

Aus der Klinik für Neurochirurgie
BG Klinikum Bergmannstrost Halle (Saale)

DISSERTATION

Zur Behandlung der degenerativen Spondylolisthese mittels
interkorporaler Stabilisierung in PLIF- Technik mit Fixateur interne und
Medtronic Telamon™ Titan Cage

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Stefan Bone

aus

Lüdenscheid

Datum der Promotion: 04.03.2022

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	7
Abstrakt Deutsch	8
Abstract Englisch	9
1. Einleitung	11
1.1 Anatomie der Wirbelsäule	11
1.1.1 Allgemeines	11
1.1.2 Knöcherner und bindegewebige Architektur der Wirbelsäule, das „Junghannssche Bewegungssegment“	12
1.1.3 Muskulatur	14
1.1.4 Biomechanische Funktion	14
1.1.5 Pathogenese der Wirbelsäulendegeneration	15
1.1.5.1 Bandscheibendegeneration	15
1.1.5.2 Degenerative Listhesis und Spondylolisthesis vera	16
1.2 Operative, instrumentelle lumbale Wirbelsäulenstabilisierung	17
1.2.1 Geschichtlicher Rückblick	17
1.2.2 Pedikelschraubeninstrumentierung	18
1.2.3 Interkorporale Cage-Fusion	19
1.3 Problemdarstellung	22
1.4 Ziel der Arbeit	23
2. Material und Methodik	24
2.1 Studiendesign und Patientenkollektiv	24
2.1.1 Einschluss und Ausschluss Kriterien	24
2.1.2 Der Cage	24
2.1.3 Die Operationsmethode	25
2.2 Bewertungen und Untersuchungsmethoden	25
2.2.1 Klinische Untersuchung	25
2.2.2 Fragebögen	26
2.2.3 Radiologische Auswertung	29
2.2.4 Statistische Auswertung	31

3. Ergebnisse	31
3.1 Anthropometrische Daten	31
3.1.1 Altersverteilung	31
3.1.2 Bodymaßindex (BMI)	32
3.1.3 ASA Status	32
3.2 Fusionsrate	34
3.2.1 Zusammenhang der Fusionsrate in Abhängigkeit vom Ausgangs- BMI der Patienten	35
3.2.2 Zusammenhang der Fusionsrate in Abhängigkeit vom Ausgangs- Alter der Patienten	35
3.2.3 Zusammenhang der Fusionsrate in Abhängigkeit vom präoperativem ASA- Status	38
3.2.4 Zusammenhang der Fusionsrate in Abhängigkeit vom postoperativen- totalen Lordosewinkel der Patienten	38
3.3 Bewertungen des klinischen Outcomes anhand der Fragebögen	39
3.3.1 Dallas Pain Fragebogen	39
3.3.2 Prolo Scale: funktioneller und ökonomischer Status	49
4. Diskussion	51
5. Schlussfolgerung	54
5.1 Limitierungen	54
5.2 Zusammenfassung	55
5.3 Ausblick	56
6. Literaturverzeichnis	57
7. Anhang	60
8. Eidesstattliche Versicherung	64
9. Lebenslauf	66
10. Danksagung	68

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Unterschiedlichen Ausmaße eines Gleitwirbels und die Einteilung des Gleitgrades anhand einer Röntgenaufnahme im Stehen im seitlichen Strahlengang nach Meyerding	17
Abbildung 2: Zeichnung LWK5 axial mit transpedikulärer Schraubenlage	19
Abbildung 3: TelamonTM Titan Fusion device Cages	20
Abbildung 4: TelamonTM Titan Fusion device Cage befüllt mit Knochenmaterial	21
Abbildung 5: Wirbelsäulen-Präparat in der sagittal Ebene durch den mit Knochenmaterial gefüllten Cage	21
Abbildung 6: Cageinterposition im Intervertebralraum nach PLIF am LWK 4/5	22
Abbildung 7: Dünnschicht-CT Rekonstruktion	30
Abbildung 8: Schematische Darstellung der Bestimmung von lokalem (β) und totalem (α) Lordesewinkel	30
Abbildung 9: Die Verteilung der männlichen und weiblichen Patienten mit einem BMI ≥ 25 kg/m ² und ≥ 30 kg/m ²	33
Abbildung 10: Darstellung der Fusionsraten in Prozent zu den drei Visiten 6 Monaten (V-1), 12 Monaten (V-2) und 24 Monaten (V-3)	34
Abbildung 11: Darstellung des BMI in kg/m ² für die Patienten ohne Fusion und mit Fusion zu den drei Zeitpunkten 6 Monaten (V-1), 12 Monaten (V-2) und 24 Monaten (V-3) postoperative	36
Abbildung 12: Darstellung der Alter der Patienten ohne Fusion und mit Fusion zu den drei Zeitpunkten 6 Monaten (V-1), 12 Monaten (V-2) und 24 Monaten (V-3) postoperative	37
Abbildung 13: Darstellung der totalen Lordosewinkel der Patienten mit Fusion und ohne Fusion zu den drei Zeitpunkten 6 Monaten (V-1), 12 Monaten (V-2) und 24 Monaten (V-3) postoperative	39
Abbildung 14: Darstellung der Punkte für die ATL des Dallas Pain Questionnaire zu den Zeitpunkten prä-OP und den Nachuntersuchungen 6, 12 und 24 Monate	41
Abbildung 15: Darstellung der Aktivitäten in Freizeit und Beruf des Dallas Pain Questionnaire zu den Zeitpunkten prä-OP und den Nachuntersuchungen 6, 12 und 24 Monate	42

Abbildung 16: Darstellung der Scores für die psychische Verfassung anhand des Dallas Pain Questionnaire zu den Zeitpunkten präoperative und den Nachuntersuchungen 6, 12 und 24 Monate postoperative	43
Abbildung 17: Darstellung der Scores für die soziale Interaktion anhand des Dallas Pain Questionnaire zu den Zeitpunkten präoperative und den Nachuntersuchungen 6,12 und 24 Monate postoperative	44
Abbildung 18: Streudiagramme zum Zeitpunkt 6 Monate postoperative von BMI und den vier Subskalen des Dallas Pain Questionnaire	46
Abbildung 19: Streudiagramme zum Zeitpunkt 12 Monate postoperative von BMI und den vier Subskalen des Dallas Pain Questionnaire	47
Abbildung 20: Streudiagramme zum Zeitpunkt 24 Monate postoperative von BMI und den vier Subskalen des Dallas Pain Questionnaire	48

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: American Society of Anesthesiologists (ASA)-Status Bewertung	25
Tabelle 2: Durchzuführende Untersuchungen und Dokumentationen zu den Visitenzeiten	26
Tabelle 3: Prolo Scale- funktionelle und ökonomische Status Bewertung	27
Tabelle 4: Fusionsbeurteilung nach Brantigan und Steffee im Dünnschicht-CT	29
Tabelle 5: Häufigkeit des Auftretens einer oder keiner Fusion in Abhängigkeit des ASA-Status ≤ 2 oder > 2 zum Zeitpunkt der Visiten V1, V2 und V3 postoperativ	38
Tabelle 6: Darstellung der Ergebnisse des DPQ ATL (Aktivitäten des täglichen Lebens) der paarweisen Vergleiche für die einzelnen Zeitpunkte. Prä-OP, Zeitpunkt 1- 6 Monate, Zeitpunkt 2- 12 Monate, Zeitpunkt 3- 24 Monate	40
Tabelle 7: Darstellung der Ergebnisse des DPQ AFB (Aktivitäten Freizeit und Beruf) der paarweisen Vergleiche für die einzelnen Zeitpunkte. Prä-OP, V1- 6 Monate, V2- 12 Monate, V3- 24 Monate	42
Tabelle 8: Darstellung der Ergebnisse des DPQ PV (psychische Verfassung) der paarweisen Vergleiche für die einzelnen Zeitpunkte. Prä-OP, V1- 6 Monate, V2- 12 Monate, V3- 24 Monate	43
Tabelle 9: Darstellung der Ergebnisse des DPQ SI (Soziale Interaktionen) der paarweisen Vergleiche für die einzelnen Zeitpunkte. Prä-OP, V1- 6 Monate, V2- 12 Monate, V3- 24 Monate	44
Tabelle 10: Abhängigkeit des BMI und den vier Subskalen des Dallas Pain Questionnaire zum Zeitpunkt der Visiten V1-6 Monate, V2- 12 Monate und V3- 24 Monate	48
Tabelle 11: Darstellung der Ergebnisse der paarweisen Vergleiche der economic-Scale des Prolo für die einzelnen Zeitpunkte. Prä-OP, V1- 6 Monate, V2- 12 Monate, V3- 24 Monate	49
Tabelle 12: Darstellung der Ergebnisse der paarweisen Vergleiche der functional-Scale des Prolo für die einzelnen Zeitpunkte. Prä-OP, V1- 6 Monate, V2- 12 Monate, V3- 24 Monate	49
Tabelle 13: Prolo Score zum Zeitpunkt der Visiten V1, V2 und V3 postoperativ	50

Tabelle 14: Ergebnisse der bivariaten Korrelation (r-Spearman-Korrelationskoeffizient) von BMI und den einzelnen Subskalen des Prolo für die vier Untersuchungszeitpunkte

50

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
ca.	circa
M.	Musculus
Min.	Minuten
MRT	Magnetresonanztomografie
CT	Computertomographie
OP	Operation
R.	Rami
v.a.	vor allem
v.Chr.	vor Christus
VE	Vorerkrankungen
vs.	versus
PLIF	posterior lumbar interbody fusion

Zusammenfassung

Hintergrund: Rückenschmerzen verursachen enorme gesamtwirtschaftliche Kosten durch konservative und operative Therapieansätze. Der „Kreuzschmerz“ kann bei einem Teil der Patienten durch eine symptomatische Spondylolisthese mit spinaler oder neuroforaminaler Stenose verursacht werden. Die klinischen Ergebnisse nach einer interkorporalen Stabilisierung in PLIF- Technik stellt keinen sicheren Zusammenhang zwischen einer stattgefundenen Fusion mit dem klinischen Outcome, gemessen an der Zufriedenheit des Patienten dar. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Identifizierung von präoperativen positiven oder negativen Prädiktoren hinsichtlich des klinischen Erfolgs einer PLIF Operation und der Fusionsrate.

Methode: Die Studie ist eine nicht randomisierten Verlaufsstudie mit einer Nachbeobachtungszeit von mindestens 2 Jahren. Die Daten wurden prospektiv erhoben und retrospektiv ausgewertet. Das klinischen Outcome und die Zufriedenheit der Patienten wurden zur objektiven Bewertung mittels „Dallas Pain“ Fragebögen und „Prolo Scale“ evaluiert. Die Fusionsrate der Spondylodesen wurde mit einer Computertomographie (CT) nach 6 Monaten, 12 Monaten und 24 Monaten bis erstmalig eine Fusion nachgewiesen wurde untersucht.

Ergebnisse: In der vorliegenden Studie wurden 56 Frauen und 111 Männer (1:1,98) operiert. Das Durchschnittsalter lag bei 62 Jahren und der durchschnittliche BMI lag bei 29 ± 5 kg/m². Die Fusionsrate im CT lag bei 58% zum Visite V-1 (95% KI; 49,0- 65,0); 78% zum Visite V-2 (95% KI; 70,0 - 84,0) und 86% zur Visite V-3 (95% KI; 79,0 - 91,0). Es zeigte sich kein signifikanter Einfluss des präoperativen Ausgangs BMI, des Alter, des ASA Status und des postoperativen, totalen Lordosewinkel der Patienten auf die Fusionsrate. Ebenfalls zeigt ein erhöhter Ausgangs BMI keinen Einfluss auf die 4 Komponenten des „Dallas Pain Questionnaire“. Schon nach 6 Monaten postoperativ zeigt der funktionelle und ökonomische Status der Prolo Scale für 88,49% der Patienten ein mindestens befriedigendes Ergebnis. Dieser Erfolg bleibt auch über die Zeit bis zur 24 Monate postoperative erhalten.

Schlussfolgerung: Bei der Indikation zur Stabilisierung und ausgeschöpften alternativen Behandlungsmethoden kann eine PLIF- OP mit Titan Fusion device erfolgreich

durchgeführt und hohe Fusionsraten und Zufriedenheit des Patienten erreicht werden. Höher BMI, Alter, postoperativer totaler Lordosewinkel und ASA Status haben keinen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse.

Abstract

Background: Back pain management causes enormous economic costs through conservative and/or surgical therapy approaches. In some patients, low back pain is caused by symptomatic spondylolisthesis with spinal or neuroforaminal stenosis. The clinical results after an intercorporeal stabilization by the PLIF technique does not represent a reliable association between a fusion that has taken place and the clinical outcomes, measured by patient satisfaction. The aim of this study is to identify preoperative patient characteristics influencing the rate of fusion after a PLIF operation and subsequently clinical success of the procedure.

Method: The study is a non-randomized prospective study with a follow-up period of at least 2 years. The data were prospectively collected and retrospectively evaluated. The clinical outcomes and patient satisfaction were evaluated objectively using the Dallas Pain questionnaire and Prolo Scale. The rate of fusion was determined by computed tomography (CT) after 6 months, 12 months and 24 months until fusion is acquired.

Results: In the present study, 56 women and 111 men (1: 1.98) were operated using PLIF technique. The mean age was 62 years and the mean BMI was 29 ± 5 kg / m². The CT fusion rate was 58% at visit V-1 (95% CI; 49.0-65.0); 78% on visit V-2 (95% CI; 70.0-84.0) and 86% on visit V-3 (95% CI; 79.0-91.0). The preoperative baseline BMI, age, ASA status and the postoperative total lordosis angle of the patients did not have a significant influence on the fusion rate. Similarly, preoperative high BMI shows no influence on the 4 components of the Dallas Pain Questionnaire. As early as 6 months postoperatively, the functional and economic status of the Prolo Scale shows a satisfactory result for 88.49% of the patients which is maintained over the follow-up period and up to 24 months postoperatively.

Conclusion: PLIF surgical approach with Titan Fusion device can be considered as an option for the patients when conservative therapy and other alternative therapies have

failed. The procedure can achieve high fusion rates and patient satisfaction rate. Higher BMI, age, postoperative total lordosis angle and ASA status do not significantly influence the outcomes.

1. Einleitung

Rückenschmerzen stellen ein nahezu ubiquitär in der Gesellschaft auftretendes gesundheitliches Problem dar. „In Deutschland geht jeder fünfte gesetzlich Versicherte mindestens einmal im Jahr wegen Rückenschmerzen zum Arzt. 27 Prozent davon suchen sogar vier Mal oder öfter eine Praxis auf. Pro Jahr gibt es so über 38 Millionen Arztbesuche wegen Rückenschmerzen“ [1]

Der Rückenschmerz lässt sich hierbei in den Nacken- und den Kreuzschmerz einteilen. Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Kreuzschmerz oder besser gesagt der Lumbalgie. Die Ursachen der Lumbalgie sind vielfältig. Hier kommen in erster Linie muskuläre, funktionelle Beschwerden infrage als auch Bandscheibendegeneration mit Bandscheibenvorfall oder die Einengung des Spinalkanals mit zusätzlichem Wirbelgleiten und Instabilität. Das Vorliegen einer spinalen Stenose mit Wirbelgleiten wird als Spondylolisthese bezeichnet. Diese kann angeboren oder im Rahmen des Degenerationsprozesses erworben sein. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit einer Operationsmethode zur Behebung der Spondylolisthese und der spinalen Stenose und deren Erfolg gemessen an der Patientenzufriedenheit und der angestrebten Fusion im operierten Segment.

1.1 Anatomie der Wirbelsäule

1.1.1 Allgemeines

Der aufrechte Gang stellt hohe Ansprüche an das Stützskelett des Menschen. Die Wirbelsäule stellt einen Kompromiss zwischen maximaler Stabilität und hoher Flexibilität dar [2]. Die durchschnittliche Lebenserwartung des Menschen hat sich in den letzten 100 Jahren nahezu verdoppelt [3]. Die evolutionäre Anpassung der Wirbelsäule an die längere Lebensdauer bedarf jedoch einer deutlich längeren Zeitperiode.

Im Anschluss an das Steißbein besteht die menschliche Wirbelsäule in der Regel aus 24 präsakralen Wirbelkörpern und den 23 dazwischen liegenden Bandscheiben. Die Halswirbelsäule (HWS) besteht aus sieben Halswirbeln und sechs Bandscheiben. Zwischen den ersten zwei Halswirbelkörpern gibt es keine Bandscheiben. Anschließend folgt die Brustwirbelsäule (BWS) mit 12 Brustwirbeln und 11 Bandscheiben. Die Lendenwirbelsäule hat im Normalfall fünf Wirbelkörper und sechs Bandscheiben.

Abweichend davon findet man nicht selten eine unvollständige Verschmelzung des ersten und zweiten Sakralwirbels mit einer rudimentären dazwischen liegenden Bandscheibe. In diesem Fall spricht man von einer Lumbalisation des ersten Sakralwirbels und von einer sechsgliedrigen Lendenwirbelsäule (LWS). Im Gegensatz dazu spricht man von einer Sakralisation, wenn der fünfte Lendenwirbelkörper mit dem Sakrum verschmolzen ist. Die fünf sakralen Wirbelkörper verschmelzen zum Sakrum, die drei bis sechs (meist vier) Steißwirbel zum Steißbein.

In der Sagittalebene ist die Wirbelsäule s-förmig gekrümmt. Die Abschnitte gliedern sich in Halslordose, Brustkyphose, Lendenlordose und Sakralkyphose. [4]

1.1.2 Knöcherner und bindegewebige Architektur der Wirbelsäule, das „Das Bewegungssegment nach Junghans“

Im Verlauf der Embryogenese entwickeln sich aus der Chorda dorsalis, einer temporär existierenden Struktur, Wirbelkörper und die Nuclei pulposi (Bandscheibenkerne), aus denen die Wirbelsäule besteht. Die Wirbelkörper können vereinfacht als kortikospongiöse Zylinder betrachtet werden. Zur Erhöhung der Tragkraft nimmt die Querschnittsfläche von cranial nach caudal zu. Dorsal an den Wirbelkörper schließt sich über die Bogenwurzel, die Pedikel, der Wirbelbogen an. Wirbelkörper und Wirbelbogen stellen die knöcherner Begrenzung des Spinalkanals dar. Der Wirbelbogen besitzt einen oberen und unteren Gelenkfortsatz, die Processus articulares superior und inferior sowie einen Dornfortsatz, den Processus spinosus. Die Processus articulares superiores und inferiores gehen vom Wirbelbogen etwas versetzt ab. Der dazwischen liegende Abschnitt wird als Interartikularportion oder Isthmus bezeichnet, welcher kaum Spongiosa enthält. Hier kann es zur ein- oder beidseitigen Spaltbildung kommen, die als Spondylolyse bezeichnet wird. Der Processus articularis zusammen mit dem angrenzenden Wirbelkörper bildet das Facettengelenk. Hierbei steuert der obere Wirbelkörper über den Processus articularis inferior den medialen Anteil und der untere Wirbelkörper über den Processus articularis superior den lateralen Anteil des Facettengelenks bei. Von Junghans wird für die Gesamtheit von zwei benachbarten Wirbelkörpern mit der dazwischen liegenden Bandscheibe der Facettengelenke und den dazugehörigen Bändern die Bezeichnung Bewegungssegment vorgeschlagen. Über die Betrachtung dieser Strukturen als Bewegungssegmente gelingt die Erklärung für vielschichtige, degenerative Veränderungen und Pathologien [4].

