectus abdominis unter der Zuhilfenahme von M. Obliquus externus abdominis und M. Obliquus internus abdominis (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009).

Das Gerät DAVID 150 ermöglicht eine Seitbeugebewegung bis 73° rechts und 73° links des Rumpfes in der Frontalebene (Abb. 5).



Abb. 5: DAVID G150 (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009).

Ähnlich dem Gerät DAVID 120 ist auch hier die rechte und linke Muskelgruppe einzeln test- und trainierbar, wodurch exzentrische und konzentrische Belastungen entstehen. Die bewegungsausführende Muskulatur umfasst neben M. Psoas major und M. Quadratus lumborum auch M. Obliquus internus abdominis und M. Obliquus externus abdominis, Mm.

Intertransversarii, M. iliocostalis sowie M. longissimus (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009). Die Sitzhöhe wird mittels höhenverstellbaren Sitzes an die Rotationsachse des Patienten oder der Patientin angepasst. Hierfür gibt die Lage des Wirbelsäulensegments L3/L4 Orientierung. Zusätzlich sind noch die Schulterpölster und Oberschenkelfixatoren individuell einstellbar. Die Fixierung der Oberschenkel und folglich des Beckens soll die Zuhilfenahme der Knieextensionsmuskulatur zur Bewegungserleichterung weitgehend verhindern (Denner, 1995).

Die isometrische Maximalkraftmessung an den DAVID Geräten zeugt von einer hohen Reproduzierbarkeit und hohen Test-Retest-Korrelationskoeffizienten der Reliabilität. Die Durchführung der isometrischen Maximalkrafttests an drei Messtagen mit 72 Stunden Zeitintervall zwischen den einzelnen Testungen zeigen Korrelationskoeffizienten von $r=0,97-0,98$ für die Rumpffextensoren, $r=0,97-0,99$ für die Rumpfflexoren bei, $r=0,94-0,98$ rechts und $r=0,86-0,98$ links für die Rumpfseitbeuge und $0,98-0,99$ für die links und rechtsseitige Rumpfrotation (Denner, 1995). Kienbacher et al. (2014) belegen an 86 gesunden Männern und Frauen die Reliabilität im Test-Retest-Verfahren der isometrischen Maximalkraftmessung an den DAVID Geräten 110, 120 und 130. Die Korrelationskoeffizienten von zwei Messzeitpunkten mit einem Intervall von sechs Wochen liegen für das Gerät DAVID 110 bei $r=0,80-0,91$ bei den Männern und $r=0,78-0,86$ bei den Frauen, für das Gerät DAVID 120 bei $r=0,83-0,87$ bei den Männern und $r=0,80-0,84$ bei den Frauen und für das Gerät DAVID 130 bei $r=0,81-0,91$ bei den Männern und $r=0,85-0,92$ bei den Frauen.

2.1.2 Eingangs- und Ausgangsdiagnostik

Das DAVID Wirbelsäulenkonzept stellt eine einfache Möglichkeit zur Evaluation der Funktionsfähigkeit der Wirbelsäule dar. Die einzelnen Messwerte können mit Daten einer entsprechenden Referenzgruppe verglichen und zudem noch als individueller Fortschrittsreport der Vorher/Nachher- Messdaten in Tabelle und Grafik dargestellt werden (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009).

Die Eingangsdiagnostik stellt die erste Einheit und somit den Beginn des Rehabilitationsprogramms dar. Es werden zuerst ein Anamnesebogen und die Fragebögen Roland Morris und EQ5D ausgefüllt. Anschließend finden ein Anamnesegespräch mit dem Therapeuten oder der Therapeutin, die Erhebung der anthropometrischen Daten sowie die Beweglichkeits- und Kraftmessung an den DAVID-Geräten statt. Zusätzlich wird eine Überprüfung der Gleichgewichtsfähigkeit auf der MFT Challenge Disc am Level 4

durchgeführt und die erreichte Punktezahl notiert. Das Ergebnis der Messung und das weitere Vorgehen werden anschließend mit dem Bezugsarzt oder der Bezugsärztin besprochen.

Die Ausgangsdiagnostik hat einen sehr ähnlichen Verlauf und findet optimaler Weise unmittelbar nach Absolvierung aller Therapieeinheiten statt. Es werden wieder die Fragebögen Roland Morris und EQ5D ausgefüllt, anstelle des Anamnesebogens jedoch ein Feedback Fragebogen. Die Beweglichkeits- und Kraftmessung findet im selben Ausmaß wie bei der Eingangsdiagnostik statt. Im Anschluss an die Ausgangsdiagnostik erfolgt die letzte Hauptuntersuchung beim Arzt oder bei der Ärztin, wo die Messergebnisse und der Therapieverlauf besprochen werden.

Die Beweglichkeits- und Kraftmessung für den Rumpf erfolgt an vier Geräten, die auf die Rückenstreckmuskulatur, die gerade Bauchmuskulatur, die Rotations- sowie die Seitbeugemuskulatur abzielen. Die Geräte lassen sich stufenlos auf die Körpergröße des Patienten oder der Patientin einstellen und die jeweilige Einstellung auf einer eigenen DAVID EVE Karte mit RFID Seriennummer im Programm EVE (eValuted Exercise) Professional, einem Messsystem, um speziell mit DAVID Konzepten zu arbeiten, speichern. Somit ist die exakt idente Geräteeinstellung für die jeweilige Person bei jeder Diagnostik gewährleistet (DAVID Knowledge Base, EVE-Manual, 2009). Bei der Ermittlung der Beweglichkeit im Rumpf gilt es, so weit wie möglich, aber ohne schwunghafte Bewegung, den Körper in der jeweiligen Achse zu beugen, zu drehen beziehungsweise zu strecken. Die mit dem Hebelarm erreichten Grade werden mit der DAVID EVE Karte im EVE Professional Programm gespeichert. Für die Kraftmessung werden vordefinierte Winkeleinstellungen übernommen. Die Messungen der Rückenstreckmuskulatur, Seitbeuge- und Rotationsmuskulatur werden bei jeweils 30° Beugung beziehungsweise Verdrehung durchgeführt. Die Messung der geraden Bauchmuskulatur wird im aufrechten Sitz bei 0° durchgeführt. Ist eine vordefinierte Winkeleinstellung für die zu messende Person auf Grund von Schmerzen oder fehlendem Bewegungsausmaß nicht möglich, wird auf einen geringeren Winkel zurückgegriffen und im Weiteren in der Patientenakte dokumentiert. Ist der Patient in die entsprechende Winkeleinstellung gebracht, wird er in dieser fixiert. Nach Instruktionen auf die folgende Aufgabe und einem Countdown von drei Sekunden drückt der Patient, so fest er kann, fünf Sekunden lang in die jeweils zu messende Bewegungsrichtung gegen den Hebelarm. Die isometrische Kraft wird in Newtonmeter gemessen und am Bildschirm angezeigt. Nach einer kurzen Pause hat die Person einen zweiten Versuch, höhere Kraftwerte zu erreichen. Der bessere Wert wird im Programm EVE Professional gespeichert. Die jeweils erreichten Kraftwerte werden zu erreichenden Referenzwerten gegenübergestellt.

Zur Veranschaulichung des Messergebnisses wird das Wirbelsäulenprofil als numerische Datentabelle und als grafische Darstellung mit Vergleich zu den Referenzwerten in der Patientenakte abgelegt. Dieses Ergebnis bespricht der jeweilige Bezugsarzt oder die Bezugsärztin mit dem Patienten oder der Patientin.

Bei speziellen Kontraindikationen wird die isometrische Kraftmessung nicht, beziehungsweise nur bei Freigabe des entsprechenden Arztes oder der entsprechenden Ärztin, durchgeführt. Kontraindikationen sind unter anderem akuter Bandscheibenvorfall, starke Osteoporose, gynäkologische Operation in den letzten vier Monaten, frische Frakturen, schwere Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Aortenaneurysma, frischer Schlaganfall und außergewöhnlich hoher Blutdruck (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Handbuch, 2009).

2.1.3 Medizinische Trainingstherapie

Eine Krafttrainingseinheit zählt als zwei Einheiten des Rehabilitationsprogramms und dauert 90 Minuten, wovon die ersten 20 Minuten für das Aufwärmen am Radergometer oder am Laufband verwendet werden. Anschließend folgt das wirbelsäulenspezifische Krafttraining auf den Kraftgeräten von DAVID in Form eines Kraftausdauertrainings. Grundsätzlich sind bei jeder Übung drei Sätze zu je 18 Wiederholungen zu absolvieren. Bei jenen Übungen, die die rechte und linke Körperseite gesondert trainieren, wie bei den Geräten DAVID 120 und DAVID 150 für die Rotations- und der Seitbeugemuskulatur, sind zwei Sätze pro Seite zu je 18 Wiederholungen zu absolvieren. Das Krafttraining beinhaltet für alle Patienten und Patientinnen die vier Kraftgeräte für den Rumpf, die bei den Diagnostiken gemessen werden. Die hierfür anfangs einzustellenden Trainingsgewichte werden auf Basis der Eingangsdiagnostik und den Empfehlungen des Bezugsarztes beziehungsweise der Bezugsärztin gewählt, werden bei Bedarf aber individuell angepasst. Der Großteil der Personen startet mit 30% des 1 Repetition Maximums, der ersten Phase des Kraftaufbautrainings. Hierfür wird die isometrische Kraft als Drehmoment in Newtonmeter in Trainingsgewichte in Kilogramm umgewandelt. Da die Umwandlung der isometrischen Kraft in die Trainingslast jedoch auch Schätzungen impliziert, kann in einzelnen Fällen das berechnete Gewicht nicht optimal entsprechen (DAVID Knowledge Base, Wirbelsäulenkonzept-Referenzdaten, 2009). Hier werden dann die notwendigen Anpassungen in Absprache mit dem Patienten oder der Patientin und Ausprobieren der Trainingslast vorgenommen. Zusätzlich können, individuell auf die jeweilige Person abgestimmt, weitere Krafttrainingsgeräte von DAVID in den Trainingsplan aufgenommen werden, jedoch werden diese nicht in der Diagnostik berücksichtigt. Außerdem ist

mindestens eine Sensomotorikübung, beispielsweise am Posturomed (HAIDER BIOSWING GmbH, Pullenreuth, Deutschland) oder der MFT-Platte (TST Trend Sport Trading GmbH, Kirchberg, Österreich), Teil der Trainingstherapie. Die Patienten und Patientinnen verwenden im Training jeweils ihre eigene Therapiedokumentation. Hier werden für jedes einzelne Gerät die verwendeten Gewichte vom Therapeutenteam und die durchgeführten Wiederholungen und Sätze sowie die Bewertung des Anstrengungsempfindens nach einer BORG-Skala, von 6 „sehr sehr leicht“ bis 20 „sehr sehr anstrengend“, von den Patienten und Patientinnen notiert. Die BORG-Skala für das Anstrengungsempfinden weist eine hohe Reproduzierbarkeit mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,91-0,92 auf. Diese Skala findet im Bereich von klinischen Studien mit herzkranken Personen, Trainingsstudien mit Sportlern und Sportlerinnen oder auch im Präventions- und Rehabilitationssetting häufig Anwendung. Außerdem können hierdurch Trainingsempfehlungen besonders im Ausdauertraining, aber auch im Krafttraining und die Übungsvorgaben gesteuert werden (Löllgen, 2004). Somit ist ein übersichtlicher Verlauf der Trainingstherapie sowohl für das Rehabilitationsteam als auch für die Patienten und Patientinnen ersichtlich.

2.2 Messinstrumente

Die Parameter Kraft an den vier DAVID Geräten, Schmerz, Funktionsfähigkeit und Gesundheitszustand an zwei Zeitpunkten bilden die Grundlage für die Analyse in dieser Arbeit. Die Messdaten der Eingangsdiagnostik repräsentieren das Ausgangsniveau der einzelnen Personen. Durch die Messdaten der Ausgangsdiagnostik kann eine Entwicklung der einzelnen Variablen berechnet und eine mögliche Wirksamkeit des Krafttrainings abgeleitet werden. Durch die Längsschnittbetrachtung der Messdaten werden Veränderungen zwischen den zwei Messzeitpunkten sichtbar gemacht.

2.2.1 Messparameter Kraft

Die Ermittlung der Maximalkraft kann manuell oder mithilfe von Geräten und Maschinen erfolgen.

Zur manuellen Diagnostik der Muskelkraft werden nach Gräfe (2004) die Grundwerte von fünf bis null festgelegt. Der Muskelwert fünf spiegelt eine normale Kraft wider, mit der der gesamte Bewegungsweg durchgeführt sowie Widerstände überwunden werden können. Muskelwert vier bezeichnet 75%, Muskelwert drei 50% und Muskelwert zwei 25% der Kraft.

Bei Muskelwert eins ist keine Bewegung des entsprechenden Körperteils möglich. Der Muskelwert null beschreibt die vollständige Lähmung der Zielmuskulatur. Die manuelle Diagnostik dient mehr einer groben Einschätzung der Kraft, die durch unterschiedliche Untersuchungspersonen beeinflusst werden kann.

Eine deutlich genauere Kraftdiagnostik ermöglichen Kraftgeräte und -maschinen. Im Besonderen werden dynamische und statische Krafttests unterschieden.

Die dynamischen Krafttests können entsprechend der Arbeitsformen der Muskulatur konzentrisch oder exzentrisch erfolgen. Eine besonders häufige Anwendung der dynamisch-konzentrischen Maximalkrafttestung findet sich in der Ermittlung des 1 Repetition Maximums (1RM). Das 1 Repetition Maximum beschreibt das einmalige Überwinden eines maximal möglichen Widerstands (Weineck, 2010a).

Anhand eines zwölfwöchigen Krafttrainings mit zwei Trainingseinheiten pro Woche erkennen Kemmler et al. (2005) die Bedeutung der Lastvorgabe durch eine Eingangsdiagnostik mit Testung des 1 Repetition Maximums. Die Personen, die mit vorgegebenen Trainingsgewichten entsprechend der Eingangsdiagnostik trainieren, zeigen tendenziell beziehungsweise signifikant höhere Maximalkraftzuwächse als jene Personen, die subjektiv das Trainingsgewicht zur Ausbelastung schätzen.

Die statischen Testverfahren sind durch die maximale isometrische Muskelkontraktion bestimmt. Mit Hilfe von computergestützten isokinetischen Testgeräten wird die maximale Kraft gegen einen unüberwindbaren Widerstand über Kraftsensoren als Drehmoment ermittelt (Weineck, 2010a). Radlinger et al. (1998) beschreiben das Drehmoment als Produkt aus Kraft und Hebelarm, der Abstand der Kraft vom Drehpunkt, angegeben in Newtonmeter. Für statische Maximalkraftmessungen ist die optimale Positionierung der Personen am Gerät ausschlaggebend, sodass die Gelenksachsen mit den Achsen des Hebelarmes der Geräte übereinstimmen. Zusätzlich wird die isometrische Maximalkraft vom festgelegten Gelenkwinkel beeinflusst, weshalb ein standardisiertes Konzept zu den Winkeleinstellungen zur optimalen Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit empfohlen wird (Weineck, 2010a). Zur Ermittlung der isometrischen Maximalkraft empfehlen Radlinger et al. (1998) einen sechs Sekunden Test, bei dem rasch eine maximal hohe Kraft zu entwickeln und diese sechs Sekunden zu halten ist, da sich die volle Kraftleistung erst nach zwei bis vier Sekunden entfaltet. Denner (1998) wählt eine Zeitspanne von fünf Sekunden zur Ermittlung der isometrischen Maximalkraft, damit in den ersten drei Sekunden die Maximalkraft entfaltet und anschließend weitere zwei Sekunden gehalten werden kann. Wilson et al. (1993) benennen die statische Maximalkraftmessung an Geräten als

Testmethode mit der höchsten Reliabilität und Reproduzierbarkeit von unterschiedlichsten Maximalkraftmessungen.

