

Universitätsklinikum Ulm
Klinik für Orthopädie
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. H. Reichel

**Klinische und radiologische Ergebnisse nach
lumbaler Bandscheibenendoprothetik**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Universität Ulm

vorgelegt von
Michael Wieser
aus
München
2007

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Klaus-Michael Debatin

1. Berichterstatter: PD Dr. Balkan Cakir

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Florian Gebhard

Tag der Promotion: 25.04.2008

Gewidmet: Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	III
1. Einleitung	1
2. Material und Methoden.....	6
2.1. Studienpatienten	6
2.2. Implantat und Operationstechnik	7
2.3. Radiologische Untersuchung	9
2.4. Klinische Untersuchung.....	12
3. Ergebnisse	15
3.1. Patientendaten	15
3.2. Ergebnisse der radiologischen Messgenauigkeitsbestimmung.....	17
3.3. Radiologische Untersuchung	18
3.3.1. Lumbale Gesamtbeweglichkeit.....	18
3.3.2. Segmentale Beweglichkeit	19
3.3.3. Vergleich der segmentalen Beweglichkeit mit der lumbalen Gesamtbeweglichkeit.....	20
3.4. Klinische Untersuchung.....	21
3.4.1. Oswestry-Score	21
3.4.2. SF-36	22
3.5. Korrelation zwischen klinischen und radiologischen Ergebnissen	23
3.5.1. Klinische Ergebnisse in Abhängigkeit von der lumbalen Gesamtbeweglichkeit.....	23
3.5.2. Klinische Ergebnisse in Abhängigkeit von der segmentalen Beweglichkeit	26
4. Diskussion.....	27
4.1. Messmethode	27
4.2. Klinische Ergebnisse.....	29
4.3. Radiologische Ergebnisse	34
4.4. Vergleich der klinischen und radiologischen Ergebnisse.....	37
5. Zusammenfassung	40
6. Literaturverzeichnis.....	42
Anhang	49

Danksagung	55
Lebenslauf	56

Abkürzungsverzeichnis

BSP	Bandscheibenendoprothese
CT	Computertomographie
DDD	degenerative disc disease (= degenerative Bandscheibenerkrankung)
EXT	Extensionsumfang
FBA	Finger-Boden-Abstand
FL	Flexionsumfang
Gr	Gruppe
Inc	Incorporated
KI	Konfidenzintervall
L	Lendenwirbelkörper
LGB	lumbale Gesamtbeweglichkeit
LWS	Lendenwirbelsäule
m	männlich
MRT	Magnetresonanztomographie
n	Patientenanzahl
p	Signifikanzniveau
PCC	Korrelations-Koeffizient nach Pearson
PNS	Postnukleotomiesyndrom
post-OP	postoperativ
prä-OP	präoperativ
ROM	Range of motion (= Bewegungsumfang)
S	Sakralwirbelkörper
SEB	segmentale Beweglichkeit
SF-36	Short Form 36 Health Survey
SPSS	Statistical Product and Service Solution
U1 / 2	Untersucher 1 / 2
USA	United States of America
vs	versus
w	weiblich

1. Einleitung

Mehr als 50% aller orthopädischen Patienten und der Patienten in Schmerzzambulanzen sind aufgrund von Rückenbeschwerden vorstellig [47]. Dabei beträgt für die Erwachsenenperiode die Inzidenz von Rückenschmerzen etwa 45% mit einem Häufigkeitsgipfel zwischen dem 35. und 55. Lebensjahr [25]. Die degenerative Bandscheibenerkrankungen (DDD) mit ihrer hohen Koinzidenz bei Rückenschmerzen trägt wesentlich hierzu bei [31, 36, 37].

Obwohl die Behandlung der symptomatischen DDD eine Domäne der konservativen Orthopädie ist, stellt bei Versagen der nicht operativen Therapiemaßnahmen die Fusionsoperation die Methode der Wahl dar. Die möglichen operativen Fusionstechniken reichen von instrumentierten, nicht instrumentierten dorsalen, antero-lateralen, postero-lateralen bis hin zu intertransversalen Fusionen unter Verwendung von verschiedenen Platzhaltern und/oder autogenem Knochen [7, 10, 19, 29, 30].

Ziel der operativen Versteifung eines Bewegungssegments ist, neben der Wiederherstellung der physiologischen Krümmung, die permanente Ruhigstellung eines oder mehrerer Bewegungssegmente durch Herbeiführen einer knöchernen Fusion. Nach knöcherner Durchbauung der Fusionsstrecke ist im Idealfall das Bewegungssegment nicht mehr als solches funktionsfähig, die Beweglichkeit und die Belastung aufgehoben, wodurch eine Schmerzfreiheit erreicht werden soll.

Jedoch lasten einer Fusionsoperation auch spezifische Komplikationen an [59]. Durch die Rigidität des versteiften Segments wird eine ausgleichende Hypermobilität und eine erhöhte Druckbelastung der direkt angrenzenden Segmente postuliert, welche wiederum zu einer erhöhten Bandscheibendegeneration in den benachbarten Segmenten führen soll [38, 39]. Dabei ist bei einer bisegmentalen Fusion diese Mehrbeanspruchung höher als bei einer monosegmentalen Fusion [18]. Neben einer protrahierten Bandscheibendegeneration wird auch ein Anstieg der Belastung in den benachbarten Facettengelenken berichtet [55].

Eine seit mehreren Jahren erfolgsversprechende Alternative zu den Fusionsoperationen bietet die Bandscheibenendoprothese (BSP) unter möglicher Vermeidung fusionstypischer Probleme [3, 49].

Erste Versuche lumbale Bewegungssegmente durch eine Prothesenimplantation zu ersetzen führte der Schwede Fernström [28] durch, der 1956 eine Metallkugel in den Zwischenwirbelraum einbrachte. Die Kugel sollte die Zwischenwirbelhöhe erhalten und eine vergleichbare Beweglichkeit erzielen. Dieses Implantat wurde bei etwa 250 Patienten eingebracht. Die Kugeln führten jedoch häufig zu einer segmentalen Hypermobilität und zusätzlich wurde auch eine Sinterung der Kugeln in die benachbarten Wirbelkörperendplatten beobachtet. Daher konnte sich dieses Implantat nicht durchsetzen [10].

Analog zu Fernströms Metallkugel entwickelten Fassio et al. [27] die erste implantierte elastische Bandscheibenprothese. Allerdings kam es auch hier zu Sinterungen in die angrenzenden Wirbelkörperendplatten.

Neben diesen zwei Prothesen wurden in den letzten 40 Jahren über 100 Patente für einen endoprothetischen Ersatz des lumbalen Bewegungssegments angemeldet, wobei nur wenige zum klinischen Einsatz kamen [67]. Die älteste Prothese, die bis zum heutigen Tag verwendet wird, ist die ungekoppelte Charite-Prothese (Depuy Spine, Raynham, Massachusetts, USA) [11]. Die erste Version der Prothese, die 1984 erstmals implantiert wurde, konnte sich auch wegen der Migration ihrer Metallplatten in die angrenzenden Wirbelkörper nicht durchsetzen [42]. Die zweite Version der Charite-Prothese, mit größeren Metallplatten, konnte sich aufgrund von Plattenbrüchen ebenfalls nicht etablieren. Seit 1989 wurde die dritte, bis heute verwendete Charite-Prothese in bereits über 10000 Fällen weltweit implantiert [46].

Die erste Bandscheibenendoprothese mit einer gekoppelten Gleitpaarung, die klinisch zur Anwendung kam, ist die Prodisc-I-Prothese (Synthes, Spine-solutions, Inc., New York, USA), welche erstmals durch den Entwickler Thierry Marnay [44] eingesetzt wurde. Aufgrund guter Ergebnisse in einem Nachuntersuchungsintervall von etwa 7-8 Jahren bei 64 Patienten mit der Prodisc-I-Prothese wurde die weiterentwickelte Prodisc-II-Prothese, die 2000 eingeführt wurde, mittlerweile weltweit bei mehr als 5000 Patienten implantiert [3, 15, 19, 21, 49, 69, 74].

Die Prothesen können aufgrund ihrer Funktionsweisen in gekoppelte und ungekoppelte Implantate unterteilt werden. Bei gekoppelten Prothesen ist jede Extensions- oder Flexionsbewegung des Implantats mit einer Translation des kranialen Wirbelkörpers verbunden. Demgegenüber kann eine ungekoppelte

Prothese eine translationsfreie Flexion bzw. Extension und eine reine Translation ohne Flexion bzw. Extension durchführen. Die Prodisc-Prothese stellt ein gekoppeltes Implantat dar. Die Charite-Prothese dagegen besitzt eine ungekoppelte Gleitpaarung.

Als weiteres Unterscheidungsmerkmal der Prothesen können auch die kongruierenden Oberflächen hinzugezogen werden. Die Charité- und die Prodisc-Prothese weisen beide eine Metalloberfläche auf, die mit einem Polyethylen-Inlay artikuliert, im Gegensatz zur Maverick Artificial Disc-Prothese (Medtronic, Minneapolis, USA) und der Flexi Core Intervertebral Disc-Prothese (Stryker, Kalamazoo, Massachusetts, USA) die eine Metall-Metall Gleitpaarung besitzen.

Postuliert werden bei allen Prothesentypen folgende Wirkungsprinzipien:

1. eine Besserung des diskogenen Rückenschmerz durch Resektion der degenerierten Bandscheibe.
2. eine Wiederherstellung der physiologischen Segmentlordose
3. eine Wiederherstellung der physiologischen Zwischenwirbelraumhöhe und dadurch auch eine Erweiterung der Foramina intervertebralia
4. eine Abnahme der Anschlusssegmentdegeneration durch Erhalt der Beweglichkeit
5. bessere funktionelle und klinische Ergebnisse durch den Erhalt der Beweglichkeit

De facto werden durch eine Fusionsoperation die unter 1-3 aufgeführten Zielsetzungen auch erreicht. Bei einer Fusionsoperation wird, mit Ausnahme der postero-lateralen Fusion, eine Resektion der degenerierten Bandscheibe vorgenommen. Durch Verwendung von dementsprechenden Implantaten kann die Zwischenwirbelraumhöhe und die sagittale Balance ebenfalls gut rekonstruiert werden [32].

Eine mögliche Abnahme der Anschlusssegmentdegeneration bei Verwendung einer Prothese, im Vergleich zu Versteifungsoperationen können nur randomisierte-prospektive Langzeitstudien beantworten, die bereits angelaufen aber noch nicht abgeschlossen sind [50].

Somit stellen zum jetzigen Zeitpunkt der Erhalt der segmentalen Beweglichkeit (SEB) und die damit postulierten besseren funktionellen und klinischen

Ergebnisse den bedeutendsten Vorteil der Bandscheibenprothesen im Vergleich zur Fusionsoperation dar.

Jedoch existieren zum jetzigen Zeitpunkt nur wenige, teils widersprüchliche Arbeiten, die die postoperative Bewegungsänderung und deren Einfluss auf das funktionelle Ergebnis untersucht haben. So berichtet Bertagnoli et al. [3] von einer durchschnittlichen Bewegungsverbesserung aller Patienten im operierten Segment. Demgegenüber konnten Cakir et al. [15] postoperativ keine Bewegungsänderung im operierten Segment feststellen.

Andere Arbeiten wiederum berichten ausschließlich über die postoperative Beweglichkeit im operierten Segment ohne Bezug auf die präoperative Bewegung zu nehmen [35, 69].

Weiterhin war die Korrelation der klinischen Ergebnisse mit dem postoperativen Beweglichkeitsunterschied nie Gegenstand der Untersuchung.

Somit kann zum jetzigen Zeitpunkt ein möglicher Zusammenhang zwischen der postoperativen Beweglichkeit und dem klinischen Ergebnis nicht mit hinreichender Sicherheit angenommen werden.

Zielsetzung der Arbeit

Ziele der vorliegenden Arbeit waren:

1. Die segmentale Beweglichkeit und lumbale Gesamtbeweglichkeit nach Implantation einer Bandscheibenendoprothese zu untersuchen.
2. Durch Erfassung der präoperativen Werte die Veränderung der SEB und LGB nach BSP-Implantation zu bestimmen.
3. Einen möglichen Zusammenhang zwischen postoperativer SEB und LGB zu untersuchen.
4. Den Einfluss der SEB- und LGB-Änderung nach BSP-Implantation auf das klinische Endergebnis zu analysieren.

2. Material und Methoden

2.1. Studienpatienten

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden anhand der Patientendokumentation der orthopädischen Universitätsklinik Ulm Patienten ausgewählt, die eine lumbale Bandscheibenendoprothese im Zeitraum zwischen Januar 2000 und Dezember 2003 auf Grund einer degenerativen Bandscheibenerkrankung oder Postnukleotomiesyndrom (PNS) implantiert bekommen haben.

Kriterien für die Implantation einer Bandscheibenendoprothese waren:

- Rückenschmerzen seit mindestens 12 Monaten
- Erfolglose konservative Behandlung für mindestens sechs Monate
- Nachweis einer Bandscheibendegeneration nativ radiologisch und in der Magnetresonanztomographie (MRT) (Abb. 1.A und 1.B)
- Positiver "Memory pain" in der Provokation-Diskographie (Abb. 1.C)
- Keine Anzeichen von intraspinaler Narbenbildung im MRT bei Patienten mit PNS
- Keine Verbesserung der Symptomatik nach Facettengelenksinfiltration
- Keine Anzeichen einer Facettengelenksarthrose im betroffenen Segment in der Computertomographie (CT)
- Keine Spondylolisthesis vera oder degenerative Spondylolisthese
- Keine Spondylolyse
- Keine Osteoporose

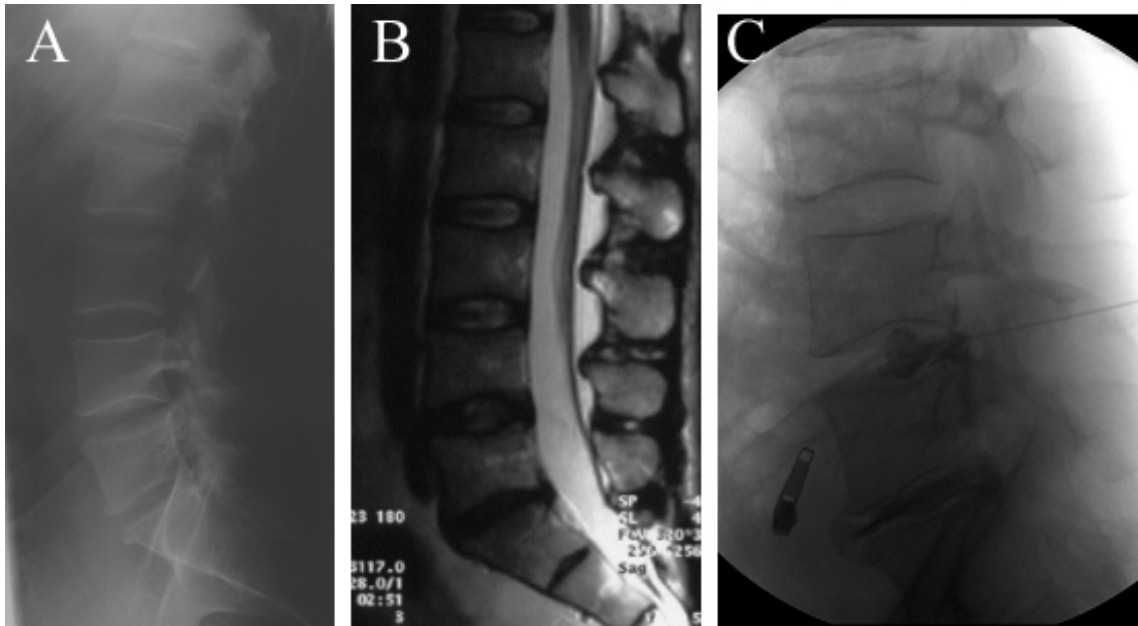


Abb.1: Bandscheibendegeneration im Segment L5-S1 mit nativ radiologischer Abnahme der Bandscheibenhöhe im Segment (A). Kernspintomographische Dehydrierung der Bandscheibe („Black disc“) mit Bandscheibenprotrusion (B). „Cotton-Ball“ Formation im Segment L4-L5 und „Ruptured Disc“ im Segment L5-S1 in der Einteilung nach Adams et al. [1] nach Discographie mit positivem „Memory Pain“ im Segment L5-S1 (C). [L= Lendenwirbelkörper; S= Sakralwirbelkörper]

2.2. Implantat und Operationstechnik

Das Implantat (Prodisc Synthes, Spine-solutions, Inc., New York, USA) besteht aus drei Anteilen (zwei Metallplatten, 1 Polyethyleninlay) mit einem Ball-Sattel-Gelenkprinzip (Abb. 2). Die Cobalt-Chrom Platten sind mit Titan überzogen und werden an den Endplatten mit Kiel und Dornen befestigt. Das Inlay besteht aus ultra-high-molecular-weight-polyethylen mit drei verschiedenen Größen (10mm, 12mm, 14mm). Es gibt zwei unterschiedliche Plattengrößen (M; L) mit zwei verschiedenen Angulationswinkeln (6°, 11°). Das Implantat hat einen Bewegungsumfang von 13° Flexion (FL) und 7° Extension (EXT), jeweils aus der Neutralposition heraus.