Der fünfte Lendenwirbelkörper weist eine Besonderheit auf, seine Grund- und Deckplatte bilden einen nach ventral offenen Winkel von ca. 20°, welcher die lumbosakrale Krümmung ermöglicht [5].

Der Discus intervertebralis verbindet zwei benachbarte Wirbelkörper und besteht aus einem Anulus fibrosus und einen Nucleus pulposus. Der Anulus fibrosus ist ein lamellenförmig angeordnetes Kollagenfasergeflecht, hauptsächlich vom Typ I (60 bis 80%) und vom Typ II (ca. 30%), die Kollagenfasertypen V, VI und XI kommen in untergeordneten Anteilen vor. Er weist ventral und lateral eine Verstärkung auf. Dorsal sind die Kollagenfaserlamellen dünner. Die Fasersysteme sind im Randbereich überkreuzend und verbinden die Randleisten zweier benachbarter Wirbelkörper [6].

Der Anulus fibrosus umschließt einen Gallertkern aus Proteoglykanen und Kollagenfibrillen allseitig. Innerhalb dieser Matrix finden sich Chondrozyten. Der Anteil an Kollagenfasern ist deutlich geringer als im Anulus fibrosus und es kommt hauptsächlich das Kollagen vom Typ II vor. Durch den hohen Anteil an Proteoglykanen beträgt der Wassergehalt des Nucleus pulposus ca. 80%. Dieser Aufbau ermöglicht die Aufnahme von Druckschwankungen und Lastwechseln. Die Bandscheiben fungieren somit als Dämpfungssystem [6]. Die Bandscheibe ist bis auf einen kleinen Anteil im äußeren Ring gefäßfrei, weshalb die Ernährung über Diffusion, ausgehend von Grund- und Deckplatte, erfolgt [7]. Die knorpelige Grund- und Deckplatte, auch kartilaginäre Endplatte genannt, stellt die Verbindung zwischen Discus intervertebralis und dem Wirbelkörper her. Über ihre Porosität finden die Stoffwechselfvorgänge via Diffusion statt [8].

Eine weitere Verbindung der Wirbelkörper untereinander und mit den angrenzenden knöchernen Strukturen stellen die Bänder, die Ligamente, dar. Hierbei ist das Ligamentum longitudinale anterius ventral angeordnet und fest mit Wirbelkörpern und Bandscheiben verwachsen. Das Ligamentum longitudinale posterius ist im Gegensatz dazu nur am Anulus fibrosus der Bandscheibe fest anheftend und bildet die vordere Begrenzung des Spinalkanals. Die dorsale Begrenzung wird durch die Ligamenta flava, welche am Wirbelbogen fixiert sind, gebildet. Zwischen den Dornfortsätzen befindet sich das Ligamentum interspinosum. In der Gelenkkapsel der Wirbelgelenke befinden sich Fasern der Ligamenta transversa, die die Rotationsbewegungen begrenzen [5].

1.1.3 Muskulatur

Die Muskulatur der Wirbelsäule findet ihre Aufgabe nicht nur in der aktiven Bewegung, sondern auch in der dynamischen Stabilisierung. Die dorsale Muskulatur wird in ihrer Gesamtheit als *Musculus erector spinae* bezeichnet. Die Innervation wird über die *Rami dorsalis* der Spinalnerven realisiert. Gemäß der Innervation kann ein medialer und ein lateraler Anteil der autochthonen Rückenmuskulatur unterschieden werden. Der mediale Anteil wird vom *Ramus medialis* des *Ramus dorsalis* der Spinalnerven versorgt und gliedert sich in ein *spinales* und *transversospinales* System. Der laterale Anteil wird durch den *Ramus lateralis* des *Ramus dorsalis* jedes Spinalnerven versorgt und lässt sich wiederum in ein *intertransversales*, ein *sakrospinales* und ein *spino transversales* System unterteilen. Die Muskulatur wird von der derben *Fascia thoracolumbalis* umschlossen. An der HWS wird sie *Fascia nuchae* genannt [9].

1.1.4 Biomechanische Funktion

Die Stellung der Facettengelenke ist aufgrund des unterschiedlichen Bewegungsausmaßes der Wirbelsäulenabschnitte unterschiedlich. Im Bereich der HWS stehen sie horizontal, um eine Flexion und Extension, aber auch eine Seitneigung und Rotation zu ermöglichen. Im Bereich der BWS ist die Stellung nahezu frontal. So wird eine Flexion und Extension sowie die Rotation ermöglicht. Im Bereich der Rippen und durch die Form der Dornfortsätze ist die Flexion und Extension der Facettengelenke jedoch sehr begrenzt. An der LWS stehen die Gelenke nahezu im 45° Winkel. Diese Stellung ermöglicht einen großen Bewegungsumfang in Flexion und Extension, limitiert aber die Rotation. Des Weiteren tritt im Bereich der LWS eine nach ventral gerichtete Schubkraft hinzu, deren Aufnahme durch die Facettengelenke kommt einer besonderen Bedeutung zu [9]. In der nach ventral gerichteten Schubkraft ist eine Ursache für die unten näher erläuterte Entstehung der degenerativen Spondylolisthese zu sehen.

Die Hauptaufgabe der langen oberflächlichen Muskeln liegt in der Aufrichtung der Wirbelsäule und Zuggurtung zur Begrenzung der nach ventral gerichteten Schubkraft. Die tiefer liegenden kurzen Muskeln finden ihre Aufgabe in der Feinpositionierung der Wirbel unter Belastung.

1.1.5 Pathogenese der Wirbelsäulendegeneration

1.1.5.1 Bandscheibendegenerationen

Die Bandscheiben sind die größte Ansammlung von avaskulärem Gewebe im menschlichen Organismus [10]. Die Aufrechterhaltung des Stoffwechsels und die Versorgung mit Wasser, Sauerstoff, Glucose und Aminosäuren erfolgt durch Diffusion. Zum einen durch siebartige Öffnungen der Wirbelkörperendplatten, zum anderen durch eine gut vaskularisierte Peripherie des Anulus fibrosus. Stoffwechselendprodukte wie z. B. Laktat und Kohlendioxid werden auf dem gleichen Weg aus der Bandscheibe entfernt. Die Theorie der Bandscheibendegeneration und ihrer interindividuellen Unterschiede beruft sich dabei auf drei Faktoren. Die Nährstoffversorgung der Zwischenwirbelscheibe, genetische Voraussetzungen und biomechanische Einflüsse [11].

Es konnte gezeigt werden, dass die dynamischen Bewegungen der Wirbelsäule die Porosität der knorpeligen Grund- und Deckplatte erhöht und somit für die Durchlässigkeit von gelösten Stoffen verbessert [8]. Mangelnde Bewegung, als Faktor für Bandscheibendegeneration, gewinnt zunehmend an Bedeutung.

Durch eine degenerativ bedingte Sklerosierung der knorpeligen Wirbelkörperendplatten und eines altersabhängigen Umbaus des Kollagenfasernetzes entsteht eine Diffusionsbehinderung. Hierdurch entsteht oxidativer Stress und Nährstoffmangel. Dieses führt zum pH-Abfall mit vorzeitigem Tod von Chondrozyten, einhergehend mit der Zerstörung der Bandscheibenstruktur und vermehrter Freisetzung proteolytischer Enzyme [11]. Die Synthesekapazität und die Regenerationsfähigkeit der Bandscheibe werden hierdurch ebenfalls herabgesetzt. Histologisch nachweisbare Spalten und Risse bilden sich bereits im frühen Erwachsenenalter (18 bis 30 Jahre). Durch die Abnahme des osmotischen Drucks vergrößern sich diese im Laufe der Jahre [12]. Die familiäre Häufung von degenerativen Bandscheibenschäden und klassische Zwillingsstudien führen zur Annahme eines genetischen Zusammenhanges. Die biochemische Zusammensetzung der Bandscheiben sowie deren enzymatischer Katabolismus scheint durch genetischen Polymorphismus vorbestimmt [11], was sich in einer geringeren Toleranz der Bandscheibe gegen mechanischer Beanspruchung äußern kann.

Hinsichtlich der biomechanischen Einflussfaktoren hat sich gezeigt, dass sowohl konstante, statisch-komprimierende Belastung als auch die völlige Abwesenheit von Beanspruchung die Diffusionskapazität herabsetzen und die Bandscheibendegeneration

fördern kann. Intermittierender Druck hat einen positiven Einfluss auf den Metabolismus der Bandscheibe [11], [8].

Letztlich kommt es zur Volumenabnahme der Bandscheibe mit konsekutiver Mehrbelastung der Facettengelenke und Reizsklerose der Endplatten. Radiologisch wird diese dann Osteochondrose genannt und nach Modic in vier Grade eingeteilt [13].

1.1.5.2 Degenerative Listhesis und Spondylolisthesis vera

Durch die Höhenminderung des Intervertebralraumes mit Mehrbelastung der Facettengelenke entsteht eine Lastverschiebung zu Ungunsten der hinteren Säule der Wirbelsäule. Schon Junghans stellte den Zusammenhang zwischen erschlaffter Facettengelenkscapsel, verändertem Winkel der Gelenkfläche des unteren betroffenen Wirbelkörpers und der Arthrose der Facettengelenke her [4]. Es entsteht eine Lockerung im betreffenden Bewegungssegment mit Instabilität und einem progredienten Gleiten des gesamten Wirbels auf dem darunterliegenden Gefüge nach vorne. Die damit verbundene Ventralisation der Schwerkraftlinie, mit Verlängerung des Hebelarmes, verstärken die Scherkräfte noch weiter. Das Ergebnis ist die degenerative Spondylolisthese [14]. Im Gegensatz zur degenerativen Spondylolisthese besteht bei der Spondylolisthesis vera eine teilweise oder vollständige Spondylolyse mit Spaltbildung in der Pars interarticularis des Wirbelbogens.

Bei Spondylolisthese können belastungsabhängige Lumbalgien auf eine Instabilität der Wirbelgelenke zurückzuführen sein. Ein Fortschreiten der Erkrankung führt bei der degenerativen Listhese vornehmlich zur Einengung des Spinalkanals. Die Listhesis vera führt zur Einengung der Neuroforamen mit zusätzlich auftretenden Claudicatio spinalis- bzw. Wurzelclaudicatio-Beschwerden [15].

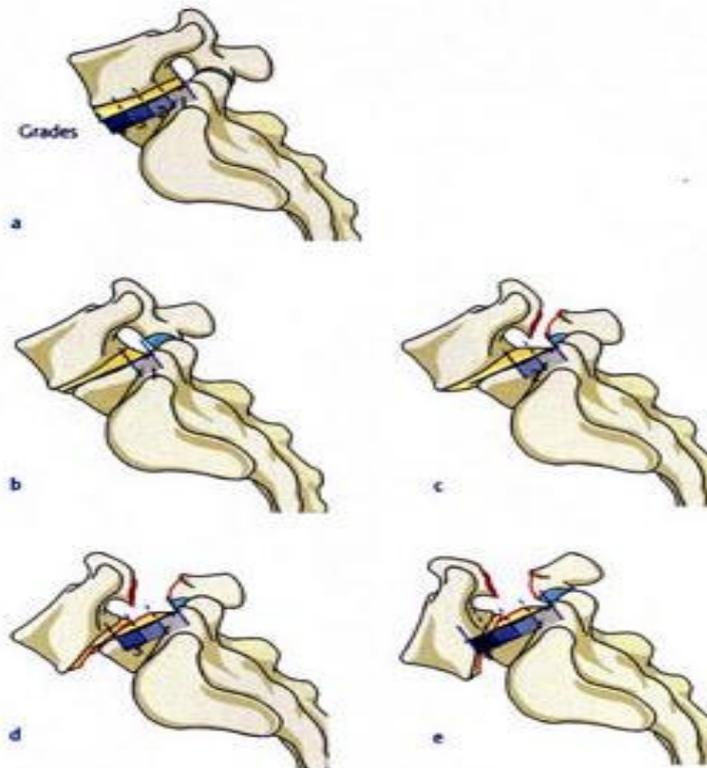


Abb. 1

Die Unterschiedlichen Ausmaße eines Gleitwirbels und die Einteilung des Gleitgrades anhand einer Röntgenaufnahme im Stehen im seitlichen Strahlengang nach Meyerding. a=Normalbefund, b=Meyerding °I (ventral Gleiten um max. $\frac{1}{4}$ der Grundplattenlänge), c=Spondylolyse mit Listhese Meyerding °II (ventral Gleiten um max. $\frac{1}{2}$ der Grundplattenlänge), d=Spondylolyse mit Listhese Meyerding °III (ventral Gleiten um max. $\frac{3}{4}$ der Grundplattenlänge), e=Spondylolyse mit Spondyloptose Meyerding °IV (ventral Gleiten um mehr als $\frac{3}{4}$ der Grundplattenlänge mit ventralem abkippen) [16].

1.2 Instrumentelle lumbale Wirbelsäulenstabilisierung

1.2.1 Geschichtlicher Rückblick

Die ältesten Aufzeichnungen traumatischer Wirbelsäulenläsionen und ihren Symptomen betreffend sind gut 4.500 Jahre alt und auf Papyrus festgehalten. Hippokrates brachte um 400 vor Christus erstmals Verletzungen der Wirbelsäule mit peripheren Lähmungserscheinungen in Verbindung. Im späten 19. Jahrhundert erfolgten die meist kurzstreckigen Fusionen hauptsächlich aufgrund der damals noch weit verbreiteten Pott'schen Erkrankung (tuberkulöse Spondylodiszitis), seltener aufgrund einer Spondylolisthese oder Frakturen der Wirbelsäule. Bereits 1889 beschrieb Berthold Ernest Hadra eine Wirbelfusion durch Silberdrahtumwicklungen der Dornfortsätze. Mit dieser

Methode versuchte er die progressive Wirbelsäulendehformierung im Rahmen der tuberkulösen Spondylitis aufzuhalten [17].

Fritz Lange setzte 1910 bei Patienten mit Spondylitis Längsträger aus Stahl sowie Zelluloidzylinder zur Stabilisierung ein. Unabhängig voneinander publizierten Fred Albee [18] und Russel Hipps [19] die Darstellung einer erfolgreichen Fusion durch Anlagerung autologen Knochenmaterials. Durch die lokale Anlagerung autologen Knochenmehls an benachbarte Laminae konnte MacKenzie-Forbes [20] die Fusionsrate der Spondylodesen steigern. Um die Fusionsergebnisse weiter zu optimieren, kam zunehmend die interne Fixierung zur Anwendung. Beginnend mit Trägern aus Vitallium-Legierung von Charles Venable und Walter Stuck 1939, später mit Hilfe von rostfreien Stahlimplantaten führte King im Jahr 1944 die Facettengelenksverschraubung zur Versteifung eines oder mehrerer Wirbelsäulensegmente ein [21].

Die Beschreibung der ersten PLIF ist Ralph Bingham Cloward 1940 zuzuschreiben. Er führte dies bei Osteochondrose durch und wandte dieses therapeutische Verfahren seit 1943 regelmäßig an [22]. Einen Aufschwung erfuhr die instrumentelle Wirbelsäulen Chirurgie in den 1960er Jahren. Paul Harrington revolutionierte das Implantatsystem, was zu ansteigenden Zahlen langstreckiger Fusionen bei Skolioseoperationen führte. Harrington benutzte Längsträger, die er auf beiden Seiten der Dornfortsatzlinie durch unter die Laminae eingehängte Haken befestigte. Der steigende Bedarf an kurzstreckigen Wirbelsäulenfusionen in der Traumatologie und in der Orthopädie brachte Mitte der 1980er Jahre eine Renaissance für das Verfahren der Pedikelverschraubung, welche durch Arbeiten von Roy-Camille [23], Louis [24], Steffee [25] und anderen eine rasche Verbreitung fanden.

1.2.2 Pedikelschraubeninstrumentierung

Die dorsale Fixierung erfolgt in Allgemeinanästhesie. In Bauchlage werden über den Dornfortsätzen Kutis, Subkutis und die Fascia thoracolumbalis längs durchtrennt. Die Hautinzision sollte bei Fusionsoperationen ein bis zwei Segmente länger als die geplante Fusionsstrecke sein. Anschließend wird die paravertebrale Muskulatur beidseits von den Laminae gelöst und bis zum lateralen Rand der Facettengelenke abgeschoben. Unter Bildwandlerkontrolle erfolgt nun das Eröffnen des Pedikels mit dem Pfriem. Mit der Ahle wird dann bis zum Erreichen des hinteren Drittels des Wirbelkörpers der Insertionskanal

präpariert. Die Ahle wird dann durch einen K-Draht ersetzt, und die korrekte Ausrichtung im Bildwandler in zwei Ebenen dokumentiert. Anschließend wird ein Gewinde vorgeschritten, welche einen um 1 mm kleineren Durchmesser besitzt, als die zu implantierende Pedikelschraube. Nach abschließender Untersuchung des Kanals wird die Pedikelschraube implantiert (modifiziert nach [26]).