Die für die Analyse dieser Arbeit verwendeten DAVID Geräte ermöglichen eine isometrische Maximalkraftmessung als Methode für die Kraftdiagnostik.

2.2.2 Messparameter Schmerz

Der Messparameter Schmerz wurde in dieser Arbeit mittels horizontaler Visueller Analogskala für Schmerz (VAS) bezüglich der aktuellen Rückenbeschwerden erfasst. Die VAS ermöglicht eine valide Beurteilung des subjektiv empfundenen Schmerzes. Die Skala reicht von „0“, gleichbedeutend mit „keine Schmerzen“, bis „10“, „stärkste vorstellbare Schmerzen“ und zeigt einen Farbverlauf von grün über gelb bis dunkelrot. Die Patienten und Patientinnen sind dazu angehalten, sich selbst auf dieser Skala nach Wortbeschreibung und Wertangabe einzuordnen (Olaogun et al., 2004).

Ogon et al. (1996) zeigen, dass die horizontale VAS im Vergleich zur vertikalen VAS eine höhere Sensitivität, als Wahrscheinlichkeit, ein positives Testergebnis als ein solches zu erkennen, bei Patienten und Patientinnen mit chronischen Rückenschmerzen aufweist. Es gibt auch keine Verringerung der Fehlerrate durch zusätzliche mündliche Erklärungen in der Verwendung der VAS-Waage, eine kurze schriftliche Einführung für den Patienten oder die Patientin in die Anwendung der Skala reicht aus. Williamson und Hoggart (2005) meinen hingegen, dass die Sensitivität der vertikalen beziehungsweise horizontalen VAS von der traditionellen Leserichtung der befragten Bevölkerungsgruppen abhängig ist. Allgemein sehen sie die VAS als ein robustes, reliables und valides Messinstrument zur Erfassung der subjektiven Schmerzen. Die VAS-Werte haben nach Myles et al. (1999) die Eigenschaften einer linearen Rationalskala, wodurch die Verwendung von parametrischen Tests bei vorliegender Normalverteilung der VAS-Werte zur statistischen Auswertung gestattet ist.

2.2.3 Messparameter Funktionsfähigkeit

Hildebrandt und Pfingsten (2012) sehen die Verwendung von Fragebögen als ökonomisches Verfahren, bestimmte Merkmalsausprägungen zu erfassen und bezüglich einer Referenzgruppe einordnen zu können.

Der Messparameter Funktionsfähigkeit wird in dieser Arbeit mit dem Fragebogen Roland Morris erhoben. Der reliable und valide Fragebogen zur Erhebung der rückenspezifischen und subjektiven Beeinträchtigung für Patienten und Patientinnen mit Rückenschmerzen ist

der Disability Questionnaire von Roland und Morris aus dem Jahr 1983 (Hildebrandt & Pfingsten, 2012). Mit 24 Items werden unterschiedliche Verhaltensweisen im Alltag des Patienten oder der Patientin dargestellt, deren Zutreffen eindeutig mit ja oder nein durch den Patienten oder die Patientin zu beurteilen sind, beispielsweise: „Aufgrund meiner Rückenschmerzen halte ich mich beim Treppensteigen stets am Geländer fest“. Bei Zutreffen eines Items wird jeweils ein Punkt vergeben, wodurch sich eine maximale Punktzahl von 24 Punkten ergibt. Durch den gebildeten Summenscore aus allen Antworten lässt sich der Grad der Beeinträchtigung bestimmen, wobei ein hoher Summenscore eine starke Beeinträchtigung und somit ein schlechtes Ergebnis widerspiegelt (Roland & Morris, 1983).

2.2.4 Messparameter Gesundheitszustand

Der Messparameter Gesundheitszustand wird in dieser Arbeit mit dem Fragebogen EQ5D-3L erhoben. Der reliable, standardisierte und valide EuroQol-Fragebogen zeigt in fünf Kategorien den Gesundheitszustand des Patienten oder der Patientin (Hildebrandt und Pfingsten, 2012). Diese Kategorien sind: „Beweglichkeit/Mobilität“, „Für sich selbst sorgen“, „Allgemeine Tätigkeiten“, „Schmerzen/Körperliche Beschwerden“ und „Angst/Niedergeschlagenheit“. In jeder Kategorie gibt es drei Antwortmöglichkeiten mit zunehmender Einschränkung der einzelnen Gesundheitsfaktoren, und zwar von „keine Probleme/Beschwerden“ bis zu „extreme Probleme/Beschwerden“ mit steigender Punktegewichtung. Für den ersten Antwortlevel wird ein Punkt vergeben, was gleichbedeutend ist mit keinen Einschränkungen. Für die zweite Antwortmöglichkeit werden zwei Punkte vergeben und für die dritte drei Punkte. Daraus ergibt sich ein Summenscore von fünf bis maximal 15 Punkten, wobei eine höhere Gesamtpunktzahl eine stärkere Beeinträchtigung und somit einen schlechteren Gesundheitszustand bedeutet.

Zusätzlich wird der aktuelle Gesundheitszustand erhoben, wobei hier den Tag der Diagnostik gemeint ist. Auf einer Skala von „0“ als denkbar schlechtester Gesundheitszustand bis „100“ als denkbar bester Gesundheitszustand ist die aktuelle Einschätzung vom Patienten oder der Patientin zu kennzeichnen (The EuroQol Group, 1990). Van Agt et al. (1994) zeigen mit einer niederländischen Bevölkerungsumfrage eine gute Test-Retest-Reliabilität der EuroQol Fragebögen. Aufgrund der Einfachheit und Kürze ist die Compliance der Patienten und Patientinnen beim Ausfüllen des Fragebogens hoch (Hildebrandt & Pfingsten, 2012).

In dieser Arbeit kommt aufgrund der Aufzeichnungen der Messdaten ausschließlich der Summenscore aus den fünf Kategorien zum Einsatz.

2.3 Stichprobe

Die Daten für die Analyse beschreiben all jene Patienten und Patientinnen, die im Zeitraum von 01.01.2015 bis 31.03.2018 im DAVID Institut Krems das Rehabilitationsprogramm für Wirbelsäule der Phase drei absolviert haben. Das bedeutet, sowohl die Eingangsdiagnostik, als auch die Ausgangsdiagnostik müssen in diesem Zeitraum stattgefunden haben. 541 Patienten und Patientinnen erfüllen diese Grundvoraussetzung.

Die Daten werden vollständig anonymisiert und unter den Vorgaben der Ethikrichtlinien von Helsinki verwendet (Denner, 1998).

2.3.1 Ausschlusskriterien

Um einen gänzlich vollständigen und aussagekräftigen Datensatz zu erhalten, werden insgesamt sieben Ausschlusskriterien formuliert und eingesetzt. Der Großteil der ausgeschlossenen Datensätze ist durch den Abbruch des Rehabilitationsprogramms bedingt. Insgesamt haben 123 Patienten und Patientinnen das Programm wegen unterschiedlicher, nicht näher beschriebener Ursachen abgebrochen. Mit 22,74% der gesamten Stichprobe ist der Abbruch des Rehabilitationsprogramms das deutlich gewichtigste Ausschlusskriterium. Zusätzlich werden all jene Patienten und Patientinnen ausgeschlossen, die eine unvollständige Eingangs- oder Ausgangsdiagnostik bezüglich der Kraftmessung aufweisen. Auch hier gibt es unterschiedliche Gründe, die aber nicht näher erläutert werden. Sowohl die Eingangs- als auch die Ausgangsdiagnostik zeigen jeweils 13 unvollständige Kraftmessergebnisse. Um eine bessere Vergleichbarkeit und inhaltlich gewichtige Aussagen treffen zu können, werden auch all jene Patienten und Patientinnen in der Auswertung nicht berücksichtigt, die weniger als 30 Trainingseinheiten vor der Ausgangsdiagnostik absolviert haben, mehr als sechs Wochen Pause zwischen dem letzten Training und der Ausgangsdiagnostik haben oder mehr als neun Wochen Trainingspause am Stück im Rehabilitationsverlauf aufweisen. Insgesamt werden 52 Datensätze durch diese drei genannten Kriterien ausgeschlossen. Zuletzt werden noch vier Datensätze exkludiert, da von diesen Patienten und Patientinnen nur unvollständige oder keine Fragebögen vorliegen.

Somit kommen, abzüglich aller sieben Ausschlusskriterien mit insgesamt 205 Drop Outs, die Daten von 336 Patienten und Patientinnen in die Analyse und Auswertung des Rehabilitationsprogramms.

2.3.2 Flow Diagram

Die Ausschlusskriterien werden in jener Reihenfolge wirksam, wie sie in der nachfolgenden Grafik dargestellt werden (Abb. 6), eine Mehrfachnennung ist hierbei nicht möglich.

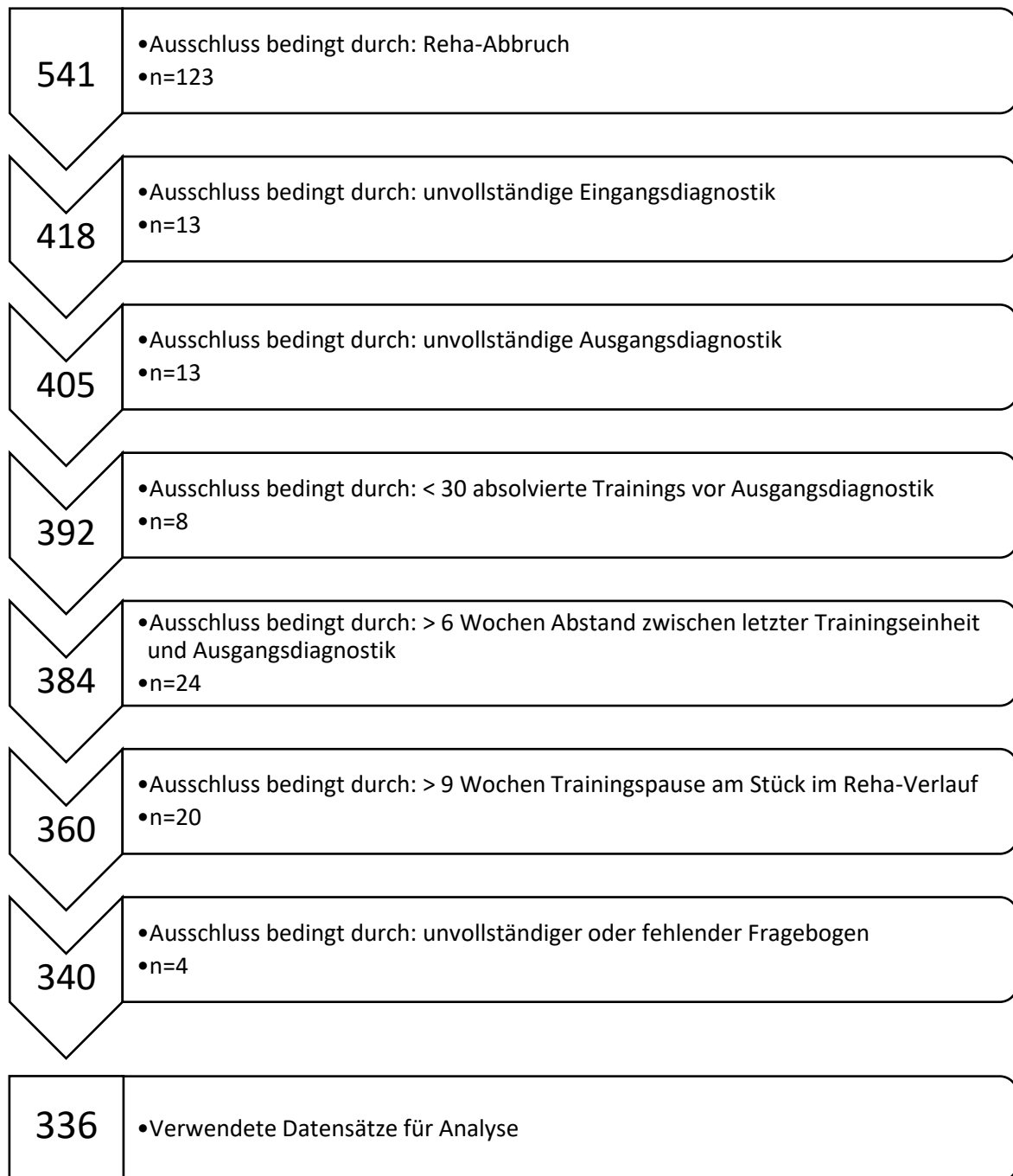


Abb. 6: Flow Diagram

2.3.3 Deskriptive Statistik

Von den insgesamt 336 Personen sind 172 Frauen (51,2%) und 164 Männer (48,8%), 32 Personen sind an der Wirbelsäule operiert (9,5%) und 304 Personen sind nicht operiert (90,5%). Die Patienten und Patientinnen sind durchschnittlich $171,16 \pm 8,56$ Zentimeter groß und wiegen im Schnitt $80,87 \pm 16,05$ Kilogramm. Die Personen des Rehabilitationsprogramms sind im Schnitt $52,61 \pm 7,88$ Jahre alt. In sieben Kategorien eingeteilt (in Jahren: 1: <20; 2: 20-29,9; 3: 30-39,9; 4: 40-49,9; 5: 50-59,9; 6: 60-69,9; 7: ≥ 70) zeigt das Alter die deutlich größte Ausprägung in der fünften Kategorie (54,2%), wie in Tabelle 2 ersichtlich. Es hat keine Person unter 20 Jahren an dem Rehabilitationsprogramm teilgenommen, lediglich drei Personen (0,9%) beziehungsweise vier Personen (1,2%) fallen in die zweite beziehungsweise siebente Kategorie. Kategorie drei (5,1%), vier (25,3%) und sechs (13,4%) sind mittelmäßig stark ausgeprägt (Tab. 2).

Tab. 2: Alterskategorien

	Häufigkeit	Prozent	Kumulierte Prozent
20-29,9	3	,9	,9
30-39,9	17	5,1	6,0
40-49,9	85	25,3	31,3
50-59,9	182	54,2	85,4
60-69,9	45	13,4	98,8
≥ 70	4	1,2	100
Gesamt	336	100	

Die durchschnittliche Dauer des Rehabilitationsprogramms beträgt $33,73 \pm 9,05$ Wochen, was umgerechnet rund siebeneinhalb Monate sind. Die Rehabilitationsdauer in fünf Kategorien eingeteilt (in Wochen: 1: ≤ 20 ; 2: 20,01-30; 3: 30,01-40; 4: 40,01-50; 5: > 50) zeigt ein mit 35,7% und 36,0% nahezu gleichgroßes häufigstes Auftreten in der zweiten und dritten Kategorie, wie in Tabelle 3 ersichtlich. Die Kategorien eins (3,9%), vier (17,9%) und fünf (6,5%) sind deutlich geringer ausgeprägt (Tab. 3).

Tab. 3: Dauer der Rehabilitation in Kategorien

	Häufigkeit	Prozent	Kumulierte Prozent
≤20 Wochen	13	3,9	3,9
20,01-30 Wochen	120	35,7	39,6
30,01-40 Wochen	121	36	75,6
40,01-50 Wochen	60	17,9	93,5
>50 Wochen	22	6,5	100
Gesamt	336	100	

Ein Unterschied bezüglich Alter und Dauer der Rehabilitation zwischen Männern und Frauen ist, weder absolut noch in Kategorien eingeteilt, kaum gegeben. Die Frauen sind im Schnitt jedoch $165,01 \pm 5,25$ Zentimeter groß und $73,82 \pm 14,9$ Kilogramm schwer, die Männer hingegen $177,61 \pm 6,33$ Zentimeter groß und $88,26 \pm 13,75$ Kilogramm schwer. Zwischen an der Wirbelsäule operierten und nicht operierten Personen bestehen bezüglich Geschlecht sowie durchschnittlichem Alter, Größe, Gewicht und Dauer der Rehabilitation keine wesentlichen Unterschiede.