Die Implantation erfolgt durch einen ventralen Zugang.

Im Segment L3-L4 (L= Lendenwirbelkörper) und L4-L5 erfolgte die Implantation durch eine pararektale und im Segment L5-S1 (S= Sakralwirbelkörper) über eine horizontale Inzision.

Der Zugang zur Wirbelsäule erfolgte durch einen extra- oder transperitonealen Zugang. Nach der Darstellung der ventralen Anteile des Bandscheibenfaches

(Abb. 3A) erfolgte die Resektion des Ligamentum longitudinale anterior, gefolgt von der Resektion der Bandscheibe und, je nach intraoperativer Situation, des Ligamentum longitudinale posterior unter Erhalt der seitlichen Anulusfasern (Abb. 3B). Nach der Präparation der Endplatten wurden mit einem Meisel, über dem Platzhalter, in die Grundplatte des oberen und in die Deckplatte des unteren Wirbelkörpers die Rillen für die Verankerung der Prothesenfinnen geschlagen. Danach erfolgt die Einbringung der oberen und unteren Platte der Prothese durch Spezialinstrumente (Abb. 3C).

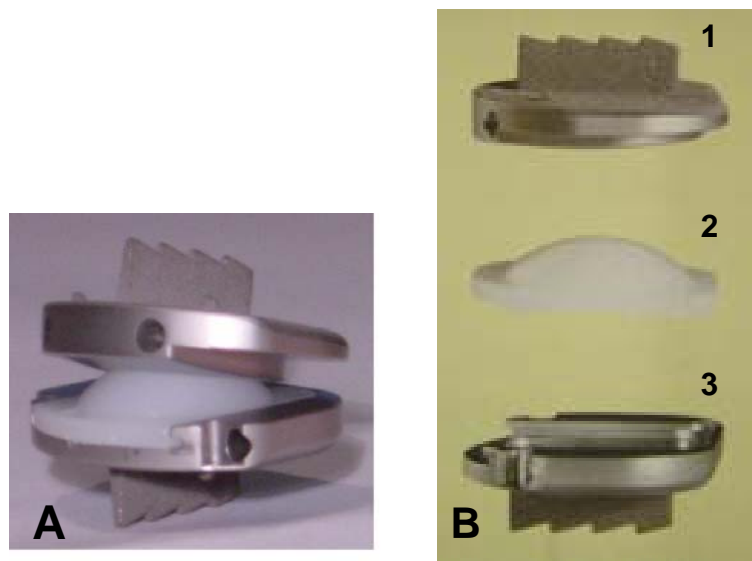


Abb. 2 : Die Prodisc-Prothese (A): Obere (B1) und untere (B3) Platte mit dazugehörigem Inlay (B2) [12, S.17].

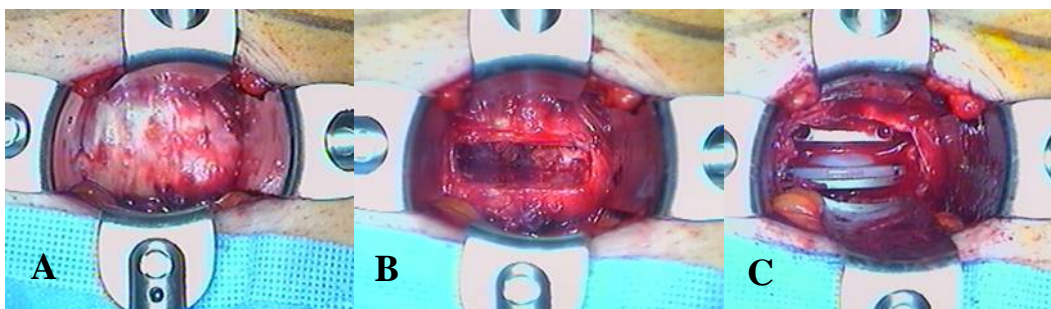


Abb. 3: Ansicht von ventral nach kompletter Mobilisation der Gefäße von den ventralen Aspekten des Bandscheibenfaches (A). Situs nach Resektion des vorderen Längsbandes, der ventralen Anulusfasern und Ausräumung des Bandscheibenfaches (B). Zustand nach Implantation der Bandscheibenprothese (C).

2.3. Radiologische Untersuchung

Radiologische Untersuchungstechnik

Prä- und postoperativ wurden bei allen Patienten Röntgenaufnahmen der Lendenwirbelsäule (LWS) in antero-posteriorem und seitlichem Strahlengang, sowie aktive Funktionsaufnahmen der LWS in maximal möglicher Flexion / Extension im seitlichen Strahlengang, standardisiert aufgenommen. Der Film-Fokus-Abstand betrug 110 cm bei einem Vergrößerungsfaktor von 1,15. Der Hauptfokus wurde immer auf den Darmbeinkamm gerichtet. Die Bilder wurden zur weiteren Vermessung digitalisiert (DiagnostiX, Basis 2048 GEMED, Deutschland).

Radiologische Messungen

Prä- und postoperativ wurden anhand der durchgeführten Röntgenaufnahmen die lumbale Gesamtbeweglichkeit (L1-S1) und die segmentale Beweglichkeit für das operierte Segment bestimmt.

Mit Hilfe des DiagnostiX-Systems wurden die präoperativen Aufnahmen mit der Cobb-Methode ausgewertet.

Der Cobbwinkel wurde für das operierte Segment und für die lumbale Wirbelsäule (L1-S1) in Neutralstellung, maximaler Inklination und Reklination gemessen. Für die Winkelmessungen in den Segmenten L3-L4 und L4-L5 wurde eine Linie an die Deckplatte des kranialen Wirbelkörpers und eine Linie an die Grundplatte des kaudalen Wirbels gelegt und der Winkel abgelesen (Abb.4).

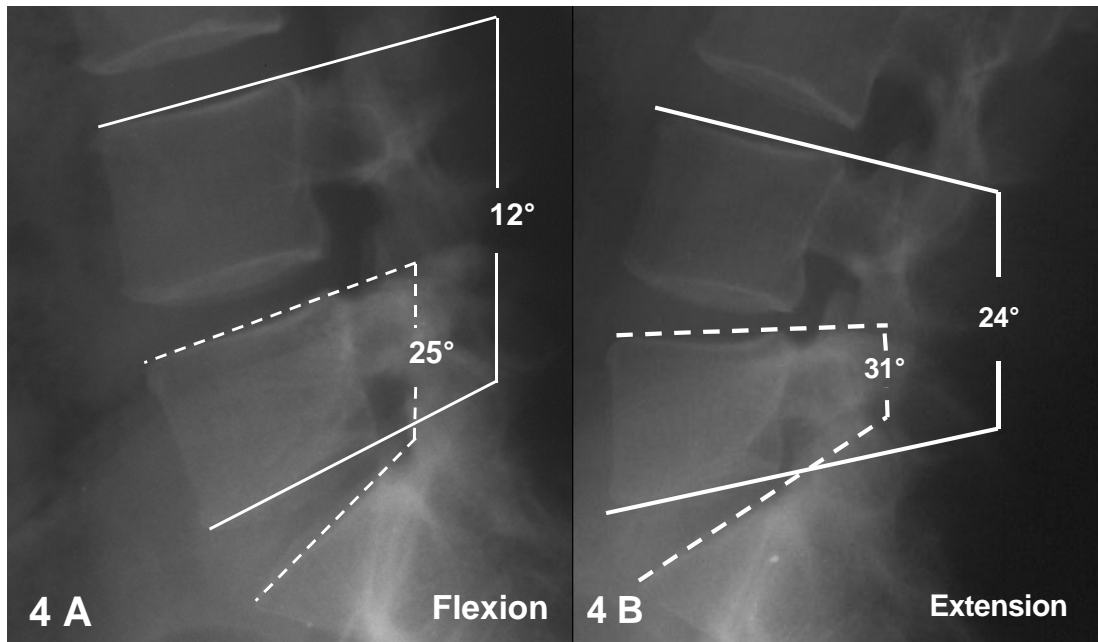


Abb.4: Messung der segmentalen Beweglichkeit mit der Cobb-Methode im Segment L4-L5 (durchgehende Linie) und L5-S1 (gestrichelte Linie) in Flexion (A) und Extension (B). [L= Lendenwirbelkörper; S= Sakralwirbelkörper]

Die SEB L5-S1 und die LGB L1-S1 wurden ermittelt, indem die erste Messlinie auf die Deckplatte von L5 bzw. auf L1 und die zweite Messlinie auf die Deckplatte S1 gelegt wurde (Abb. 4).

Die postoperative Beweglichkeitsmessung für das operierte Segment wurde mit der modifizierten Cobb-Methode durchgeführt. Bei dieser Messung werden statt der Deck- oder Grundplatte des Wirbelkörpers jeweils die Messlinien auf die Dornen der oberen und unteren Prothesenfinne gelegt (Spike-Methode)(Abb. 5).

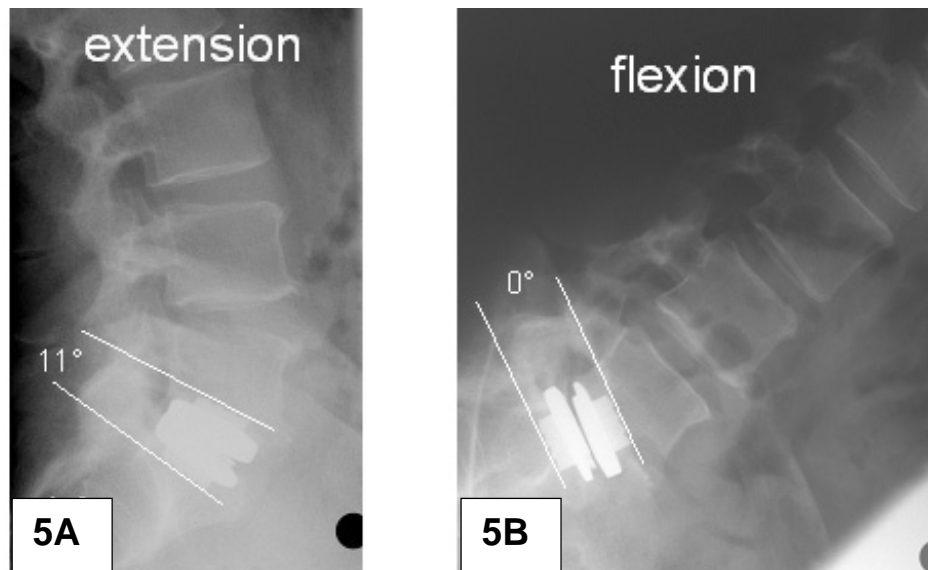


Abb. 5: Segmentale Messung der Bewegungswinkel mit der Spike-Methode im Segment L5-S1 mit einer Extension von 11° (5A) und Flexion 0° (5B) und einem absoluten Bewegungswinkel von 11° . [L= Lendenwirbelkörper; S= Sakralwirbelkörper]

Für die postoperative Messung der lumbalen Gesamtbeweglichkeit bei Patienten mit Prothesenimplantation in L5-S1 wurde eine Mischmethode zwischen Cobb- und Spike-Methode verwendet.

Hierbei wurde zur Bestimmung der Winkel die Deckplatte des Wirbelkörpers L1 und die kaudalen Dornen des operierten Segments L5-S1 benutzt.

Der Flexionsumfang wurde durch Subtraktion der Cobb-Werte der Neutralaufnahme von der Flexionsaufnahme bestimmt. Analog hierzu wurde der Extensionsumfang durch Subtraktion der Werte der Extensionsaufnahme von der Neutralaufnahme berechnet. Durch Addition von FL und EXT erhält man den gesamten Bewegungsumfang (ROM= Range of motion) in diesem Segment.

Reliabilitätsmessungen

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde die Messgenauigkeit der verwendeten radiologischen Methoden (Cobb- und Spike-Methode) zur Messung des Bewegungsumfanges evaluiert.

Dabei wurde die Messgenauigkeit durch das 95%-Konfidenzintervall (KI) nach Bland et al. [5] ausgedrückt:

●“Intrauntersucher-intramethoden“ Messgenauigkeit :

Verglichen werden die Ergebnisse des ersten und zweiten Messdurchgangs mit derselben Messmethode, die vom selben

Untersucher durchgeführt werden. Die Messgenauigkeit wird mit $\pm X^\circ$ angegeben.

(95% der zu erwartenden Messunterschiede befinden sich in diesem Intervall)

• “Interuntersucher-intramethoden“ Messgenauigkeit:

Die Messwerte von zwei verschiedenen Untersuchern, die mit derselben Methode messen, werden verglichen. Die Messgenauigkeit wird dabei mit $-X^\circ/+Y^\circ$ angegeben.

(95% der zu erwartenden Messunterschiede befinden sich in diesem Intervall)

Zur Bestimmung der Messgenauigkeit wurden die Röntgenbilder von 24 Patienten durch zwei erfahrene Untersucher (U1, U2) mit der Cobb- und der Spike-Methode ausgewertet. Bei 12 der Patienten wurde ein monosegmentaler Ersatz im Segment L4-L5 und bei 12 Patienten im Segment L5-S1 vorgenommen.

U1 maß den segmentalen ROM bei 24 Patienten zweimal mit beiden Messmethoden. Die zwei Messdurchgänge hatten mindestens einen Abstand von acht Wochen.

U2 führte die Messungen nur einmalig an denselben 24 Patienten durch.

2.4. Klinische Untersuchung

Prä- und postoperativ erfolgte die klinische Evaluation anhand von zwei etablierten Fragebögen:

- Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire (Anhang I)
- Short Form 36 Health Survey (SF-36) (Anhang II)

Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire

Der 1980 von Jeremy Fairbank entworfene „Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire“ ist ein Fragebogen mit insgesamt zehn Fragen, der speziell für Patienten mit Rückenschmerzen entwickelt wurde [26].

Alle Fragen sind in sechs Antwortkategorien unterteilt, wobei jede Antwortmöglichkeit einen größeren Einschränkungsgrad als die vorhergehende

Möglichkeit darstellt. Jede Frage wird jeweils von 0 (keine Einschränkung) bis 5 (größtmögliche Einschränkung) gewertet.

Alle Punkte der zehn Fragen werden summiert, durch die maximal erreichbare Zahl von 50 geteilt und mit 100 multipliziert. Es entsteht eine Prozentskala von 0 bis 100, wobei häufig eine deskriptive Einteilung vorgenommen wird.

0-20 entspricht einer minimalen Beeinträchtigung.