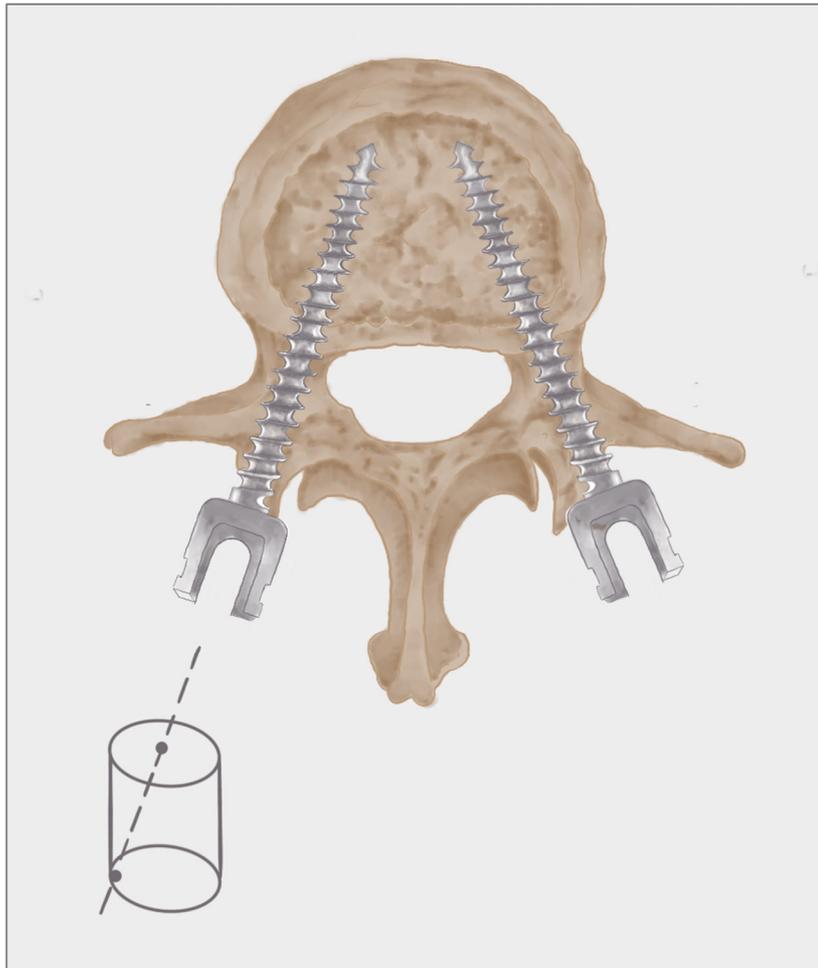


Abb. 2

Zeichnung LWK5 axial mit transpedikulärer Schraubenlage. Eintrittspunkt am Übergang des lateralen Gelenkfortsatzes zum Querfortsatz und Schraubenspitzenlage im Wirbelkörper [Sarah Gundelwein].

1.2.3 Interkorporale Cage-Fusion

Die Eröffnung des Spinalkanals erfolgt zunächst über eine Laminotomie des cranialen Wirbelbogens des zu stabilisierenden Segments unter Mitnahme des medialen

Gelenkfortsatzes des angrenzenden Facettengelenks. Es schließt sich die Flavektomie und somit die Dekompression des Spinalkanals an. Der Nervenwurzelabgang auf Höhe der zu fusionierenden Bandscheibe wird dargestellt, der Recessus eröffnet und so die nervalen Strukturen dekomprimiert. Nach Medialisierung des Nerven und des Duralsacks erfolgt die Eröffnung des Bandscheibenraums über die Resektion des Anulus fibrosus im jeweils lateralen Drittel des Spinalkanals. Der Nukleus wird mit Faszangens entfernt. Die knorpelige Grund- und Deckplatte wird mit Küretten entfernt. Das bei der Dekompression gewonnene Knochenmaterial wird von Weichteilanteilen und Bandansätzen befreit. Anschließend wird es mit einer Knochenmühle gemahlen und mit Patienteneigenblut vermischt.

Das zu fusionierende Segment wird über die Pedikelschrauben zunächst distrahiert, das Knochen-Blutgemisch wird in den Intervertebralraum eingebracht und verdichtet. Anschließend werden die Cages von beiden Seiten eingebracht. Nach Aufbringen der Längsträger wird das System auf Kompression gesetzt und die Kompressionslosigkeit der nervalen Strukturen überprüft.



Abb. 3

Telamon™ Titan Fusion device Cages (Medtronic, Memphis MS). Dargestellt sind die unterschiedlichen Größen: drei unterschiedliche Höhen, 8, 10 und 12 mm. Zwei Längen, 22 und 26 mm. Zwei Winkel, 3° und 8° [Eigenes Foto]



Abb. 4

Telamon™ Titan Fusion device Cage befüllt mit dem Knochenmaterial, am Cage-Inserter befestigt [Eigenes Foto].

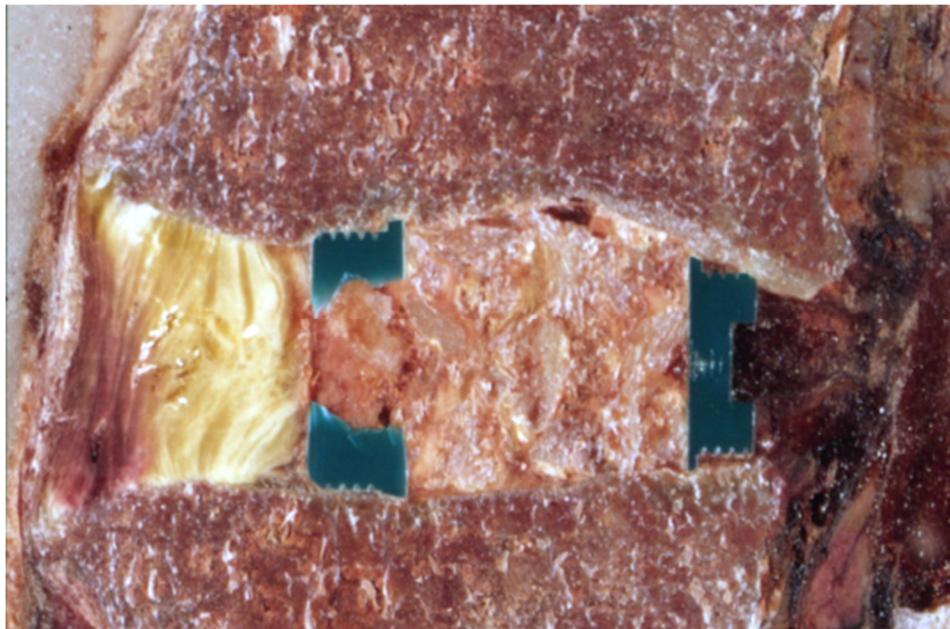
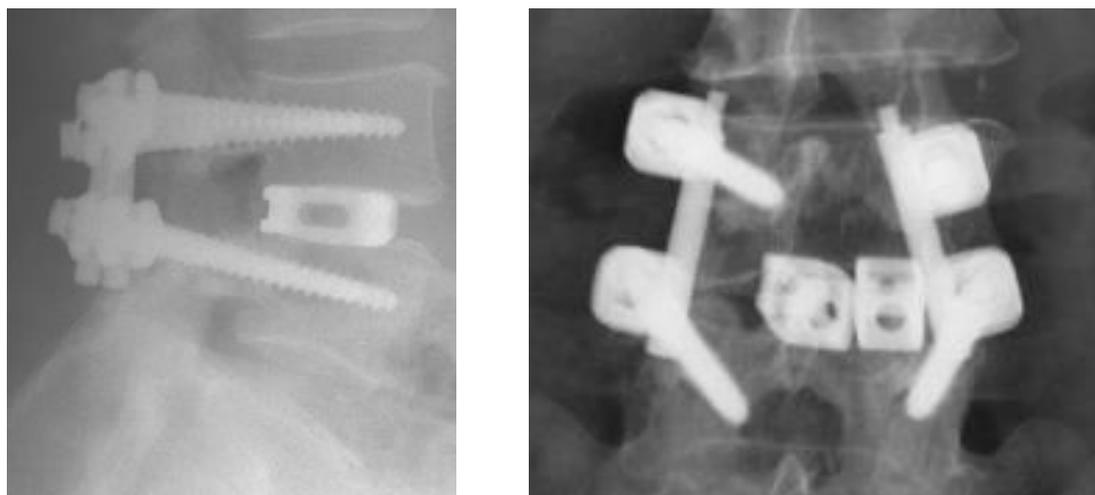


Abb. 5

Wirbelsäulen-Präparat in der Sagittalebene durch den mit Knochenmaterial gefüllten Cage. Die sehr gute Anpassung durch die anatomische Form des Cages an Grund- und Deckplatte ist hier zu erkennen [27].



A

B

Abb. 6

Cageinterposition im Intervertebralraum nach PLIF am LWK 4/5. A. Röntgen lateral und B. Röntgen anterior-posterior (ap) zeigen den implantierten Fixateur interne und eine regelrechte, transpedikuläre Schraubenlage [Institut für Radiologie und Neuroradiologie BG Klinikum Bergmannstrost].

1.3 Problemdarstellung

Lumbalgien gehören zu den am häufigsten angegebenen Schmerzen. In Deutschland werden hierdurch Kosten in Höhe von 8,4 Milliarden Euro pro Jahr hervorgerufen. Nach Schätzungen entstehen 85% der Kosten aufgrund von Arbeits- und Erwerbsunfähigkeit. Die übrigen 15% werden für medizinische Behandlungen aufgewendet. Die Diagnose M54.5 „Kreuzschmerz“ (ICD-10-GM Version 2016) [28] führt seit Jahren die Statistiken der Anlässe für Arbeitsunfähigkeit und medizinische Rehabilitation an [29]. In den letzten 10 Jahren verzeichnen die Statistiken einen konstant hohen Wert für die Behandlungsindikation „Rückenschmerz“ [30].

Zu unterscheiden ist allerdings der unspezifische Rückenschmerz, der in der Regel überwiegend funktionelle Ursachen wie Blockierungen, Hypermobilitäten oder muskuläre Dysbalancen hat. Hier liegen keine relevanten strukturellen Läsionen und damit keine operativ sinnvoll angehbaren Veränderungen vor. Diese Patientengruppe überwiegt [31].

Patienten mit spezifischen Rückenschmerzen und neurogener Claudicatio hingegen bilden die Indikationsgruppe für die hier untersuchte interkorporale Spondylodese in PLIF Technik[32].

Rückenschmerzen verursachen enorme gesamtwirtschaftliche Kosten durch konservative und operative Therapieansätze, die oft nur wenig erfolgreich sind. Dies liegt unter anderem an der nicht unerheblichen Chronifizierungstendenz, aber auch an gegenwärtig immer noch bestehenden Wissenslücken hinsichtlich der Pathogenese des vielschichtigen Krankheitsbildes [33].

Als Ursache des „Kreuzschmerz“ kann bei einem Teil der Patienten eine symptomatische Spondylolisthese mit spinaler oder neuroforaminaler Stenose ausgemacht werden. Bei der Kopenhagener Osteoarthritis Studie konnte bei 254 (6,3 %) von 4001 Patienten eine degenerative Spondylolisthese diagnostiziert werden. Von den 6,3% waren 2,7% Männer und 8,5% Frauen [34]. Am Häufigsten trat diese in der Altersgruppe der 66 bis 70-jährigen auf.

1.4 Ziel der Arbeit

Die Ergebnisse nach einer posterioren, lumbalen, intervertebralen Fusion in PLIF-Technik sind vielfältig. Zum einen können Fusionsraten untersucht und verglichen werden und zum anderen die postoperative Zufriedenheit der Patienten im Hinblick auf die Schmerzreduktion und die Steigerung der Lebensqualität. Es konnte aber beispielsweise keine Korrelation zwischen einer stattgefundenen Fusion mit dem klinischen Ergebnis, gemessen an der Zufriedenheit des Patienten, gefunden werden [35]. Alternativ zu diesem operativen Verfahren benutzen bei gleicher Indikation andere Kliniken den anterioren Zugang (anteriore lumbale interbody fusion, ALIF), zeitweise wurden auch lumbale Bandscheibenprothesen oder eine dynamische Fixierung favorisiert. Es gibt aber nur wenige vergleichende Untersuchungen der unterschiedlichen Techniken, da jedes Zentrum auf sein Verfahren setzt [36].

Das Primärziel der vorliegenden Arbeit ist die Bewertung der Fusionsrate der PLIF-Operation aus einer nicht-randomisierten Verlaufsstudie mit einer Nachbeobachtungszeit von mindestens zwei Jahren. Als sekundäres Outcome gilt die Identifizierung von präoperativen positiven oder negativen Prädiktoren hinsichtlich dem klinischen Erfolg

einer PLIF-Operation und der Fusionsrate. Diese erfolgt anhand der Analyse der Fusionsrate, der objektiven Messung der Schmerzbeseitigung oder -reduktion und der Zufriedenheit der Patienten.

2. Material und Methodik

2.1 Studiendesign und Patientenkollektiv

Diese Arbeit stellt einen Teilaspekt der einer Studie zur Untersuchung der Fusionsrate der Telamon™ Titan Fusion Device dar. Die Studie ist eine retrospektive Auswertung einer prospektiven, monozentrischen, nicht randomisierten Beobachtungsstudie. In der vorliegenden Studie wurden 167 Patienten, welche im Zeitraum zwischen 02/2001 und 06/2006 in der Klinik für Neurochirurgie des BG Klinikums Bergmannstrost Halle operiert wurden, eingeschlossen. Die Zeitpunkte der Patientenuntersuchung und der Untersuchungsumfang wurden im Studienprotokoll definiert (Tab.1). Für die Nachuntersuchungen konnten 153 (91,61%) Patienten rekrutiert werden.

Es erfolgte eine enge Abstimmung mit der Ärztekammer Sachsen-Anhalt. Ein Ethikvotum ist für die Verwendung dieser Daten im Rahmen dieser Dissertation und in diesem Umfang nicht notwendig.

2.1.1 Einschluss- und Ausschlusskriterien

Die Einschlusskriterien der Studie entsprechen dem Indikationsspektrum für die mono- und bisegmentale Spondylodese in PLIF-Technik. Diese umfassen Patienten mit degenerativen Spinalstenosen, Osteochondrosen, Pseudospondylolisthesen und Spondylolysen mit Listhese im Bereich der Lendenwirbelsäule sowie Patienten mit Voroperationen an der Wirbelsäule. Patienten mit einem ASA-Status von 5 und 6 wurden nicht operiert, dieses gilt als Ausschlusskriterium.

2.1.2 Der Cage

Die verwendeten Cages (s. Abb. 3) bestehen aus Titan. Zur Anpassung an die anatomischen Gegebenheiten liegen drei unterschiedliche Höhen vor. Diese reichen von 8 über 10 bis zu 12 mm im Bereich der dorsalen Auflagefläche. Des Weiteren lassen sich Cages mit unterschiedlichen Winkeln von 3° und 8° und zwei Längen von 22 oder 26 mm auswählen.

2.1.3 Die Operationsmethode

Hervorzuheben ist in dem vorliegenden Patientenkollektiv, dass nur drei Operateure, welche alle in der gleichen Klinik ausgebildet wurden, die Operationen durchgeführt haben. Die Operationstechnik, wie unter 1.2.3 beschrieben, ist somit bei allen Operateuren identisch. Verwendet wurde ausnahmslos das Telamon™ Titan Fusion Device (Cage); Medtronic Sofamor Danek, Memphis [TN], USA mit einem neuen, innovativen Design: schmale Wände, großes inneres Volumen zur Befüllung mit Spongiosamaterial und vergrößerter, dorsaler Auflagefläche im Bereich der Ringapophyse.

2.2 Bewertungen und Untersuchungsmethoden

2.2.1 Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung setzt sich aus der Anamnese und der neurologischen Untersuchung zusammen.

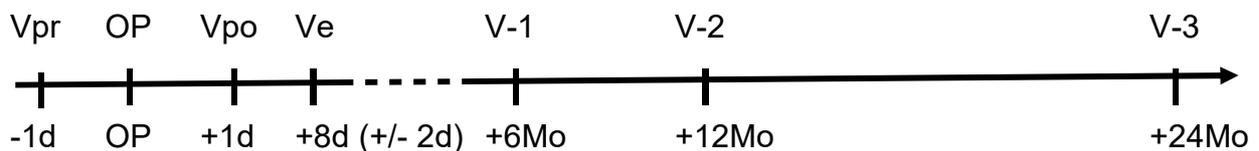
Zur Kategorisierung des körperlichen Zustandes der Patienten präoperativ wurde der ASA-Status der Patienten (American Society of Anesthesiologists) [37] herangezogen. Die Einteilung erfolgt in sechs Gruppen.

Tab. 1

American Society of Anesthesiologists (ASA)- Status Bewertung [37]

ASA 1	Keine organische Pathologie oder Patienten, bei welchen die pathologischen Prozesse lokal beschränkt sind und keine systemischen Störungen oder Abnormitäten verursachen.
ASA 2	Eine moderate, aber definierte systemische Störung, die entweder durch den Zustand der durch den chirurgischen Eingriff behandelt werden soll, oder durch andere pathologische Prozesse verursacht wird.
ASA 3	Schwere systemische Störungen jeglicher Ursache.
ASA 4	Extreme systemische Erkrankungen, die bereits lebensbedrohend sind, unabhängig von der Art der Behandlung. Aufgrund ihrer Dauer oder Natur haben sie bereits irreversible Schäden verursacht.
ASA 5	Notfälle, die sonst in Klasse 1 oder 2 eingruppiert würden.
ASA 6	Notfälle, die sonst in Klasse 3 oder 4 eingruppiert würden.

Es wurden zwei Gruppen, Patienten mit ASA ≤ 2 und ASA >2 gebildet und die Abhängigkeit der Fusion vom ASA-Status untersucht. Die Untersuchungen erfolgten, wie im nachfolgenden Schaubild dargestellt, zu den unten genannten Visitenzeitpunkten präoperativ (V-pr), postoperativ am ersten Tag nach der OP (V-po) und am Krankenhausentlassungstag (V-e). Die weiteren postoperativen Visiten erfolgten nach 6 Monaten (V-1), 12 Monaten (V-2) und 24 Monaten (V-3).



Tab. 2

Durchzuführende Untersuchungen und Dokumentationen zu den Visitenzeiten

Untersuchungsumfang	Prä-OP	OP / Krankenhausentlassung	V1 6 Monate	V2 12 Monate	V3 24 Monate
Prä-OP Datenformular	X				
OP Datenformular		X			
Routine radiologische Untersuchung gemäß Klinik- Standard	X	X	X	X	X
Prolo Score	X		X	X	X
Dallas questionnaire	X		X	X	X
Komplikationen		X	X	X	X

2.2.2 Fragebögen

Zur Bestimmung des klinischen Outcomes dienen die standardisierten Fragebögen Dallas Pain Questionnaire [38] und Prolo Scale [39], die im Anhang der Arbeit beigefügt sind. Zur Evaluierung des Schmerzempfindens sowie der körperlichen und der psychischen Beschwerden wurde der Dallas Pain Questionnaire verwendet. Dieser Fragebogen wurde entwickelt, um das Zusammenspiel des Schmerzempfindens auf die körperliche Leistungsfähigkeit und die psychische Befindlichkeit reell zu erfassen. Aufgrund der Einfachheit und in Anlehnung an die visuelle Analogskala (VAS) kann der Bogen vom Patienten ohne Hilfe selbst ausgefüllt werden.