Die maximal erreichte isometrische Kraft an den einzelnen DAVID Geräten liegt bei den Patienten und Patientinnen bei der Eingangsdiagnostik im Mittel bei DAVID 110: 193 ± 104 Newtonmeter, DAVID 120 links: 105 ± 54 Newtonmeter, DAVID 120 rechts: 101 ± 52 Newtonmeter, DAVID 130: 112 ± 48 Newtonmeter, DAVID 150 links: 114 ± 63 Newtonmeter und DAVID 150 rechts: 115 ± 65 Newtonmete. Nach der Trainingsintervention liegen die durchschnittlichen Kraftwerte bei DAVID 110: 258 ± 122 Newtonmeter, DAVID 120 links: 136 ± 60 Newtonmeter, DAVID 120 rechts: 131 ± 59 Newtonmeter, DAVID 130: 133 ± 51 Newtonmeter, DAVID 150 links: 158 ± 72 Newtonmeter und DAVID 150 rechts: 160 ± 75 Newtonmeter. Die durchschnittliche Bewertung nach der VAS liegt bei der Eingangsdiagnostik bei $3,96 \pm 1,97$ und bei der Ausgangsdiagnostik bei $2,55 \pm 2,05$. Der Summenscore des Roland Morris Fragebogens beziehungsweise des EQ5D-3L beträgt bei der Eingangsdiagnostik im Schnitt $4,88 \pm 4,45$ beziehungsweise $6,70 \pm 1,30$ und bei der Ausgangsdiagnostik $4,03 \pm 4,24$ beziehungsweise $6,38 \pm 1,34$.

Zur besseren Übersicht und Veranschaulichung wird die deskriptive Statistik der gesamten Stichprobe in Tabelle 4 dargestellt (Tab. 4).

Tab. 4: Stichprobenbeschreibung

Variable	Wirbelsäulenrehabilitation
Probanden und Probandinnen	n=336 (100%)
Männer	n=164 (48,8%)
Frauen	n=172 (51,2%)
Wirbelsäule operiert	n=32 (9,5%)
Wirbelsäule nicht operiert	n=304 (90,5%)
Alter (Jahre)	52,61±7,88
Alter in Kategorie <20 (Jahre)	n=0 (0%)
Alter in Kategorie 20-29,9 (Jahre)	n=3 (0,9%)
Alter in Kategorie 30-39,9 (Jahre)	n=17 (5,1%)
Alter in Kategorie 40-49,9 (Jahre)	n=85 (25,3%)
Alter in Kategorie 50-59,9 (Jahre)	n=182 (54,2%)
Alter in Kategorie 60-69,9 (Jahre)	n=45 (13,4%)
Alter in Kategorie ≥70 (Jahre)	n=4 (1,2%)
Körpergröße (cm)	171,16±8,56
Körpergewicht (kg)	80,87±16,05
Reha-Dauer (Wochen)	33,73±9,05
Dauer in Kategorie ≤20 (Wochen)	n=13 (3,9%)
Dauer in Kategorie 20,01-30 (Wochen)	n=120 (35,7%)
Dauer in Kategorie 30,01-40 (Wochen)	n=121 (36,0%)
Dauer in Kategorie 40,01-50 (Wochen)	n=60 (17,9%)
Dauer in Kategorie >50 (Wochen)	n=22 (6,5%)
110 Maximalkraft Eingang (Nm)	193±104
120 links Maximalkraft Eingang (Nm)	105±54
120 rechts Maximalkraft Eingang (Nm)	101±51
130 Maximalkraft Eingang (Nm)	112±48
150 links Maximalkraft Eingang (Nm)	114±63
150 rechts Maximalkraft Eingang (Nm)	115±65
110 Maximalkraft Ausgang (Nm)	258±122
120 links Maximalkraft Ausgang (Nm)	136±60
120 rechts Maximalkraft Ausgang (Nm)	131±59
130 Maximalkraft Ausgang (Nm)	133±51
150 links Maximalkraft Ausgang (Nm)	158±72
150 rechts Maximalkraft Ausgang (Nm)	160±75
VAS Eingang	3,96±1,97
Roland Morris Eingang	4,88±4,45
EQ5D Eingang	6,70±1,30
VAS Ausgang	2,55±2,05
Roland Morris Ausgang	4,03±4,24
EQ5D Ausgang	6,38±1,34

2.4 Analyse

Die Auswertung der Daten und die Hypothesentests werden mit dem Statistikprogramm IBM® SPSS Statistics® Version 24 durchgeführt. Für die Interferenzstatistik zur Unterschiedsüberprüfung der Parameter Kraft, Schmerz, Funktionsfähigkeit und Gesundheitszustand von Eingangs- zu Ausgangsdiagnostik werden mehrere abhängige Varianzanalysen durchgeführt. Die Bivariate Statistik zur Zusammenhangsüberprüfung wird mittels Korrelation nach Pearson beziehungsweise Rangkorrelation nach Spearman berechnet. Zur Überprüfung des Zusammenhangs unterschiedlicher Parameter mit der Entwicklung bestimmter Parameter, beispielsweise der Kraft an den einzelnen Testgeräten, werden neue Variablen als Differenz von Ausgangsdiagnostik abzüglich Eingangsdiagnostik berechnet. Für die Unterschiedsüberprüfung der Differenz zwischen Eingangs- und Ausgangsdiagnostik von den tatsächlich erreichten Kraftwerten und den zu erreichenden Referenzwerten der einzelnen Personen werden neue Variablen als Differenz der Kraftwerte abzüglich der Referenzwerte berechnet. Auch für die Unterschiedsüberprüfung zwischen Eingangs- und Ausgangsdiagnostik der links/rechts-Differenz der DAVID Geräte 120 und 150 werden neue Variablen als Betrag der Differenz von linker Seite abzüglich rechter Seite berechnet.

Die gewählte Irrtumswahrscheinlichkeit für den α -Fehler liegt bei $p < 0,05$, das entspricht einem Signifikanzniveau von 5%.

Um Auswertungsunschärfen und Fehlinterpretationen zu vermeiden, werden, wie in Kapitel 2.3.1 beschrieben, alle Datensätze mit Abweichungen von der standardisierten Diagnostik eliminiert und nur vollständige Datensätze zur Analyse herangezogen, die keine wesentlichen Abweichungen vom empfohlenen Rehabilitationsverlauf zeigen.

3. Resultate

3.1 Hypothese H1a

Die Hypothese H1a legt die Annahme nahe, dass es nach einer rumpfspezifischen Krafttrainingsintervention im Zuge des Rehabilitationsprogramms Wirbelsäule der Phase drei zu einer Steigerung der isometrischen Maximalkraft kommt. Hierfür werden alle vier Geräte, DAVID 110, 120, 130 und 150, einzeln untersucht.

An allen vier Geräten, und ebenso die linke und rechte Seite bei den Geräten DAVID 120 und DAVID 150, ist ein signifikanter Unterschied zwischen der Eingangsdiagnostik und der Ausgangsdiagnostik festzustellen. Die asymptotische Signifikanz liegt jeweils bei $p=0,000$. Der Unterschied basiert in allen sechs Fällen darauf, dass die Ausgangsdiagnostik höhere Kraftwerte aufweist als die Eingangsdiagnostik (Tab. 5).

Tab. 5: Unterschied Kraftwerte – Wilcoxon-Test

	2_110- 1_110	2_120li- 1_120li	2_120re- 1_120re	2_130- 1_130	2_150li- 1_150li	2_150re- 1_150re
Z	-14,300	-14,149	-14,276	-12,704	-14,364	-14,170
Asymptotische Sig. (2-seitig)	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Somit kann die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese, dass ein signifikanter Unterschied bezüglich der Kraftwerte bei den einzelnen DAVID Geräten 110, 120, 130 und 150 zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik besteht, angenommen werden.

Auch bei der geschlechtergetrennten Analyse lassen alle Kraftmessungen, sowohl der weiblichen als auch der männlichen Personen, einen signifikanten Unterschied ($p=0,000$) zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik erkennen. Beide Geschlechter zeigen an allen DAVID Geräten signifikant höhere Kraftwerte bei der Ausgangsdiagnostik im Vergleich zur Eingangsdiagnostik. Der größte Kraftzuwachs ist bei beiden Geschlechtern beim Gerät DAVID 110 festzustellen, der geringste bei beiden Geschlechtern beim Gerät DAVID 130. Demnach kann auch hier, für Männer und Frauen getrennt, die Alternativhypothese angenommen werden.

In den unterschiedlichen Alterskategorien können lediglich zwischen 30 und 69,9 Jahren signifikante Steigerungen der isometrischen Maximalkraft aufgezeigt werden ($p=0,000$ -

$p=0,006$). Die Nullhypothese kann lediglich für die Altersgruppen zwischen 30 und 69,9 Jahren verworfen werden.

3.2 Hypothese H1b

Die Hypothese H1b besagt, es besteht ein signifikanter Unterschied bezüglich der Schmerzangaben auf Basis der Visuellen Analogskala für Schmerzen zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik.

Mithilfe eines abhängigen Mittelwertvergleiches kann ein signifikanter Unterschied der Schmerzangaben zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik festgestellt werden ($p=0,000$). Die Schmerzangabe an der Visuellen Analogskala für Schmerzen liegt bei der Ausgangsdiagnostik im Schnitt um 1,41 Punkte unter dem Wert der Eingangsdiagnostik. Somit kann die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese, dass ein signifikanter Unterschied bezüglich der Schmerzangaben an der Visuellen Analogskala für Schmerzen zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik besteht, angenommen werden.

Zusätzlich zeigen auch Frauen und Männer getrennt betrachtet eine signifikante Senkung der Schmerzangaben bei der Ausgangsdiagnostik im Vergleich zur Eingangsdiagnostik ($p=0,000$). Bei den Frauen sinkt die Schmerzangabe im Mittel um 1,42 Punkte und bei den Männern um 1,41 Punkte. So kann auch speziell für Männer und Frauen die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden, dass das Rehabilitationsprogramm zu einem signifikanten Unterschied zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik bezüglich der Schmerzangaben im Sinne einer Schmerzreduktion führt.

In den Alterskategorien 20-29,9 Jahre und ≥ 70 Jahre kann kein signifikanter Unterschied bezüglich der Schmerzangaben zwischen der Eingangs- und Ausgangsdiagnostik festgestellt werden. Die weiteren Altersgruppen zeigen signifikant niedrigere Schmerzangaben bei der Ausgangsdiagnostik als bei der Eingangsdiagnostik, die statistische Signifikanz liegt bei der Altersgruppe zwischen 30-39,9 Jahren bei $p=0,015$, bei den restlichen drei Altersgruppen bei jeweils $p=0,000$. Unterteilt man die Stichprobe in Altersgruppen, kann die Nullhypothese lediglich für die Altersgruppen zwischen 30 und 69,9 Jahren verworfen werden.

3.3 Hypothese H1c

Die Hypothese H1c beschreibt einen signifikanten Unterschied bezüglich der subjektiven Funktionsfähigkeit und des Gesundheitszustandes zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik. Die Funktionsfähigkeit wird hier auf Basis des Roland Morris Fragebogens bewertet und der Gesundheitszustand mittels EQ5D-3L beurteilt.

Sowohl die Funktionsfähigkeit als auch der Gesundheitszustand werden durch das Rehabilitationsprogramm Wirbelsäule der Phase drei verbessert und zeigen jeweils eine signifikant niedrigere Punktwertung ($p=0,000$) bei der Ausgangsdiagnostik als bei der Eingangsdiagnostik (Tab. 6). Deswegen kann für beide Fälle die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden, sodass ein signifikanter Unterschied bezüglich der subjektiven Funktionsfähigkeit und des Gesundheitszustandes zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik bestätigt werden kann.

Tab. 6: Unterschied Roland Morris und EQ5D – Wilcoxon-Test

	2_RM-1_RM	2_EQ5D-1_EQ5D
Z	-5,394	-4,947
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000

Auch in der geschlechtergetrennten Betrachtung kann ein signifikanter Unterschied bezüglich der Funktionsfähigkeit und des Gesundheitszustandes zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik festgestellt werden. Die Funktionsfähigkeit verbessert sich bei den Frauen mit einer statistischen Signifikanz von $p=0,013$ und der Gesundheitszustand mit einer statistischen Signifikanz von $p=0,002$. Bei den Männern verbessern sich sowohl die Funktionsfähigkeit als auch der Gesundheitszustand jeweils signifikant mit $p=0,000$. Sowohl für Männer, als auch für Frauen kann die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden.

Auf die unterschiedlichen Alterskategorien bezogen zeigen lediglich die Personen zwischen 40-49,9 Jahre ($p=0,012$ und $p=0,038$) und 50-59,9 Jahre ($p=0,000$) signifikante Verbesserungen der Funktionsfähigkeit und des Gesundheitszustandes, bei allen weiteren Altersgruppen kann bezüglich beider Parameter kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

3.4 Hypothese H1d

Laut Hypothese H1d besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Kraftwerten bei den einzelnen DAVID Geräten 110, 120, 130 und 150 und den Schmerzangaben. Hierbei ist ein negativer Zusammenhang gemeint, sodass ein hoher Kraftwert mit einer niedrigen Angabe an der Visuellen Analogskala für Schmerzen einhergeht.

Bei der Eingangsdiagnostik aller Patienten und Patientinnen korreliert eine niedrige Schmerzangabe signifikant mit hohen Kraftwerten bei den Geräten DAVID 110 ($p=0,006$), DAVID 120 links ($p=0,050$), DAVID 120 rechts ($p=0,026$), DAVID 150 links ($p=0,001$) und DAVID 150 rechts ($p=0,0003$), der Zusammenhang ist jedoch jeweils nur ein schwacher. Bei dem Gerät DAVID 130 kann kein signifikanter Zusammenhang der Kraftwerte mit den Schmerzangaben festgestellt werden (Tab. 7).

Werden bei der Eingangsdiagnostik lediglich die Frauen betrachtet, kann nur bei dem Gerät DAVID 150 links ($p=0,010$) und rechts ($p=0,013$) ein schwacher negativer signifikanter Zusammenhang mit den Schmerzangaben beobachtet werden (Tab. 7). Die Männer zeigen hingegen bei allen Kraftmessungen an den sechs DAVID Geräten schwache negative signifikante Zusammenhänge mit den Schmerzangaben, DAVID 110 ($p=0,007$), DAVID 120 links ($p=0,043$), DAVID 120 rechts ($p=0,017$), DAVID 130 ($p=0,033$), DAVID 150 links ($p=0,001$) und DAVID 150 rechts ($p=0,003$) (Tab. 7).

Auch bei der Ausgangsdiagnostik zeigen die Schmerzangaben an der Visuellen Analogskala für Schmerzen für alle Patienten und Patientinnen betrachtet einen signifikanten negativen Zusammenhang mit den Kraftwerten der Geräte DAVID 110 ($p=0,004$), DAVID 120 links ($p=0,008$), DAVID 120 rechts ($p=0,008$), DAVID 150 links ($p=0,000$) und DAVID 150 rechts ($p=0,000$) (Tab. 7). Auch hier ist allerdings nur ein schwacher Zusammenhang erkennbar. Die Kraftwerte bei dem Gerät DAVID 130 zeigen keinen signifikanten Zusammenhang mit den Schmerzangaben (Tab. 7).

Bei den Frauen zeigt sich bei der Ausgangsdiagnostik ebenfalls bei den Geräten DAVID 110 ($p=0,004$), DAVID 120 links ($p=0,006$), DAVID 120 rechts ($p=0,006$), DAVID 150 links ($p=0,000$) und DAVID 150 rechts ($p=0,000$) ein leichter negativer signifikanter Zusammenhang mit den Schmerzangaben (Tab. 7). Bei den Männern besteht wieder bei allen sechs DAVID Geräten ein negativer signifikanter Zusammenhang der Kraftwerte mit den Schmerzangaben, DAVID 110 ($p=0,002$), DAVID 120 links ($p=0,002$), DAVID 120 rechts ($p=0,006$), DAVID 130 ($p=0,006$), DAVID 150 links ($p=0,000$) und DAVID 150 rechts ($p=0,000$) (Tab. 7). Der Zusammenhang ist statistisch gesehen auch hier jeweils ein schwacher, jedoch im Vergleich zu den Kraftwerten der Frauen und der Eingangsdiagnostiken beider Geschlechter der stärkste.