Eine moderate Einschränkung besteht bei Werten zwischen 20-40.

Bei Werten zwischen 40-60 besteht eine ernsthafte Einschränkung.

Patienten mit Werten von 60-80 werden als „behindert“ eingestuft.

Bei Punktwerten von 80-100 handelt es sich entweder um bettlägerige oder simulierende Patienten.

Short Form 36 Health Survey (SF-36)

Der SF-36 ist eine Messmethode zur Erhebung des subjektiven Gesundheitszustands. Er besteht aus einem Fragebogen mit 36 Unterpunkten, die mehreren Themenbereichen zugeordnet sind.

Die Antwortkategorien variieren von einfach binär, „ja- nein“, bis hin zu sechsstufigen Antwortskalen. Der SF-36 erfasst acht Dimensionen der subjektiven Gesundheit:

- Körperliche Funktionsfähigkeit
- Körperliche Rollenfunktion
- körperliche Schmerzen
- allgemeine Gesundheit
- Vitalität
- soziale Funktionsfähigkeit
- emotionale Rollenfunktion
- psychisches Wohlbefinden.

Zusätzlich zu diesen acht Skalen kann auch die körperliche und psychische Summenskala aus den vorliegenden Skalen berechnet werden. Diese beiden Summenskalen stellen den allgemeinen körperlichen und psychischen Gesundheitszustand im Vergleich zu amerikanischen Normpopulation dar.

Die Auswertung erfolgt mit einem computerisierten Auswertungsprogramm, das sowohl die Zusammensetzung der Skalen als auch deren Addition bzw.

Gewichtung übernimmt. Darüber hinaus werden alle im SF-36 erfassten Skalen in Werte zwischen 0 und 100 transformiert, die einen Vergleich miteinander bzw. zwischen verschiedene Patientengruppen ermöglichen. 0 stellt eine ernsthafte und 100 keine Einschränkung dar.

Die Berechnung der 8 Dimensionen und der 2 Summenskalen erfolgt ebenfalls computerisiert aus den acht SF-36-Skalen.

Diese Werte haben einen Mittelwert von 50 und eine Standardabweichung von 10. Dabei entspricht ein Wert von 50 dem Durchschnittswert des amerikanischen Normalkollektivs.

Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung der Messwerte wurden der Wilcoxon-Test (Paarvergleich bei abhängigen Stichproben) und der Mann-Whitney-Test (Paarvergleich bei unabhängigen Stichproben) verwendet. Als Signifikanzniveau wurde ein p-Wert von 0,05 festgelegt. Die Analyse der Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm Statistical Product and Service Solution (SPSS) 12.0 (SPSS, Inc., Illinois, USA).

3. Ergebnisse

3.1. Patientendaten

Das Studienkollektiv umfasste insgesamt 40 Patienten.

Bei 21 weiblichen und 19 männlichen Patienten betrug das Durchschnittsalter $41,6 \pm 7,5$ Jahre.

Das Durchschnittsalter der Frauen betrug $39,8 \pm 8,1$ Jahre und der Männer $44,0 \pm 6,1$ Jahre (Abb. 6).

16 Patienten (6 w [weiblich]; 10 m [männlich]) hatten als präoperative Diagnose ein Postnukleotomiesyndrom und 24 Patienten (15 w, 9 m) eine degenerative Bandscheibenerkrankungen (Abb. 7).

Das durchschnittliche klinische und radiologische Nachuntersuchungsintervall betrug 22,8 Monate (Minimum: 11,7; Maximum: 43,4 Monate).

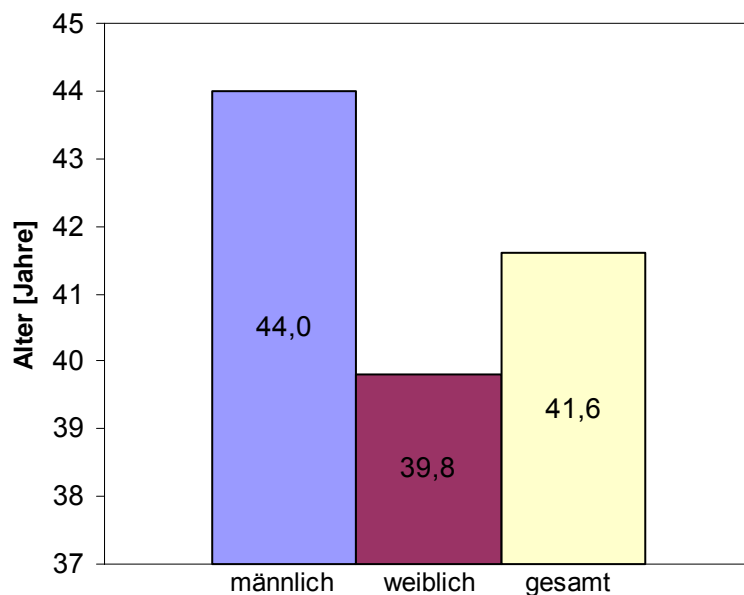


Abb.6: Durchschnittsalter [Jahre] der 40 Studienpatienten zum Zeitpunkt der Operation.

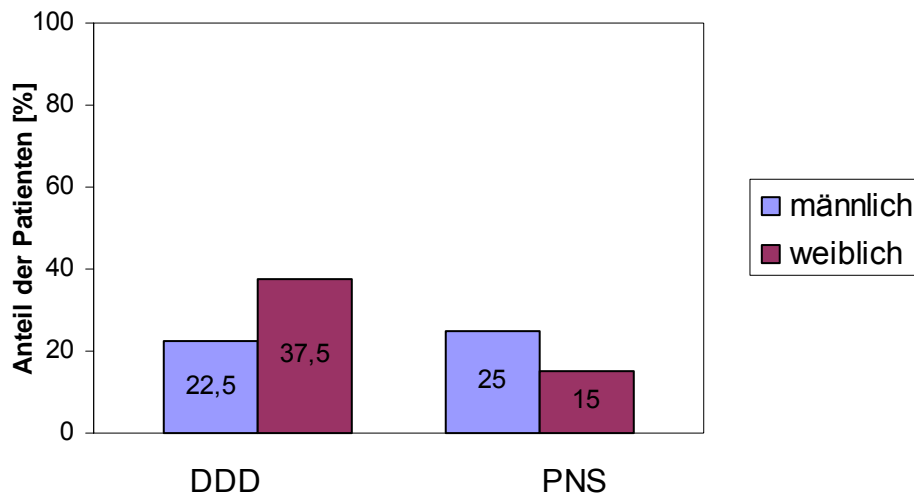


Abb.7: Präoperative Diagnose der 40 Studienpatienten in [%] zum Zeitpunkt der Operation.
[DDD= degenerative Bandscheibenerkrankung; PNS= Postnukleotomiesyndrom]

Bei 35 von 40 Patienten wurde eine monosegmentale und bei 5 Patienten eine bisegmentale Prothesenimplantation vorgenommen.

- Bei 9 der 35 Patienten mit monosegmentaler Prothesenimplantation wurde das Segment L4-L5 und bei 26 Patienten das Segment L5-S1 versorgt.
- Bei 3 der 5 Patienten mit einer bisegmentalen Prothesenimplantation wurde das Segment L3-L4 und L4-L5 und bei 2 Patienten das Segment L4-L5 und L5-S1 versorgt (Abb. 8).

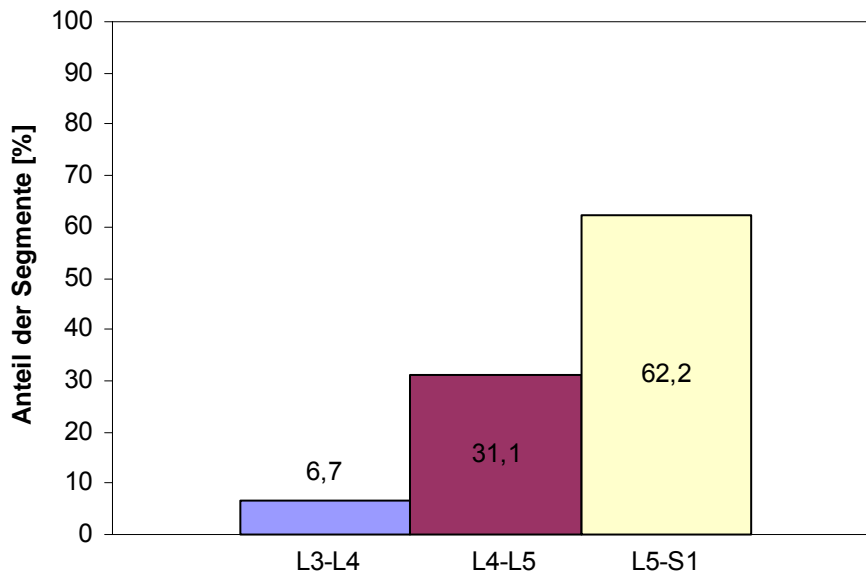


Abb.8: Prozentuale Verteilung [%] der 45 implantierten Bandscheibenprothesen auf die jeweiligen Segmente bei 40 Studienpatienten.
[L= Lendenwirbelkörper; S= Sakralwirbelkörper]

3.2. Ergebnisse der radiologischen Messgenauigkeitsbestimmung

Intrauntersucher-intramethoden Reliabilität:

Die intrauntersucher-intramethoden Reliabilität wurde für die Messergebnisse des Untersuchers U1 berechnet.

Der Untersucher U1 hatte insgesamt eine Anzahl von 96 segmentalen ROM-Messungen:

- zweimalige Messung auf Höhe L4-L5 und L5-S1 prä- (Cobb-Methode) und postoperativ (Spike-Methode) mit je 12 Patienten = 96 Messungen

Das 95%-Konfidenzintervall der Cobb-Methode für die präoperative Beweglichkeitsbestimmung betrug $\pm 4,2^\circ$.

Das 95%-KI für die postoperative Beweglichkeitsbestimmung mit der Spike-Methode betrug $\pm 2,1^\circ$.

Interuntersucher-intramethoden Reliabilität:

Die interuntersucher-intramethoden Reliabilität für die Cobb- bzw. Spike-Methode wurde durch den Vergleich der ersten Messergebnisse des Untersuchers U1 und der Messergebnisse des Untersuchers U2 berechnet.

U2, der die Beweglichkeit bei 24 Patienten auf Höhe L4-L5 und L5-S1 mit beiden Messmethoden nur einmal untersuchte, hatte somit insgesamt eine Anzahl von 48 segmentalen ROM-Messungen.

Das 95%-Konfidenzintervall für die interuntersucher-intramethoden Reliabilität betrug für die Cobb-Methode $-4,5^{\circ}/+4,3^{\circ}$ und für die Spike-Methode $-2,9^{\circ}/+3,1^{\circ}$.

3.3. Radiologische Untersuchung

3.3.1. Lumbale Gesamtbeweglichkeit

Beim Vergleich der prä- mit der postoperativen lumbalen Gesamtbeweglichkeit konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden, mit einer durchschnittlichen lumbalen Gesamtbeweglichkeit der 40 Studienpatienten präoperativ von $33,7^{\circ} \pm 14,7^{\circ}$ und postoperativ von $34,6^{\circ} \pm 16,5^{\circ}$ ($p=0,597$) (Abb. 9).

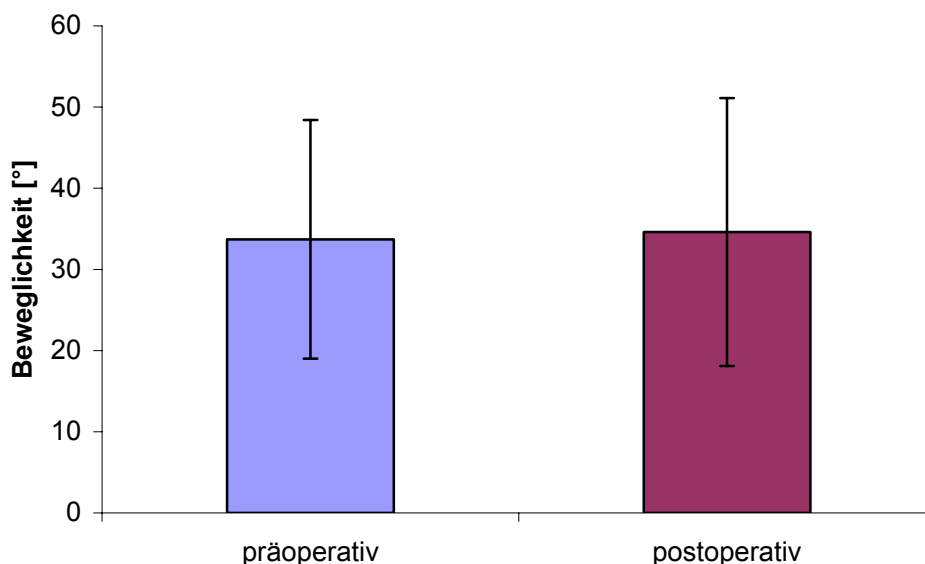


Abb.9: Prä- und postoperative Mittelwerte und Standardabweichung für die lumbale Gesamtbeweglichkeit [°] bei 40 Studienpatienten.

3.3.2. Segmentale Beweglichkeit

Beim Vergleich der prä- mit der postoperativen segmentalen Beweglichkeit konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden, mit einer durchschnittlichen SEB in den 45 untersuchten Segmenten [L3-L4 (n=3), L4-L5 (n=14) und L5-S1 (n=28)] präoperativ von $7,2^\circ \pm 4,8^\circ$ und postoperativ von $7,1^\circ \pm 4,2^\circ$ ($p=0,920$) (Abb. 10).

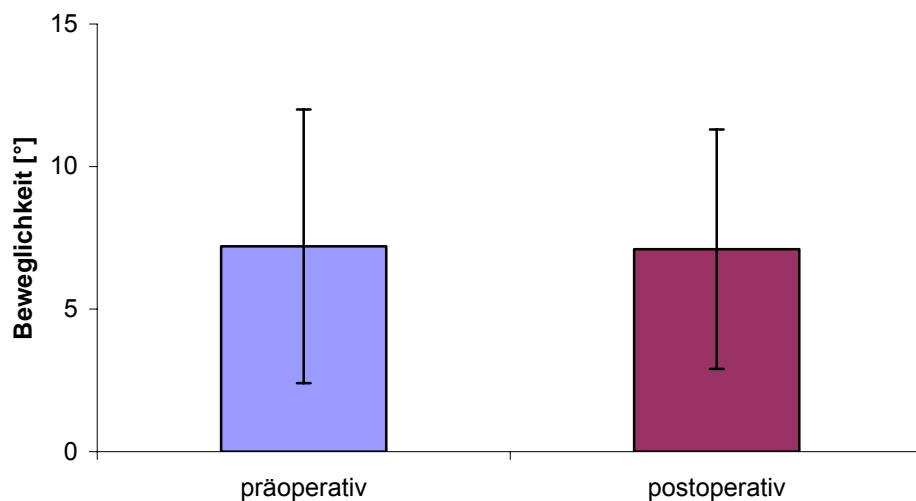


Abb.10: Prä- und postoperative Mittelwerte und Standardabweichung für die segmentale Beweglichkeit [°] der 45 operierten Segmente bei 40 Studienpatienten.

Die durchschnittliche segmentale Beweglichkeit L4-L5 betrug präoperativ $7,8^\circ \pm 5,5^\circ$ und postoperativ $8,9^\circ \pm 5,0^\circ$ ($p=0,400$) (Abb. 11).

Für das Segment L5-S1 ergaben sich präoperativ Werte von $7,4^\circ \pm 4,6^\circ$ und postoperativ Werte von $6,4^\circ \pm 3,6^\circ$ ($p=0,491$) (Abb. 11).

Das Segment L3-L4 wurde bei der Auswertung auf Grund der zu geringen Fallzahl von $n=3$ nicht berücksichtigt.