Der Dallas Pain Questionnaire umfasst insgesamt 16 Fragen. Jede Frage wird mit einer VAS bewertet. Die Unterteilung erfolgt in 5, 6, 7 oder 8 kleine Segmente, dieses ist abhängig von der jeweiligen Frage. Die Extreme der Skala sind verbal, wie z.B. mit „kein

Schmerz“ oder „die ganze Zeit“ gekennzeichnet. Die Kennzeichnung bezieht sich jeweils auf den Inhalt der Frage. Des Weiteren werden den Extremen eine Prozentzahl von 0% bzw. 100% zugeordnet. Für jede spezifische Frage markiert der Patient einen Punkt auf der Skala, welcher seinen Zustand am besten beschreibt. Für die Auswertung werden dem linken Segment 0 Punkte zugewiesen. Dem nächsten Segment 1 Punkt, 2 Punkte dem folgenden Segment und so weiter bis das letzte Segment erreicht wird. Die folgende Auswertung erfolgt in Gruppen. Die Fragen 1 bis 7 beschreiben die ‚Aktivitäten des täglichen Lebens‘ (ATL), die Fragen 8 bis 10 beschreiben die ‚Aktivitäten in Freizeit und Beruf‘ (AFB), die Fragen 11 bis 13 beschreiben die ‚psychische Verfassung‘ (PV) und die Fragen 14 bis 16 beschreiben die ‚sozialen Interaktionen‘ (SI). Die Punktwerte werden anschließend in den Untergruppen addiert und mit einer Konstanten multipliziert. Für die Frage 1 bis 7 ist die Konstante 3, für die Fragen 8 bis 10, 11 bis 13 und 14 bis 16 jeweils 5. So wird ein Punktwert errechnet, welcher die Unabhängigkeit des täglichen Lebens vom Schmerz in den jeweiligen Untergruppen beschreibt. Ein Punktwert von 100 beschreibt eine komplette Dominanz der Schmerzes und Pflegebedürftigkeit.

Der Prolo Scale wurde sowohl unabhängig von anderen Variablen untersucht, da er als Standard in vergleichbaren Studien der Wirbelsäule angewendet wird, als auch in Bezug auf den BMI. Dies erlaubt eine Vergleichbarkeit der vorliegenden klinischen Operationserfolge mit anderen Ergebnissen publizierter Studien [39].

Tab. 3

Prolo Scale. Mit dem Prolo Scale [39] wurden der funktionale und ökonomische Status/Ergebnis erhoben.

Ausgezeichnetes Ergebnis	9 - 10 Punkte
Gutes Ergebnis	7 - 8 Punkte
Angemessenes Ergebnis	5 - 6 Punkte
Schlechtes Ergebnis	2 - 4 Punkte

Funktionaler Status	
F 1	Totale Invalidität aufgrund der Schmerzen: bettlägerig und/oder schlechter als präoperativ
F 2	mittelschwere LWS und/oder Beinschmerzen - oder Schmerzen wie präoperativ, Patient kann aber tägliche Aufgaben verrichten
F 3	geringe Schmerzen: fähig zu allen Aktivitäten außer Sport
F 4	meist Schmerzfreiheit: gelegentliche Episoden von lumbalen und/oder Beinschmerzen
F 5	volle Genesung: keine Episoden von lumbalen- und/oder Beinschmerzen fähig, alle früheren sportlichen und anderen Aktivitäten durchzuführen
Ökonomischer Status	
E 1	Komplette Invalidität: bettlägerig, pflegebedürftig, bzw. völlig von anderen abhängig und erwerbsunfähig
E 2	Arbeitsunfähigkeit: kann sich selbst fortbewegen und versorgen, jedoch unfähig, Erwerbstätigkeiten, Hausarbeiten, Schulbesuch/Studium oder Freizeitaktivität durchzuführen
E 3	Beschränkt arbeitsfähig: jedoch nicht im alten Beruf, bzw. in vollem Umfang; beschränkt fähig Schulbesuch/Studium, Freizeitaktivitäten, Hausarbeiten durchzuführen
E 4	arbeitsfähig im alten Beruf in Teilzeit oder mit eingeschränktem Verantwortungsbereich; fähig, Schulbesuch/Studium, Hausarbeit und Freizeitaktivitäten durchzuführen
E 5	voll arbeitsfähig im alten Beruf ohne Einschränkungen; voll fähig, Schulbesuch/Studium, Hausarbeiten und Freizeitaktivitäten durchzuführen

2.2.3 Radiologische Auswertung

Zur radiologischen Auswertung erfolgte eine Röntgenaufnahme der Lendenwirbelsäule (LWS) in zwei Ebenen routinemäßig. Die Fusionsbeurteilung erfolgt mit einer Computertomographie (CT) der LWS mit Rekonstruktion in drei Ebenen, modifiziert nach den Kriterien von Brantigan und Steffee [40], ebenfalls routinemäßig bis zum erstmaligem Nachweis einer Fusion nach 6, dann nach 12 und letztmalig nach 24 Monaten (Tab. 2). Zeigt sich in einer CT-Untersuchung eine sichere Fusion, erfolgten keine weiteren Routine-CT's. In unserer Arbeit wurden die Gruppen A bis B als ‚keine Fusion‘, C als ‚Fusion unsicher‘, und die Gruppen D und E als ‚Fusion‘ bewertet. Die Fusionsbewertung erfolgte in allen Fällen durch den gleichen Arzt im Dünnschicht-CT mit Rekonstruktion in drei Ebenen.

Tab. 4

Fusionsbeurteilung nach Brantigan und Steffee im Dünnschicht-CT

A Pseudoarthrose	Struktureller Kollaps mit Schraubenbruch, Dislokation des Cages und wieder zunehmender Listhese. Knochenresorption.
B vermutlich Pseudoarthrose	Lysesäume von >2 mm um die Pedikelschrauben oder Cages mit „Black-Holes“ innerhalb der Cages
C Fusion unsicher	„Black-Holes“ innerhalb der Cages, aber keine Lysesäume
D vermutlich Fusion	Knochenbrücken innerhalb der Cages
E Fusion	Knochenbrücken innerhalb und außerhalb der Cages oder Überbauung der Facettengelenke

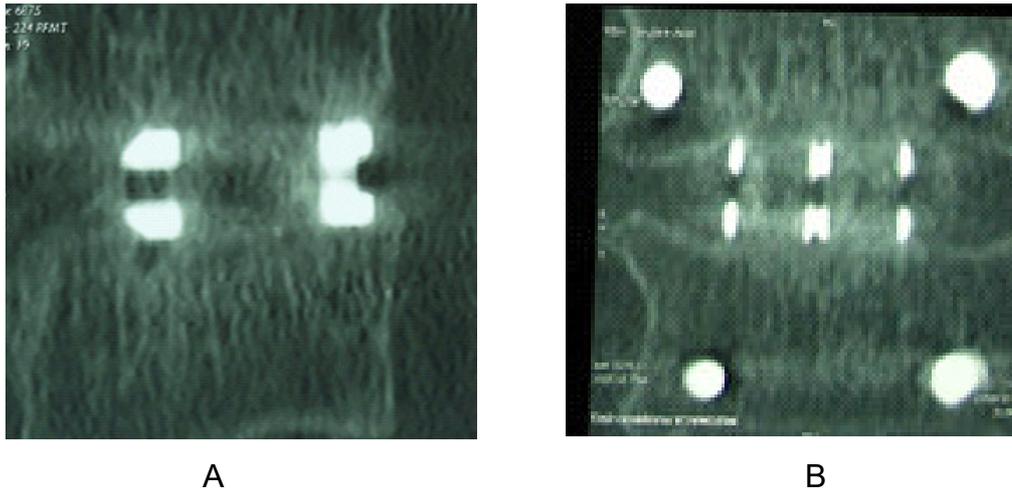


Abb. 7

Dünnschicht-CT Rekonstruktion. A. sagittale Ebene und B. koronare Ebene durch den Cage mit Nachweis von trabekulären Knochen innerhalb des Cages als Zeichen der sicheren Fusion [Institut für Radiologie und Neuroradiologie BG Klinikum Bergmannstrost].

Es wurden ferner die Auswirkungen des postoperativen totalen Lordosewinkels und des postoperativen lokalen Lordosewinkels im operierten Segment auf die Fusionsrate untersucht. Der totale postoperative Lordosewinkel wurde von der Deckplatte LWK1 bis zur Deckplatte des SWK1 am Röntgenbild der LWS im seitlichen Strahlengang, welches standardmäßig im Liegen durchgeführt wurde, gemessen [41].

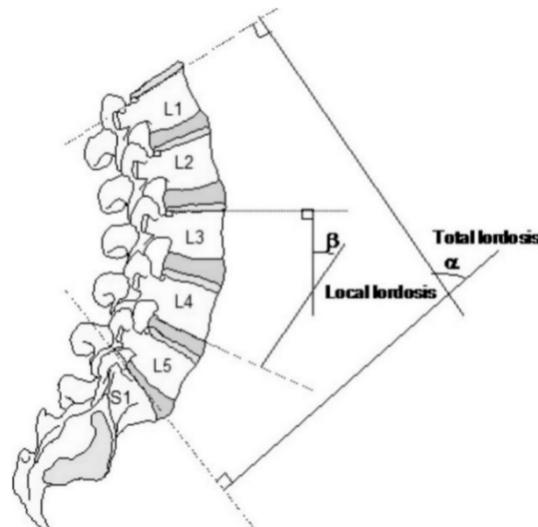


Abb. 8

Schematische Darstellung der Bestimmung von lokalem (β) und totalem (α) Lordosewinkel. Gemessen von der Deckplatte des LWK1 bis zur Deckplatte des SWK1 [Eigene Zeichnung].

2.2.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der nicht linearen Daten erfolgte mit R, entwickelt von Ross Ihaka und Robert Gentleman 1992. Zur Betrachtung eines Unterschieds zwischen zwei Gruppen bei nicht normal verteilten Werten wird der U-Test herangezogen. Für Variablen mit nominalem Skalenniveau erfolgte die Betrachtung einer statistischen Signifikanz mit dem Chi-squared test (χ^2 test). Das Signifikanzniveau beträgt jeweils 5% ($\alpha < 0,05$). Bei den normalverteilten, metrischen Variablen werden die Ergebnisse mit einem Boxplot-Diagramm dargestellt. Die Bestimmung von Ausreißern erfolgt mithilfe der 1,5-fachen Interquartilabstands-Regel ($1,5 \cdot IQR$). Lageparameter werden als Mittelwerte und Standardabweichung angegeben.

Die Untersuchung im Hinblick auf einen Unterschied in der Fusion zu den Visitenzeitpunkten erfolgt anhand der 95% Konfidenzintervalle. Überlappen sich die Konfidenzintervalle, ist der Unterschied der Fusionsrate zwischen den Gruppen nicht signifikant [42]. Fehlwerte wurden logisch aufgefüllt. Das bedeutet, dass wenn sich in einer vorangegangenen Visite eine Fusion im CT zeigt, bei Fehlwerten in den darauffolgenden Visiten ebenfalls eine Fusion anzunehmen ist.

Unterschiede zwischen den Zeitpunkten (prä-OP, 6 Monate, 12 Monate, 24 Monate) in den Subskalen des Dallas Pain Questionnaire und des Prolo wurden mittels ANOVA mit Messwiederholung (rmANOVA) untersucht.

Der Zusammenhang zwischen BMI und den Subskalen des Prolo wurde mittels Spearman-Korrelation untersucht.

3. Ergebnisse

3.1 Anthropometrische Daten

3.1.1 Altersverteilung

In der vorliegenden Studie wurden 56 Frauen und 111 Männer (1:1,98) operiert. Zu den Nachuntersuchungen sind 91,61% der Patienten (153) erschienen. Die Drop-out-Rate liegt bei 8,5%. Das Durchschnittsalter lag bei 62 Jahren. Die Patientinnen waren im Durchschnitt 61 Jahren alt. Die jüngste Patientin war 30 und die älteste Patientin 81 Jahre alt. Das Durchschnittsalter der männlichen Patienten lag bei 62 Jahren. Der jüngste Patient war 33 und der älteste Patient 84 Jahre alt.

3.1.2 Bodymaßindex (BMI)

Der BMI der Studienpopulation lag durchschnittlich bei 29 ± 5 kg/m² und reichte von 18,9 bis maximal 48,4 kg/m². Bei den Patientinnen reichte der BMI von 20 bis maximal 39 kg/m². Im Mittel lag der BMI der Frauen bei 29 ± 4 kg/m². Hingegen lag der BMI bei den Männern zwischen 19 und 48 kg/m². Der durchschnittliche BMI in dieser Gruppe lag bei 30 ± 5 kg/m². 45 Frauen (80,4%) wiesen einen BMI von über 25 kg/m² auf und sind damit nicht mehr normgewichtig. 23 Frauen (41,1%) besaßen einen BMI von über 30 kg/m² und hatten eine Adipositas. Bei den Männern waren 92 (82,9%) nicht mehr normgewichtig und 45 (40,5%) adipös. Die Verteilung der nicht normalgewichtigen und adipösen Frauen und Männern ist in Abbildung 9 dargestellt.

3.1.3 ASA-Status

Der ASA-Status liegt präoperativ bei 167 Patienten vor. 113 Patienten wurden mit einem ASA-Status ≤ 2 und 54 Patienten mit einem ASA-Status 3 eingestuft.

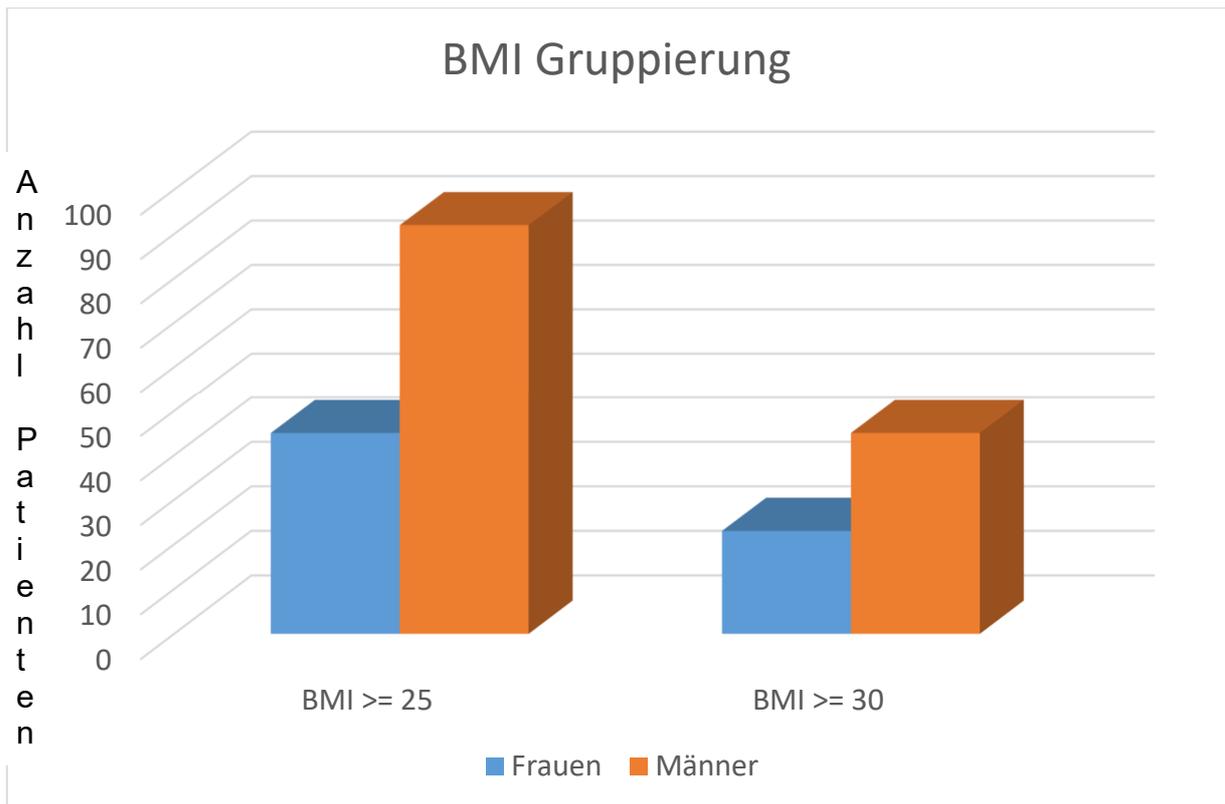


Abb. 9: Die Verteilung der männlichen und weiblichen Patienten mit einem BMI ≥ 25 kg/m² und ≥ 30 kg/m².

3.2 Fusionsrate

Die Fusionsrate im CT lag bei 58% zum Zeitpunkt der Visite V-1 (95% KI; 49,0-65,0). In der Visite V-2 konnte bei 78% der Patienten eine Fusion dokumentiert werden (95% KI; 70,0-84,0). Der Unterschied ist signifikant. Bis zur Visite V-3 konnte eine Fusionsrate von 86% im CT gesehen werden (95% KI; 79,0-91,0). Der Unterschied der Fusionsraten zwischen den Visiten V-2 und V-3 ist statistisch nicht signifikant, die Fusionsrate aber höher als in V-2 (siehe Abb.10).

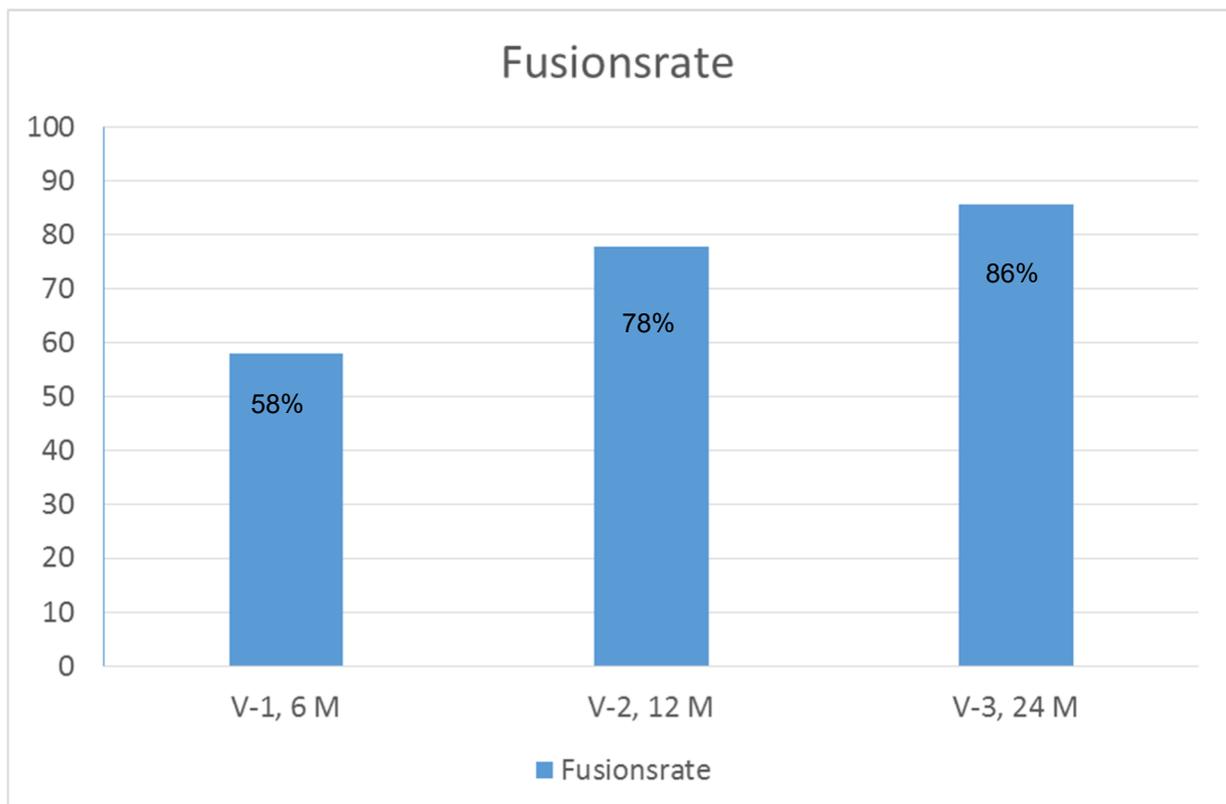


Abb. 10: Darstellung der Fusionsraten in Prozent zu den drei Visiten (nach 6 Monaten (V-1), nach 12 Monaten (V-2) und nach 24 Monaten (V-3) postoperativ.