Tab. 7: Signifikanzen Korrelation Kraft-Schmerz

VAS	110	120 li	120 re	130	150 li	150 re
D1	0,006	0,050	0,026	0,087	0,001	0,003
D2	0,004	0,008	0,008	0,077	0,000	0,000
D1_weibl	0,073	0,174	0,163	0,094	0,010	0,013
D1_männl	0,007	0,043	0,017	0,033	0,001	0,003
D2_weibl	0,004	0,006	0,006	0,077	0,000	0,000
D2_männl	0,002	0,002	0,006	0,006	0,000	0,000

Für die Geräte DAVID 110, 120 und 150 kann die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden, sodass ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Kraftwerten und den Schmerzangaben besteht. Für das Gerät DAVID 130 kann die Nullhypothese nicht verworfen werden und bleibt somit bestehen.

Unter Berücksichtigung der Altersgruppen zeigt lediglich die Gruppe zwischen 40 und 49,9 Jahren signifikante, schwache, negative Zusammenhänge der Kraftwerte aller DAVID Geräte mit den Schmerzangaben. In der Gruppe von 50-59,9 Jahren kann dieser Zusammenhang nur bei dem Gerät DAVID 150 links und rechts festgestellt werden. Alle weiteren Altersgruppen zeigen keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Kraftwerten und den Schmerzangaben.

3.5 Hypothese H1e

Die Alternativhypothese H1e besagt, dass zwischen den Kraftwerten bei den einzelnen DAVID Geräten 110, 120, 130 und 150 und der subjektiven Funktionsfähigkeit sowie dem Gesundheitszustand ein signifikanter Zusammenhang besteht. Hierbei ist in der Analyse ein negativer Zusammenhang gemeint, sodass ein hoher Kraftwert mit einer niedrigen Punktwertung bei Roland Morris Fragebogen und beim EQ5D-3L Fragebogen korreliert.

Bei der Eingangsdiagnostik zeigt sich ein der Hypothese H1d ähnliches Bild. Sowohl die Funktionsfähigkeit als auch der Gesundheitszustand weisen einen signifikanten, schwachen Zusammenhang mit den Kraftwerten der Geräte DAVID 110 ($p=0,000$ und $p=0,003$), DAVID 120 links ($p=0,002$ und $p=0,013$), DAVID 120 rechts ($p=0,001$ und $p=0,022$), DAVID 150 links ($p=0,000$ und $p=0,002$) und DAVID 150 rechts ($p=0,000$ und $p=0,002$) auf (Tab. 8). Der Zusammenhang liegt negativ vor, da eine gute Funktionsfähigkeit und ein guter Gesundheitszustand mit einer möglichst niedrigen Punktwertung dargestellt

werden. Die Kraftwerte beim Gerät DAVID 130 zeigen weder mit der Funktionsfähigkeit noch mit dem Gesundheitszustand einen signifikanten Zusammenhang.

Bei der Ausgangsdiagnostik besteht zwischen der Funktionsfähigkeit und den Kraftwerten von allen Geräten ein signifikanter, schwacher Zusammenhang (Tab. 8), DAVID 110 ($p=0,000$), DAVID 120 links ($p=0,005$), DAVID 120 rechts ($p=0,008$), DAVID 130 ($p=0,019$), DAVID 150 links ($p=0,000$) und DAVID 150 rechts ($p=0,000$), sodass eine gute Funktionsfähigkeit, gleichzusetzen mit einer niedrigen Punktezahl beim Roland Morris Fragebogen, mit hohen Kraftwerten einher geht. Der Gesundheitszustand korreliert aber wieder nur mit den Kraftwerten der Geräte DAVID 110 ($p=0,000$), DAVID 120 links ($p=0,004$), DAVID 120 rechts ($p=0,008$), DAVID 150 links ($p=0,000$) und DAVID 150 rechts ($p=0,000$) signifikant. Zwischen den Kraftwerten bei dem Gerät DAVID 130 und dem Gesundheitszustand gibt es keinen signifikanten Zusammenhang (Tab. 8).

Tab. 8: Signifikanz Zusammenhang Kraft-RM/EQ5D

	110	120 li	120 re	130	150 li	150 re
D1_RM	0,000	0,002	0,001	0,163	0,000	0,000
D1_EQ5D	0,003	0,013	0,022	0,182	0,002	0,002
D2_RM	0,000	0,005	0,008	0,019	0,000	0,000
D2_EQ5D	0,000	0,004	0,008	0,070	0,000	0,000

Für die Geräte DAVID 110, 120 und 150 kann die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden, sodass ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Kraftwerten der Rückenstreckmuskulatur, der Rumpfseitbeuge- sowie der Rumpfrotationsmuskulatur und der Funktionsfähigkeit sowie dem Gesundheitszustand besteht. Für das Gerät DAVID 130 kann die Nullhypothese nicht verworfen werden und bleibt somit bestehen.

Bei einer geschlechtergetrennten Betrachtung ist zu erkennen, dass Frauen bei der Eingangsdiagnostik keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Gesundheitszustand und Kraftwerten aufweisen. Die Funktionsfähigkeit zeigt signifikante, aber sehr schwache Zusammenhänge mit den Kraftwerten der Geräte DAVID 110 ($p=0,036$), DAVID 120 links ($p=0,044$), DAVID 120 rechts ($p=0,041$), DAVID 150 links ($p=0,001$) und DAVID 150 rechts ($p=0,001$). Bei der Ausgangsdiagnostik bestehen zwischen den Kraftwerten aller Geräte, außer dem DAVID 130, und dem Gesundheitszustand signifikante, schwache Zusammenhänge. Die Funktionsfähigkeit verhält sich ähnlich, nur dass die Kraftwerte des Geräts DAVID 120 links knapp keinen signifikanten Zusammenhang mehr zeigen.

Die Männer zeigen bei der Eingangsdiagnostik signifikante, schwache bis mittlere Zusammenhänge der Kraftwerte aller Geräte mit dem Gesundheitszustand und auch mit der Funktionsfähigkeit. Bei der Ausgangsdiagnostik ist der signifikante Zusammenhang zwischen den Kraftwerten und der Funktionsfähigkeit weiterhin gegeben, der Gesundheitszustand korreliert allerdings nur noch mit den Kraftwerten der Geräte DAVID 110 ($p=0,002$), DAVID 120 links ($p=0,037$), DAVID 150 links ($p=0,005$) und DAVID 150 rechts ($p=0,004$) signifikant.

Die unterschiedlichen Altersgruppen lassen keine besonderen Tendenzen erkennen. Lediglich die Altersgruppe zwischen 40 und 49,9 Jahren zeigt signifikante, schwache Zusammenhänge der Kraftwerte der Geräte DAVID 110, DAVID 120 links und rechts und DAVID 150 links und rechts mit dem Gesundheitszustand und die Altersgruppe von 50-59,9 Jahren zeigt signifikante, schwache Zusammenhänge der Kraftwerte der Geräte DAVID 110, DAVID 120 links und rechts und DAVID 150 links und rechts mit der Funktionsfähigkeit.

Zwischen der Funktionsfähigkeit und dem Gesundheitszustand besteht sowohl bei der Eingangsdiagnostik ($p=0,000$) als auch bei der Ausgangsdiagnostik ($p=0,000$) ein hoher positiver Zusammenhang.

3.6 Hypothese H1f

Laut Hypothese H1f besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den unterschiedlich langen Dauern der Rehabilitation bezüglich der Kraftentwicklung sowie der Entwicklung der Schmerzangaben, der subjektiven Funktionsfähigkeit und des Gesundheitszustandes. Hierfür wurde die Rehabilitationsdauer in fünf Gruppen eingeteilt.

Unabhängig der Dauer des Rehabilitationsprogramms zeigen sich bei allen Geräten signifikante Steigerungen der Kraftleistungen. Zwischen den einzelnen Gruppen der Rehabilitationsdauer lassen sich keine signifikanten Unterschiede feststellen, lediglich jene Tendenz ist erkennbar, dass die Kraftsteigerungen in der Gruppe der mehr als 50-wöchigen Rehabilitationsdauer die geringsten sind. Bezüglich der Kraftwerte muss die Nullhypothese stehen bleiben, sodass die Rehabilitationsdauer keinen Unterschied in der Entwicklung der Kraftwerte macht.

Die Schmerzangaben sinken nach dem Rehabilitationsprogramm bei allen Gruppen signifikant, außer bei denjenigen Personen, die lediglich 20 Wochen oder weniger für das Rehabilitationsprogramm benötigt haben (Tab. 9).

Die Funktionsfähigkeit zeigt lediglich in den Gruppen der Rehabilitationsdauer von 30,01-40 Wochen und 40,01-50 Wochen eine signifikante Verbesserung, und somit eine signifikante Verringerung der Punktezahl beim Roland Morris Fragebogen. Die anderen Gruppen der Rehabilitationsdauern zeigen keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Funktionsfähigkeit (Tab. 9).

Auch der Gesundheitszustand verbessert sich nicht bei allen Gruppen der Rehabilitationsdauer. Eine Verbesserung des Gesundheitszustandes zeigt sich nur bei jenen Personen, die das das Rehabilitationsprogramm zwischen 20,01 und 50 Wochen abgeschlossen haben (Tab. 9).

Tab. 9: VAS, RM und EQ5D nach Rehabilitationsdauer – Wilcoxon-Test

DauerKAT		2_VAS-1_VAS	2_RM-1_RM	2_EQ5D-1_EQ5D
≤20 Wochen	Z	-1,601	-,823	-1,406
	Asymptotische Sig. (2-seitig)	,109	,411	,160
20,01-30 Wochen	Z	-6,770	-1,512	-2,798
	Asymptotische Sig. (2-seitig)	,000	,131	,005
30,01-40 Wochen	Z	-6,416	-4,270	-3,524
	Asymptotische Sig. (2-seitig)	,000	,000	,000
40,01-50 Wochen	Z	-4,795	-3,595	-2,079
	Asymptotische Sig. (2-seitig)	,000	,000	,038
>50 Wochen	Z	-2,533	-,667	-,042
	Asymptotische Sig. (2-seitig)	,011	,505	,967

Bezüglich der Schmerzangaben, der Funktionsfähigkeit und des Gesundheitszustandes kann die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese insofern angenommen werden, dass sich durch das Rehabilitationsprogramm eine Verbesserung der Schmerzangaben, der Funktionsfähigkeit sowie des Gesundheitszustandes einstellt, außer bei jenen Personen, die das Rehabilitationsprogramm in nur 20 Wochen oder weniger abschließen. Diese können weder eine verringerte Schmerzangabe machen noch von einer gesteigerten Funktionsfähigkeit oder einem verbesserten Gesundheitszustand profitieren. Außerdem sind die einzigen zwei Gruppen, bei denen sich alle drei Parameter verbessern,

jene, die das Rehabilitationsprogramm nach 30,01-40 Wochen beziehungsweise 40,01-50 Wochen abschließen.

3.7 Hypothese H1g

Die Annahme mit Hypothese H1h ist, dass ein signifikanter Unterschied bezüglich der Differenz von den tatsächlich erreichten Kraftwerten und den Referenzwerten zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik besteht.

Die Differenzen der Kraftwerte zu den Referenzwerten zeigen an allen Geräten signifikante Unterschiede zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik. Die Unterschiede ergeben sich bei DAVID 110 aus einer Verringerung der negativen Differenz ($p=0,000$), bei DAVID 120 links aus einer Vergrößerung der Differenz auf Grund einer höheren Leistung im Vergleich zu der Referenz ($p=0,000$), bei DAVID 120 rechts ebenfalls auf Basis einer Vergrößerung der Differenz auf Grund einer höheren Leistung im Vergleich zu der Referenz ($p=0,000$), bei DAVID 130 wegen einer Verringerung der negativen Differenz ($p=0,000$), bei DAVID 150 links sowie rechts aus einer Verringerung der Differenz bei gleichzeitiger Umkehr einer negativen in eine positive Differenz (jeweils $p=0,000$).

Die jeweiligen Unterschiede können somit in jedem Fall als Verbesserung beziehungsweise Rehabilitationserfolg betrachtet werden, sowohl bei einer Verringerung der Differenz, da sich die deutlich zu schwachen Kraftwerte im Vergleich zu den Referenzwerten an die Referenzwerte angleichen (DAVID 110 und DAVID 130) oder diese gar leicht übertreffen und die Differenz ins Positive kehren (DAVID 150 links und rechts), als auch bei einer Vergrößerung der Differenz, da diese aus einer Steigerung der Kraftwerte von bereits leicht erhöhten Kraftwerten im Vergleich zur Referenz hervorgeht.

Bei Betrachtung der Frauen kann ebenfalls für jedes Gerät ein signifikanter Unterschied der Differenz der erreichten Kraftwerte zu den Referenzwerten zwischen Eingangs- und Ausgangsdiagnostik festgestellt werden (jeweils $p=0,000$). Die Unterschiede ergeben sich jeweils aus einer Verringerung der Differenz, entweder aus einer Angleichung der erreichten Kraftwerte an die Referenzwerte oder mit gleichzeitiger Überschreitung dieser zu einer leicht positiven Differenz.

Auch bei den Männern zeigen sich bei allen Geräten signifikante Unterschiede bezüglich der Differenz von erreichten Kraftwerten zu Referenzwerten zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik (jeweils $p=0,000$). Die Richtung des Unterschieds ist jener der bei Betrachtung der gesamten Stichprobe gleich. Der deutlich größte Unterschied ergibt sich

bei den Männern zwischen Eingangs- und Ausgangsdiagnostik beim Gerät DAVID 110, der geringste beim Gerät DAVID 130, dieser ist bei den Männern auch der einzige, bei dem die Differenz der Kraftwerte zu der Referenz weiterhin eine Negative bleibt (Tab. 10).

Tab. 10: Richtung der Differenz Kraft-Referenz Männer – Statistik bei gepaarten Stichproben

Geschlecht männlich	Mittelwert	N	Standard-abweichung	Standardfehler d. Mittelwerts
D1_Ref.Diff.110	-58,2311	164	103,02692	8,04505
D2_Ref.Diff.110	24,2872	164	102,63344	8,01433
D1_Ref.Diff.120li	6,4823	164	51,53317	4,02406
D2_Ref.Diff.120li	47,5677	164	43,88528	3,42686
D1_Ref.Diff.120re	1,2079	164	47,96912	3,74576
D2_Ref.Diff.120re	41,3360	164	46,02177	3,59370
D1_Ref.Diff.130	-31,6933	164	44,67359	3,48842
D2_Ref.Diff.130	-6,4555	164	41,57646	3,24658
D1_Ref.Diff.150li	-30,5220	164	63,79880	4,98185
D2_Ref.Diff.150li	23,5878	164	62,14853	4,85298
D1_Ref.Diff.150re	-26,7232	164	62,64923	4,89208
D2_Ref.Diff.150re	27,1915	164	64,16218	5,01022

Für die gesamte Stichprobe, aber auch gesondert für beide Geschlechter, kann die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese, dass ein signifikanter Unterschied bezüglich der Differenz von den tatsächlich erreichten Kraftwerten und den Referenzwerten zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik besteht, angenommen werden.

Für die Betrachtung der einzelnen Altersgruppen können lediglich in den Gruppen 30-39,9 Jahren ($p=0,000-0,006$), 40-49,9 Jahren ($p=0,000$), 50-59,9 Jahren ($p=0,000$) und 60-69,9 Jahren ($p=0,000$) signifikante Unterschiede zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik festgestellt werden.