Beim Vergleich des präoperativen Beweglichkeitsumfanges zwischen den Segmenten L4-L5 ($n=14$) und L5-S1 ($n=28$) ergab sich kein signifikanter Unterschied ($p=0,906$) (Abb. 11).

Beim Vergleich des postoperativen Beweglichkeitsumfanges zwischen den Segmenten L4-L5 und L5-S1 ergab sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied ($p=0,107$) (Abb. 11).

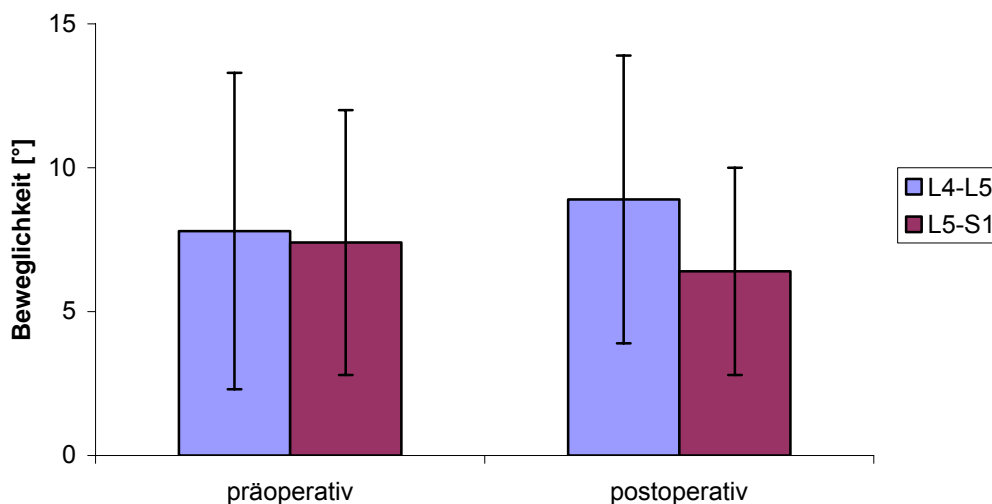


Abb.11: Mittelwerte und Standardabweichungen für die segmentale Beweglichkeit [°] der Segmente L4-L5 (n=14) und L5-S1 (n=28) im prä- und postoperativen Vergleich. [L= Lendenwirbelkörper; S= Sakralwirbelkörper; n= Anzahl der Patienten]

3.3.3. Vergleich der segmentalen Beweglichkeit mit der lumbalen Gesamtbeweglichkeit

Die Patienten wurden anhand der postoperativen segmentalen und lumbalen Beweglichkeitsänderung in Gruppen eingeteilt.

Gruppe I: postoperative Zunahme der LGB $>+5^\circ$ (n=16)

Gruppe II: postoperative Abnahme der LGB $<-5^\circ$ (n=12)

Gruppe III: postoperative Abnahme bzw. Zunahme der LGB zwischen $\geq-5^\circ$ bis $\leq+5^\circ$ (n=12)

Gruppe IV: postoperative Zunahme der SEB $>+2^\circ$ (n=16)

Gruppe V: postoperative Abnahme der SEB $<-2^\circ$ (n=14)

Gruppe VI: postoperative Abnahme bzw. Zunahme der SEB zwischen $\geq-2^\circ$ bis $\leq+2^\circ$ (n=10)

Bei Patienten, die eine bisegmentale Prothesenversorgung erhielten, wurden jeweils die Bewegungsumfangswerte der beiden Einzelprothesen summiert und daraufhin wurden die Patienten in die Gruppen IV, V und VI eingegliedert.

Patienten die postoperativ eine Zunahme der Beweglichkeit von $>+4^\circ$ (beide Einzelwerte summiert) hatten, waren somit in der Gruppe IV.

Patienten die postoperativ eine Abnahme der Beweglichkeit von $<-4^\circ$ hatten, wurden zur Gruppe V gezählt. Patienten, die postoperativ eine

Bewegungsabnahme $\geq -4^\circ$ bzw. eine Zunahme $\leq +4^\circ$ hatten, wurden in die Gruppe VI eingeordnet.

Bei der Korrelation der SEB mit der LGB zeigte sich, dass Patienten mit einer postoperativen Zunahme der SEB von $>+2^\circ$ auch tendenziell eine Besserung der LGB hatten (Tab. 1).

Dasselbe Bild zeigte sich auch für die Patienten ohne Veränderung bzw. Verschlechterung der SEB mit tendenziell gleichbleibender bzw. abnehmender LGB (Tab. 1).

Tab. 1: Vergleich der postoperativen segmentalen und der lumbalen Beweglichkeitsänderung bei 40 Studienpatienten
(Gruppe I: postoperative Zunahme der LGB $>+5^\circ$; Gruppe II: postoperative Abnahme der LGB $<-5^\circ$; Gruppe III: postoperative Abnahme bzw. Zunahme der LGB zwischen $\geq -5^\circ$ bis $\leq +5^\circ$; Gruppe IV: postoperative Zunahme der SEB $>+2^\circ$; Gruppe V: postoperative Abnahme der SEB $<-2^\circ$; Gruppe VI: postoperative Abnahme bzw. Zunahme der SEB zwischen $\geq -2^\circ$ bis $\leq +2^\circ$).
[n= Anzahl der Patienten; SEB= segmentale Beweglichkeit; LGB= lumbale Gesamtbeweglichkeit]

Postoperative segmentale Beweglichkeitsänderung	Postoperative lumbale Gesamtbeweglichkeitsänderung			
	Gruppe I (n=16)	Gruppe II (n=12)	Gruppe III (n=12)	Gesamt
Gruppe IV (n=16)	13 (81,3%) (81,3%)	1 (6,3%) (8,3%)	2 (12,5%) (16,7%)	16 (100,0%) (40,0%)
Gruppe V (n=14)	0 (0,0%) (0,0%)	11 (78,6%) (91,7%)	3 (21,4%) (25,0%)	14 (100,0%) (35,0%)
Gruppe VI (n=10)	3 (30,0%) (18,8%)	0 (0,0%) (0,0%)	7 (70,0%) (58,3%)	10 (100,0%) (25,0%)
Gesamt	16 (100,0%) (40,0%)	12 (100,0%) (30,0%)	12 (100,0%) (30,0%)	40 (100,0%) (100,0%)

3.4. Klinische Untersuchung

3.4.1. Oswestry-Score

Prä- bzw. postoperativ betrug der durchschnittliche Oswestry-Score bei den 40 Studienpatienten $48 \pm 12,8$ bzw. $24 \pm 19,9$ ($p < 0,001$)

(Abb. 12).

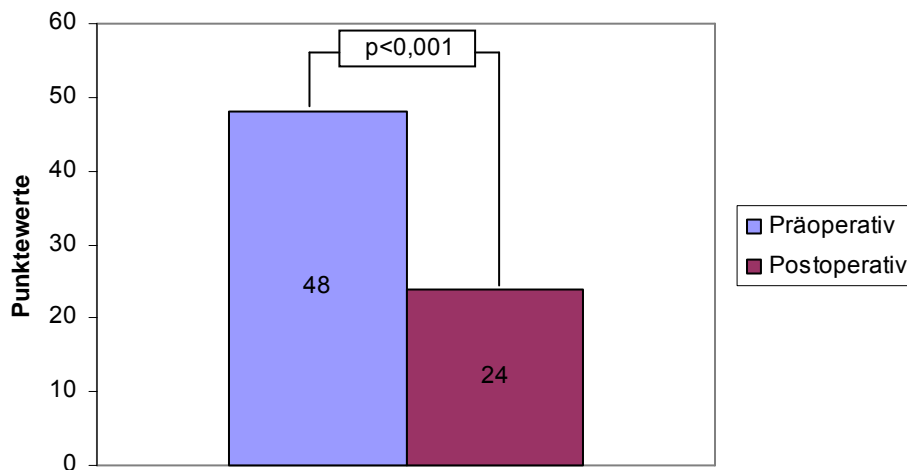


Abb.12: Durchschnittlicher prä- und postoperativer Oswestry-Score bei 40 Studienpatienten. [p= Signifikanzniveau]

3.4.2. SF-36

Postoperativ zeigten sich bei allen acht Unterpunkten des SF-36 eine signifikante Verbesserung der Scorewerte ($p < 0,001$) (Abb. 13).

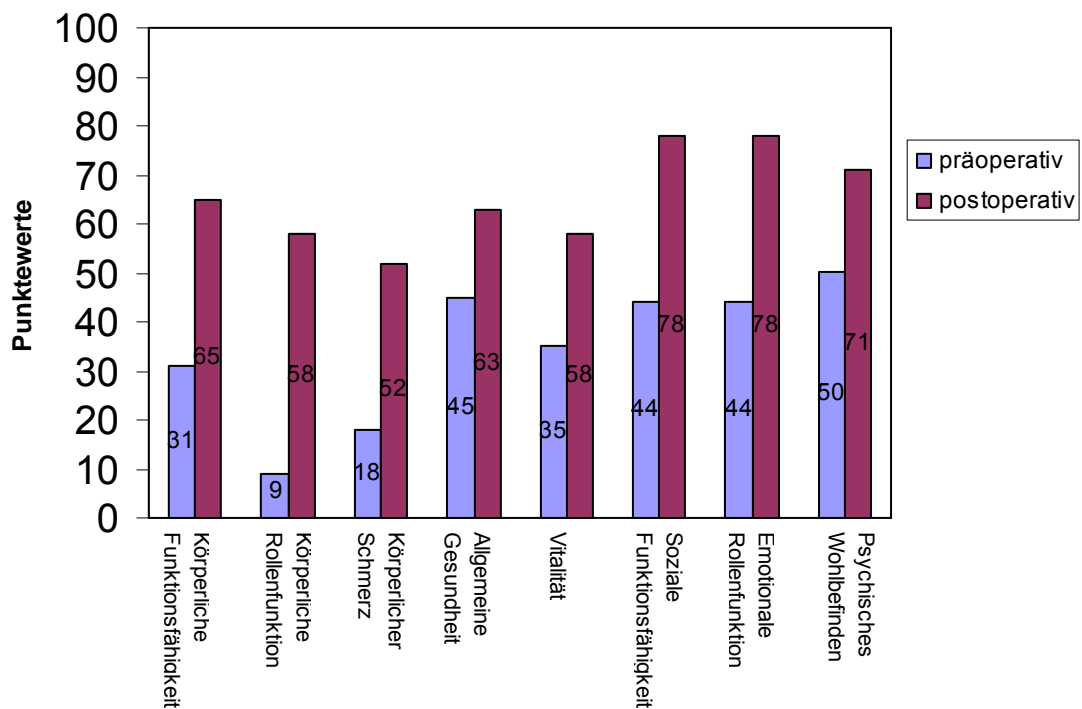


Abb. 13: Durchschnittliche Werte für alle SF-36-Unterpunkte im prä- und postoperativem Vergleich bei 40 Studienpatienten (für alle Unterpunkte $p < 0,001$). [p= Signifikanzniveau]

Prä- bzw. postoperativ betrug der körperliche Summenskalenwert 26 bzw. 40 Punkte und der psychische Summenskalenwert 42 bzw. 52 Punkte (Abb. 14).

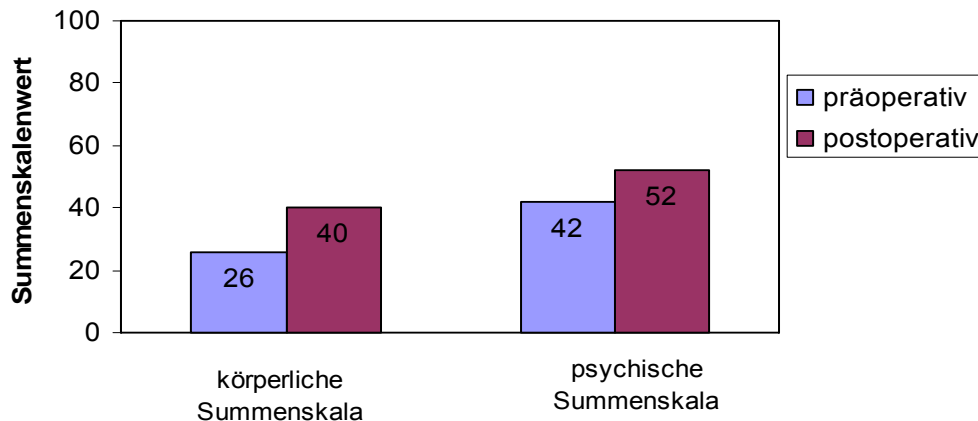


Abb.14: Körperlicher und psychischer Summenskalenwert prä- und postoperativ bei 40 Studienpatienten.

3.5. Korrelation zwischen klinischen und radiologischen Ergebnissen

Zum Vergleich der klinischen mit den radiologischen Ergebnissen wurde die Gruppeneinteilung verwendet, die unter 3.3.3. bereits näher ausgeführt wurde.

3.5.1. Klinische Ergebnisse in Abhängigkeit von der lumbalen Gesamtbeweglichkeit

Oswestry-Score

Präoperativ konnte zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Postoperativ zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede beim Vergleich der Gruppen I und II und beim Vergleich der Gruppen II und III (Tab. 2).

Studienpatienten mit einer Zunahme der LGB von $>5^\circ$ (Gruppe I) erreichten im Vergleich zu Patienten mit einer Abnahme der LGB von $<-5^\circ$ (Gruppe II) postoperativ statistisch signifikant niedrigere Scorewerte (17 Punkte versus (vs) 38 Punkte; $p=0,002$) (Tab. 2).

Dasselbe Bild zeigte sich beim Vergleich der Gruppen II und III (38 Punkte vs 20

Punkte; $p=0,045$), mit besseren Ergebnissen für Patienten die postoperativ keine Veränderung der Beweglichkeit hatten.

Tab. 2: Vergleich der Ergebnisse des prä- und postoperativen Oswestry-Scores in Abhängigkeit zur Gruppenzugehörigkeit I-III (Gruppe I: postoperative Zunahme der LGB $>+5^\circ$, $n= 16$; Gruppe II: postoperative Abnahme der LGB $<-5^\circ$, $n= 12$; Gruppe III: postoperative Abnahme bzw. Zunahme der LGB zwischen $\geq-5^\circ$ bis $\leq+5^\circ$, $n= 12$; Rot unterlegt sind die statistisch signifikanten p-Werte).
[Gr.= Gruppe; vs= versus; prä-OP= präoperativ; post-OP= postoperativ; n= Anzahl der Patienten; LGB= lumbale Gesamtbeweglichkeit; p= Signifikanzniveau]

	Gr. I vs Gr. II		Gr. I vs Gr. III		Gr. II vs Gr. III	
Oswestry-Sore prä-OP	45 ± 14	52 ± 11	45 ± 14	48 ± 12	52 ± 11	48 ± 12
	p = 0,371		p = 0,873		p = 0,443	
Oswestry-Score post-OP	17 ± 15	38 ± 20	17 ± 15	20 ± 20	38 ± 20	20 ± 20
	p = 0,002		p = 0,873		p = 0,045	

SF-36

Bei der Auswertung des SF-36 wurden nur die psychischen und körperlichen Summenskalenwerte analysiert. Auf eine genauere Aufgliederung der acht Unterpunkte des SF-36 wurde aufgrund der Übersichtlichkeit verzichtet.

Da es sich bei den psychischen und körperlichen Summenskalenwerten um Einzelwerte für die jeweilige Gruppe handelt, war eine statistische Auswertung nicht möglich.

Insgesamt ergab sich für alle Gruppen I-III eine postoperative Verbesserung der körperlichen und psychischen Summenskalenwerte. Die körperlichen Summenskalenwerte zeigten präoperativ keine deutlichen Unterschiede. Postoperativ ergaben sich schlechtere Ergebnisse für Gruppe II insbesondere bei der Betrachtung der Differenzen zwischen prä- und postoperativen Werten. Die Gruppe I bzw. III hatten für den körperlichen Summenskalenwert eine Differenz von 18 bzw. 19. Im Vergleich dazu zeigte sich in Gruppe II lediglich eine Differenz von 4.