3.2.1 Zusammenhang der Fusionsrate in Abhängigkeit vom Ausgangs-BMI der Patienten

Zur Beurteilung, ob der präoperative BMI einen Einfluss auf die Fusionsrate hat, wurden die Patienten in zwei Gruppen eingeteilt. Gruppe 1 wies keine Fusion zum Visitenzeitpunkt nach 6 Monaten, 12 Monaten und nach 24 Monaten auf, Gruppe 2 hingegen wies jeweils eine Fusion des operierten Segments im CT auf. Anschließend wurde untersucht, ob es einen Unterschied im präoperativen Ausgangs-BMI in den beiden Patientengruppen gibt. Hier zeigte sich kein signifikanter Einfluss des präoperativen Ausgangs-BMI auf die Fusionsrate. Die Darstellung in Abb. 11 erfolgt anhand einer Boxplot-Grafik mit Markierung des Medians, der Darstellung des unteren und oberen Quartils und der Darstellung der Extremwerte. In der Gruppe ‚Fusion‘ gab es zu jedem Visitenzeitpunkt einen Ausreißer (außerhalb des 1.5-fachen IQR).

3.2.2 Zusammenhang der Fusionsrate in Abhängigkeit vom Ausgangsalter der Patienten

Zur Untersuchung, ob die Fusionsrate abhängig vom Ausgangsalter der Patienten ist, wurde eine Gruppenbildung in ‚erreichte Fusion‘ und ‚keine Fusion‘ durchgeführt. Zu den Visitenzeitpunkten nach 6 Monaten, 12 Monaten und 24 Monaten wurde untersucht, inwiefern ein Unterschied im Ausgangsalter der Patienten besteht und eine Abhängigkeit vorliegt. Hier zeigt sich, dass die Fusionsrate altersunabhängig ist (Abb. 12). Die Darstellung erfolgte wiederum mit einem Boxplot. In der Untersuchungsgruppe ‚keine Fusion‘ zeigten sich nach 6 Monaten zwei Ausreißer unterhalb des in die Auswertung einbezogenen Minimalalters und nach 12 und 24 Monaten jeweils ein Ausreißer unterhalb des in die Auswertung einbezogenen Minimalalters.

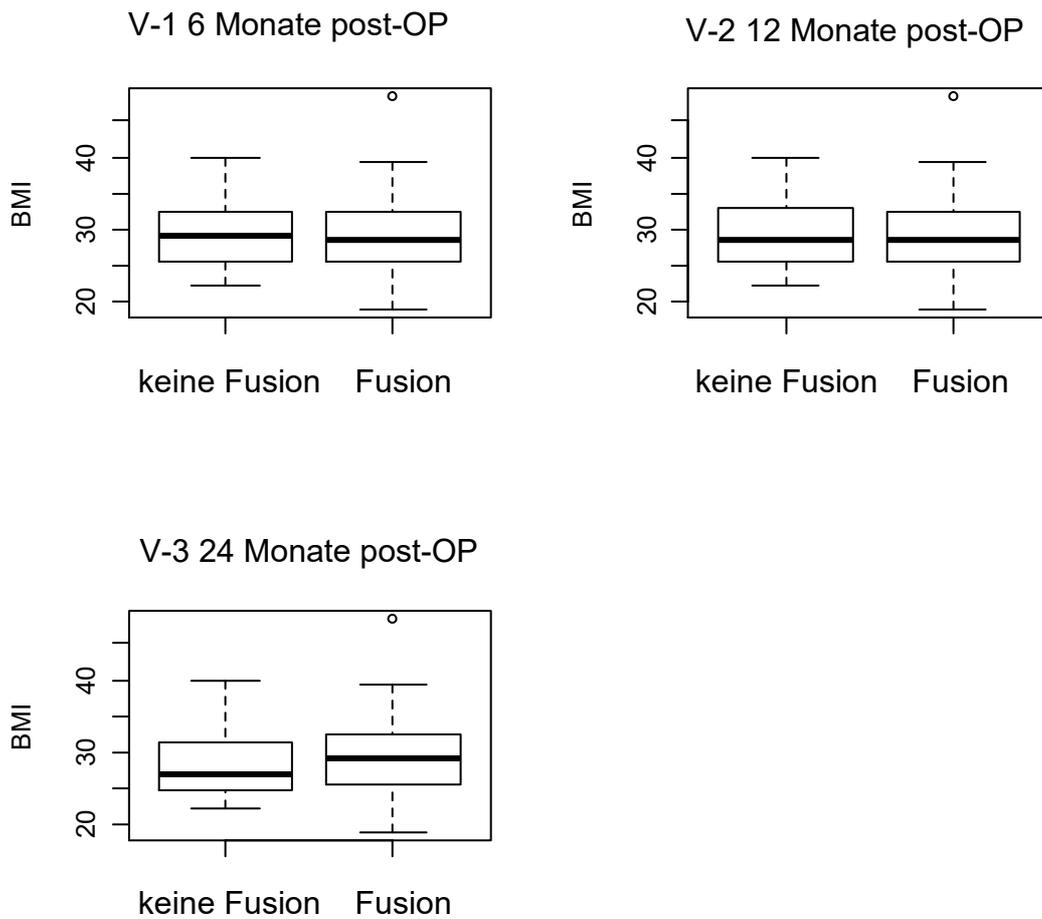


Abb. 11: Darstellung des BMI in kg/m² für die Patienten ohne Fusion und mit Fusion zu den drei Zeitpunkten 6 Monaten (V-1), 12 Monaten (V-2) und 24 Monaten (V-3) postoperativ.

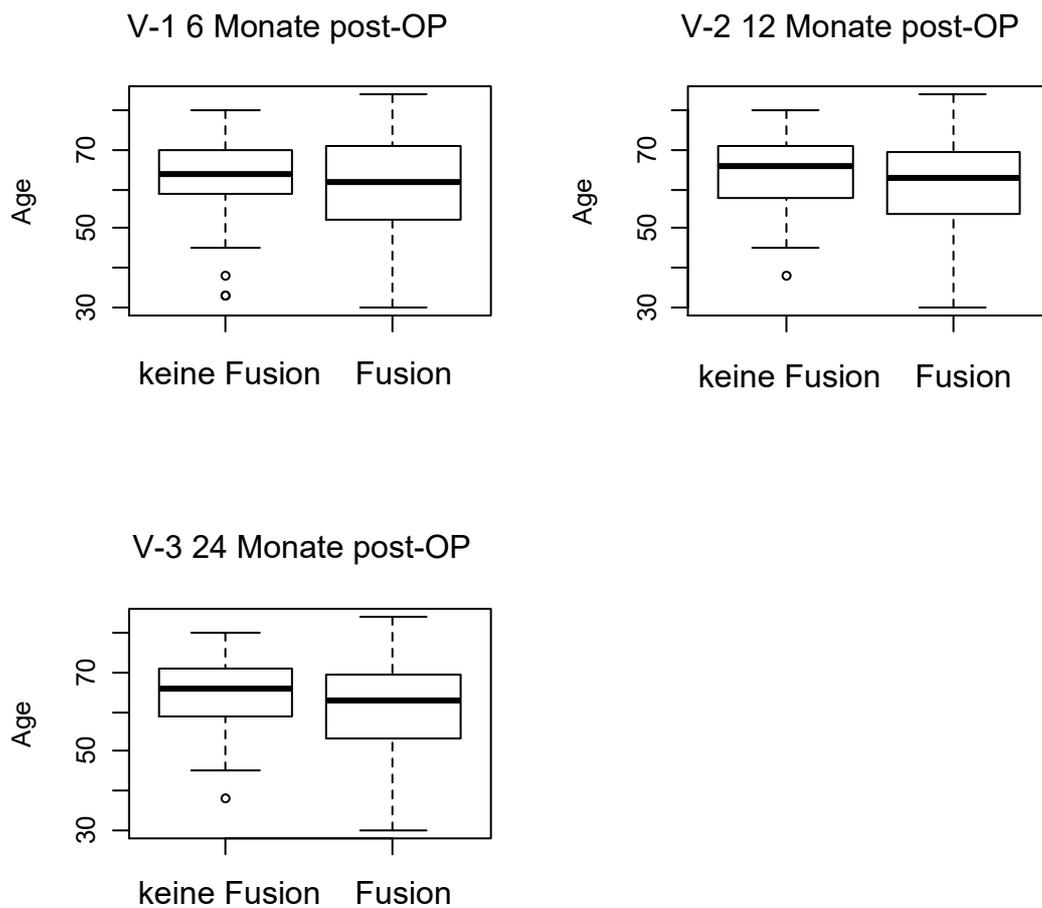


Abb. 12: Darstellung des Alters der Patienten ohne Fusion und mit Fusion zu den drei Zeitpunkten 6 Monaten (V-1), 12 Monaten (V-2) und 24 Monaten (V-3) postoperativ.

3.2.3 Zusammenhang der Fusionsrate in Abhängigkeit vom präoperativem ASA-Status

Zum Zeitpunkt V-1 (6 Monate postoperativ) lässt sich kein signifikanter Unterschied ($p=0,604$) einer oder keiner Fusion in Abhängigkeit des ASA-Status feststellen (Tabelle 3). Zum Zeitpunkt der zweiten Visite (V-2, 12 Monate postoperativ) kann ebenfalls keine signifikant unterschiedliche Häufigkeit im Auftreten einer Fusion in Abhängigkeit des ASA-Status festgestellt werden ($p=0,731$). Zum Zeitpunkt der letzten Visite (V-3, 24 Monate postoperativ) hat sich die Verteilung im Auftreten einer Fusion in Abhängigkeit des ASA-Status ebenfalls nicht signifikant gezeigt ($p=0,569$). Es kann also zu keinem der Zeitpunkte der drei postoperativen Visiten ein Einfluss des ASA-Status auf die Fusionsrate nachgewiesen werden.

Tab. 5: Häufigkeit des Auftretens einer oder keiner Fusion in Abhängigkeit des ASA-Status ≤ 2 oder >2 zum Zeitpunkt der Visiten V1, V2 und V3 postoperativ.

ASA Status	V1			V2			V3		
	Keine Fusion	Fusion	$p \leq 0.05$	Keine Fusion	Fusion	$p \leq 0.05$	Keine Fusion	Fusion	$p \leq 0.05$
ASA ≤ 2	42	60	0,604	24	78	0,731	13	89	0,569
ASA > 2	24	27		10	41		9	42	

3.2.4 Zusammenhang der Fusionsrate in Abhängigkeit vom postoperativen-totalen Lordosewinkel der Patienten

Es gibt keinen statistisch signifikanten Unterschied in der Fusionsrate in den Visiten nach 6, 12 und 24 Monaten in Abhängigkeit vom postoperativen, totalen Lordosewinkel (gemessen von der Deckplatte des LWK1 bis zur Deckplatte des SWK1). In der Gruppe ‚Fusion‘ gab es nach 6 Monaten postoperativ sowohl einen oberen als auch einen unteren Ausreißer, nach 12 Monaten einen unteren Ausreißer, ebenso nach 24 Monaten. Diese wurden nicht in der statistischen Analyse berücksichtigt (Abb. 13).

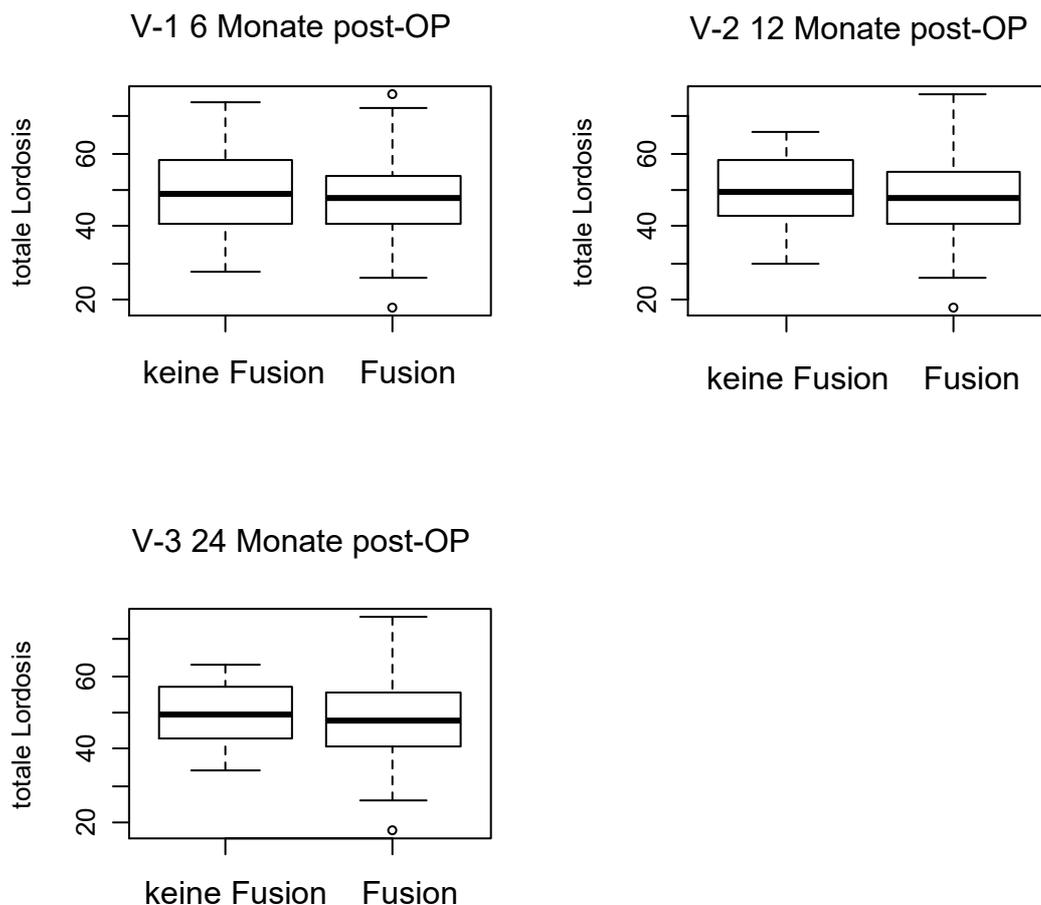


Abb. 13: Darstellung der totalen Lordosewinkel der Patienten mit Fusion und ohne Fusion zu den Zeitpunkten der drei Visiten, 6 Monate, 12 Monate und 12 Monate postoperativ

3.3 Bewertungen des klinischen Outcomes anhand der Fragebögen

3.3.1 Dallas Pain Fragebogen

Die einzelnen Werte der Komponenten des Dallas Pain Questionnaire, ‚Aktivitäten des täglichen Lebens‘ (ATL), ‚Aktivitäten in Freizeit und Beruf‘ (AFB), ‚psychische Verfassung‘ (PV) und ‚sozialen Interaktionen‘ (SI) wurden präoperativ mit den Werten der postoperativen Visiten V-1 bis V-3 untersucht.

Insgesamt liegen präoperativ in den Komponenten ATL und AFB des Dallas Pain Questionnaire (DPQ) signifikant höhere Werte als zu allen Nachuntersuchungen vor. Zwischen den Nachuntersuchungen besteht kein signifikanter Unterschied.

In den Komponenten ‚PV‘ und ‚SI‘ zeigen sich hingegen keine signifikanten Unterschiede von prä- zu postoperativ.

Tab. 6: Darstellung der Ergebnisse des DPQ ‚ATL‘ (Aktivitäten des täglichen Lebens) der paarweisen Vergleiche für die einzelnen Zeitpunkte. Prä-OP, Zeitpunkt 1: 6 Monate, Zeitpunkt 2: 12 Monate, Zeitpunkt 3: 24 Monate.