3.8 Hypothese H1h

Hypothese H1h besagt, dass zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik ein signifikanter Unterschied bezüglich der links-rechts Differenz der DAVID Geräte 120 und 150 besteht. Die Differenz wird hierbei als Betrag betrachtet, sodass die Richtung des Unterschieds nicht zur Auswertung herangezogen wird.

Zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik kann bezüglich der Kraftwerte weder beim Gerät DAVID 120 noch beim Gerät DAVID 150 ein signifikanter Unterschied der links-rechts Differenz festgestellt werden (Tab. 11).

Tab. 11: Signifikanz Unterschiede links-rechts Differenz – Wilcoxon-Test

	D2_120_lireDiff- D1_120_lireDiff	D2_150_lireDiff- D1_150_lireDiff
Z	-,012	-1,058
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,990	,290

Auch in der geschlechtergetrennten Betrachtung kann bei beiden Geräten kein signifikanter Unterschied zwischen Eingangs- und Ausgangsdiagnostik festgestellt werden.

Bei der Unterteilung der Stichprobe in die einzelnen Altersgruppen kann in keiner Gruppe ein signifikanter Unterschied zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik festgestellt werden.

Die Alternativhypothese H1h darf nicht angenommen werden, da die Nullhypothese H0h nicht verworfen werden kann und weiterhin bestehen bleibt. Es besteht kein signifikanter Unterschied bezüglich der links-rechts Differenz der DAVID Geräte 120 und 150 zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik.

3.9 Hypothese H1i

Die Hypothese H1i geht davon aus, dass es einen signifikanten Unterschied bezüglich der Kraftwerte, der Kraftentwicklung, der Schmerzangaben, der Entwicklung der Schmerzangaben, der Funktionsfähigkeit und des Gesundheitszustandes zwischen an der Wirbelsäule operierten Personen und an der Wirbelsäule nicht operierten Personen gibt.

Nach dem Rehabilitationsprogramm zeigen die an der Wirbelsäule nicht operierten Personen, aber auch die an der Wirbelsäule operierten Personen, signifikante Steigerungen der Kraftwerte bei allen DAVID Geräten. Zwischen den zwei Personengruppen können keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Kraftentwicklung bei den einzelnen Geräten festgestellt werden (Tab. 12).

Tab. 12: Unterschiede OP bezüglich Kraftentwicklung

	Entwickl ung_110	Entwicklu ng_120li	Entwicklu ng_120re	Entwickl ung_130	Entwicklu ng_150li	Entwicklu ng_150re
Mann-Whitney-U	4852,5	4740,5	4769,0	4450,0	4352,5	4590,5
Wilcoxon-W	51212,5	5268,5	5297,0	4978,0	4880,5	5118,5
Z	-,022	-,236	-,182	-,792	-,979	-,523
Asymptotische Sig. (2-seitig)	,982	,813	,856	,428	,328	,601

Bezüglich der beiden Parameter Kraftentwicklung und Kraftsteigerung kann zwischen an der Wirbelsäule operierten und nicht operierten Personen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Nullhypothese darf hier nicht verworfen werden und bleibt somit bestehen. Es besteht kein signifikanter Unterschied bezüglich der Kraftwerte und der Kraftentwicklung zwischen an der Wirbelsäule operierten Personen und an der Wirbelsäule nicht operierten Personen.

Bei an der Wirbelsäule nicht operierten Personen zeigt sich nach dem Rehabilitationsprogramm eine signifikante Verbesserung des Schmerzwertes ($p=0,000$), der Funktionsfähigkeit ($p=0,000$) und des Gesundheitszustandes ($p=0,000$) (Tab. 13). Bei an der Wirbelsäule operierten Personen zeigt sich diese Verbesserung lediglich im Bereich der Schmerzangaben ($p=0,001$). Bei der Funktionsfähigkeit und dem Gesundheitszustand kann kein signifikanter Unterschied zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik festgestellt werden (Tab. 13).

Tab. 13: Unterschied VAS, RM 6 EQ5D nach OP – Wilcoxon-Test

OP_WS		2_RM-1_RM	2_VAS-1_VAS	2_EQ5D-1EQ5D
nein	Z	-5,636	-10,408	-4,957
	Asymptotische Sig. (2-seitig)	,000	,000	,000
ja	Z	-,123	-3,186	-,673
	Asymptotische Sig. (2-seitig)	,902	,001	,501

Zwischen den beiden Personengruppen zeigen sich bezüglich der Entwicklung der Funktionsfähigkeit signifikante Unterschiede ($p=0,025$) zugunsten der an der Wirbelsäule nicht operierten Personen. Bezüglich der Entwicklung der Schmerzangaben und des Gesundheitszustandes können keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Bezüglich des Parameters Funktionsfähigkeit kann zwischen an der Wirbelsäule operierten und nicht operierten Personen ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Nullhypothese darf hier verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden.

Bezüglich des Parameters Schmerzangabe kann zwischen an der Wirbelsäule operierten und nicht operierten Personen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Nullhypothese darf hier nicht verworfen werden und bleibt somit bestehen.

Bezüglich des Gesundheitszustandes kann zwischen an der Wirbelsäule operierten und nicht operierten Personen zwar kein signifikanter Unterschied festgestellt werden, jedoch zeigen an der Wirbelsäule nicht operierte Personen nach dem Rehabilitationsprogramm eine signifikante Verbesserung des Gesundheitszustandes. Bei an der Wirbelsäule operierten Personen kann dieser signifikante Unterschied nicht festgestellt werden. Die Nullhypothese muss bestehen bleiben, es besteht kein Unterschied zwischen an der Wirbelsäule operierten und nicht operierten Personen bezüglich der Entwicklung des Gesundheitszustandes.

4. Diskussion

Das Ziel dieser Analyse und der gesamten Arbeit war, die Auswirkungen eines aktuellen, durch die Krankenkasse bewilligten Rehabilitationsprogramms für Wirbelsäule der Phase drei zu untersuchen und mit dem derzeitigen Stand der Wissenschaft in Bezug zu setzen. Neben der Überprüfung der Kraftwerte an den rumpfspezifischen DAVID Geräten im prä-post Vergleich, wurden auch drei zusätzliche Parameter, Schmerz an der Visuellen Analogskala für Schmerzen, Funktionsfähigkeit mittels Roland Morris Fragebogen und Gesundheitszustand mittels EQ5D-3L Fragebogen, zur Auswertung herangezogen.

Aufgrund dieser Untersuchung ist zu erkennen, dass sich die isometrischen Maximalkraftwerte eines jeden Gerätes nach dem Rehabilitationsprogramm im Vergleich zur Eingangsdiagnostik signifikant verbessert haben. Nicht nur die gesamte Stichprobe, sondern auch beide Geschlechter extra betrachtet, weisen diese signifikante Verbesserung für alle Muskelgruppen des Rumpfes auf. Dieser Kraftgewinn war zu erwarten und ist im Vergleich mit den Untersuchungen von Sappich et al (2001), Taimela (2000) und Pieber (2014) zu bestätigen. Bei allen Studien konnten die isometrischen Maximalkraftwerte nach einem rumpfspezifischen Krafttraining an DAVID Geräten signifikant gesteigert werden. Auch Toprak Çelenay und Özer Kaya (2017) können eine verbesserte Muskelausdauer nach einer Trainingsintervention feststellen.

Bezüglich verschiedener Muskelgruppen kann beobachtet werden, dass die Muskulatur der Rückenstrecker am deutlichsten an Kraft gewinnt im Vergleich zu den anfänglichen Kraftwerten. Fisher et al. (2018) können bei der lumbalen Rückenstreckmuskulatur Kraftzuwächse durch Krafttraining mit sowohl niedriger als auch mit hoher Intensität feststellen. Also ist hier noch ein Kraftzuwachs möglich, auch wenn keine hohen Trainingslasten aufgrund von Schmerzen bei der Bewegungsausführung oder angstbedingter Hemmungen verwendet werden. Den geringsten Kraftgewinn zeigt die gerade Bauchmuskulatur, dennoch ist auch hier ein signifikanter Kraftgewinn im prä-post Vergleich festzustellen. Hier kann die Studie von Stevens et al. (2008) eine mögliche Erklärung bieten. Die gerade Rückenstreckmuskulatur wird mit Trainingslasten von 30-50% der Maximalkraft ausreichend stark gereizt, um Maximalkraftwerte zu steigern. Zur Steigerung der Maximalkraft der geraden Bauchmuskulatur ist jedoch eine Trainingsintensität von rund 70% der Maximalkraft nötig. Im Rehabilitationsprogramm für Wirbelsäule der Phase drei werden für alle Geräte anfänglich rund 30% der isometrischen Maximalkraft verwendet, ohne hierbei einen Unterschied der einzelnen Therapiegeräte zu machen. Möglicherweise kann hier bei erfolgreich schmerzfreier Durchführung der Übung

am Gerät DAVID 130 eine höhere Trainingsintensität in Form eines erhöhten Gewichtes bei reduzierter Wiederholungszahl einen höheren Kraftgewinn bringen.

Werden die unterschiedlichen Altersgruppen betrachtet, können lediglich in den Altersstufen zwischen 30 und 69,9 Jahren signifikante Steigerungen der Kraftwerte festgestellt werden. Für die Patienten und Patientinnen unter 30 Jahren beziehungsweise ab 70 Jahren konnte kein signifikanter Kraftgewinn verzeichnet werden. Verglichen mit der Studie von Lemmer et al. (2000) kann somit angenommen werden, dass die Anpassungen an Krafttraining vom Alter abhängig sind. In seiner Untersuchung zeigen Personen im Alter von 20-30 Jahren nach neun Wochen Krafttraining deutlich höhere Maximalkraftzuwächse im 1 Repetition Maximum als bei Personen im Alter von 65-75 Jahren. Außerdem zeigen junge Personen nach über sieben Monaten eine geringere Abnahme der Maximalkraft als ältere Personen. Hier muss allerdings noch explizit auf die geringe Personenzahl der zwei Altersgruppen, <30 Jahre und ≥ 70 Jahre, in der vorliegenden Arbeit hingewiesen werden, wodurch die Aussagekraft des Ergebnisses stark gemindert wird.

Wider Erwartung, zeigt sich nach dem Rehabilitationsprogramm keine Angleichung der Differenz der linken und rechten Körperseite bei den Geräten DAVID 120 und DAVID 150. Es kann kein signifikanter Unterschied, weder eine Vergrößerung noch eine Verkleinerung, bezüglich einer Veränderung zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik festgestellt werden. Der Gedanke dahinter betraf eine Verringerung der links-rechts Differenz an den zweiseitigen DAVID Geräten somit ein Ausgleich der Seitigkeit.

Bei Betrachtung der Differenz von den tatsächlich erreichten Kraftwerten der Personen und den jeweils berechneten Referenzwerten kann ein signifikanter Unterschied zwischen Eingangs- und Ausgangsdiagnostik festgestellt werden. Der Unterschied kann bei allen Geräten stets als Verbesserung betrachtet werden, sowohl bei einer Verkleinerung als auch einer Vergrößerung der Differenz. Dies basiert darauf, dass sich eine Verkleinerung bei einer negativen Differenz, also niedrigere Kraftwerte als Referenzwerte, aus einer Angleichung der Kraftwerte an die Referenzwerte ergibt, wie bei den Geräten DAVID 110 und DAVID 130, oder sich die stark negative Differenz in eine leicht positive, zugunsten der Kraftwerte im Vergleich zu den Referenzwerten, kehrt, wie bei dem Gerät DAVID 150. Eine Vergrößerung kann bei einer leicht negativen Differenz oder bereits positiven Differenz, also höhere Kraftwerte als Referenzwerte, festgestellt werden, sodass die Kraftwerte nach dem Rehabilitationsprogramm noch höher sind, als vor der Trainingsintervention, wie bei dem Gerät DAVID 120. Auch im geschlechtergetrennten Vergleich ergibt sich diese signifikante Verbesserung der Differenz zwischen der Eingangs- und Ausgangsdiagnostik. Für die Betrachtung der einzelnen Altersgruppen können lediglich in den Gruppen 30-39,9 Jahren, 40-49,9, 50-59,9 Jahren und 60-69,9 Jahren signifikante Unterschiede zwischen der

Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik festgestellt werden. Hierbei ist wieder auf die geringe Probandenzahl in den Altersgruppen <30 Jahre und ≥70 Jahre hinzuweisen.

Unabhängig von der Dauer des Rehabilitationsprogramms zeigen sich bei allen Geräten signifikante Steigerungen der Kraftleistungen. Zwischen den einzelnen Gruppen der Rehabilitationsdauer lassen sich keine signifikanten Unterschiede feststellen, lediglich jene Tendenz ist erkennbar, dass die Kraftsteigerungen in der Gruppe mit mehr als 50-wöchiger Rehabilitationsdauer die geringsten sind, regelmäßig aufgeteilt entspräche das einer Trainingseinheit in über zehn Tagen. Hieraus ist zu erkennen, dass ein Rehabilitationserfolg im Sinne einer isometrischen Maximalkraftsteigerung sowohl bei durchschnittlich 2-3 Trainingseinheiten pro Woche, als auch bei einem Training alle 7-10 Tage besteht. Auch in der Untersuchung von Pieber et al. (2014) an Patienten und Patientinnen mit chronischen Rückenschmerzen kann die isometrische Muskelkraft der Rückenstreckmuskulatur bei zwei Trainingseinheiten pro Woche in den ersten drei Monaten des Rehabilitationsprogramms und einer Trainingsfrequenz von einem Training pro Woche für die restliche Rehabilitation signifikant gesteigert werden. Die Annahme, dass zweimal oder gar dreimal pro Woche trainiert werden muss, um in der Rehabilitation einen Kraftgewinn der Rumpfmuskulatur zu erzielen, kann widerlegt werden. Der Untersuchung von Fröhlich und Schmidtbleicher (2008) kann mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit nicht vollständig zugestimmt werden. Sie zeigen, dass zwei, drei oder vier Trainingseinheiten pro Woche zu signifikant höheren Maximalkraftwerten führen als eine, fünf oder sechs Trainingseinheiten pro Woche und krafttrainingsunerfahrenen Personen drei Trainingseinheiten pro Woche zu empfehlen sind. Zwar zeigen jene Personen, die mehr als 50 Wochen für die Absolvierung der Trainingseinheiten benötigen, tendenziell geringere Kraftzuwächse als die anderen Personen, dennoch ist die Kraftzunahme bei allen Geräten signifikant im Vergleich zu der Eingangsdiagnostik. Daraus kann geschlossen werden, dass auch Personen, die aus beruflichen, privaten oder anderwärtigen Gründen, keine im Schnitt 1-2 Trainingseinheiten pro Woche schaffen, dennoch mit einer Trainingsfrequenz von einer Trainingseinheit alle 10 Tage von dem Rehabilitationsprogramm für Wirbelsäule der Phase drei profitieren können.