Die psychischen Summenskalenwerte zeigten wiederum für alle Gruppen eine Verbesserung, wobei hier die Gruppe II mit einer Differenz von neun zwischen der Gruppe I mit 14 und der Gruppe III mit 6 Punkten Differenz lag, bei einem vergleichbar hohem präoperativen Ausgangswert von 50 bei Gruppe III (Tab.3).

Tab. 3: Prä- und postoperative Gegenüberstellung der Gruppen I-III bezüglich der körperlichen und psychischen Summenskalenwerten
(Gruppe I: postoperative Zunahme der LGB $>+5^\circ$, n= 16; Gruppe II: postoperative Abnahme der LGB $<-5^\circ$, n= 12; Gruppe III: postoperative Abnahme bzw. Zunahme der LGB zwischen $\geq-5^\circ$ bis $\leq+5^\circ$, n= 12).
[Gr.= Gruppe; n= Anzahl der Patienten; LGB= lumbale Gesamtbeweglichkeit]

		Gr. I	Gr. II	Gr. III
Körperliche Summenskala	präoperativ	29	26	23
	postoperativ	47	30	42
Psychische Summenskala	präoperativ	37	39	50
	postoperativ	51	48	56

3.5.2. Klinische Ergebnisse in Abhängigkeit von der segmentalen Beweglichkeit

Oswestry-Score

Weder prä- noch postoperativ konnten signifikante Unterschiede des Oswestry-Scores in Abhängigkeit von der postoperativen segmentalen Beweglichkeitsänderung festgestellt werden (Tab. 4).

Tab. 4: Vergleich der Ergebnisse des prä- und postoperativen Oswestry-Scores in Abhängigkeit zur Gruppenzugehörigkeit IV – VI (Gruppe IV: postoperative Zunahme der SEB $>+2^\circ$, n= 16; Gruppe V: postoperative Abnahme der SEB $<-2^\circ$, n= 14; Gruppe VI: postoperative Abnahme bzw. Zunahme der SEB zwischen $\geq-2^\circ$ bis $\leq+2^\circ$, n= 10). [Gr.= Gruppe; vs= versus; n= Anzahl der Patienten; prä-OP= präoperativ; post-OP= postoperativ; SEB= segmentale Beweglichkeit; p= Signifikanzniveau]

	Gr. IV vs Gr. V		Gr. IV vs Gr. VI		Gr. V vs Gr. VI	
Oswestry-Sore prä-OP	46±13,8	49 ±13,2	46 ±13,8	50 ± 11,3	49 ± 13,2	50 ± 11,3
	p = 0,854		p = 0,660		p = 0,932	
Oswestry-Score post-OP	21 ±16,3	30 ±23,0	21 ±16,3	21 ±21,0	30 ±23,0	21 ±21,0
	p = 0,377		p =0,660		p = 0,403	

SF-36

Insgesamt ergab sich für alle Gruppen IV-VI eine postoperative Verbesserung der körperlichen und psychischen Summenskalenwerte. Die körperlichen Summenskalen zeigten Werte zugunsten der Gruppen IV bzw. VI mit postoperativen Differenzen von 14 bzw. 22 auf, im Vergleich zu Gruppe V mit einer Differenz von 7.

Bei den psychischen Summenskalenwerten lag die Gruppe V mit einer Differenz von 10 zwischen der Gruppe IV mit 13 und der Gruppe VI mit 7 Punkten Differenz, bei wiederum hohem präoperativen Ausgangswert von 49 bei Gruppe VI (Tab. 5).

Tab. 5: Prä- und postoperative Gegenüberstellung der Gruppen IV - VI bezüglich körperlichen und psychischen Summenskalenwerten (Gruppe IV: postoperative Zunahme der SEB $>+2^\circ$, n= 16; Gruppe V: postoperative Abnahme der SEB $<-2^\circ$, n= 14; Gruppe VI: postoperative Abnahme bzw. Zunahme der SEB zwischen $\geq-2^\circ$ bis $\leq+2^\circ$, n= 10). [Gr.= Gruppe; n= Anzahl der Patienten; SEB= segmentale Beweglichkeit]

		Gr. IV	Gr. V	Gr. VI
Körperliche Summenskala	präoperativ	29	27	22
	postoperativ	43	34	44
Psychische Summenskala	präoperativ	38	39	49
	postoperativ	51	49	56

4. Diskussion

4.1. Messmethode

Durch die Entwicklung von neuen dynamischen Stabilisierungsverfahren der LWS kommt der Messung des Bewegungsumfanges der LWS eine herausragende Bedeutung zu, um den postulierten Vorteil des Bewegungserhalts im Vergleich zu Fusionsoperationen zu quantifizieren.

Um die Beweglichkeit der LWS zu messen, wurden bereits invasive und nichtinvasive Messmethoden beschrieben. Nichtinvasive Messmethoden, wie zum Beispiel die Inklinometer-Technik [23], die Schober-Technik oder die modifizierte Schober-Technik [53, 65] sind nicht in der Lage die Beweglichkeit in nur einem Segment zu bestimmen [56, 61, 72].

Aus diesem Grund wurden verschiedene invasive Messmethoden mit unterschiedlichen Reliabilitäten, technischen Schwierigkeiten und klinischer Realisierbarkeit beschrieben, die es ermöglichen die segmentale Beweglichkeit zu quantifizieren. Hierzu gehören unter anderem die konventionelle seitliche Röntgenaufnahme, dreidimensionale lumbale Bewegungsanalysen mit Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen [58], videofluoroskopische Bewegungsanalysen [17, 57], der Gebrauch von perkutanen transpedikulären Schrauben [22, 62], die Einbringung von Kirschnerdrähten an die Dornfortsätze der Wirbelsäule [66] sowie die Anwendung einer offenen Kernspintomographie [52]. Aufgrund der meist sehr großen technischen Anforderungen sowie der Invasivität dieser Methoden, war der Gebrauch, mit Ausnahme der seitlichen Röntgenaufnahmen, meist auf wissenschaftliche Studien mit geringen Fallzahlen beschränkt.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Beweglichkeit anhand von konventionellen Röntgenaufnahmen in Neutralstellung, maximal aktiv möglicher Flexion und Extension bestimmt. Demgegenüber bevorzugen manche Autoren passive Funktionsaufnahmen, bei welchen versucht wird, die Flexion und Extension durch äußere Krafteinwirkung zu verstärken [24]. Die Problematik der passiven Funktionsaufnahmen besteht zum einen darin, dass die angewendete Kraft nicht standardisiert und einheitlich ist und zum anderen, dass nicht die reelle Bewegungsfähigkeit des Patienten gemessen wird. Im klinischen Alltag ist

allerdings auch bei den aktiven Aufnahmen eine Minderung der Beweglichkeit, z.B. bei Schmerzen zu erwarten, diese soll durchaus auch gemessen werden. Deswegen erfolgten in der vorliegenden Arbeit die Aufnahmen nicht in passiver, sondern in aktiver Inklination und Reklination der LWS.

Um den segmentalen Bewegungsumfang mit Hilfe von konventionellen Flexions-/Extensions-Röntgenbildern zu berechnen, stehen verschiedene radiologische Messmethoden zur Verfügung. Sehr häufig wird hierfür die Cobb-Methode verwendet, da für diese Messmethode keine spezifischen Apparaturen benötigt werden und sie sich durch eine besonders einfache und unkomplizierte Handhabung auszeichnet [9, 43, 57, 63]. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss jedoch die Messgenauigkeit der Cobb-Methode mitberücksichtigt werden.

Obwohl die Reliabilität der Cobb-Methode häufig Gegenstand von Untersuchungen war, beziehen sich diese Angaben größtenteils auf die Vermessung des sagittalen Alignementes (Lordose/ Kyphose) bzw. des koronaren Alignements der Wirbelsäule (Skoliose) [15, 16, 54]. Nur wenige Studien widmeten sich der Messgenauigkeit der Cobb-Methode bei der Beweglichkeitsbestimmung [8, 14, 41, 63]. Dabei scheint die Angabe der Messgenauigkeit mit dem 95%-Konfidenzintervall im Vergleich zum t-Test und zum Korrelationskoeffizienten nach Pearson (PCC) deutlich präziser. Boden et al. [9] berichten in ihrer Arbeit über exzellente intrauntersucher- und interuntersucher- Reproduzierbarkeiten bei Messungen der lumbalen Beweglichkeit mit der Cobb-Methode, da sie im gepaarten t-Test statistisch keinen signifikanten Unterschied zwischen zwei Messungen feststellen konnten.

Cakir et al. [14] konnten in ihrer Arbeit jedoch zeigen, dass selbst ohne einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen zwei Messungen, eine klinisch relevante Messungenauigkeit, ausgedrückt mit dem 95%-KI, bestehen kann. Daher wurde in der vorliegenden Arbeit auf die Kalkulation der p-Werte beim Vergleich der Messmethoden verzichtet.

Auch der von Saur et al. [63] verwendete PCC scheint nach den Ergebnissen von Cakir et al. [14] ungeeignet für den klinischen Gebrauch, da in ihrer Studie ein ähnlicher PCC große Unterschiede im 95%-KI aufwies.

Aufgrund dieser Ausführungen wurde in der vorliegenden Arbeit das 95%-KI nach Bland et al. [5] verwendet, welches im Gegensatz zum t-Test und PCC die Messgenauigkeit auch in absoluten Werten abbildet.

Als limitierender Faktor der vorliegenden Arbeit muss jedoch die Messungenauigkeit, welche für präoperative Aufnahmen mit der Cobb-Methode $\pm 4,2^\circ$ und für die postoperativen Aufnahmen mit der Spike-Methode $\pm 2,1^\circ$ betrug, angeführt werden. Dabei kann die präzisere Messung mit der Spike-Methode im Vergleich zur Cobb-Methode auf die scharfen Konturen der Prothese im Vergleich zum Knochen zurückgeführt werden. Weiterhin resultieren bei der 2 mm breiten Prothesenfinne im geringeren Maße projektionsbedingte Unschärfen im Vergleich zur breiten Endplatte der Wirbelkörper.

Nichtsdestotrotz stellen zum jetzigen Zeitpunkt die Spike- und Cobb-Methode, aufgrund Mangel an Alternativen, die Methoden der Wahl zur Bestimmung der in-vivo Beweglichkeit im klinischen Alltag dar.

4.2. Klinische Ergebnisse

Der 1980 von Fairbanks et al. [26] entwickelte Oswestry-Fragebogen findet in der Literatur häufig Anwendung. Beurskens et al. [4] gehen von einem weit verbreiteten Fragebogen aus, der insbesondere zur Beurteilung der Funktionskapazität bei lumbalen Rückenbeschwerden herangezogen wird und hochspezifisch auf Messungen im Therapieverlauf ist.

In der vorliegenden Arbeit hatten die 40 Studienpatienten präoperativ im Oswestry-Fragebogen durchschnittlich 48 Punkte, was in der deskriptiven Einteilung einer „ernsthaften Einschränkung“ entspricht. Postoperativ verbesserte sich der durchschnittliche Score- Wert signifikant auf 24 Punkte, dieser Wert entspricht einer moderaten Einschränkung.

Tab.6 : Angaben in der Literatur in Bezug auf den prä-und postoperativen Oswestry-Score nach Implantation einer lumbalen Bandscheibenendoprothese

Autor	Jahr	Prothese	Patientenanzahl	Nachuntersuchungsintervall	Oswestry-Score prä-/postoperativ
Delamarter et al. [21]	2003	Prodisc	35	6 Monate	31/13
Tropiano et al. [69]	2003	Prodisc	53	16 Monate	Signifikante Besserung
Mayer et al. [49]	2002	Prodisc	34	12 Monate	19/11
Bertagnoli et al. [3]	2002	Prodisc	108	3-24 Monate	- 90,8% Exzellent -7,8% Gut -1,4% Befriedigend
Vorliegende Arbeit	2007	Prodisc	40	22 Monate	48/24
Guyer et al. [33]	2004	Charite	100	24 Monate	70,9/30
McAfee et al. [51]	2003	Charite	60	24 Monate	50/25

Delamarter et al. [21] berichten über eine signifikante Verbesserung der Oswestry-Werte bei 35 Patienten, die ebenfalls mit einem Prodisc-Implantat versorgt wurden. Diese zeigten im Schnitt nach einem Nachuntersuchungsintervall von sechs Monaten eine Verbesserung der Oswestry-Werte um 18 Punkte (Tab. 6).

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Tropiano et al. [69]. Nach einem durchschnittlichen Nachuntersuchungsintervall von 16 Monaten verbesserten sich die Patienten in den Oswestry-Werten, ebenso wie in der visuellen Analogskala statistisch signifikant (Tab. 6).

Auch bei einem Follow-up von 8,7 Jahren kamen Tropiano et al. [68] zu vergleichbar guten Ergebnissen. 33 von insgesamt 55 Patienten, die ebenfalls mit Prodisc-Prothesen versorgt wurden, hatten ein exzellentes Ergebnis, 8 ein gutes Ergebnis und nur 14 Patienten berichten über einen mäßigen Erfolg, exakte Punktwerte des Oswestry-Scores wurden allerdings nicht aufgeführt.

In einer Arbeit von Mayer et al. [49] wird ebenfalls über statistisch signifikante Verbesserungen des Oswestry-Scores nach Implantation einer Prodisc-Prothese berichtet. 76% der 34 Patienten verspürten nach diesem Intervall keinen Rückenschmerz mehr. Der präoperative Wert von 19 Punkten verbesserte sich auf 11 Punkte zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.

Zu vergleichbaren Ergebnissen kamen auch Bertagnoli et al. [3]. Sie untersuchten an 108 Patienten das klinische Outcome nach Implantation einer Prodisc-Prothese.

Bei einem Nachsorgeintervall von 3-24 Monaten erreichten 90,8% der Patienten ein exzellentes Ergebnis, 7,8% ein gutes und 1,4% ein befriedigendes Ergebnis. Jedoch erfolgte auch hier keine Angabe der absoluten Oswestry-Werte (Tab. 6).

Guyer et al. [33] konnten nach Implantation der Charite-Prothese ebenfalls statistisch signifikante Verbesserungen im Oswestry-Score aufzeigen. Nach einem durchschnittlichen Nachuntersuchungsintervall von 24 Monaten konnte bei 100 Patienten eine Verbesserung des Oswestry-Scores von präoperativ 70 auf postoperativ 30 Punkte festgestellt werden (Tab.6).

McAfee et al. [51] untersuchten in einer Arbeit das klinische Outcome von Patienten, die zum Teil mittels einer Charite-Prothese und zum Teil mit einer Fusionsoperation versorgt wurden. Die 41 Patienten, die mittels einer BSP versorgt wurden, zeigten nach Implantation der Prothese eine statistisch signifikante Verbesserung der Oswestry-Werte von durchschnittlich $50,0 \pm 14,3$ Punkten auf $25 \pm 20,1$ Punkte. Demgegenüber verbesserte sich der Oswestry-Score bei den 19 Patienten mit einer Fusionsoperation von $45,9 \pm 10,4$ auf $23,5 \pm 17,2$ Punkte.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in allen aufgeführten Arbeiten eine Verbesserung des klinischen Endergebnisses nach Implantation einer BSP erreicht wurde, unabhängig ob eine Prodisc- oder Charite-Prothese verwendet wurde.

Allerdings gestaltet sich der direkte Vergleich der Studien als schwierig, da Tropiano et al. [68] und Bertagnoli et al. [3] keine exakten Punktwerte nennen und das Ergebnis des klinischen Befundes lediglich deskriptiv erfassen. Zusätzlich werden in diesen Arbeiten keine Angaben über den präoperativen Status der Patienten gemacht.