Zeitpunkt (I)	Zeitpunkt (J)	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p-Wert
Prä-OP	V1	14,1	3,0	<0,001
	V2	13,5	3,0	<0,001
	V3	12,8	3,0	<0,001
V1	Prä-OP	-14,1	3,0	<0,001
	V2	-0,6	2,4	1,000
	V3	-1,3	2,9	1,000
V2	Prä-OP	-13,5	3,0	<0,001
	V1	0,6	2,4	1,000
	V3	-0,7	2,3	1,000
V3	Prä-OP	-12,8	3,0	<0,001
	V1	1,3	2,9	1,000
	V2	0,7	2,3	1,000

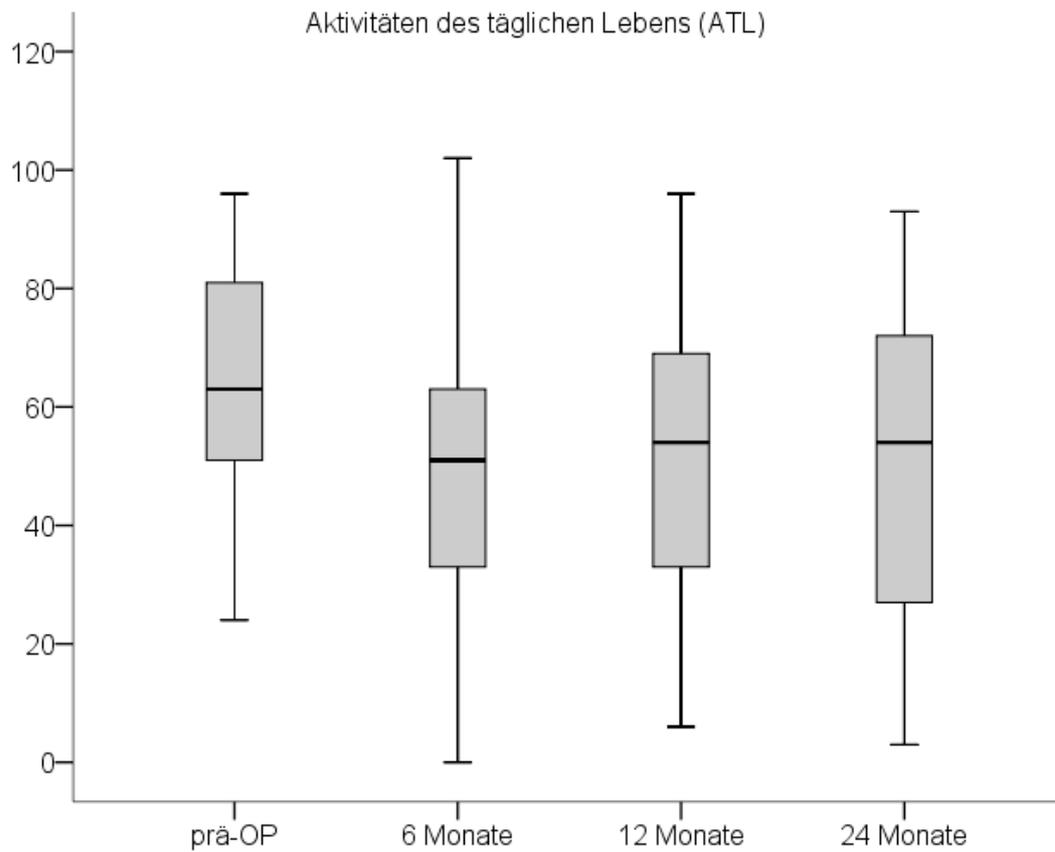


Abb. 14: Darstellung der Punkte für die ‚ATL‘ des Dallas Pain Questionnaire zu den Zeitpunkten präoperativ und den Nachuntersuchungen 6, 12 und 24 Monate postoperativ.

Tab. 7: Darstellung der Ergebnisse des DPQ ‚AFB‘ (Aktivitäten Freizeit und Beruf) der paarweisen Vergleiche für die einzelnen Zeitpunkte. präoperativ, V1: 6 Monate, V2: 12 Monate, V3: 24 Monate postoperativ.

Zeitpunkt (I)	Zeitpunkt (J)	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p-Wert
Prä-OP	V1	15,5	3,4	<0,001
	V2	14,4	2,7	<0,001
	V3	11,7	3,3	0,005
V1	Prä-OP	-15,5	3,4	<0,001
	V2	-1,1	2,2	1,000
	V3	-3,8	2,9	1,000
V2	Prä-OP	-14,4	2,7	<0,001
	V1	1,1	2,2	1,000
	V3	-2,8	2,1	1,000
V3	Prä-OP	-11,7	3,3	0,005
	V1	3,8	2,9	1,000
	V2	2,8	2,1	1,000

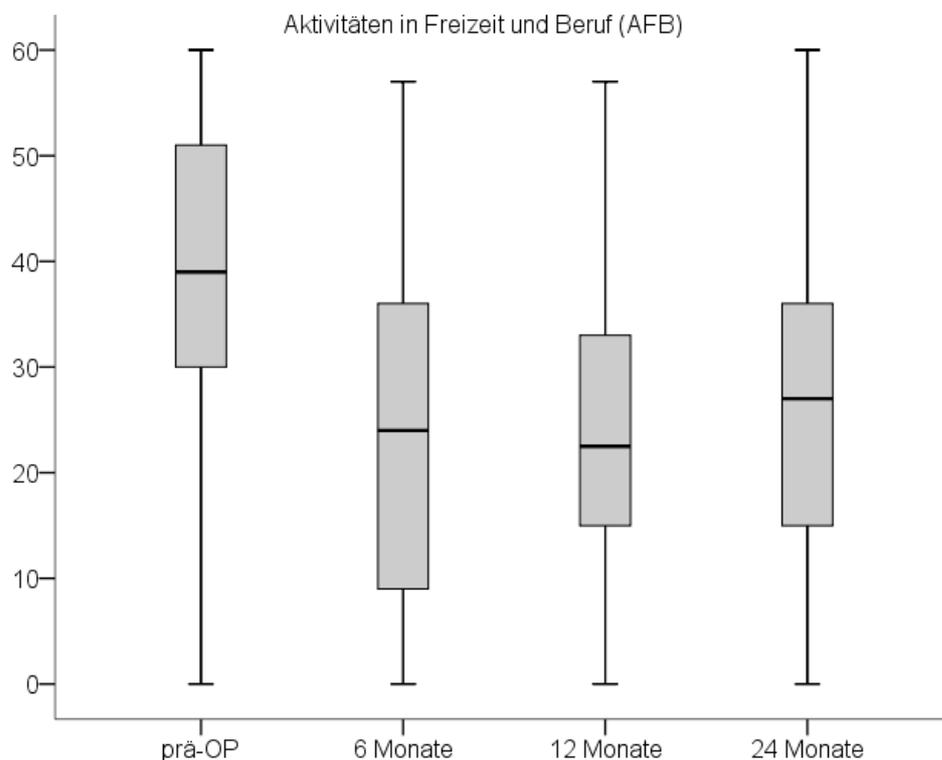


Abb. 15: Darstellung der ‚Aktivitäten in Freizeit und Beruf‘ des Dallas Pain Questionnaire zu den Zeitpunkten präoperativ und den Nachuntersuchungen 6, 12 und 24 Monate postoperativ.

Tab. 8: Darstellung der Ergebnisse des DPQ ‚PV‘ (psychische Verfassung) der paarweisen Vergleiche für die einzelnen Zeitpunkte. präoperativ, V1: 6 Monate, V2: 12 Monate, V3: 24 Monate postoperativ.

Zeitpunkt (I)	Zeitpunkt (J)	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p-Wert
Prä-OP	V1	1,0	2,5	1,000
	V2	-2,7	2,3	1,000
	V3	-3,0	2,5	1,000
V1	Prä-OP	-1,0	2,5	1,000
	V2	-3,8	1,9	0,334
	V3	-4,1	2,2	0,423
V2	Prä-OP	2,7	2,3	1,000
	V1	3,8	1,9	0,334
	V3	-0,3	2,1	1,000
V3	Prä-OP	3,0	2,5	1,000
	V1	4,1	2,2	0,423
	V2	0,3	2,1	1,000

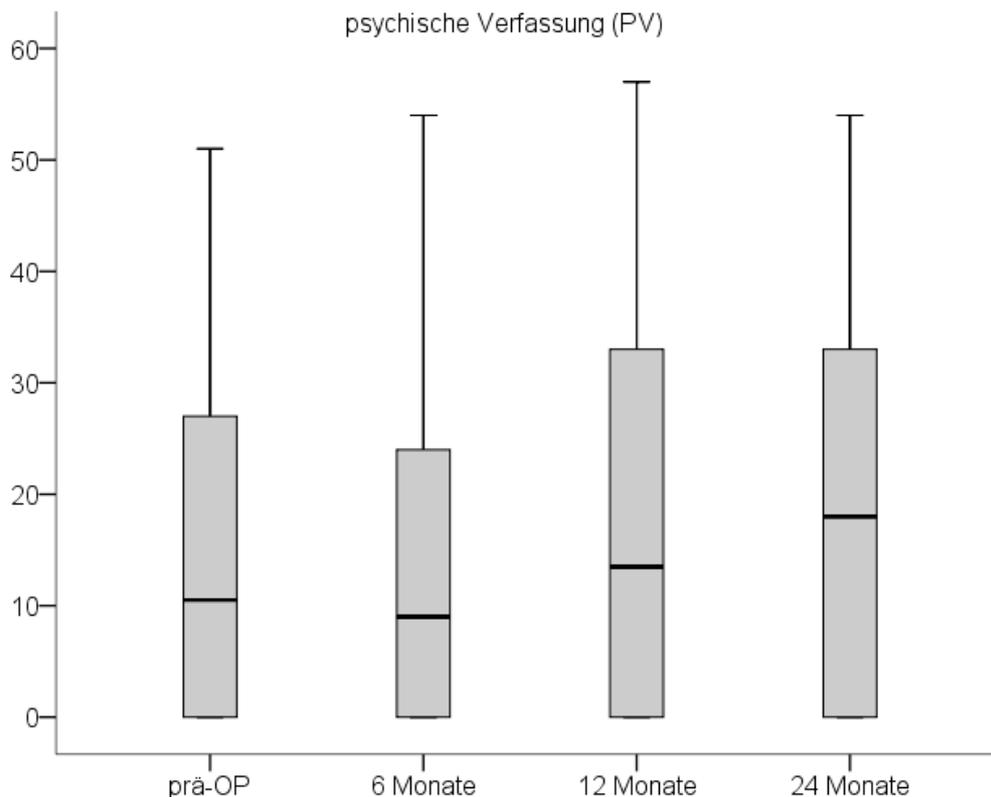


Abb. 16: Darstellung der Scores für die ‚psychische Verfassung‘ anhand des Dallas Pain Questionnaire zu den Zeitpunkten prä-OP und den Nachuntersuchungen 6, 12 und 24 Monate.

Tab. 9: Darstellung der Ergebnisse des DPQ ‚SI‘ (Soziale Interaktionen) der paarweisen Vergleiche für die einzelnen Zeitpunkte. präoperativ, V1: 6 Monate, V2: 12 Monate, V3: 24 Monate postoperativ.

Zeitpunkt (I)	Zeitpunkt (J)	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p-Wert
Prä-OP	V1	0,6	2,6	1,000
	V2	-1,3	2,5	1,000
	V3	-3,0	2,5	1,000
V1	Prä-OP	-0,6	2,7	1,000
	V2	-1,9	1,9	1,000
	V3	-3,6	2,2	0,644
V2	Prä-OP	1,3	2,5	1,000
	V1	1,9	1,9	1,000
	V3	-1,7	2,0	1,000
V3	Prä-OP	3,0	2,5	1,000
	V1	3,6	2,2	0,644
	V2	1,7	2,0	1,000

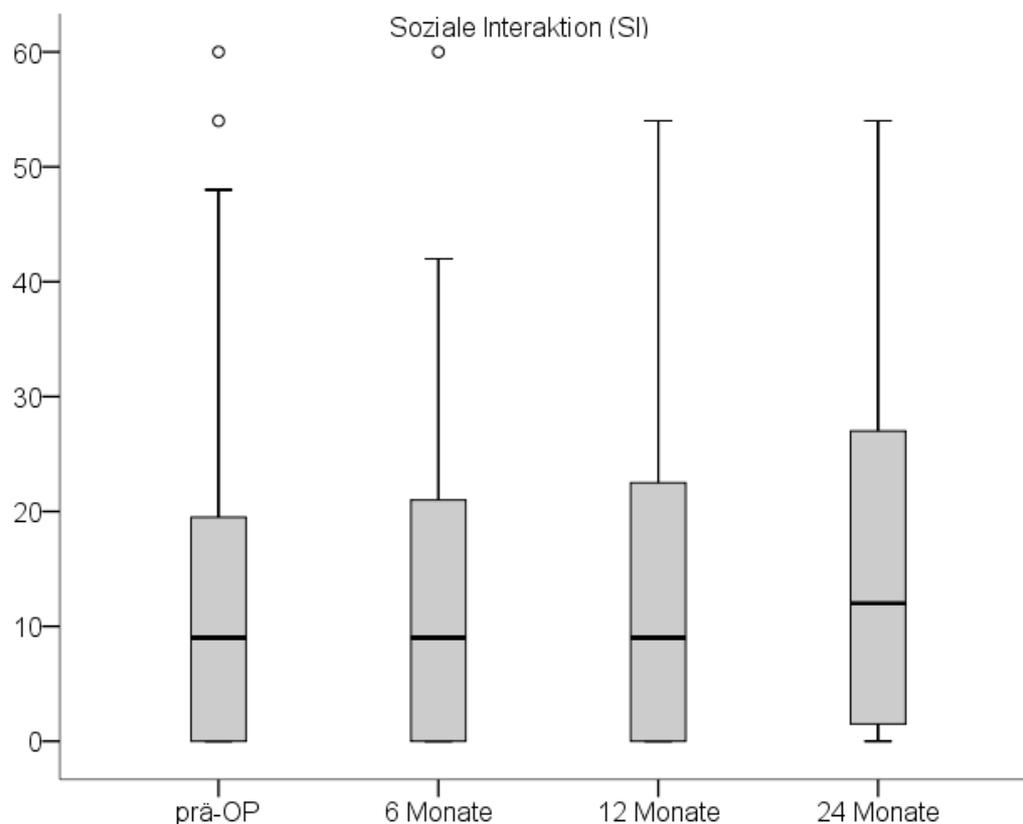


Abb. 17: Darstellung der Scores für die ‚soziale Interaktion‘ anhand des Dallas Pain Questionnaire zu den Zeitpunkten präoperativ und den Nachuntersuchungen 6, 12 und 24 Monate postoperativ.

Anschließend erfolgte eine Untersuchung der Werte im DPQ in den einzelnen Komponenten in Bezug auf den präoperativen BMI.

In den Grafiken wurde der erreichte Punktwert im Dallas Pain Questionnaire in den Komponenten ‚Aktivitäten des täglichen Lebens‘ (ATL), ‚Aktivitäten in Freizeit und Beruf‘ (AFB), ‚psychische Verfassung‘ (PV) und ‚soziale Interaktionen‘ (SI) über dem BMI aufgetragen. Es erfolgt die Berechnung des Korrelationskoeffizienten nach Pearson (Abb.18 bis Abb.20). Insgesamt ist aus den erhobenen Daten kein Zusammenhang des Ausgangs-BMI zu den vier Komponenten des Dallas Pain Questionnaire nach 6, 12 und 24 Monaten postoperativ zu erkennen. Ein erhöhter Ausgangs-BMI hat keinen Einfluss auf die vier Komponenten des Dallas Pain Questionnaire gezeigt. Die p-Werte der Korrelation der BMI und der vier Subskalen des Dallas Pain Questionnaire sind in die Tabelle 10 dargestellt.

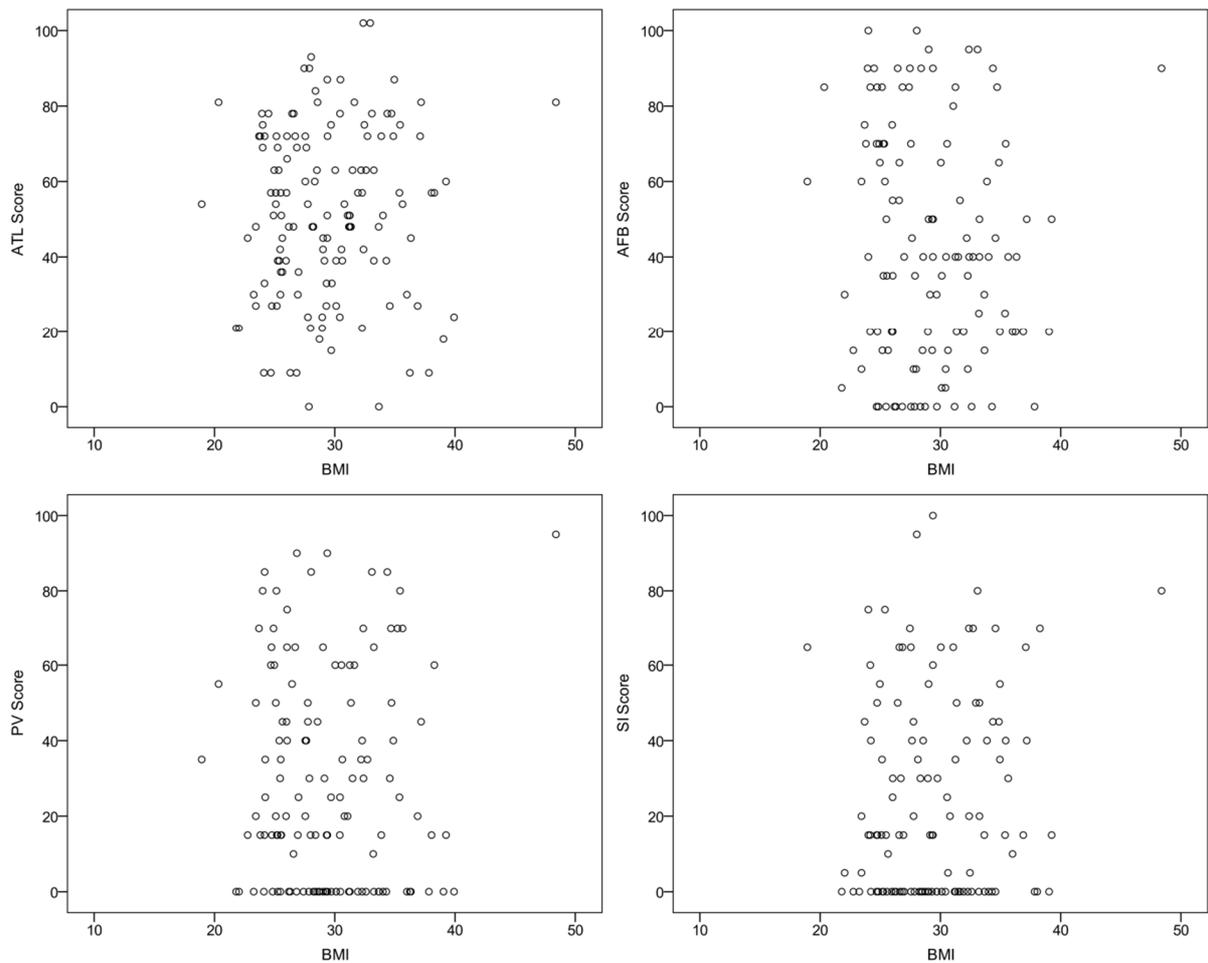


Abb. 18: Streudiagramme zum Zeitpunkt 6 Monate postoperativ von BMI und den vier Subskalen des Dallas Pain Questionnaire: ATL (Aktivitäten des täglichen Lebens), AFB (Aktivitäten in Freizeit und Beruf), PV (psychische Verfassung) und SI (sozialen Interaktionen).