In Folge dieser Untersuchung ist zu erkennen, dass die Schmerzangaben nach dem Rehabilitationsprogramm signifikant niedriger sind als bei der Eingangsdiagnostik. Dieser signifikante Unterschied ist auch bei Männern und Frauen getrennt betrachtet deutlich festzustellen. Bezüglich der Altersgruppen ergibt sich dasselbe Bild wie bei den Kraftsteigerungen. Lediglich in den Altersgruppen zwischen 30 und 69,9 Jahren kann eine signifikante Schmerzreduktion belegt werden. Auch in der Studie von Pieber et al. (2014)

wird gezeigt, dass neben einer Verbesserung der maximalen isometrischen Kraft auch die Schmerzen anhand der Visuellen Analogskala für Schmerzen deutlich gesenkt werden können. Zusätzlich belegen sie, dass die angegebenen Schmerzwerte auch noch 18 Monate nach dem Rehabilitationsprogramm deutlich unter den Angaben von vor der Rehabilitation liegen. Ebenso können Inani und Selakr (2013) und Puntumetakul et al. (2018) jeweils eine signifikante Reduktion von Rückenschmerzen gemessen an der Visuellen Analogskala für Schmerzen nach einer Rumpfkraft- und Rumpfstabilitätstrainingsperiode verzeichnen. Auch Lomond et al. (2014) verzeichnen nach einer spezifischen Rumpfkraftigung der globalen Muskulatur, aber auch nach einem sensomotorischen Training zur Entwicklung der tiefliegenden, lokalen Stabilisatoren im Rumpf, eine deutliche Schmerzreduktion bei Personen mit chronischen Rückenschmerzen im Lendenwirbelsäulenbereich. Auch hier ist dieser Effekt noch sechs Monaten nach der Intervention bemerkbar. Eine ähnliche Wirkung beschreiben Kim, Kim und Chung (2014) durch ein wirbelsäulenspezifisches Stabilitätstraining mit dem CTT CENTAUR (BfMC Leipzig, Deutschland) bei Personen mit Bandscheibendegenerationen in der Höhe von L4/L5. Speziell an DAVID Geräten zeigen Mannion et al. (1999) und auch Taimela et al. (2000) eine deutliche Reduktion von chronischen lumbalen Rückenschmerzen nach einer mehrwöchigen Krafttrainingstherapie für den Rumpf in allen drei Ebenen. Auch die vorliegende Untersuchung bestätigt, dass es in Folge eines rumpfspezifischen Krafttrainings im Rahmen eines Rehabilitationsprogramms zu einer signifikanten Verbesserung des subjektiv empfundenen Schmerzes kommt.

Zusätzlich kann für bestimmte Geräte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kraft und der Schmerzangabe hergestellt werden. Bei der Ausgangsdiagnostik kann lediglich bei dem Gerät DAVID 130 kein signifikanter Zusammenhang der Kraftwerte mit den Schmerzangaben festgestellt werden. Ansonst korreliert eine niedrige Schmerzangabe signifikant mit hohen Kraftwerten bei den Geräten DAVID 110, DAVID 120 und DAVID 150. Die oben getätigte Aussage, dass es in Folge eines rumpfspezifischen Krafttrainings im Rahmen eines Rehabilitationsprogramms zu einer signifikanten Verbesserung des subjektiv empfundenen Schmerzes kommt, kann somit nochmals gestützt werden.

Bezüglich der Dauer ist zu erkennen, dass die Schmerzangaben nach dem Rehabilitationsprogramm bei allen Gruppen signifikant sinken, außer bei jenen Personen, die lediglich 20 Wochen oder weniger für das Rehabilitationsprogramm benötigt haben. Hier ist auf die Studie von Reuss-Borst, Hartmann und Wentrock (2008) zu verweisen, bei der in einem nur vierwöchigen Kraftausdauertraining auf DAVID Geräten trotz signifikanten Maximalkraftsteigerungen der Rumpfmuskulatur in allen drei Ebenen bei Patienten und Patientinnen mit chronischen Rückenschmerzen keine Schmerzreduktion feststellbar ist.

Im Gegensatz dazu können Puntumetakul et al. (2018), Akhtar et al. (2017) Kumar et al. (2015) und auch Noormohammadpour et al. (2018) eine Reduktion von Rückenschmerzen bei einem deutlich kürzeren Interventionszeitraum verzeichnen. Es ist jedoch betonen, dass hier jeweils ergänzend zu klassischem Krafttraining auch Rumpfstabilitätstraining zum Einsatz kommt. Unter Berücksichtigung dieser Studien kann die Annahme getätigt werden, dass die Schmerzangaben durch ein rumpfspezifisches Krafttraining im Zuge eines Rehabilitationsprogramms lediglich bei einer längeren Rehabilitationsdauer sinken und der zusätzliche Benefit einer Schmerzreduktion neben einer Steigerung der isometrischen Maximalkraft erst dann auftritt, wenn die Rehabilitationsdauer entsprechen lang ist und keine zu hohe Trainingsfrequenz pro Woche besteht. Allerdings ist der Einsatz von zusätzlichem Rumpfstabilitätstraining anzudenken, da sich hier eine Reduktion der Rückenschmerzen möglicherweise früher feststellen lässt.

Durch die Analyse im Zuge dieser Arbeit wird außerdem gezeigt, dass die Funktionsfähigkeit bei Patienten und Patientinnen durch das Rehabilitationsprogramm Wirbelsäule der Phase drei verbessert wird und der Roland Morris Fragebogen eine signifikant niedrigere Punktwertung bei der Ausgangsdiagnostik als bei der Eingangsdiagnostik zeigt. Auch bei Betrachtung der einzelnen Geschlechter, ist dieser Unterschied jeweils signifikant feststellbar. Bezüglich des Alters ist lediglich bei Personen im Alter von 40-59,9 Jahren eine signifikante Verbesserung der Funktionsfähigkeit zu erkennen. Die Annahme, dass die Funktionsfähigkeit durch ein wirbelsäulenspezifisches Krafttraining im Zuge einer Rehabilitation verbessert wird, kann neben dieser Analyse auch durch die Studie von Pieber et al. (2014) belegt werden. Hier kommt es nach einer multimodalen Rehabilitation für Personen mit chronischen Rückenschmerzen nach insgesamt 40 Krafttrainingseinheiten zu stark gesenkten Angaben bei dem Roland Morris Fragebogen. Auch 18 Monate nach der Rehabilitation ist eine deutlich verbesserte Funktionsfähigkeit durch weiterhin geringere Punktwerte beim Roland Morris Fragebogen festzustellen. Puntumetakul et al. (2018) können durch Rumpfkraft- und Rumpfstabilitätstraining auch schon bei einer Trainingsperiode von nur sieben Wochen eine Verbesserung der Funktionsfähigkeit feststellen. Auch die Untersuchung von Mannion et al. (1999) stützt diese Annahme und lässt erkennen, dass sich nach einem Krafttraining auf DAVID Geräten eine signifikante Verbesserung der Funktionsfähigkeit bei Personen mit chronischen Rückenschmerzen im Lendenwirbelsäulenbereich einstellt.

Die Annahme, dass die Kraftfähigkeit Einfluss auf die Funktionsfähigkeit nimmt, wird weiterhin durch die Erkenntnisse dieser Analyse gestützt, dass bei der Ausgangsdiagnostik zwischen den Kraftwerten an den Geräten DAVID 110, DAVID 120 und DAVID 150 und

den Angaben beim Roland Morris Fragebogen ein signifikanter Zusammenhang besteht. Lediglich beim Gerät DAVID 130 kann dieser Zusammenhang nicht nachgewiesen werden. Trotzdem kann man festhalten, dass hohe Kraftwerte mit einer guten Funktionsfähigkeit und somit einer geringen Punktezahl beim Roland Morris Fragebogen einhergehen. Unterteilt man die Stichprobe nach Geschlecht, sind für beide Gruppen die gleichen Schlüsse zu ziehen.

Unterteilt man die Stichprobe in fünf unterschiedlich lange Rehabilitationsdauern ist zu erkennen, dass die Funktionsfähigkeit lediglich in den Gruppen der Rehabilitationsdauer von 30,01-40 Wochen und 40,01-50 Wochen eine signifikante Verbesserung zeigt, und somit eine signifikante Verringerung der Punktezahl beim Roland Morris Fragebogen. Die anderen Gruppen der Rehabilitationsdauern zeigen keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Funktionsfähigkeit. Hier kann, ähnlich wie weiter oben bezüglich der Schmerzangaben, die Annahme getätigt werden, dass die Rehabilitation nicht zu kurz dauern soll, um eine zu hohe Trainingsfrequenz pro Woche zu vermeiden.

Die Analyse dieser Arbeit lässt zusätzlich erkennen, dass der Gesundheitszustand durch das Rehabilitationsprogramm Wirbelsäule der Phase drei verbessert wird und beim EQ5D-3L Fragebogen eine signifikant niedrigere Punktwertung bei der Ausgangsdiagnostik als bei der Eingangsdiagnostik erreicht wird. Hierdurch kann angenommen werden, dass eine krafttrainingsspezifische Trainingstherapie im Rahmen eines Rehabilitationsprogramms für die Wirbelsäule den Gesundheitszustand verbessert. Diese Annahme kann auch durch die Studien von Kell und Asmundson (2009) gestützt werden. Sie zeigen auch einen verbesserten Gesundheitszustand und eine höhere Lebensqualität in Folge eines gerätelastigen Rumpfkrafttrainings. Eine weitere Untersuchung, die diese Annahme stützt, ist von Harts et al. (2008). Auch hier kommt es nach einem Rumpfkrafttraining bei Personen mit chronischen Rückenschmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule zu einem verbesserten Gesundheitszustand. Nach Noormohammadpour et al. (2018) ist eine Verbesserung des Gesundheitszustandes durch Rumpfkraft- und Rumpfstabilitätstraining nach bereits sieben Wochen bei Personen mit chronischen Rückenschmerzen zu erkennen. Auch hier ist wieder auf den zusätzlichen Einsatz von Rumpfstabilitätstraining hinzuweisen.

Auch in der geschlechtergetrennten Betrachtung kann dieser signifikante Unterschied für Männer und Frauen aufgezeigt werden. Auf die unterschiedlichen Alterskategorien bezogen, zeigen lediglich die Personen zwischen 40-49,9 Jahre und 50-59,9 Jahre

signifikante Verbesserungen des Gesundheitszustandes, bei allen weiteren Altersgruppen kann kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Dass sich eine gut ausgebildete Kraftfähigkeit und somit auch Krafttraining positiv auf den Gesundheitszustand auswirkt, bestätigt weiters auch noch jene Erkenntnis dieser Arbeit, dass sich zwischen dem Gesundheitszustand und den Kraftwerten von mehreren DAVID Geräten ein signifikanter Zusammenhang finden lässt. Der Gesundheitszustand korreliert aber wieder nur mit den Kraftwerten der Geräte DAVID 110, DAVID 120 und DAVID 150. Zwischen den Kraftwerten bei dem Gerät DAVID 130 und dem Gesundheitszustand gibt es keinen signifikanten Zusammenhang. Auch Männer und Frauen getrennt betrachtet, zeigen diese Unterschiede.

Bezüglich der Einflussnahme der Rehabilitationsdauer auf die Entwicklung des Gesundheitszustandes ist im Zuge dieser Arbeit folgender Erkenntnisgewinn gegeben, dass sich eine Verbesserung des Gesundheitszustandes nur bei jenen Personen zeigt, die das Rehabilitationsprogramm zwischen 20,01 und 50 Wochen abgeschlossen haben. Auch hier ist in Hinblick auf die Ergebnisse bezüglich der Schmerzangaben und der Funktionsfähigkeit die Annahme zulässig, dass die Rehabilitation nicht zu kurz dauern soll, um eine zu hohe Trainingsfrequenz pro Woche zu vermeiden.

Zusammenfassend ist daraus abzuleiten, dass die Absolvierung des Rehabilitationsprogramms in nur 20 Wochen oder weniger nicht empfehlenswert ist. Diese Patienten und Patientinnen profitieren lediglich von einer gesteigerten isometrischen Maximalkraft, können aber weder eine verringerte Schmerzangabe machen, noch eine gesteigerte Funktionsfähigkeit oder einen verbesserten Gesundheitszustand aufweisen. Außerdem ist zu erwähnen, dass die einzigen zwei Gruppen, bei denen sich alle drei Parameter verbessern, jene sind, die das Rehabilitationsprogramm nach 30,01-40 Wochen beziehungsweise 40,01-50 Wochen abschließen.

Die Fragestellung, ob sowohl an der Wirbelsäule nicht operierte als auch operierte Personen im gleichen Ausmaß von dem Rehabilitationsprogramm profitieren, ist nicht ganz eindeutig zustimmend oder abweisend zu beantworten. Bezüglich des Kraftaufbaus an den einzelnen Geräten zeigen beide Gruppen, gesondert betrachtet, signifikante Zunahmen der isometrischen Maximalkraft bei allen Geräten. Außerdem kann zwischen den zwei Gruppen bezüglich der individuellen Kraftentwicklung kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Dass hier kein signifikanter Unterschied feststellbar ist, ist in weiterer Folge als positiv zu betrachten, denn hieraus entwickelt sich die Annahme, dass auch an der

Wirbelsäule operierte Personen einen Kraftaufbau im Rahmen des Rehabilitationsprogramms erzielen.

Auch bezüglich des Parameters der Schmerzangaben zeigen sowohl an der Wirbelsäule nicht operierte als auch operierte Personen nach dem Rehabilitationsprogramm eine signifikante Verbesserung des Schmerzwertes. Dass auch hier kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen feststellbar ist, ist positiv zu bewerten, denn auch hier stellt sich die Erkenntnis, dass im Rahmen des Rehabilitationsprogramms an der Wirbelsäule operierte Personen im gleichen Ausmaß wie an der Wirbelsäule nicht operierte Personen von einer Schmerzreduktion profitieren können.

Weder bei der Funktionsfähigkeit noch dem Gesundheitszustand können bei an der Wirbelsäule operierten Personen signifikante Unterschiede zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdiagnostik festgestellt werden. Zwischen den beiden Personengruppen zeigen sich bezüglich der Entwicklung der Funktionsfähigkeit signifikante Unterschiede zugunsten der an der Wirbelsäule nicht operierten Personen. Bezüglich der Entwicklung des Gesundheitszustandes können keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Dadurch muss angenommen werden, dass an der Wirbelsäule operierte Personen im Hinblick auf die Funktionsfähigkeit und den Gesundheitszustand weniger Benefit aus dem Rehabilitationsprogramm für Wirbelsäule der Phase drei ziehen können. Unterstützt wird diese Annahme durch die Studie von Brox et al. (2010), die nach einer Krafttrainingsintervention ebenfalls keine Verbesserung der Funktionsfähigkeit bei an der Lendenwirbelsäule operierten Personen feststellen können. Vergleicht man diese Erkenntnis allerdings mit der Studie von Hellum et al. (2011), kann diese Annahme jedoch nicht bestätigt werden. In ihrer Untersuchung zeigen im Lendenwirbelsäulenbereich mittels Bandscheibenprothese operierte Personen sowohl eine deutlich gesteigerte Funktionsfähigkeit als auch einen leicht verbesserten Gesundheitszustand.

Aufgrund all dieser Erkenntnisse ist die Annahme zu treffen, dass an der Wirbelsäule operierte Personen bezüglich Kraftsteigerung und Schmerzreduktion im gleichen Ausmaß von dem rumpfspezifischen Kraftausdauertraining des Rehabilitationsprogramms für Wirbelsäule der Phase drei profitieren, wie an der Wirbelsäule nicht operierte Personen. Die Funktionsfähigkeit und der Gesundheitszustand sind bei an der Wirbelsäule operierten Personen möglicherweise von anderen Faktoren stärker beeinflusst und abhängig als bei an der Wirbelsäule nicht operierten Personen. Um diese Frage eindeutig klären zu können, ist weitere Forschung, die sich explizit mit der Unterscheidung von an der Wirbelsäule operierten und nicht operierten Personen in der Rehabilitation beschäftigt, nötig.

Limitationen der Arbeit und Ausblick

Im Zuge dieser Arbeit haben sich gewisse Einschränkungen der Aussagekraft und Limitationen bemerkbar gemacht. Zusätzlich sind auch einige neue Fragestellungen aufgetaucht, die einen gewissen Interessensbereich abdecken und in Zukunft mit einer weiteren Arbeit analysiert werden können.