Der Vergleich der Arbeiten wird zusätzlich erschwert, da die Patientenkollektive in den präoperativen Oswestry-Werten starke Schwankungen, bei sonst sehr einheitlichen Einschlusskriterien, aufweisen. Delamarter et al. [21] und Mayer et al. [49] berichten über Patienten mit einem durchschnittlichen präoperativen Oswestry-Score von 31 bzw. 19 Punktwerten. Im Gegensatz dazu beträgt der durchschnittliche präoperative Oswestry-Wert in der Arbeit von Guyer et al. [33] 70

Punkte. McAfee et al. [51] und die vorliegende Arbeit zeigen ähnliche präoperative Punktwerte von jeweils 50 bzw. 48 Punkten. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass zum jetzigen Zeitpunkt, in Bezug auf das zu fordernde präoperative Schmerzniveau, kein einheitlicher Konsens herrscht.

Zur weiteren Klassifizierung des klinischen Ergebnisses, wurde in der vorliegenden Arbeit der Gesundheitszustand der Patienten prä- und postoperativ über den SF-36 erfragt.

Walsh et al. [71] berichten von einer geeigneten Methode den Gesundheitszustand und den funktionellen Status von Patienten mit chronischen Rückenschmerzen zu beurteilen.

In der vorliegenden Arbeit erreichte das Patientenkollektiv in allen Unterpunkten des SF-36 eine signifikante Verbesserung.

Bei der psychischen Summenskala erreichten die Patienten 52 Punkte (präoperativ: 42), diese entsprechen in etwa dem Durchschnitt der gesunden amerikanischen Bevölkerung. Bei dem körperlichen Summenskalenwert zeigte sich ebenfalls eine Verbesserung von präoperativ 26 auf 40 Punkte postoperativ.

Tab.7: Angaben in der Literatur in Bezug auf den prä-und postoperativen SF-36 nach Implantation einer lumbalen Bandscheibenendoprothese
(*Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die Punktwerte der einzelnen acht Dimensionen nicht aufgeführt).

Autor	Jahr	Prothese	Patientenanzahl	Nachuntersuchungsintervall	SF-36-Score prä-/postoperativ
Bertagnoli et al. [3]	2002	Prodisc	108	3-24 Monate	- 90,8% Exzellent -7,8% Gut -1,4% Befriedigend
Mayer et al. [49]	2002	Prodisc	34	12 Monate	80% der Patienten zeigen ein zufriedenstellendes Ergebnis
Marnay et al. [45]	2002	Prodisc	64	94-132 Monate	-65% Sehr zufrieden -28% Zufrieden -7% Nicht zufrieden
Blumenthal et al. [6]	2005	Charite	205	12 und 24 Monate	73% der Patienten waren komplett zufrieden
Vorliegende Arbeit	2007	Prodisc	40	22 Monate	*-Statistisch signifikante Verbesserung in allen acht Unterpunkten -Verbesserung in der psychischen und körperlichen Summenskala

Bertagnoli et al. [3] verwendeten bei ihren 108 Patienten ebenfalls den SF-36. Hierbei zeigte sich, dass bei einem Nachuntersuchungsintervall von 3 -24 Monaten 90,8% exzellente und 7,4% gute Ergebnisse erzielten. Nur 1,8 % der Patienten hatten mäßige, und kein Patient schlechte Ergebnisse (Tab. 7). Die Angabe der SF-36-Punktwerte erfolgte jedoch nicht. Über ähnliche Ergebnisse berichten Mayer et al. [49], die bei 80% der 34 Patienten nach Implantation einer Prodisc-Prothese ein zufriedenstellendes Ergebnis vorweisen konnten (Tab. 7). Auch hier erfolgte die Angabe der SF-36-Punktwerte nicht, obwohl diese im Rahmen der Arbeit erhoben wurden.

In der Arbeit von Marnay et al. [45] wurde über 64 Patienten berichtet, die mittels einer Prodisc-Prothese versorgt wurden. Nach einem Nachuntersuchungsintervall von 7-11 Jahren waren 65% der Patienten mit dem Ergebnis der Operation sehr zufrieden, 28% zufrieden und nur 7% nicht zufrieden. Eine detaillierte Angabe der Punktwerte wurde auch hier nicht vorgenommen.

Auch Blumenthal et al. [6] präsentierten ihre Ergebnisse in einer rein deskriptiven Form (Tab. 7).

Ähnlich dem Oswestry-Score zeigt sich auch hier bei allen angeführten Arbeitsgruppen eine deutliche Verbesserung des klinischen Ergebnisses im SF-36, unabhängig davon ob eine Prodisc- oder Charite-Prothese implantiert wurde. Allerdings kann kein direkter Vergleich mit der vorliegenden Arbeit vorgenommen werden, da keine der erwähnten Arbeiten Punktwerte des SF-36 angeben.

4.3. Radiologische Ergebnisse

Lumbale Gesamtbeweglichkeit

Obwohl der Beweglichkeitserhalt bzw. –verbesserung einer der herausragenden Unterschiede der lumbalen Bandscheibenprothese im Vergleich zur Fusionsoperation darstellt, existiert bis dato nur eine Arbeit, die sich der Entwicklung der lumbalen Gesamtbeweglichkeit nach BSP-Implantation gewidmet hat. Zigler et al. [74] konnten bei 39 Patienten, welche mit einer Prodisc-Prothese versorgt wurden, nach einem Nachuntersuchungsintervall von mindestens sechs Monaten eine Verminderung des Finger-Boden-Abstands (FBA) von durchschnittlich präoperativ 13,12 Inches auf 7,32 Inches zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung feststellen. Basierend auf ihren Ergebnissen folgerten sie, dass sich nach Implantation einer BSP die LGB signifikant verbessert. Jedoch scheint die Verwendung des FBA für diese Fragestellung nicht geeignet, da die Veränderung neben der lumbalen auch der thorakalen Wirbelsäule und der Beweglichkeit im Bereich der Hüftgelenke zugesprochen werden kann.

In der vorliegenden Arbeit wurde erstmals mit einer adäquaten Methode die Entwicklung der LGB nach Implantation einer lumbalen BSP untersucht. Im Gegensatz zu der Untersuchung von Zigler et al. [74] konnte keine statistisch signifikante Veränderung der durchschnittlichen LGB festgestellt werden (präoperativ: 33,7°; postoperativ: 34,6°; $p=0,597$).

Segmentale Beweglichkeit

In Bezug auf die durchschnittliche segmentale Beweglichkeit aller operierten Segmente konnte in der vorliegenden Arbeit ebenfalls kein signifikanter Unterschied im Vergleich zum präoperativen Status festgestellt werden

(präoperativ: $7,1^\circ$; postoperativ: $7,2^\circ$; $p=0,920$). Bei der selektiven Betrachtung der Segmente L4-L5 und L5-S1 zeigte sich zwar eine tendenzielle Zunahme der Beweglichkeit im Segment L4-L5 (präoperativ: $7,8^\circ$; postoperativ: $8,9^\circ$; $p=0,400$) und eine tendenzielle Abnahme im Segment L5-S1 (präoperativ: $7,4^\circ$; postoperativ: $6,4^\circ$; $p=0,491$), jedoch lagen auch diese Unterschiede nicht im statistisch signifikanten Bereich. Auch beim Vergleich der Segmente untereinander konnte weder präoperativ noch postoperativ ein deutlicher Unterschied festgestellt werden, wobei im Segment L4-L5, prä- wie postoperativ, tendenziell bessere Beweglichkeiten festgestellt werden konnten (präoperativ L4-L5/ L5-S1: $7,8^\circ/ 7,4^\circ$; $p= 0,906$; postoperativ: $8,9^\circ/6,4^\circ$; $p= 0,107$).

Über ähnliche Ergebnisse berichten Zeegers et al. [73] bei 50 Patienten, die mit einer Charite-Prothese versorgt wurden. Nach einem 24-Monats-Follow-up konnten sie keine statistisch signifikanten Änderungen in der Beweglichkeit der operierten Segmente feststellen bei einer durchschnittlichen prä- und postoperativen Beweglichkeit von 9° .

Delamarter et al. [21] dagegen erheben eine statistisch signifikante Zunahme der Beweglichkeit im operierten Segment nach Implantation der Prodisc-Prothesen bei 35 Patienten. Präoperativ wurden für das Segment L4-L5 durchschnittliche Werte von $7,04^\circ$ und für das Segment L5-S1 Werte von $6,17^\circ$ gemessen. Die Beweglichkeit steigerte sich im Segment L4-L5 postoperativ signifikant auf $10,1^\circ$ und im Segment L5-S1 auf $7,62^\circ$. Bertagnoli et al. [3] berichten über ähnliche Resultate nach Implantation der Prodisc-Prothese bei 108 Patienten mit signifikanter Besserung der durchschnittlichen Beweglichkeit von präoperativ 4° auf postoperativ 7° .

Andere Arbeiten wiederum berichten nur über die postoperativen segmentalen Bewegungsausmaße. Cinotti et al. [20] konnten bei 46 Patienten nach einem Nachuntersuchungsintervall von 24 Monaten eine durchschnittliche SEB von 9° im operierten Segment feststellen. Lemaire et al. [40] beschreiben bei 105 Patienten ein Jahr postoperativ im Segment L4-5 eine Beweglichkeit von 13° im Segment L5-S1 von $9,5^\circ$.

Demgegenüber konnten Huang et al. [35] die Ergebnisse von Cinotti et al. [20] und Lemaire et al. [40] nicht bestätigen, da sie nach einem Nachuntersuchungsintervall von 8,6 Jahren bei 38 Patienten eine durchschnittliche Beweglichkeit von 4° nach Implantation der Prodisc-Prothese feststellen konnten.

Allerdings ist bei keiner der genannten Arbeitsgruppen, außer der Arbeitsgruppe von Huang et al. [35], weder die genaue Messmethode noch die Messgenauigkeit beschrieben, so dass die Ergebnisse mit Vorbehalt interpretiert werden müssen. Desweiteren haben Cinotti et al. [20], Lemaire et al. [40] und Huang et al. [35] die präoperative Beweglichkeit nicht bestimmt, so dass eine Besserung der Beweglichkeit im Vergleich zum präoperativen Zustand nicht nachvollzogen werden kann. Somit könnte es theoretisch auch zu einer Abnahme der segmentalen Beweglichkeit gekommen sein.

Zusammengefasst wird zumindest der Erhalt der segmentalen Mobilität in allen genannten Studien gleichermaßen bestätigt, Delamarter et al. [21] und Bertagnoli et al. [3] sprechen sogar von einer Zunahme der Beweglichkeit im operierten Segment. Eine signifikante Verschlechterung der segmentalen Beweglichkeit wird in der Literatur weder für die Prodisc- noch für die Charite-Prothese beschrieben. Lediglich in den berichteten postoperativen quantitativen Beweglichkeitsumfängen herrscht immer noch eine Diskrepanz.

Desweiteren wurde in keiner der Arbeiten eine physiologische segmentale Beweglichkeit im Vergleich zu berichteten Normwerten erreicht.

Hayes et al. [34] berichten über eine durchschnittliche Beweglichkeit von 13° (2° - 20°) im Segment L4-L5 und $14,0^\circ$ ($2,0^\circ$ - $27,0^\circ$) im Segment L5-S1 bei gesunden Patienten.

Ähnliche Angaben finden sich auch bei Percy et al. [58], die für das Segment L5-S1 eine durchschnittliche Beweglichkeit von 14° ($4,0^\circ$ - 24°) und für das Segment L4-L5 von $16,0^\circ$ (8° - 24°) bei Gesunden beschreiben.

Experimentelle Studien deuten daraufhin, dass nach einer Fusionsoperation unter anderem eine Zunahme der Beweglichkeit in den angrenzenden Segmenten resultiert, welche als eine mögliche Ursache für eine Anschlusssegmentdegeneration angesehen wird [2, 64, 70]. Es bleibt abzuwarten, ob nach Implantation von Bandscheibenprothesen, mit einem Erhalt der Beweglichkeit, eine Abnahme der Anschlusssegmentdegeneration erreicht werden kann.

Diese offene Frage kann jedoch nur durch Langzeitstudien beantwortet werden.

Die bis dato einzige publizierte Langzeitstudie von Putzier et al. [60] bestätigt diese Annahme dahingehend, dass bei 60% der 53 Patienten nach einem

durchschnittlichen Nachuntersuchungsintervall von 17 Jahren eine spontane Ankylose auftrat und bei 12% dieser Patienten eine Degeneration der angrenzenden Segmente zu beobachten war. Bei den Patienten ohne spontane Ankylose, also einer segmentalen Beweglichkeit von $>3^\circ$, zeigte sich keine Anschlusssegmentdegeneration.

Korrelation der segmentalen und lumbalen Gesamtbeweglichkeit

Die Korrelation zwischen der postoperativen segmentalen und lumbalen Beweglichkeitsänderung war bis dato nie Gegenstand der Untersuchung.

In der vorliegenden Arbeit konnte erstmals ein Zusammenhang zwischen SEB und LGB aufgezeigt werden. Patienten mit postoperativ ähnlicher LGB wie präoperativ, hatten tendenziell auch keine wesentliche Änderung der SEB. Dasselbe Bild zeigte sich ebenfalls für Patienten mit einer postoperativen Zunahme bzw. Abnahme der LGB mit tendenzieller Zunahme bzw. Abnahme der SEB.

Auf Grund dieser Ergebnisse kann man davon ausgehen, dass sich der Bewegungsumfang der Anschlusssegmente nach BSP-Implantation wahrscheinlich nicht signifikant ändert.

Zusammengefasst konnte in der vorliegenden Arbeit ein Erhalt der SEB und der LGB nachgewiesen werden. Eine Zunahme der Beweglichkeit im operierten Segment, wie von manchen Autoren beschrieben konnte nicht bestätigt werden [3, 19].

Inwieweit die unterschiedlichen Ergebnisse in Bezug auf die SEB, wie von manchen Autoren postuliert, auf das Prothesendesign [48], der Implantationstechnik [50] oder auch der postoperativ resultierenden segmentalen Distraction [13] zurückgeführt werden können, müssen weiterreichende in-vitro-, aber vor allem in-vivo-Arbeiten zeigen.

4.4. Vergleich der klinischen und radiologischen Ergebnisse

Bis zum heutigen Zeitpunkt existiert keine Arbeit die den Einfluss der LGB auf das klinische Ergebnis untersuchte. In der vorliegenden Arbeit wurde erstmals eine mögliche Korrelation zwischen der LGB und dem klinischen Endergebnis untersucht.

Dabei zeigte sich, dass Patienten die postoperativ eine Zunahme der LGB oder eine unveränderte LGB hatten, im Vergleich zu Patienten mit Abnahme der LGB, signifikant bessere klinische Nachuntersuchungsergebnisse zeigten.

Demgegenüber existieren bereits Untersuchungen, die einen Zusammenhang zwischen der SEB und dem klinischen Endergebnis feststellen konnten. Huang et al. [35] konnten in ihrem Patientenkollektiv nach 8,6 Jahren signifikant bessere Ergebnisse bei Patienten mit besserer postoperativer Beweglichkeit nachweisen. In ihrer Arbeit wurden die Patienten anhand der postoperativen Bewegungsumfänge im operierten Segment in Subgruppen eingeteilt. Als Grenzwert für die postoperative Beweglichkeit definierten sie einen absoluten Bewegungsumfang von 5°.