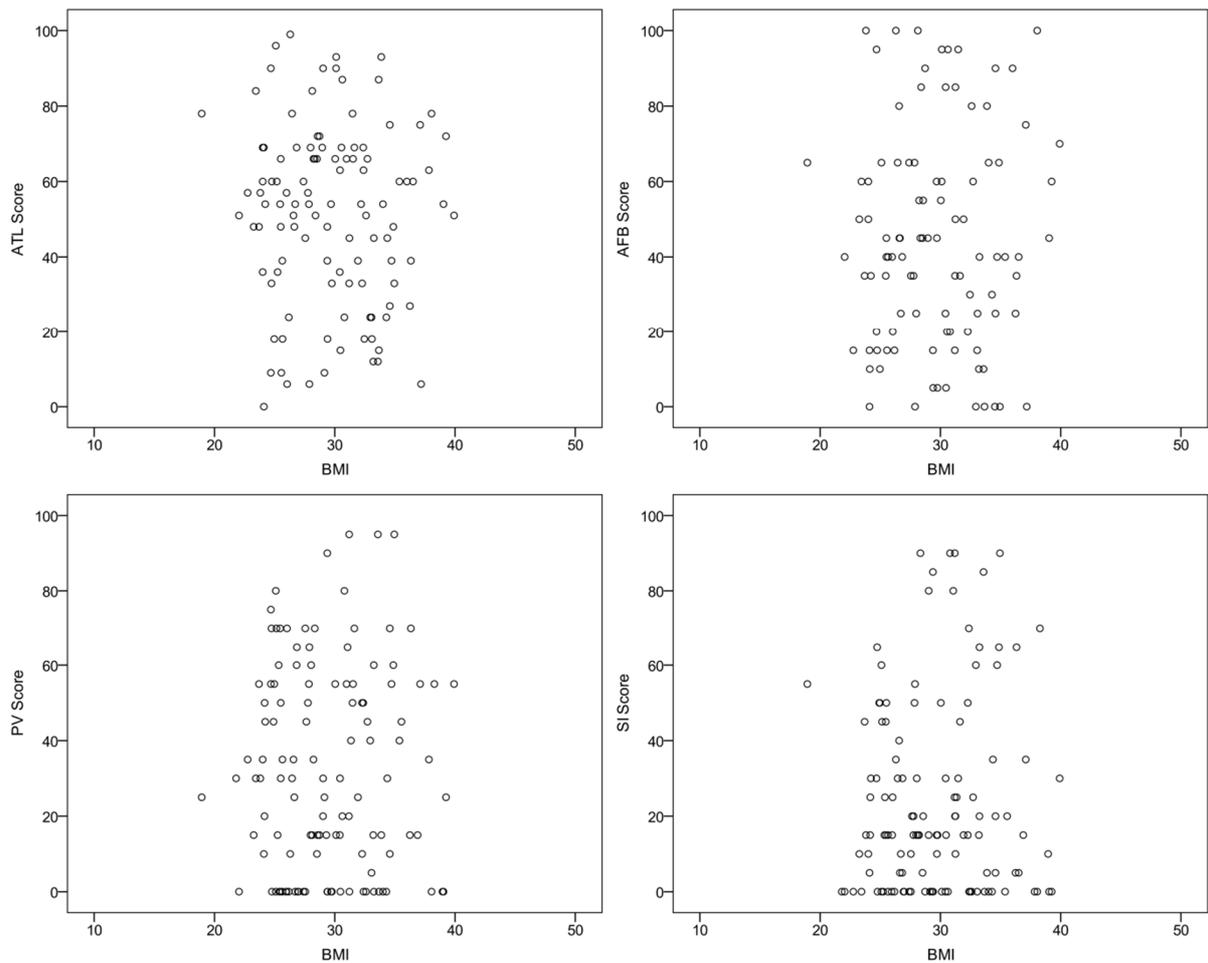


Abb. 19: Streudiagramme zum Zeitpunkt 12 Monate postoperativ von BMI und den vier Subskalen des Dallas Pain Questionnaire: ATL (Aktivitäten des täglichen Lebens), AFB (Aktivitäten in Freizeit und Beruf), PV (psychische Verfassung) und SI (sozialen Interaktionen).

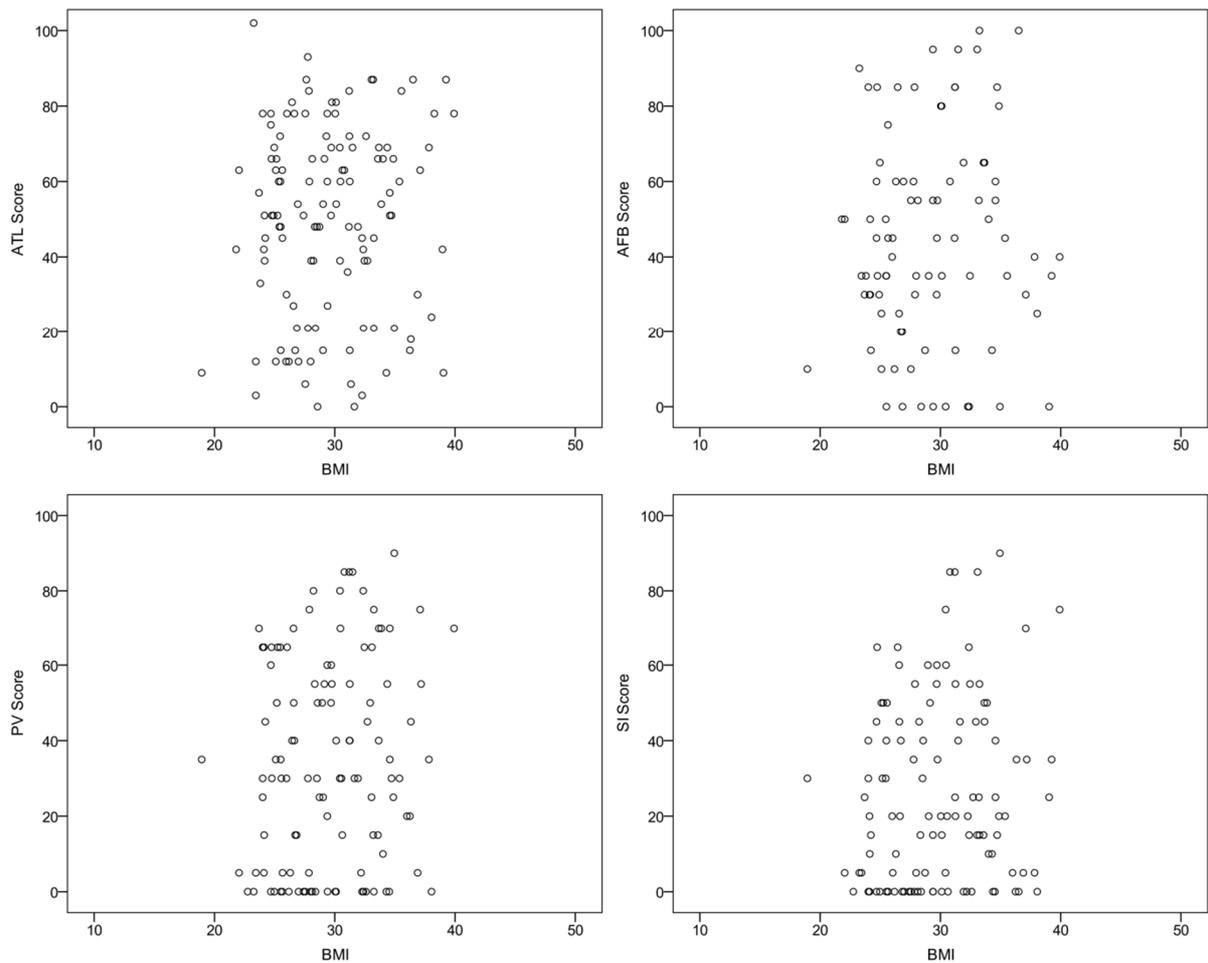


Abb. 20: Streudiagramme zum Zeitpunkt 24 Monate postoperativ von BMI und den vier Subskalen des Dallas Pain Questionnaire: ATL (Aktivitäten des täglichen Lebens), AFB (Aktivitäten in Freizeit und Beruf), PV (psychische Verfassung) und SI (sozialen Interaktionen).

Tab. 10: Abhängigkeit des BMI und den vier Subskalen des Dallas Pain Questionnaire zum Zeitpunkt der Visiten V1, V2 und V3.

Subskalen des Dallas Pain Questionnaire	V1 p≤0.05	V2 p≤0.05	V3 p≤0.05
Aktivitäten des täglichen Lebens (ATL)	0.490	0.569	0.449
Aktivitäten in Freizeit und Beruf (AFB)	0.467	0.775	0.488
Psychische Verfassung (PV)	0.940	0.846	0.141
Soziale Interaktion (SI)	0.197	0.537	0.145

3.3.2 Prolo Scale: funktioneller und ökonomischer Status

Im Prolo Scale zeigten sich signifikant niedrigere Werte präoperativ als zu allen postoperativen Visiten. Zwischen den Visiten bestehen keine signifikanten Unterschiede in den erreichten Werten.

Tab. 11: Darstellung der Ergebnisse der paarweisen Vergleiche der economic Scale des Prolo für die einzelnen Zeitpunkte. präoperativ, V1: 6 Monate, V2: 12 Monate, V3: 24 Monate.

Zeitpunkt (I)	Zeitpunkt (J)	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p-Wert
Prä-OP	V1	-0,6	0,132	<0,001
	V2	-0,4	0,128	0,009
	V3	-0,3	0,115	0,021
V1	Prä-OP	0,6	0,132	<0,001
	V2	0,1	0,124	1,000
	V3	0,2	0,113	0,393
V2	Prä-OP	0,4	0,128	0,009
	V1	-0,1	0,124	1,000
	V3	0,1	0,111	1,000
V3	Prä-OP	0,3	0,115	0,021
	V1	-0,2	0,113	0,393
	V2	-0,1	0,111	1,000

Tab. 12: Darstellung der Ergebnisse der paarweisen Vergleiche der functional Scale des Prolo für die einzelnen Zeitpunkte. Prä-OP, V1: 6 Monate, V2: 12 Monate, V3: 24 Monate.

Zeitpunkt (I)	Zeitpunkt (J)	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p-Wert
Prä-OP	V1	-0,5	0,1	<0,001
	V2	-0,5	0,1	0,001
	V3	-0,3	0,1	0,112
V1	Prä-OP	0,5	0,1	<0,001
	V2	-0,0	0,1	1,000
	V3	0,2	0,1	0,350
V2	Prä-OP	0,5	0,1	0,001
	V1	0,0	0,1	1,000
	V3	0,2	0,1	0,389
V3	Prä-OP	0,3	0,1	0,112
	V1	-0,2	0,1	0,350
	V2	-0,2	0,1	0,389

Schon nach 6 Monaten postoperativ ist der funktionelle und ökonomische Status der Prolo Scale für ca. 60% der Patienten als mindestens ‚gut‘ zu bezeichnen. Dieser Erfolg bleibt auch über die Zeit bis 24 Monate zur postoperativen Untersuchung erhalten. Der funktionelle und ökonomische Status der Patienten zeigt über die Zeit in den Visiten V-1 bis V-3 keine statistisch signifikante Verbesserung oder Verschlechterung.

Tab. 13: Prolo Score zum Zeitpunkt der Visiten V1, V2 und V3 postoperativ.

Visiten	Messung	Prolo Scale			
		ausgezeichnet	gut	angemessen	schlecht
V1	absolut	21	64	38	16
	prozentual	15,11%	46,04%	27,34%	11,51%
V2	absolut	17	51	35	13
	prozentual	14,66%	43,97%	30,17%	11,21%
V3	absolut	13	36	22	7
	prozentual	16,67%	46,15%	28,21%	8,97%

Im Weiteren erfolgte die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen BMI und den Prolo-Subskalen für die einzelnen Zeitpunkte. Lediglich ein signifikanter Zusammenhang (6 Monate, functional scale) lässt sich für den BMI finden. Der Zusammenhang ist mit $r=-0.202$ als relativ niedrig zu betrachten und bedeutet, dass die Zunahme des BMI zu niedrigeren Werten im Prolo führt.

Tab. 14: Ergebnisse der bivariaten Korrelation (r-Spearman-Korrelationskoeffizient) von BMI und den einzelnen Subskalen des Prolo für die vier Untersuchungszeitpunkte.

	prä-OP		V1		V2		V3	
	Economic	Functional	Economic	Functional	Economic	Functional	Economic	Functional
r	-0,138	-0,083	-0,147	-0,202	-0,077	-0,161	-0,066	-0,128
p-wert	0,09	0,314	0,084	0,017	0,414	0,085	0,544	0,181
N	151	150	139	139	116	116	86	111

4. Diskussion

In der durchgeführten Studie sollen Fusionsrate, das klinische Outcome nach PLIF-Operation und präoperativ, prospektive positive und negative Faktoren/Prädiktoren für eine Fusion identifiziert werden, um die präoperative Beratungsqualität im Hinblick auf die Erfolgsaussichten der Operation zu verbessern und so dem zu behandelnden Patienten die richtige Operationsmethode anbieten zu können.

In der durchgeführten Studie wurden nahezu doppelt so viele Männer wie Frau operiert. Das Durchschnittsalter war bei den Frauen mit 61 Jahren und bei den Männern mit 61,96 Jahren fast identisch. Epidemiologische Untersuchungen ergaben, dass die allgemeine Prävalenz der degenerativen Spondylolisthese mit 8,4% für Frauen und 2,7% für Männer anzunehmen ist [34]. Die vorliegenden Daten zeigen eine umgekehrte Verteilung mit deutlich mehr operierten Männern. Hervorzuheben bleibt, dass in der vorliegenden Studie nur symptomatische Patienten operiert wurden.

Die operierten Patientinnen wiesen in 39,3% der Fälle eine Präadipositas auf und 41,1% hatten eine manifeste Adipositas. Bei den Männern war die Verteilung ähnlich, mit 42,4% Präadipositas und 40,5% manifester Adipositas. Im Mikrozensus 2013 [43], wiesen 35,6% der 60 bis 65 Jahre alten Frauen eine Präadipositas und 20,8% eine manifeste Adipositas, bei den 60 bis 65 Jahren alten Männern 49,5% Präadipositas und 24,7% eine Adipositas auf.

Im Vergleich ist die Präadipositas bei den Frauen mit 39,3% in der Studie und 35,6% in der Gesamtbevölkerung ähnlich häufig vertreten. Die weibliche Studienpopulation wies jedoch mit 41,1% doppelt so häufig eine manifeste Adipositas wie in der Gesamtbevölkerung gleichen Alters auf. Auch bei den Männern fand sich eine vergleichbare Verteilung der Präadipositas von 40,5% in der Studie zu 49,5% in der Gesamtbevölkerung. Eine manifeste Adipositas wiesen in der männlichen Studienpopulation nicht ganz doppelt so viele Menschen (40,5% zu 24,7%) wie in der Gesamtbevölkerung auf. Diese Daten legen nahe, dass das zunehmende Körpergewicht einen hohen Risikofaktor für das Entstehen einer symptomatischen, operationspflichtigen spinalen Stenose mit Spondylolisthese darstellt. In der Kopenhagener Osteoarthritis

Studie konnte Jacobsen 2007 ebenfalls die Adipositas als Risikofaktor für die Entstehung einer Spondylolisthese ausmachen [34].

Wenn die Fusionskriterien von Brantigan und Steffee im CT Anwendung finden, zeigen sich in der Literatur ähnliche Fusionsraten wie in der vorliegenden Arbeit nach 12 Monaten [44], jedoch bei einer deutlich geringeren Patientenanzahl von 51. Han SH (2015) [45] konnte in seiner Arbeit zeigen, dass im Segment LWK4/5 eine Fusionsrate von 89,8% gesehen werden konnte, im Segment LWK5/SWK1 jedoch nur von 42,9%. Auch hier war die Anzahl der Patienten mit 73 deutlich geringer und die Fusionsbeurteilung erfolgt nach durchschnittlich 34 Monaten. Werden die beiden Gruppen zusammen betrachtet, ergibt sich eine Fusionsrate von ca. 76%.

In der vorliegenden Arbeit erfolgte keine getrennte Untersuchung der Fusionsrate in den operierten Segmenten. Der Unterschied der Fusionsrate nach 12 und 24 Monaten ist in der vorliegenden Arbeit zwar nicht signifikant unterschiedlich (77,72% zu 85,62%). Es ist aber weiterhin ein Trend zur besseren Fusionsrate nach 24 Monaten zu erkennen. Zusammenfassend lässt sich die Fusionsrate in der vorliegenden Untersuchung als sehr gut beschreiben.

Als zu untersuchende Faktoren auf die Fusionsrate wurde zunächst der Ausgangs-BMI untersucht. Bereits Buerba et al. (2014) zeigte, dass ein erhöhter Ausgangs-BMI die Ursache für längere OP-Zeiten, verlängerter Krankenhausaufenthalt und ein erhöhtes Risiko für Wundinfektionen, Harnwegsinfekten und Lungenentzündung darstellt [46]. Der Einfluss des BMI auf die Fusionsrate war unbekannt. Die vorliegende Arbeit hat den Zusammenhang von Adipositas bzw. Präadipositas zur Fusionsrate untersucht. Ein höherer BMI ist nicht mit einer höheren Wahrscheinlichkeit für eine ausbleibende Fusion vergesellschaftet. Eine japanische Arbeitsgruppe um Kobayashi K [47] hat 2019 untersucht welche Prädiktoren zu einem längeren Krankenhausaufenthalt führen. Die Adipositas konnte hier nicht als ein relevanter Faktor identifiziert werden.

Gleichwohl konnte Wang T. in seiner Metaanalyse (2020) [48] zeigen, dass die Adipositas als Risikofaktor für eine Anschluss Segment Degeneration zu werten ist.

Bei der Operation wurde lokaler Knochen welcher bei der Dekompression gewonnen wurde zur Befüllung der Cages verwendet. Tuchmann, A. konnte (2016) [49] zeigen,

dass die Fusionsrate von Beckenkammpongiosa und bei der Dekompression lokalgewonnenem Knochen vergleichbar ist. Somit sahen auch wir keine Indikation zur zusätzlichen Entnahme von Beckenkammpongiosa.

Weiterhin war unbekannt, inwieweit das Alter des Patienten einen Einfluss auf die Fusionsrate hat. Es konnte in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden, dass auch mit steigendem Alter die Fusionsrate nicht signifikant abnimmt.

In der Literatur finden sich Arbeiten, die eine ansteigende allgemeine Komplikationsrate der PLIF-OP bei höherem ASA-Status [50] zeigen. Es finden sich jedoch keine Arbeiten, die einen Zusammenhang der Fusionsrate mit dem ASA-Status untersucht haben. In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass ein erhöhtes Narkoserisiko durch Vorerkrankungen keinen Einfluss auf die Fusionsrate der PLIF-OP hat.

Der durch die Operation eingestellte totale Lordosewinkel LWK1 zu SWK1 zeigt ebenfalls keinen Einfluss auf die Fusionsrate. In der Literatur finden sich bisher keine weiteren Untersuchungen, inwieweit der eingestellte Lordosewinkel einen Einfluss auf die Fusionsrate hat.