Die Auswertung in dieser Arbeit bekäme mehr Aussagekraft, vergliche man die Personen des Rehabilitationsprogramms für Wirbelsäule der Phase drei mit einer nicht trainierenden Kontrollgruppe. Dies ist praktisch mit einer derartig großen Kontrollgruppengröße jedoch kaum realisierbar, da alle Patienten und Patientinnen, die an der Eingangsdiagnostik teilnehmen, auch das ganze Rehabilitationsprogramm absolvieren sollen und eine Finanzierung der Eingangs- und Ausgangsdiagnostik ohne Absolvierung des gesamten Rehabilitationsprogramms nicht gegeben ist. Daher ist diese Analyse als Datenauswertung an sich zu betrachten, um dieses Wissen zukünftig für das Rehabilitationsprogramm nutzen zu können.

Die isometrische Maximalkraftmessung vor und nach der Trainingsintervention ist eine sichere und einfache Möglichkeit, die Kraftfähigkeit zu beurteilen. Jedoch kann die Aussagekraft der Messung dahingehend eingeschränkt werden, dass krafttrainingsunerfahrene und gleichzeitig ängstliche Personen, beziehungsweise Personen mit einer Hemmung aufgrund erwarteter starker Schmerzen, trotz mehrere Testversuche, keine maximale Kraftleistung zeigen und somit nicht die mögliche isometrische Maximalkraft verzeichnet wird. Außerdem zeigen wenig leistungsbereite und -unmotivierte Personen bei der maximalen Kraftmessung eine geringe Compliance, was ebenso in keiner Ermittlung der isometrischen Maximalkraft resultiert. Eine schnelle Lösungsmöglichkeit findet sich hierfür nicht, jedoch ist dieser Aspekt bei Betrachtung der vorliegenden Resultate zu bedenken.

Wie schon in der Arbeit erwähnt, ist die Personenanzahl in den Altersgruppen <30 Jahren und ≥70 Jahren zu gering, um eine Aussage treffen zu können, die Trennschärfe ist hierbei zu niedrig. Aus diesem Grund können die Ergebnisse dieser beiden Altersgruppen nicht genauso betrachtet werden, wie jene der anderen vier Altersgruppen. Um in diesen Bereichen eine Aussage treffen zu können, muss möglicherweise spezifischer nach diesen beiden Altersgruppen gesucht werden.

Zusätzlich zu den ausgewerteten Daten können auch noch die Werte der Bewegungsmessung in den unterschiedlichen Ebenen und die der Zwischendiagnostik miteinbezogen werden. Hierbei könnte der prä-post Vergleich der Beweglichkeit und ein Zusammenhang der Beweglichkeit und der Kraftleistung überprüft werden. Die

Zwischendiagnostik könnte als weitere Kraftleistungsüberprüfung miteingerechnet werden um Vergleiche anzustellen, ob die Kraftleistung der Personen und der angegebenen Gruppen eher am Anfang oder am Ende der Trainingsintervention steigen und ob es hierbei einen Zusammenhang mit den Schmerzangaben gibt, im Sinne von einer möglichen Annahme, dass bei einem angegebenen starken Schmerzwert bei der Eingangsdiagnostik die Kraftzunahme zu Beginn geringer ausfällt und in der zweiten Hälfte mehr zunimmt und umgekehrt.

Eine zukünftige Arbeit könnte sich damit beschäftigen, warum es zu einer derartig großen Anzahl an Abbrüchen des Rehabilitationsprogramms kommt. Was sind die unterschiedlichen Gründe dafür und welche Änderungen oder Anpassungen sind nötig, um diese Anzahl möglichst zu verringern? Außerdem kann die Überlegung angestellt werden, ob dezidierte Filtermöglichkeiten diesbezüglich aufgestellt werden können. Hierbei könnte analysiert werden, für welche Personengruppen das Rehabilitationsprogramm für Wirbelsäule der Phase drei eher geeignet ist.

Im Zuge dieses Rehabilitationsprogramms wäre es denkbar, einen Vergleich zwischen einer Rehabilitationsgruppe mit dem hier analysierten multimodalen Therapieansatz und einer Rehabilitationsgruppe, die lediglich die krafttrainingsspezifische Trainingstherapie absolviert, anzustellen. Hierbei könnte die Wirksamkeit oder Bedeutsamkeit der Entspannungstherapien und Schulungen bezüglich Schmerzangaben, Funktionsfähigkeit und Gesundheitszustand analysiert werden. Eventuell lassen sich bestimmte Personengruppen herausarbeiten, die von diesen Therapien mehr profitieren als andere. Dieses Wissen könnte genutzt werden, um das starre Rehabilitationskonzept in geringem Maße an unterschiedliche Bedürfnisse anpassen und individualisieren zu können. Es ist denkbar, hierfür weitere personenbezogene Daten, wie Bildungsstand, Familiensituation, Berufslage, und weitere, in die Auswertung aufnehmen zu müssen.

Außerdem könnte im Zuge dieses Rehabilitationsprogramms die Wirksamkeit und Bedeutung von Sensomotoriktraining und Rumpfstabilitätstraining analysiert werden. Hierbei könnte eine Rehabilitationsgruppe explizit mehr Sensomotorikübungen und Rumpfstabilitätsübungen in den jeweiligen Therapieeinheiten absolvieren als eine andere um einen Vergleich zwischen den Gruppen bezüglich Schmerzangaben und weiterer Parameter anstellen zu können. Auch die Analyse von Unterschieden bei der Gruppe mit Sensomotorik- und Rumpfstabilitätsübungen zwischen unterschiedlichen Gruppen, getrennt nach Geschlecht oder Alter oder auch Operation, kann im prä-post Vergleich bezüglich Schmerzangaben und weiterer Parameter neue Erkenntnisse liefern.

Eine weitere interessante Überlegung ist die Erhebung und Auswertung der Kraftleistung sowie den Angaben bezüglich Schmerzen, Funktionsfähigkeit und Gesundheitszustand sechs beziehungsweise zwölf Monate nach Absolvierung des Rehabilitationsprogramms. Dadurch können die längerfristigen Auswirkungen des Rehabilitationsprogramms analysiert und auch mit bereits bestehenden Studien verglichen werden. Des Weiteren könnte dadurch die Wichtigkeit und Sinnhaftigkeit einer aktiven Therapie im Rahmen eines Rehabilitationsprogramms gezeigt werden oder aber nötige Änderung der Therapie aufzeigen, um dies zu erreichen.

Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann die Wirksamkeit des bestehenden Rehabilitationsprogramms für Wirbelsäule der Phase drei eindeutig bestätigt werden, sowohl für die Entwicklung der Kraftleistung, als auch für die Schmerzreduktion, die Steigerung der Funktionsfähigkeit und die Verbesserung des Gesundheitszustandes. Die Bedeutung der aktiven Therapieeinheiten und die Sinnhaftigkeit des gesamten Rehabilitationsprogramms sind definitiv als sehr hoch beziehungsweise nachgewiesen anzusehen. In allen Bereichen kann nach Absolvierung des Rehabilitationsprogramms eine signifikante Verbesserung erzielt werden.

In welcher Dauer das Rehabilitationsprogramm absolviert wird, hat anscheinend den Einfluss, dass eine zu rasche Absolvierung aller Therapieeinheiten eine fehlende Wirkung bei der Verbesserung der Schmerzangaben, der Funktionsfähigkeit und des Gesundheitszustandes mit sich bringt.

Außerdem profitieren sowohl Männer als auch Frauen von der krafttrainingsspezifischen Trainingstherapie. Lediglich bezüglich der Altersgruppen oder der Unterscheidung von an der Wirbelsäule operierten und nicht operierten Personen ist der Erkenntnisgewinn nicht aussagekräftig beziehungsweise unzureichend.

Im Rahmen dieser Analyse konnten außerdem weitere interessante und relevante Fragestellungen aufgeworfen werden, die in Zukunft analysiert werden und einen weiteren Erkenntnisgewinn bringen können.

Literaturverzeichnis

- Abe, T., DeHoyos, D. V., Pollock, M. L. & Garzarella, L. (2000). Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 81(3), 174-180.
- Akhtar, M. W., Karimi, H. & Gilani, S. A. (2017). Effectiveness of core stabilization exercises and routine exercise therapy in management of pain in chronic nonspecific low back pain: A randomized controlled clinical trial. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 33(4), 1002-1006.
- Allouch, H., Shousha, M. & Böhm, H. (2017). Operationen bei ankylosierender Spondylitis (Morbus Bechterew). *Zeitschrift für Rheumatologie*, 76(10), 848-859.
- Baker, K. R., Nelson, M. E., Felson, D. T., Layne, J. E., Sarno, R. & Roubenoff, R. (2001). The efficacy of home based progressive strength training in older adults with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *The Journal of Rheumatology*, 28(7), 1655-1665.
- Battié, M. C., Videman, T., Levälahti, E., Gill, K. & Kaprio, J. (2007). Heritability of Low Back Pain and the Role of Disc Degeneration. *Pain*, 131(3), 272-280.
- Brauer, G. (2000). *Lumbale Wirbelsäulenbeschwerden. Von der Anamnese zur Behandlung*. München: Pflaum.
- Brenes, G. A., Williamson, J. D., Messier, S. P., Rejeski, W. J., Pahor, M., Ip, E. & Penninx, B. W. (2007). Treatment of minor depression in older adults: a pilot study comparing sertraline and exercise. *Aging & Mental Health*, 11(1), 61-68.
- Brinckmann, P., Frobin, W. & Leivseth, G. (2000). *Orthopädische Biomechanik*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Brox, J. I., Nygaard, Ø. P., Holm, I., Keller, A., Ingebrigtsen, T. & Reikerås, O. (2010). Four-year follow-up of surgical versus non-surgical therapy for chronic low back pain. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 69(9), 1643-1648.
- Burd, N. A., Mitchell, C. J., Churchward-Venne, T. A. & Phillips, S. M. (2012). Bigger weights may not beget bigger muscles: evidence from acute muscle protein synthetic responses after resistance exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 37(3), 551-554.
- Cauza, E., Hanusch-Enserer, U., Strasser, B., Ludvik, B., Metz-Schimmerl, S., Pacini, G., Wagner, O., Georg, P., Prager, R., Kostner, K., Dunky, A. & Haber, P. (2005).

- The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(8), 1527-1533.
- Ciolac, E. G. & Rodrigues-da-Silva, J. M. (2016). Resistance Training as a Tool for Preventing and Treating Musculoskeletal Disorders. *Sports Medicine*, 46(9), 1239-1248.
- Daschner, T., Tschubar, F. (2006). Wissenschaftlich gestütztes Training für Krankenversicherte mit Rückenbeschwerden. Eine Kosten-Nutzen-Analyse dargestellt am Beispiel der Gothaer Krankenversicherung AG. *Manuelle Medizin*, 44(4), 308-312.
- DAVID Knowledge Base. (2009). Wirbelsäulenkonzept-Handbuch. Zugriff am 15. Mai 2018 unter <https://extra.david.fi/pages/viewpage.action?pageId=17530997>
- DAVID Knowledge Base. (2009). Wirbelsäulenkonzept-Referenzdaten. Zugriff am 15. Mai 2018 unter <https://extra.david.fi/display/KBDE/WSK++Referenzdaten>
- DAVID Knowledge Base. (2009). EVE-Manual. Zugriff am 15. Mai 2018 unter <https://extra.david.fi/pages/viewpage.action?pageId=25789112>
- Demoulin, C., Grosdent, S., Capron, L., Tomasella, M., Somville, P., Crielaard, J. & Vanderthommen, M. (2010). Effectiveness of a semi-intensive multidisciplinary outpatient rehabilitation program in chronic low back pain. *Joint Bone Spine*, 77(1), 58-63.
- Denner, A. (1995). *Muskuläre Profile der Wirbelsäule. Band 2 Analyse und Trainingskonzept*. Köln: Sport und Buch Strauß Verlag.
- Denner, A. (1998). *Analyse und Training der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur*. Berlin; Heidelberg: Springer Verlag.
- Fisher, J. P., Stuart, C., Steele, J., Gentil, P. & Giessing, J. (2018). Heavier- and lighter-load isolated lumbar resistance training produce similar strength increases, but different perceptual responses, in healthy males and females. *PeerJ*, 6, e6001. doi: 10.7717/peerj.6001.
- Freburger, J., Holmes, G., Agans, R., Jackman, A., Darter, J., Wallace, A., Castel, L., Kalsbeek, W. & Carey, T. (2009). The Rising Prevalence of Chronic Low Back Pain. *Arch Intern Med*, 169(3), 251-258.
- Friedrich, W. (2007). *Optimales Sportwissen. Grundlagen der Sporttheorie und Sportpraxis*. (2. Aufl.). Balingen: Spitta Verlag.

- Fröhlich, M. & Schmidbleicher, D. (2008). Trainingshäufigkeit im Krafttraining – ein metaanalytischer Zugang. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59(2), 4-12.
- Graf, C. & Höher, J. (2009). *Fachlexikon Sportmedizin. Bewegung, Fitness und Ernährung von A-Z*. Köln: Deutscher Ärzte Verlag.
- Gräfe, K. (2004). *Manuelle Diagnostik der Muskelkraft. Das praktische Handbuch*. Reinbek: Lau-Verlag.
- Harts, C. C., Helmhout, P. H., De Bie, R. A. & Staal, J. B. (2008). A high-intensity lumbar extensor strengthening program is little better than a low-intensity program or a waiting list control group for chronic low back pain: a randomised clinical trial. *Australian Journal of Physiotherapy*, 54(1), 23-31.
- Hellum, C., Johnsen, L. G., Storheim, K., Nygaard, Ø. P., Brox, J. I., Rossvoll, I., Rø, M., Sandvik, L., Grundnes, O. & the Norwegian Spine Study Group. (2011). Surgery with disc prosthesis versus rehabilitation in patients with low back pain and degenerative disc: two year follow-up of randomised study. *BMJ*, 342, d2786.
- Helmhout, P. H., Harts, C. C., Staal, J. B., Candel, M. J. J. M. & De Bie, R. A. (2004). Comparison of a high-intensity and a low-intensity lumbar extensor training program as minimal intervention treatment in low back pain: a randomized trial. *European Spine Journal*, 13(6), 537-547.
- Heneweer, H., Vanhees, L. & Picavet, H. S. J. (2009). Physical activity and low back pain: A U-shaped relation?. *Pain*, 143(1-2), 21-25.
- Hildebrandt, J. & Pfingsten M. (2012). *Rückenschmerz und Lendenwirbelsäule. Interdisziplinäres Praxisbuch entsprechend der Nationalen VersorgungsLeitlinie Kreuzschmerz*. (2. Aufl.). München: Urban & Fischer Verlag.
- Hochschild, J. (2005). *Strukturen und Funktionen begreifen. Funktionelle Anatomie-Therapierelevante Details*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Hongo, M., Itoi, E., Sinaki, M., Shimada, Y., Miyakoshi, N. & Okada, K. (2005). Effects of reducing resistance, repetitions, and frequency of back-strengthening exercise in healthy young women: A Pilot Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(7), 1299-1303.
- Horn, H. G. & Steinmann, H. J. (1998). *Medizinisches Aufbautraining*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.