28 Patienten wiesen eine SEB < 5° und 10 Patienten eine SEB >5° auf. Ein statistisch signifikanter Unterschied im subjektiven Befinden, verifiziert durch den Oswestry-Score, den modifizierten Stauffer-Coventry-Score und der subjektiven 3-Punkte-Skala, konnte zwischen den zwei Gruppen zugunsten der Mehrbeweger festgestellt werden. Zusätzlich zeichnete sich noch bei den Mehrbewegern ein Trend zu geringeren Rückenschmerzen im Low-Back-Pain-Score ab, der jedoch statistisch nicht signifikant war. Die Ergebnisse von Huang et al. [35] konnten in der vorliegenden Arbeit nur teilweise bestätigt werden. Patienten mit postoperativer Zunahme oder gleichbleibender Beweglichkeit hatten tendenziell bessere klinische Ergebnisse als Patienten mit Abnahme der Beweglichkeit. Jedoch waren die Ergebnisse im Vergleich zu Huang et al. [35] nicht statistisch signifikant. Auf Grund der Tatsache, dass keine erheblichen Unterschiede im präoperativen subjektiven Befinden zwischen den Patienten mit postoperativer Zunahme bzw. Abnahme der Beweglichkeit gegeben war, können die Unterschiede im klinischen Endergebnis durchaus durch die Beweglichkeit beeinflusst sein. Allerdings kann der direkte Vergleich mit der vorliegenden Studie nur mit Vorbehalt erfolgen, da Huang et al. [35] keine Angaben über die präoperative Beweglichkeit machen, sondern lediglich die postoperative absolute Beweglichkeit heranziehen. Die Gruppeneinteilung unserer Patienten erfolgte durch die postoperative Veränderung der Beweglichkeit. Somit können Huang et al. [35] keine Aussage über eine postoperative Verbesserung oder Verschlechterung in Bezug auf eine segmentale Beweglichkeitsänderung machen. Die Ergebnisse deuten jedoch daraufhin, dass ein Zusammenhang zwischen der

postoperativ resultierenden Beweglichkeit und dem klinischen Endergebnis existiert.

In Bezug auf den Zusammenhang zwischen SEB und klinischem Endergebnis berichten Putzier et al. [60] über gegensätzliche Ergebnisse in einer Langzeitstudie mit 53 Patienten, die nach 17 Jahren nachuntersucht wurden. Obwohl bei den 17% der Patienten, deren Beweglichkeit im operierten Segment erhalten wurde, keinerlei Zeichen einer angrenzenden Segmentdegeneration entdeckt wurde, wiesen diese Patienten ein signifikant schlechteres klinisches Endergebnis auf als Patienten, bei denen eine spontane Ankylose oder Fusion nach Implantation einer Charite-Prothese eingetreten war.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass die postoperativ persistierenden bzw. wiederauftretenden Schmerzen nach Implantation einer BSP nicht nur durch die Degeneration der angrenzenden Segmente hervorgerufen werden kann, sondern dass das operierte Segment selbst zu postoperativen Schmerzen beitragen kann. Gründe dafür könnten darin begründet sein, dass schon vor der Operation bestehende, degenerative Schädigungen der hinteren Säule und der Facettengelenke weiter voranschreiten, die im weiteren Verlauf zu Beschwerden führen können [60].

Inwieweit die SEB einen Einfluss auf das klinische Endergebnis und die Degeneration der angrenzenden Segmente aufweist ist bis dato unklar. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit werden durch die mittelfristigen Resultate von Huang et al. [35] bestätigt. Lediglich das Langzeit Follow-up von Putzier et al. [60] zeigt gegensätzliche Ergebnisse auf. Wie sich das klinische Endergebnis in Bezug auf die segmentale und lumbale Beweglichkeit und die mögliche Anschlusssegmentdegeneration wirklich verhält, müssen weitere Langzeitstudien untersuchen.

5. Zusammenfassung

Bei 40 Studienpatienten, die in den Jahren 2000 bis 2003 mit einer lumbalen Prodisc-Prothese versorgt wurden, erfolgte präoperativ und nach durchschnittlich 22, 8 Monaten postoperativ eine radiologische Nachuntersuchung mit Evaluation der segmentalen und lumbalen Gesamtbeweglichkeit anhand von aktiven Flexions-/ Extensions-Röntgenaufnahmen der Lendenwirbelsäule. Der klinische Zustand der Patienten wurde mit Hilfe des Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire und des Short Form 36 Health Survey (SF-36) prä- und postoperativ erfasst. Im Rahmen der Untersuchung wurden die segmentale Beweglichkeitsänderung und die lumbale Gesamtbeweglichkeitsänderung nach Bandscheibenprothesenimplantation mit Hilfe der Cobb- und Spike-Methode gemessen. Die Korrelation der postoperativen segmentalen mit der lumbalen Beweglichkeitsänderung wurde anhand einer Gruppeneinteilung, bezogen auf die postoperative segmentale und lumbale Beweglichkeitsänderung, vorgenommen.

Der Einfluss der postoperativen Beweglichkeitsänderung auf das klinische Ergebnis wurde durch den Vergleich der Änderungen im Oswestry- und der klinischen und psychischen Summenskalen des SF-36-Fragebogens mit Hilfe der oben genannten Gruppeneinteilung untersucht.

Postoperativ konnte eine durchschnittliche statistisch signifikante Verbesserung des subjektiven Befindens der Patienten zum Untersuchungszeitpunkt festgestellt werden.

Obwohl postoperativ eine tendenzielle Zunahme der Beweglichkeit im Segment Lendenwirbelkörper (L) 4-L5 und eine Abnahme im Segment L5-Sakralwirbelkörper 1 festgestellt werden konnte, zeigte sich kein signifikanter Unterschied im Vergleich zur präoperativen Beweglichkeit.

In Bezug auf die lumbale Gesamtbeweglichkeit konnte postoperativ keine signifikante Zunahme der Beweglichkeit gemessen werden.

Anhand der Gruppeneinteilung konnte gezeigt werden, dass Patienten, die postoperativ eine segmentale Beweglichkeitszunahme bzw. -abnahme hatten, auch in der lumbalen Gesamtbeweglichkeit eine tendenzielle Zunahme bzw. Abnahme aufwiesen.

Beim Vergleich der klinischen und radiologischen Ergebnisse konnte festgestellt werden, dass Patienten mit einer postoperativen Zunahme bzw. einem Erhalt der

lumbalen Gesamtbeweglichkeit signifikant bessere klinische Ergebnisse hatten als Patienten mit einer Abnahme der lumbalen Gesamtbeweglichkeit.

In Bezug auf die segmentale Beweglichkeit konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Es zeigten sich lediglich tendenziell bessere Ergebnisse bei Patienten mit einer Zunahme oder gleichbleibender segmentaler Beweglichkeit.

Zusammengefasst konnte keine signifikante Verbesserung der segmentalen und lumbalen Gesamtbeweglichkeit festgestellt werden.

Eine postoperative Zunahme oder Erhalt der lumbalen Beweglichkeit scheint tendenziell mit besseren klinischen Ergebnissen als eine postoperative Abnahme der Beweglichkeit einherzugehen.

6. Literaturverzeichnis

1. Adams MA, Dolan P, Hutton WC: The stages of disc degeneration as revealed by discograms. *J Bone Joint Surg Br*, 68: 36-41. (1986)
2. Akamaru T, Kawahara N, Tim Yoon S, Minamide A, Su Kim K, Tomita K, Hutton WC: Adjacent segment motion after a simulated lumbar fusion in different sagittal alignments: A biomechanical analysis. *Spine*, 28: 1560-1566. (2003)
3. Bertagnoli R, Kumar S: Indications for full prosthetic disc arthroplasty: a correlation of clinical outcome against a variety of indications. *Eur Spine J*, 11: 131-136. (2002)
4. Beurskens AJ, De Vet HC, Köke AJ: Responsiveness of functional status in low back pain: a comparison of different instruments. *Pain*, 65: 71-76. (1996)
5. Bland JM, Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1: 307-310. (1986)
6. Blumenthal S, McAfee PC, Guyer RD, Hochschuler SH, Geisler FH, Holt RT, Garcia R Jr, Regan JJ, Ohnmeiss DD: A prospective, randomized, multicenter Food and Drug Administration investigational device exemptions study of lumbar total disc replacement with the CHARITE artificial disc versus lumbar fusion: part I: evaluation of clinical outcomes. *Spine*, 30: 1565-1575. (2005)
7. Blumenthal SL, Ohnmeiss DD: Intervertebral cages for degenerative spinal diseases. *Spine J*, 3: 301-309. (2003)
8. Boden SD, McCowin PR, Davis DO, Dina TS, Mark AS, Wiesel S: Abnormal magnetic-resonance scans of the cervical spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation. *J Bone Joint Surg Am*, 72: 1178-1184. (1990)
9. Boden SD, Wiesel SW: Lumbosacral segmental motion in normal individuals. Have we been measuring instability properly? *Spine*, 15: 571-576. (1990)
10. Bono CM, Lee CK: Critical analysis of trends in fusion for degenerative disc disease over the past 20 years: influence of technique on fusion rate and clinical outcome. *Spine*, 29: 455-463. (2004)

11. Büttner-Janitz K: Die funktionelle Zwischenwirbelendoprothetik SB Charité-Implantatentwicklung, Biomechanik, Patientenanalyse. Med Habilitationsschrift, Universität Berlin. (1989)
12. Cakir B: Lumbale Bandscheibenendoprothetik - eine in-vitro Untersuchung zur segmentalen Biomechanik. Med Habilitationsschrift, Universität Ulm. (2007)
13. Cakir B, Richter M, Käfer W, Puhl W, Schmidt R: The impact of total lumbar disc replacement on segmental and total lumbar lordosis. Clin Biomech (Bristol, Avon), 20: 357-364. (2005)
14. Cakir B, Richter M, Käfer W, Wieser M, Puhl W, Schmidt R: Evaluation of lumbar spine motion with dynamic x-ray. A reliability analysis. Spine, 31: 1258-1264. (2006)
15. Cakir B, Schmidt R, Huch K, Puhl W, Richter M: Sagittales Alignment und segmentale Beweglichkeit nach endoprothetischer Versorgung lumbaler Bewegungssegmente. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 142: 159-165. (2004)
16. Carman DL, Browne RH, Birch JG.: Measurement of scoliosis and kyphosis radiographs. Intraobserver and interobserver variation. J Bone Joint Surg Am, 72: 328-333. (1990)
17. Cholewicki J, McGill SM: Lumbar posterior ligament involvement during extremely heavy lifts estimated from fluoroscopic measurements. J Biomech, 25: 17-28. (1992)
18. Chow DH, Luk KD, Evans JH, Leong JC: Effects of short anterior lumbar interbody fusion on biomechanics of neighboring unfused segments. Spine, 21: 549-555. (1996)
19. Christensen FB, Laursen M, Gelineck J, Hansen ES, Bünger CE: Posterolateral spinal fusion at unintended levels due to bone-graft migration: no effect on clinical outcome in 19/130 patients. Acta Orthop Scand, 72: 354-358. (2001)
20. Cinotti G, David T, Postacchini F: Results of disc prosthesis after a minimum follow-up period of 2 years. Spine, 21: 995-1000. (1996)
21. Delamarter RB, Fribourg DM, Kanim LE, Bae H: ProDisc artificial total lumbar disc replacement: introduction and early results from the United States clinical trial. Spine, 28: 167-175. (2003)

22. Dickey JP, Pierrynowski MR, Bednar DA, Yang SX: Relationship between pain and vertebral motion in chronic low-back pain subjects. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 17: 345-352. (2002)
23. Dillard J, Trafimow J, Andersson GB, Cronin K: Motion of the lumbar spine. Reliability of two measurement techniques. *Spine*, 16: 321-324. (1991)
24. Dvorák J, Panjabi MM, Grob D, Novotny JE, Antinnes JA: Clinical validation of functional flexion/extension radiographs of the cervical spine. *Spine*, 18: 120-127. (1993)
25. Ebner F: Rückenschmerz. *Ärztemag*, 38: 12-14. (2004)
26. Fairbank JC, Couper J, Davies JB, O'Brien JP: The Oswestry low back pain disability questionnaire. *Physiotherapy*, 66: 271-273. (1980)
27. Fassio B, Ginestíe JF: Discal prosthesis made of silicone: experimental study and 1st clinical cases. *Nouv Presse Med*, 7: 207. (1978)
28. Fernström U: Arthroplasty with intercorporal endoprosthesis in herniated disc and in painful disc. *Acta Chir Scand Suppl*, 357: 154-159. (1966)
29. Finkenberg J, Banta C, Cross GL, Dawson E, Gutzman D, Highland T, Kucharzyk D, Lenderman L, Murphy J, Neely W, Rogozinski A, Rogozinski C: Evaluation and analysis of patient outcomes with an intrasegmental fixation system in lumbar spinal fusion. *Spine J*, 1: 102-108. (2001)
30. Fritzell P, Hägg O, Wessberg P, Nordwall A: Chronic low back pain and fusion: a comparison of three surgical techniques: a prospective multicenter randomized study from the Swedish lumbar spine study group. *Spine*, 27: 1131-1141. (2002)
31. Frymoyer JW, Newberg A, Pope MH, Wilder DG, Clements J, MacPherson B: Spine radiographs in patients with low-back pain. An epidemiological study in men. *J Bone Joint Surg Am*, 66: 1048-1055. (1984)
32. Gödde S, Fritsch E, Dienst M, Kohn D: Influence of cage geometry on sagittal alignment in instrumented posterior lumbar interbody fusion. *Spine*, 28: 1693-1699. (2003)
33. Guyer RD, McAfee PC, Hochschuler SH, Blumenthal SL, Fedder IL, Ohnmeiss DD, Cunningham BW: Prospective randomized study of the Charite artificial disc: data from two investigational centers. *Spine J*, 4: 252-259. (2004)

34. Hayes MA, Howard TC, Gruel CR, Kopta JA: Roentgenographic evaluation of lumbar spine flexion-extension in asymptomatic individuals. *Spine*, 14: 327-331. (1989)
35. Huang RC, Girardi FP, Cammisa FP, Lim MR, Tropiano P, Marnay T: Correlation between range of motion and outcome after lumbar total disc replacement: 8.6-year follow-up. *Spine*, 30: 1407-1411. (2005)
36. Kelsey JL, Mundt DJ, Golden AL: Epidemiology of low back pain. In: Jayson MIV (Hrsg) *Lumbar spine and back pain*, 4th edition, Churchill Livingstone London: 537-549. (1992)
37. Kuslich SD, Ulstrom CL, Michael CJ: The tissue origin of low back pain and sciatica: a report of pain response to tissue stimulation during operations on the lumbar spine using local anesthesia. *Orthop Clin North Am*, 22: 181-187. (1991)
38. Lee CK: Accelerated degeneration of the segment adjacent to a lumbar fusion. *Spine*, 13: 375-377. (1988)
39. Lehmann TR, Spratt KF, Tozzi JE, Weinstein JN, Reinartz SJ, el-Khoury GY, Colby H: Long-term follow-up of lower lumbar fusion patients. *Spine*, 12: 97-104. (1987)
40. Lemaire JP, Skalli W, Lavaste F, Templier A, Mendes F, Diop A, Sauty V, Laloux E: Intervertebral disc prosthesis. Results and prospects for the year 2000. *Clin Orthop Relat Res*, 337: 64-76. (1997)
41. Lim MR, Loder RT, Huang RC, Lyman S, Zhang K, Sama A, Papadopoulos EC, Warner K, Girardi FP, Cammisa FP: Measurement error of lumbar total disc replacement range of motion. *Spine*, 31: 291-297. (2006)
42. Link HD: History, design and biomechanics of the LINK SB Charité artificial disc. *Eur Spine J*, 11: 98-105. (2002)
43. Maigne JY, Lapeyre E, Morvan G, Chatellier G: Pain immediately upon sitting down and relieved by standing up is often associated with radiologic lumbar instability or marked anterior loss of disc space. *Spine*, 28: 1327-1334. (2003)
44. Marnay T: L'arthroplastie intervertébrale lombaire. *Med Orthop*, 25: 48-55. (1991)
45. Marnay T: Lumbar disc replacement. *Spine J*, 2: 94. (2002)