Aus der Literatur ist bekannt, dass die Fusionsrate keinen wesentlichen Einfluss auf das subjektive Outcome der Patienten hat (Agazzi S. et al 1999) [35]. In der vorliegenden Arbeit wurde der subjektive Zustand der Patienten postoperativ in vier Kategorien mit dem Dallas Pain Questionnaire untersucht.

Aus den vorliegenden Daten lässt sich schließen, dass die interkorporale Spondylose in PLIF-Technik mit Telamon™ Titan Fusion device und Instrumentierung auch für Patienten mit einem BMI von 30 kg/m^2 und mehr eine geeignete Prozedur ist, um eine symptomatische spinale Stenose mit Listhese zu behandeln. Nach 6 Monaten postoperativ ist der subjektive Operationserfolg dieser Patienten mit dem der nicht adipösen Patienten vergleichbar. Dieser positive Effekt bleibt auch über die Zeit von 2 Jahren erhalten. Das Körpergewicht stellt keinen prognostisch günstigen bzw. ungünstigen Faktor im Hinblick auf die subjektive Patientenzufriedenheit nach PLIF-Operation dar.

Das erhöhte perioperative Risiko der Patienten mit einem BMI jenseits von 30 kg/m² ist in der Literatur schon als Datenbankanalyse an 10387 beschrieben [46]. In der vorliegenden Arbeit war die perioperative Komplikationsrate nicht die Fragestellung, deshalb hat diese keine weiteren Eingang gefunden.

Der funktionelle und ökonomische Status der Patienten wurde mit dem Prolo Fragebogen [39] untersucht. Ein Großteil der Patienten (61,15%) war sowohl aus funktioneller Sicht als auch aus ökonomischer Sicht mit dem postoperativen Ergebnis nach sechs Monaten sehr zu frieden. Sogar 88,49% der Patienten erzielten für sie ein mindestens befriedigendes Ergebnis. In den weiteren Visiten konnte im Hinblick auf die Zufriedenheit keine statistisch signifikante Veränderung festgestellt werden.

5. Schlussfolgerung

5.1 Limitierungen

Zu den Nachuntersuchungen sind 91,61% der Patienten erschienen. Die Drop-out-Rate mit knapp 8,5% ist gering. Ein zusätzlicher negativer Selektions-Bias könnte dadurch entstanden sein, dass sich erfahrungsgemäß eher Patienten, welche nicht beschwerdefrei geworden sind, zu den Nachuntersuchungen einfinden.

Auch haben wir keine Vergleichsgruppe mit einer alternativen Operationsmethode, wie beispielsweise alleinige Dekompression oder transforaminale, lumbale, interkorporale Fusion (TLIF) aufgestellt, da es sich um eine monozentrische Untersuchung eigener Patienten handelt und in unserer Klinik indikations- und leitliniengerecht bei einer spinalen Stenose mit Listhese immer eine PLIF durchgeführt wird. Rückblickend hätte die Erfassung weiterer klinischer Parameter möglicherweise statistische Unterschiede ergeben.

Sakaura et al. (2016) konnte zeigen, dass arterielle Hypertonie, chronische Niereninsuffizienz Grad 3 oder 4 und die Verkalkung der abdominalen Aorta eine längere Rekonvaleszenz und schlechteres klinisches Outcome verursachen. Einen Einfluss auf die Fusionsrate zeigte nur die Verkalkung der abdominalen Aorta. Je höher der Verkalkungsgrad ist, desto schlechter ist die Knochenqualität und je größer ist das Risiko

für ein Einsinken der Cages im Sinne eines Kollapses. Das Risiko einer Pseudoarthrose ist hierdurch jedoch nicht erhöht [51].

Ob eine größere Patientengruppe statistisch signifikante Ergebnisse der erhobenen Parameter ergeben hätte, scheint bei den vorliegenden Daten unwahrscheinlich.

Die Verwendung des Prolo Scores und des Dallas Pain Questionnaire stellen den Standard des Zeitraums der Untersuchung von 02/2001 bis 06/2006 dar. Aktuell wird vor allem die Visuelle Analogskala (VAS) für die Schmerzerfassung und der Oswestry Disability Index zur Quantifizierung der Behinderung durch den lumbalen Rückenschmerz verwendet.

5.2 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit sollte präoperative Faktoren identifizieren, welche einen Einfluss auf das klinische Ergebnis und die Fusionsrate nach einer PLIF-Operation haben, um diese eventuell schon präoperativ beeinflussen zu können.

Die vorliegenden Daten ließen jedoch keinen Unterschied im Fusionsergebnis in Abhängigkeit von den untersuchten Einflussfaktoren erkennen. Dieses lässt den Rückschluss zu, dass Ältere, Adipöse oder Patienten mit relevanten Vorerkrankungen zwar ein allgemein erhöhtes OP- und Narkoserisiko haben, die Fusionsrate der PLIF-OP und das subjektive postoperative Outcome hiervon jedoch unabhängig ist.

Bei der Indikation zur Stabilisierung und ausgeschöpften alternativen Behandlungsmethoden kann eine PLIF-OP erfolgreich durchgeführt und hohe Fusionsraten erreicht werden. Die alleinige Dekompression und Unterlassung der Fusionsoperation aus Angst vor Pseudoarthrose erscheint nicht gerechtfertigt.

Schon 1985 konnte die Arbeitsgruppe um Lombardi und Wiltse zeigen, dass die instrumentierte, interkorporale Spondylodese und Dekompression bei degenerativer Spondylolisthesis der alleinigen Dekompression überlegen ist [52].

Im Hinblick auf das klinische Ergebnis nach der Operation lassen die erhobenen Daten den Rückschluss zu, dass von den erhobenen Parametern keiner allein einen Einfluss auf den Verlauf hat. Es zeigt sich, dass adipöse Patienten auch deutlich von der PLIF-

Operation profitieren und das erreichte positive Operationsergebnis auch über die Zeit, ähnlich dem von nicht adipösen Patienten, bleibt. Unserer Ansicht nach sollte auch adipösen Patienten bei bestehender Indikation und ausgeschöpften konservativen Behandlungsmethoden eine posteriore, lumbale, interkorporale Fusion nicht vorenthalten werden.

5.3 Ausblick

Für die Zukunft sollte die mit der Adipositas vergesellschaftete erhöhte Zugangsmortalität reduziert werden. Hier käme beispielsweise eine Weiterentwicklung der minimalinvasiven Operationstechniken und perkutane Verfahren in Betracht.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit wurden weiterentwickelt und fanden Eingang in die aktuelle AO-Datenbank „Spine ReCord“ Spine Registry to Collect Outcome Measures Related to the Disease Status of Patients with Spine Disorders (Degenpro).

Es gilt durch eine präoperative, individuelle Fallanalyse dem Patienten das richtige OP-Verfahren anzubieten und postoperativ die Nachbehandlung individualisiert gemeinsam zu planen.

6. Literaturverzeichnis

1. Volbracht E, Grote-Westrick M. Volksleiden Rückenschmerzen: Viele Arztbesuche und Untersuchungen sind überflüssig. Bertelsmann Stiftung. 2016. Accessed on 13.02.2021
2. Buch: Eckardt A. Praxis LWS- Erkrankungen Diagnose und Therapie. Berlin: Springer Verlag. 2011
3. statistisches Bundesamt. Zahlen Fakten, Gesellschaft und Bevoelkerung. 2011. Accessed on 13.02.2021
4. Buch: Schmorl G, Junghans H. Die gesunde und die Kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik. Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 1953
5. Graichen H, Putz R. Anatomical and functional aspects of the thoracic and lumbar spine. *Der Orthopäde*. 1999;28:424-431
6. Raj PP. Intervertebral disc: anatomy-physiology-pathophysiology-treatment. *Pain Pract*. 2008;8(1):18-44
7. Urban JP, Holm S, Maroudas A, Nachemson A. Nutrition of the intervertebral disk. An in vivo study of solute transport. *Clin Orthop Relat Res*. 1977;129:101-114
8. Sampson SL, Sylvia M, Fields AJ. Effects of dynamic loading on solute transport through the human cartilage endplate. *J Biomech*. 2019;83:273-279
9. Buch: Putz R. Funktionelle Anatomie der Wirbelgelenke. Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 1981
10. Humzah MD, Soames RW. Human intervertebral disc: structure and function. *Anat Rec*. 1988;220(4):337-356
11. Roughley PJ. Biology of intervertebral disc aging and degeneration: involvement of the extracellular matrix. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(23):2691-2699
12. Nerlich AG, Bachmeier BE, Boos N. Expression of fibronectin and TGF-beta1 mRNA and protein suggest altered regulation of extracellular matrix in degenerated disc tissue. *Euro Spine J*. 2005;14(1):17-26
13. Modic MT, Steinberg PM, Ross JS, Masaryk TJ, Carter JR.. Degenerative disk disease: assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology*. 1988;166(1 Pt 1):193-199
14. Fritsch EW. Spondylolisthesis. *Der Orthopäde*. 2003;32(4):340-361
15. Wittenberg RH, Willburger RE, Krämer J. Spondylolysis and spondylolisthesis. Diagnosis and therapy. *Der Orthopäde*. 1998;27(1):51-63
16. Meyerding HW. Spondylolisthesis. *Surg Gynecol Obstet*. 1932;54:371-377
17. Eggers GWN. Berthold Ernest Hadra (1842-1903). *Clin Orthop*. 1961;21:32-39
18. Albee FH. Transplantation of a portion of the tibia into the spine for Pott's disease: a preliminary report. *Clin Orthop Relat Res*. 2007;460:14-16
19. Hibbs RA. An operation for progressiv spinal deformities: a preliminary report of three cases from the service of the orthopaedic hospital. 1911. *Clin Orthop Relat Res*. 2007;460: 17-20
20. Forbes AM. Technique of an operation for spinal fusion as practised in Montreal. *The Journal of Orthopedic Surgery*. 1920;2(9):509-514
21. King D. Internal fixation for lumbosacral fusion. *J Bone Joint Surg Am*. 1948;30A(3):560-565
22. Cloward RB. The degenerated lumbar disc: treatment by vertebral body fusion. *J Int Coll Surg*. 1954;22(24 Sect. 21):375-386
23. Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C. Plating of thoracic, thoracolumbar, and lumbar injuries with pedicle screw plates. *Orthop Clin North Am*. 1986;17(1):147-159
24. Louis R. Fusion of the lumbar and sacral spine by internal fixation with screw plates. *Clin Orthop Relat Res*. 1986;203:18-33

25. Steffee AD, Biscup RS, Sitkowski DJ. Segmental spine plates with pedicle screw fixation. A new internal fixation device for disorders of the lumbar and thoracolumbar spine. *Clin Orthop Relat Res.* 1986;(203):45-53
26. Buch: Kohn D, Pohlemann T, Fritsch EW. *Operationsatlas für die orthopädisch-unfallchirurgische Weiterbildung.* Berlin, Heidelberg: Springer Verlag. 2013
27. Meisel HJ, Branch C, Chopin D, Rauschnig W. Balance restoration in the lumbar intervertebral space. *Zentralbl Neurochir.* 2000; 61(Suppl):10-11
28. Deutsches Institute für Medizinische Dokumentation und Information, DIMDI. ICD-10-GM Version 2016. Accessed on 10.10.2019
29. Robert-Koch-Institut. Gesundheitsberichtsberichterstattung des Bundes R. *Gesundheit in Deutschland.* 2015. Accessed on 13.02.2021
30. Badura B, Ducki A, Schröder H, Klose J, Meyer M. *Fehlzeiten-Report 2015.* Berlin: Springer Verlag. 2015
31. Resnick DK, Watters WC 3rd, Sharan A, Mummaneni PV, Dailey AT, Wang JC, Choudhri TF, Eck J, Ghogawala Z, Groff MW, Dhall SS, Kaiser MG. Guideline update for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 9: lumbar fusion for stenosis with spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine.* 2014;21(1):54-61
32. Eck JC, Sharan A, Ghogawala Z, Resnick DK, Watters WC 3rd, Mummaneni PV, Dailey AT, Choudhri TF, Groff MW, Wang JC, Dhall SS, Kaiser MG. Guideline update for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 7: lumbar fusion for intractable low-back pain without stenosis or spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine.* 2014; 21(1):42-47
33. Heger S. Psychosomatic aspects of failed back syndrome: why low back pain becomes a chronic disorder. *Nervenarzt.* 1999;70(3):225-232
34. Jacobsen S, Sonne-Holm S, Røvsing H, Monrad H, Gebuhr P. The Copenhagen Osteoarthritis Study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(1):120-125
35. Agazzi S, Reverdin A, May D. Posterior lumbar interbody fusion with cages: an independent review of 71 cases. *J Neurosurg.* 1999;91(2 Suppl):186-192
36. Teng I, Han J, Phan K, Mobbs R. A meta-analysis comparing ALIF, PLIF, TLIF and LLIF. *J Clin Neurosci.* 2017;44:11-17
37. Saklad M. Grading of patients for surgical procedures. *Anesthesiology.* 1941;2:281-284
38. Lawlis GF, Cuencas R, Selby D, McCoy CE. The development of the Dallas Pain Questionnaire. An assessment of the impact of spinal pain on behavior. *Spine (Phila Pa 1976).* 1989;14(5):511-516
39. Prolo DJ, Oklund SA, Butcher M. Toward uniformity in evaluating results of lumbar spine operations. A paradigm applied to posterior lumbar interbody fusions. *Spine (Phila Pa 1976).* 1986;11(6):601-606
40. Brantigan JW, Steffee AD. A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion. Two-year clinical results in the first 26 patients. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18(14):2106-2107
41. Fernand R, Fox DE. Evaluation of lumbar lordosis. A prospective and retrospective study. *Spine (Phila Pa 1976).* 1985;10(9):799-803
42. Brannath W, Posch M, Bauer P. Recursive combination tests. *JASA.* 2002;97(457):236-244
43. statistisches Bundesamt. *Mikrozensus.* 2013. Zweigstelle Bonn. Accessed on 13.02.2021
44. Tullberg T, Brandt B, Rydberg J, Fritzell P. Fusion rate after posterior lumbar interbody fusion with carbon fiber implant: 1-year follow-up of 51 patients. *Eur Spine J.* 1996;5(3): 178-182
45. Han SH, Hyun SJ, Jahng TA, Kim KJ. A Comparative Radiographic Analysis of Fusion Rate between L4-5 and L5-S1 in a Single Level Posterior Lumbar Interbody Fusion. *Korean J Spine.* 2015;12(2):60-67

46. Buerba RA, Fu MC, Gruskay JA, Long WD 3rd, Grauer JN. Obese Class III patients at significantly greater risk of multiple complications after lumbar surgery: an analysis of 10,387 patients in the ACS NSQIP database. *Spine Journal*. 2014;14(9):2008-2018
47. Kobayashi K, Ando K, Kato F, Kanemura T, Sato K, Hachiya Y, Matsubara Y, Kamiya M, Sakai Y, Yagi H, Shinjo R, Ishiguro N, Imagama S. Predictors of Prolonged Length of Stay After Lumbar Interbody Fusion: A Multicenter Study. *Global Spine J*. 2019; 9(5):466-472
48. Wang T, Ding W. Risk factors for adjacent segment degeneration after posterior lumbar fusion surgery in treatment for degenerative lumbar disorders: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2020;15(1):582
49. Tuchman A, Brodke DS, Youssef JA, Meisel HJ, Dettori J R, Park JB, Yoon ST, Wang J C. Iliac Crest Bone Graft versus Local Autograft or Allograft for Lumbar Spinal Fusion: A Systematic Review. *Global Spine J*. 2016;6(6):592-606
50. Sobottke R, Aghayev E, Röder C, Eysel P, Delank SK, Zweig T. Predictors of surgical, general and follow-up complications in lumbar spinal stenosis relative to patient age as emerged from the Spine Tango registry. *Eur Spine J*. 2012;21(3):411-417
51. Sakaura H, Miwa T, Yamashita T, Kuroda Y, Ohwada T. Lifestyle-Related Diseases Affect Surgical Outcomes after Posterior Lumbar Interbody Fusion. *Global Spine J*. 2016;6(1):2-6
52. Lombardi JS, Wiltse LL, Reynolds J, Widell EH, Spencer C 3rd. Treatment of degenerative spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1985;10(9):821-827

11. Besorgnis/ Verfassung

Haben Sie das Gefühl den Anforderungen an Sie gerecht werden zu können?

Absolut, keine Veränderung Es geht Nein, ich bin überfordert

0%(_____ : _____ : _____ : _____ : _____ : _____ : _____)100%

12. Emotionale Kontrolle

In welchem Maße haben Sie Ihre Gefühle unter Kontrolle?

Absolut, keine Veränderung Mittelmäßig Gar nicht

0%(_____ : _____ : _____ : _____ : _____ : _____ : _____)100%

13. Depressionen

Wie deprimiert waren Sie seit Einsetzen der Rückenschmerzen?

Nicht besonders Stark deprimiert

0%(_____ : _____ : _____ : _____ : _____ : _____ : _____)100%

14. Persönlichen Beziehungen

Wie stark haben Ihre Schmerzen Ihre Beziehungen zu anderen Menschen verändert?

Keine Veränderung Drastische Veränderung

0%(_____ : _____ : _____ : _____ : _____ : _____ : _____)100%

15. Unterstützung durch andere

Wieviel Unterstützung durch andere benötigen Sie seit Einsetzen Ihrer Schmerzen?

(Pflichten übernehme, Mahlzeiten zubereiten etc.)?

Keine nötig Ständig

0%(_____ : _____ : _____ : _____ : _____ : _____ : _____)100%

16. Negative Reaktionen

Inwieweit begegnen Ihnen durch Ihre Mitmenschen Gereiztheit, Frustration oder Zorn auf Grund Ihrer Schmerzen?

Gar nicht

Etwas

Ständig

0%(_____ : _____ : _____ : _____ : _____ : _____ : _____ : _____)100%

Auswertung:

1.-7.x3=

8.-10.x5=

11.-13.x5=

14.-16.x5=

8. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Stefan Bone, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Zur Behandlung der degenerativen Spondylolisthese mittels interkorporaler Stabilisierung in PLIF- Technik mit Fixateur interne und Medtronic Telamon™ Titan Cage“ „The treatment of degenerative spondylolisthesis by intercorporal stabilization using PLIF technique with internal fixator and Medtronic Telamon™ titanium cage“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen

einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Queis, den

Stefan Bone

9. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht

10. Danksagung

Für die Unterstützung bei der Erstellung der Arbeit möchte ich mich bei Frau Yvonne Minkus, Frau Esther Herrmann und Herrn Dr. Dr. med. Felix Göhre herzlich bedanken. Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. h. c. Dr. Hans Jörg Meisel für die Initiierung der Arbeit, die fachliche Beratung und die kritische Diskussion.

Dank gebührt auch Herrn Dipl.-Sportwiss.Philipp Schenk und Frau Neha Agarwal, Ph.D.