- Hoy, D., Bain, C., Williams, G., March, L., Brooks, P., Blyth, F., Woolf, A., Vos, T. & Buchbinder R. (2012). A Systematic Review of the Global Prevalence of Low Back Pain. *Arthritis & Rheumatism*, 64(6), 2028-2037.
- Ikuta, K., Masuda, K., Tominaga, F., Sakuragi, T., Kai, K., Kitamura, T., Senba, H. & Shidahara, S. (2016). Clinical and Radiological Study Focused on Relief of Low Back Pain After Decompression Surgery in Selected Patients With Lumbar Spinal Stenosis Associated With Grade I Degenerative Spondylolisthesis. *Spine*, 41(24), E1434-E1443.
- Imhoff, A. B., Beitzel, K., Stamer, K. & Klein, E. (2010). *Rehabilitationskonzepte in der orthopädischen Chirurgie. OP-Verfahren im Überblick. Physiotherapie. Sporttherapie*. Berlin; Heidelberg: Springer Verlag.
- Inani, S. B. & Selkar, S. P. (2013). Effect of core stabilization exercises versus conventional exercises on pain and functional status in patients with non-specific low back pain: a randomized clinical trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 26(1), 37-43.
- Jaromi, M., Nemeth, A., Kranicz, J., Laczko, T. & Betlehem, J. (2012). Treatment and ergonomics training of work-related lower back pain and body posture problems for nurses. *Journal of Clinical Nursing*, 21(11-12), 1776-1784.
- Javadian, Y., Akbari, M., Talebi, T. A., Taghipour-Darzi, M. & Janmohammadi, N. (2015). Influence of core stability exercise on lumbar vertebral instability in patients presented with chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Caspian Journal of Internal Medicine*, 6(2), 98-102.
- Jørgensen, K., Nicholaisen, T. & Kato, M. (1993). Muscle fiber distribution, capillary density, and enzymatic activities in the lumbar paravertebral muscles of young men. Significance for isometric endurance. *Spine*, 18(11), 1439-1450.
- Kamaz, M., Kireşi, D., Oğuz, H., Emilk, D. & Levendoğlu, F. (2007). CT measurement of trunkmuscle areas in patients with chronic low back pain. *Diagnostic and Interventional Radiology*, 13(3), 144-148.
- 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, 412-417.
- Kell, R. & Asmundson, G. (2009). A Comparison of Two Forms of Periodized Exercise Rehabilitation Programs in the Management of Chronic Nonspecific Low-Back Pain. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 513-523.

- Keller, A., Hayden, J., Bombardier, C. & Van Tulder, M. (2007). Effect size of non-surgical treatments of non-specific low-back pain. *European Spine Journal*, 16(11), 1776-1788.
- Kemmler, W., Lauber, D., Weineck, J., Mayhew, J. L., Engelke, K. & Kalender, W. A. (2005). Trainingssteuerung im Gesundheitssport. Lastvorgaben versus subjektive Intensitätswahl im präventivsportlichen Krafttraining. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56(6), 165-170.
- Kienbacher, T., Paul, B., Habenicht, R., Starek, C., Wolf, M., Kollmitzer, J. & Ebenbichler, G. (2014). Reliability of Isometric Trunk Moment Measurements in Healthy Persons over 50 Years of Age. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 46(3), 241-249.
- Kim, S., Kim, H. & Chung, J. (2014). Effects of Spinal Stabilization Exercise on the Cross-sectional Areas of the Lumbar Multifidus and Psoas Major Muscles, Pain Intensity, and Lumbar Muscle Strength of Patients with Degenerative Disc Disease. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(4), 579-582.
- Klimont, J. & Baldaszi, E. (2015). *Österreichische Gesundheitsbefragung 2014. Hauptergebnisse des Austrian Health Interview Survey (ATHIS) und methodische Dokumentation*. Zugriff am 17. Mai 2018 unter https://www.bmgf.gv.at/cms/home/attachments/1/6/8/CH1066/CMS1448449619_038/gesundheitsbefragung_2014.pdf
- Krämer, J., Wilcke, A. & Krämer, R. (2005). *Wirbelsäule und Sport. Empfehlungen von Sportarten aus orthopädischer und sportwissenschaftlicher Sicht*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Krischak, G. (2009). *Traumatologie für Physiotherapeuten*. (2. Aufl.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Kumar, T., Kumar, S., Nezamuddin, M. & Sharma, V. P. (2015). Efficacy of core muscle strengthening exercise in chronic low back pain patients. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 28(4), 699-707.
- Kunz, M. (2003). *Medizinisches Aufbaustraining. Erfolg durch MAT in Prävention und Rehabilitation*. (2. Aufl.). München: Urban & Fischer Verlag.
- Lemmer, J. T., Hurlbut, D. E., Martel, G. F., Tracy, B. L., Ivey, F. M., Metter, E. J., Fozard, J. L., Fleg, J. L. & Hurley, B. F. (2000). Age and gender responses to strength training and detraining. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(8), 1505-1512.

- Lesinski, M., Prieske, O. & Granacher, U. (2016). Effects and dose-response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 781-795.
- Liddle, S. D., Gracey, J. H. & Baxter G. D. (2007). Advice for the management of low back pain: a systematic review of randomised controlled trials. *Manual Therapy*, 12(4), 310-327.
- Livshits, G., Popham, M., Malkin, I., Sambrook, P. N., MacGregor, A. J., Spector, T. & Williams, F. M. K. (2011). Lumbar disc degeneration and genetic factors are the main risk factors for low back pain in women: the UK Twin Spine Study. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 70(10), 1740-1745.
- Lomond, K. V., Henry, S. M., Hitt, J. R., DeSarno, M. J. & Bunn, J. Y. (2014). Altered postural responses persist following physical therapy of general versus specific trunk exercises in people with low back pain. *Manual Therapy*, 19(5), 425-432.
- Löllgen, H. (2004). Das Anstrengungsempfinden (RPE, Borg-Skala). *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 55(11), 299-300.
- Machado, L. A. C., Azevedo, D. C., Capanema, M. B., Neto, T. N. & Cerceau, D. M. (2007). Client-Centered Therapy vs Exercise Therapy for Chronic Low Back Pain: A Pilot Randomized Controlled Trial in Brazil. *Pain Medicine*, 8(3), 251-258.
- Maher, C., Underwood, M. & Buchbinder, R. (2017). Non-specific low back pain. *The Lancet*, 389(10070), 736-747.
- Maier, A., Weh, L., Klein, A., Hamel, M., Lucan, S. & Marnitz, U. (2009). Medizinische Trainingstherapie beim chronischen Rückenschmerz. Ein integraler Bestandteil der interdisziplinären Therapie. *Orthopäde*, 38(10), 920-927.
- Mannion, A. F., Mütener, M., Taimela, S. & Dvorak, J. (1999). A Randomized Clinical Trial of Three Active Therapies for Chronic Low Back Pain. *Spine*, 24(23), 2435-2448.
- Mannion, A. F., Dvorak, J., Taimela, S. & Mütener, M. (2001). Kraftzuwachs nach aktiver Therapie bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen (LBP). *Der Schmerz*, 15(6), 468-473.
- Mitchell, U., Helgeson, K. & Mintken, P. (2017). Physiological effects of physical therapy interventions on lumbar intervertebral discs: A systematic review. *Physiotherapy Theory and Practice*, 33(9), 695-705.

- Myles, P. S., Troedel, S., Boquest, M. & Reeves, M. (1999). The pain visual analog scale: is it linear or nonlinear?. *Anesthesia & Analgesia*, 89(6), 1517-1520.
- Niederer, D., Vogt, L. & Banzer, W. (2018). Physical Activity, Training and Exercise in the Prevention of Low Back Pain: a Focus Review with Special Emphasis on Motor Control. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 69(7-8), 262-266.
- Niemier, K. & Seidel, W. (2012). *Funktionelle Schmerztherapie des Bewegungssystems*. (2. Aufl.). Berlin; Heidelberg: Springer Verlag.
- Noormohammadpour, P., Kordi, M., Mansournia, M. A., Akbari-Fakhrabadi, M. & Kordi, R. (2018). The Role of a Multi-Step Core Stability Exercise Program in the Treatment of Nurses with Chronic Low Back Pain: A Single-Blinded Randomized Controlled Trial. *Asian Spine Journal*, 12(3), 490-502.
- Ogon, M., Krismer, M., Söllner, W., Kantner-Rumplmair, W. & Lampe, A. (1996). Chronic low back pain measurement with visual analogue scales in different settings. *Pain*, 64(3), 425-428.
- Olaogun, M. O., Adedoyin, R. A., Ikem, I. C. & Anifaloba, O. R. (2004). Reliability of rating low back pain with a visual analogue scale and a semantic differential scale. *Physiotherapy Theory and Practice*, 20(2), 135-142.
- Pieber, K., Herceg, M., Quittan, M., Csapo, R., Müller, R. & Wiesinger, G. F. (2014). Long-term effects of an outpatient rehabilitation program in patients with chronic recurrent low back pain. *European Spine Journal*, 23, 779-785.
- Platzer, W. (2013). *Taschenatlas Anatomie. Bewegungsapparat*. (11. Aufl.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Puntumetakul, R., Chalermisan, R., Hlaing, S., Tapanya, W., Saiklang, P. & Boucaut, R. (2018). The effect of core stabilization exercise on lumbar joint position sense in patients with subacute non-specific low back pain: a randomized controlled trial. *The Journal of Physical Therapy Science*, 30(11), 1390-1395.
- Radlinger, L., Bachmann, W., Homburg, J., Leuenberger, U. & Thaddey, G. (1998). *Rehabilitatives Krafttraining. Theoretische Grundlagen und praktische Anwendungen*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Rechtsinformationssystem des Bundes. (2018, 23. Juli). Medizinische Assistenzberufes-Gesetz. Zugriff am 23. Juli 2018 unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007997>

- Reuss-Borst, M., Hartmann, U. & Wentrock, S. (2008). Wirkungen eines sanften Gerätetrainings während stationärer Rehabilitation bei Patienten mit chronischem Rückenschmerz. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59(11), 263-267.
- Roland, M. & Morris, R. (1983). A study of the natural history of back pain. Part I: development of a reliable and sensitive measure of disability in low-back pain. *Spine*, 8(2), 141-144.
- Sappich, B., Gaber, W., Caspar, S. & Baum, K. (2001). Reduktion von diagnosespezifischer Arbeitsunfähigkeit durch eine gezielte medizinische Trainingstherapie für die Wirbelsäule. *Arbeitsmedizin*, 8, 371-377.
- Schoenfeld, B. J., Wilson, J. M., Lowery, R. P. & Krieger, J. W. (2014). Muscular adaptations in low- versus high-load resistance training: A meta-analysis. *European Journal of Sport Science*, 16(1), 1-10.
- Searle, A., Spink, M., Ho, A. & Chuter, V. (2015). Exercise interventions for the treatment of chronic low back pain: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Clinical Rehabilitation*, 29(12), 1155-1167.
- Siebert, C. H., Birnbaum, K., Heller, K. D. (2010). *Tipps und Tricks für den Orthopäden und Unfallchirurgen. Problemlösungen von A-Z*. Berlin; Heidelberg: Springer Verlag.
- Sigal, R. J., Kenny, G. P., Boulé, N. G., Wells, G. A., Prud'homme, D., Fortier, M., Reid, R. D., Tulloch, H., Coyle, D., Phillips, P., Jennings, A. & Jaffey, J. (2007). Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Annals of Internal Medicine*, 147(6), 357-369.
- Steele, J., Bruce-Low, S., Smith, D., Osborne, N. & Thorkeldsen, A. (2015). Can specific loading through exercise impart healing or regeneration of the intervertebral disc?. *The Spine Journal*, 15(10), 2117-2121.
- Steffen, R. & Krämer, J. (1992). Schmerzen durch Zwangshaltung. Den Arbeitsplatz ergonomisch gestalten. *Therapiewoche*, 42(22), 1358-1362.
- Stevens, V. K., Parlevliet, T. G., Coorevits, P. L., Mahieu, N. N., Bouche, K. G., Vanderstraeten, G. G. & Danneels, L. A. (2008). The effect of increasing resistance on trunk muscle activity during extension and flexion exercises on training devices. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18(3), 434-445.
- Taimela, S., Diederich, C., Hubsch, M. & Heinrich, M. (2000). The Role of Physical Exercise and Inactivity in Pain Recurrence and Absenteeism From Work After

- Active Outpatient Rehabilitation for Recurrent or Chronic Low Back Pain. *Spine*, 25(14), 1809-1816.
- Teichtahl, A. J., Urquhart, D. M., Wang, Y., Wluka, A., O'Sullivan, R., Jones, G. & Cicuttini, F. (2015). Physical inactivity is associated with narrower lumbar intervertebral discs, high fat content of paraspinal muscles and low back pain and disability. *Arthritis Research & Therapy*, 17(114), 1-7.
- The EuroQol Group. (1990). EuroQol-a new facility for the measurement of health-related quality of life. *Health Policy*, 16(3), 199-208.
- Toprak Çelenay, Ş. & Özer Kaya, D. (2017). An 8-week thoracic spine stabilization exercise program improves postural back pain, spine alignment, postural sway, and core endurance in university students:a randomized controlled study. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 47(2), 504-513.
- Tsao, H., Galea, M. P. & Hodges, P. W. (2008). Reorganization of the motor cortex is associated with postural control deficits in recurrent low back pain. *Brain*, 131(8), 2161-2171.
- Van Agt, H., Essink-Bot, M.-L., Krabbe, P. & Bonsel, G. J. (1994). Test-retest reliability of health state valuations collected with the EuroQol questionnaire. *Social Science & Medicine*, 39(11), 1537-1544.
- Vergroesen, P.-P. A., Kingma, I., Emanuel, K. S., Hoogendoorn, R. J. W., Welting, T. J., Van Royen, B. J., Van Dieën, J. H. & Smit, T. H. (2015). Mechanics and biology in intervertebral disc degeneration: a vicious circle. *Osteoarthritis and Cartilage*, 23(7), 1057-1070.
- Vincent, K. R., Braith, R. W. & Vincent, H. K. (2006). Influence of Resistance Exercise on Lumbar Strength in Older, Overweight Adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(3), 383-389.
- Waddell, G. (1987). A new clinical model for the treatment of low back pain. *Spine*, 12, 632-644.
- Weh, L., Brassow, F. & Kranz, R. (1983). Computertomographische Messung der Belastbarkeit von Wirbelkörpern. In M.H. Hackenbroch, H.-J. Refior & M. Jäger (Hrsg.), *Biomechanik der Wirbelsäule* (S. 8-12). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Weineck, J. (2010a). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. (16. Aufl.). Balingen: Spitta Verlag.

- Weineck, J. (2010b). *Sportbiologie*. (10. Aufl.). Balingen: Spitta Verlag.
- Wewege, M. A., Booth, J. & Parmenter, B. J. (2018). Aerobic vs. resistance exercise for chronic non-specific low back pain: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 31(5), 889-899.
- Williamson, A. & Hoggart, B. (2005). Pain: A review of three commonly used pain rating scales. *Journal of Clinical Nursing*, 14(7), 798-804.
- Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A. J. & Humphries, B. J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25(11), 1279-1286.
- Wirth, K., Atzor, K. R. & Schmidtleicher, D. (2007). Veränderungen der Muskelmasse in Abhängigkeit von Trainingshäufigkeit und Leistungsniveau. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 58(6), 178-183.
- Zahner, L., Donath, L., Faude, O. & Bopp, M. (2015). Krafttraining im Alter. Hintergründe, Ziele und Umsetzung. *Der MKG-Chirurg*, 8(1), 21-27.

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Referenzdaten isometrische Kraft	43
Tab. 2: Alterskategorien	57
Tab. 3: Dauer der Rehabilitation in Kategorien.....	58
Tab. 4: Stichprobenbeschreibung	59
Tab. 5: Unterschied Kraftwerte.....	61
Tab. 6: Unterschied Roland Morris und EQ5D	63
Tab. 7: Signifikanzen Korrelation Kraft-Schmerz.....	65
Tab. 8: Signifikanz Zusammenhang Kraft-RM/EQ5D	66
Tab. 9: VAS, RM und EQ5D nach Rehabilitationsdauer	68
Tab. 10: Richtung der Differenz Kraft-Referenz Männer.....	70
Tab. 11: Signifikanz Unterschiede links-rechts Differenz.....	71
Tab. 12: Unterschiede OP bezüglich Kraftentwicklung	72
Tab. 13: Unterschied VAS, RM 6 EQ5D nach OP	73

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Ausgewählte chronische Erkrankungen nach Geschlecht	26
Abb. 2: DAVID G110	44
Abb. 3: DAVID G120	45
Abb. 4: DAVID G130	46
Abb. 5: DAVID G150	47
Abb. 6: Flow Diagram	56

Eidesstattliche Erklärung

Ich, Julia Berger, Bakk.rer.nat., erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe.

Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Wien, 2019

Julia Berger, Bakk.rer.nat.