46. Mayer HM: Degenerative Erkrankungen der Lendenwirbelsäule. *Orthopäde*, 34: 1007-1020. (2005)
47. Mayer HM: Diskogener Rückenschmerz und degenerative Spinalstenose - Wie sinnvoll sind operative Verfahren? *Schmerz*, 15: 484-491. (2001)
48. Mayer HM: Total lumbar disc replacement. *J Bone Joint Surg Br*, 87: 1029-1037. (2005)
49. Mayer HM, Wiechert K, Korge A, Qose I: Minimally invasive total disc replacement: surgical technique and preliminary clinical results. *Eur Spine J*, 11: 124-130. (2002)
50. McAfee PC, Cunningham B, Holsapple G, Adams K, Blumenthal S, Guyer RD, Dmietriev A, Maxwell JH, Regan JJ, Isaza J: A prospective, randomized, multicenter Food and Drug Administration investigational device exemption study of lumbar total disc replacement with the CHARITE artificial disc versus lumbar fusion: part II: evaluation of radiographic outcomes and correlation of surgical technique accuracy with clinical outcomes. *Spine*, 30: 1576-1583. (2005)
51. McAfee PC, Fedder IL, Saiedy S, Shucosky EM, Cunningham BW: Experimental design of total disk replacement-experience with a prospective randomized study of the SB Charité. *Spine*, 28: 153-162. (2003)
52. McGregor AH, Anderton L, Gedroyc WM, Johnson J, Hughes SP: Assessment of spinal kinematics using open interventional magnetic resonance imaging. *Clin Orthop Relat Res*, 392: 341-348. (2001)
53. Miller SA, Mayer T, Cox R, Gatchel RJ: Reliability problems associated with the modified Schöber technique for true lumbar flexion measurement. *Spine*, 17: 345-348. (1992)
54. Morrissy RT, Goldsmith GS, Hall EC, Kehl D, Cowie GH: Measurement of the Cobb angle on radiographs of patients who have scoliosis. Evaluation of intrinsic error. *J Bone Joint Surg Am*, 72: 320-327. (1990)
55. Nagata H, Schendel MJ, Transfeldt EE, Lewis JL: The effects of immobilization of long segments of the spine on the adjacent and distal facet force and lumbosacral motion. *Spine*, 18: 2471-2479. (1993)
56. Nitschke JE, Natrass CL, Disler PB, Chou MJ, Ooi KT: Reliability of the American Medical Association guides' model for measuring spinal range of

- motion. Its implication for whole-person impairment rating. *Spine*, 24: 262-268. (1999)
57. Okawa A, Shinomiya K, Komori H, Muneta T, Arai Y, Nakai O: Dynamic motion study of the whole lumbar spine by videofluoroscopy. *Spine*, 23: 1743-1749. (1998)
58. Pearcy M, Portek I, Shepherd J: Three-dimensional x-ray analysis of normal movement in the lumbar spine. *Spine*, 9: 294-297. (1984)
59. Polly DW: Adapting innovative motion-preserving technology to spinal surgical practice: what should we expect to happen? *Spine*, 28: 104-109. (2003)
60. Putzier M, Funk JF, Schneider SV, Gross C, Tohtz SW, Khodadadyan-Klostermann C, Perka C, Kandziora F: Charité total disc replacement--clinical and radiographical results after an average follow-up of 17 years. *Eur Spine J*, 15: 183-195. (2006)
61. Reynolds PM: Measurement of spinal mobility: a comparison of three methods. *Rheumatol Rehabil*, 14: 180-185. (1975)
62. Sahni IK, Hipp JA, Kirking BC, Alexander JW, Esses SI: Use of percutaneous transpedicular external fixation pins to measure intervertebral motion. *Spine*, 24: 1890-1893. (1999)
63. Saur PM, Ensink FB, Frese K, Seeger D, Hildebrandt J: Lumbar range of motion: reliability and validity of the inclinometer technique in the clinical measurement of trunk flexibility. *Spine*, 21: 1332-1338. (1996)
64. Schlegel JD, Smith JA, Schleusener RL: Lumbar motion segment pathology adjacent to thoracolumbar, lumbar, and lumbosacral fusions. *Spine*, 21: 970-981. (1996)
65. Sjölie AN, Ljunggren AE: The significance of high lumbar mobility and low lumbar strength for current and future low back pain in adolescents. *Spine*, 26: 2629-2636. (2001)
66. Steffen T, Rubin RK, Baramki HG, Antoniou J, Marchesi D, Aebi M: A new technique for measuring lumbar segmental motion in vivo. Method, accuracy, and preliminary results. *Spine*, 22: 156-166. (1997)
67. Szpalski M, Gunzburg R, Mayer M: Spine arthroplasty: a historical review. *Eur Spine J*, 11: 65-84. (2002)

68. Tropiano P, Huang RC, Girardi FP, Cammisa FP, Marnay T: Lumbar total disc replacement. Seven to eleven-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am*, 87: 490-496. (2005)
69. Tropiano P, Huang RC, Girardi FP, Marnay T: Lumbar disc replacement: preliminary results with ProDisc II after a minimum follow-up period of 1 year. *J Spinal Disord Tech*, 16: 362-368. (2003)
70. Umehara S, Zindrick MR, Patwardhan AG, Havey RM, Vrbos LA, Knight GW, Miyano S, Kirincic M, Kaneda K, Lorenz MA: The biomechanical effect of postoperative hypolordosis in instrumented lumbar fusion on instrumented and adjacent spinal segments. *Spine*, 25: 1617-1624. (2000)
71. Walsh TL, Hanscom B, Lurie JD, Weinstein JN: Is a condition-specific instrument for patients with low back pain/leg symptoms really necessary? The responsiveness of the Oswestry Disability Index, MODEMS, and the SF-36. *Spine*, 28: 607-615. (2003)
72. Williams R, Binkley J, Bloch R, Goldsmith CH, Minuk T: Reliability of the modified-modified Schöber and double inclinometer methods for measuring lumbar flexion and extension. *Phys Ther*, 73: 33-44. (1993)
73. Zeegers WS, Bohnen LM, Laaper M, Verhaegen MJ: Artificial disc replacement with the modular type SB Charité III: 2-year results in 50 prospectively studied patients. *Eur Spine J*, 8: 210-217. (1999)
74. Zigler JE, Burd TA, Vialle EN, Sachs BL, Rashbaum RF, Ohnmeiss DD: Lumbar spine arthroplasty: early results using the ProDisc II: a prospective randomized trial of arthroplasty versus fusion. *J Spinal Disord Tech*, 16: 352-361. (2003)

Anhang

Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire

Schmerzintensität

- Ich habe erträgliche Schmerzen und komme ohne Schmerzmittel aus.
- Ich habe starke Schmerzen, komme aber ohne Schmerzmittel aus.
- Mit Schmerzmitteln bin ich schmerzfrei.
- Mit Schmerzmitteln habe ich mittelschwere Schmerzen.
- Schmerzmittel helfen mir kaum.
- Schmerzmittel helfen mir nicht und ich benütze sie nicht.

Körperpflege/Selbstversorgung

- Ich kann ohne zusätzliche Schmerzen normal für mich selbst sorgen.
- Ich kann für mich selbst sorgen, erleide dabei aber zusätzliche Schmerzen.
- Ich kann unter Schmerzen für mich selbst sorgen und muss langsam und vorsichtig vorgehen.
- Ich brauche etwas Hilfe, komme aber meistens alleine zurecht.
- Ich brauche täglich Hilfe in vielen Bereichen meiner persönlichen Pflege.
- Ich kann mich nur mit Mühe waschen und anziehen und bleibe im Bett.

Heben

- Ich kann schwere Gegenstände ohne zusätzliche Schmerzen heben.
- Ich kann schwere Gegenstände heben, jedoch nur mit zusätzlichen Schmerzen.
- Ich kann wegen der Schmerzen keine schweren Gegenstände vom Boden aufheben, aber es geht mit Gegenständen, die leicht zugänglich sind.
- Ich kann wegen der Schmerzen keine schweren Gegenstände vom Boden aufheben, aber es geht mit leichten bis mittelschweren Gegenständen, die leicht zugänglich sind.
- Ich kann nur sehr leichte Gegenstände heben.
- Ich kann überhaupt nicht heben oder tragen.

Gehen

- Schmerzen hindern mich nicht am Gehen.
- Wegen meiner Schmerzen kann ich nicht weiter als 1,5 km gehen.
- Wegen meiner Schmerzen kann ich nicht weiter als 1,0 km gehen.
- Wegen meiner Schmerzen kann ich nicht weiter als 0,5 km gehen.
- Ich kann nur mit einem Stock oder Krücken gehen.
- Ich bin meistens im Bett und kann nur mit größter Mühe zur Toilette.

Sitzen

- Ich kann auf jedem Stuhl sitzen, solange ich will.
- Ich kann nur auf meinem Lieblingsstuhl sitzen, solange ich will.
- Wegen meiner Schmerzen kann ich nicht länger als 1 Stunde sitzen.
- Wegen meiner Schmerzen kann ich nicht länger als 1/2 Stunde sitzen.
- Wegen meiner Schmerzen kann ich nicht länger als 10 Minuten sitzen.
- Ich kann vor Schmerzen überhaupt nicht sitzen.

Stehen

- Ich kann ohne zusätzliche Schmerzen solange stehen, wie ich will.
- Ich kann solange stehen wie ich will, aber nur mit zusätzlichen Schmerzen.
- Wegen meiner Schmerzen kann ich nicht länger als 1 Stunde stehen.
- Wegen meiner Schmerzen kann ich nicht länger als 1/2 Stunde stehen.
- Wegen meiner Schmerzen kann ich nicht länger als 10 Minuten stehen.
- Ich kann vor Schmerzen überhaupt nicht stehen.

Schlafen

- Schmerzen hindern mich nicht an gutem Schlaf.
- Ich kann nur mit Medikamenten gut schlafen.
- Selbst mit Medikamenten schlafe ich weniger als 6 Stunden.
- Selbst mit Medikamenten schlafe ich weniger als 4 Stunden.
- Selbst mit Medikamenten schlafe ich weniger als 2 Stunden.
- Ich kann vor Schmerzen überhaupt nicht schlafen.

Sexualleben

- Mein Sexualleben ist normal und bereitet mir keine zusätzlichen Schmerzen.
- Mein Sexualleben ist normal und bereitet mir jedoch zusätzliche Schmerzen.
- Mein Sexualleben ist fast normal und bereitet mir jedoch starke Schmerzen.
- Mein Sexualleben ist durch Schmerzen sehr eingeschränkt.
- Mein Sexualleben ist wegen der Schmerzen so gut wie nicht vorhanden.
- Ich habe vor Schmerzen überhaupt kein Sexualleben.

Privatleben

- Ich kann privaten Aktivitäten und ohne zusätzlichen Schmerzen nachgehen.
- Ich kann privaten Aktivitäten normal, jedoch nur unter zusätzlichen Schmerzen nachgehen.
- Schmerzen haben im Allgemeinen keinen großen Einfluss auf meine Privatleben, hindern mich jedoch an körperlichen Aktivitäten.
- Meine privaten Aktivitäten sind wegen Schmerzen eingeschränkt, ich gehe weniger oft aus.
- Meine privaten Aktivitäten sind wegen Schmerzen auf mein Zuhause beschränkt.
- Ich kann wegen Schmerzen überhaupt keinen privaten Aktivitäten nachgehen.

Fahren

- Ich kann ohne Schmerzen überall hinfahren.
- Ich kann überall hinfahren, aber nur mit zusätzlichen Schmerzen.
- Ich habe starke Schmerzen, kann aber länger als 2 Stunden fahren.
- Wegen meiner Schmerzen kann ich nicht länger als 1 Stunde fahren.
- Wegen meiner Schmerzen kann ich nur die nötigsten kurzen Fahrten unter ½ Stunde unternehmen.
- Vor Schmerzen fahre ich nirgendwo hin, außer zum Arzt oder ins Krankenhaus.

Short Form 36 Health Survey

1. Wie würden Sie ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?

- ausgezeichnet
- sehr gut
- gut
- weniger gut
- schlecht

2. Im Vergleich zum vergangene Jahr, wie würden Sie ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?

- viel besser
- besser
- gleich
- schlechter
- viel schlechter

3. Sind Sie durch Ihren jetzigen Gesundheitszustand bei folgenden Tätigkeiten eingeschränkt?

	Ja, stark einge- schränkt	Ja, etwas einge- schränkt	Nein, nicht einge- schränkt
a) anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell Laufen, schwere Gegenstände heben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) mittelschwere Tätigkeiten, z.B. Staubsaugen, kegeln	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Einkaufstaschen heben oder tragen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) mehrere Stockwerke steigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) ein Stockwerk steigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) sich beugen, knien, bücken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) mehr als einen Kilometer zu Fuß gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i) eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j) sich baden oder anziehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

	Ja	Nein
a) ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ich habe weniger geschafft als ich wollte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ich konnte nur bestimmte Dinge tun	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ich hatte Schwierigkeiten bei der Arbeit oder bei der Durchführung anderer Tätigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?

	Ja	Nein
a) ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ich habe weniger geschafft als ich wollte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Wie sehr haben ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunde, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?

	Ja	Nein
a) überhaupt nicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) etwas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) mäßig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ziemlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) sehr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen?

- keine Schmerzen
- sehr leichte Schmerzen
- leichte Schmerzen
- mäßige Schmerzen
- starke Schmerzen
- sehr starke Schmerzen

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer alltäglichen Tätigkeit zu Hause und im Beruf behindert?

- überhaupt nicht
- etwas
- mäßig
- ziemlich
- sehr

9. In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist?

Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen....

	immer	meistens	oft	manchmal	selten	nie
a) voller Schwung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) sehr nervös?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) so niedergeschlagen, dass Sie nichts aufheitem konnte?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ruhig und gelassen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) voller Erfolg?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) entmutigt und traurig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) erschöpft?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) glücklich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i) müde?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?

- immer
- meistens
- manchmal
- selten
- nie

11. Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu?

	trifft ganz zu	trifft weitgehend zu	weiß nicht	trifft weitgehend nicht zu	trifft überhaupt nicht zu
a) Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Ich erwarte, dass sich meine Gesundheit verschlechtert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Danksagung

Ich danke herzlich Herrn Prof. Dr. med. H. Reichel für die Möglichkeit, die Dissertation in seiner Abteilung durchführen zu können.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Priv. Doz. Dr. med. Balkan Cakir für die Überlassung des Themas und für seine exzellente Unterstützung während der gesamten Arbeit.

Weiterhin möchte ich mich noch ganz herzlich bei meinen Eltern Angelika und Josef Wieser sowie bei meiner ganzen Familie für ihren stetigen Rückhalt und ihre Unterstützung bedanken.

Lebenslauf

Geburtsdatum/-ort: 21.07.1978 in München
Familienstand: ledig
Staatsangehörigkeit: deutsch

Schullaufbahn

1985-89 Grundschole Graflng
1989-98 Gymnasium Graflng, Allgemeine Hochschulreife

Zivildienst

08/1998 - 09/1999 OP-Abteilung
Kreisklinik Ebersberg

Studium

10/1999 - 04/2005 Medizinstudium an der Universität Ulm
09/2001 Ärztliche Vorprüfung
08/2002 1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
04/2005 2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
04/2005 - 04/2006 Medizinstudium an der Ruprecht-Karls-
Universität Heidelberg
04/2006 3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Ärztliche Tätigkeit

Seit 06/2006 Assistenzarzt in der chirurgischen Abteilung der
Klinik Mühldorf a. Inn

Publikation

Cakir B, Richter M, Käfer W, Wieser M, Puhl W, Schmidt R: Evaluation of lumbar spine motion with dynamic x-ray: A reliability analysis. Spine, 31: 1258-1264. (2006)

Vorträge

Cakir B, Richter M, Wieser M, Puhl W, Schmidt R. Assessing range of motion by lateral flexion/extension x-ray. Are we precise enough? 14 th Annual Meeting of the European Orthopaedic Research Society. Amsterdam, 25.-27.11.2004