

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie

Klinikum rechts der Isar

(Direktor: Prof. Dr. Bernhard Meyer)

**Verlaufsuntersuchung nach anteriorer zervikaler
Diskektomie und Fusion mit interkorporalem Cage (Poly-
Ether-Ether-Keton)**

Karina Andriyivna Gapon

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Zahnheilkunde genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. Ernst J. Rummeny

Prüfer der Dissertation: 1. Priv.-Doz. Dr. Jens Lehmborg

2. Prof. Dr. Dr. Klaus-Dietrich Wolff

Die Dissertation wurde am 18.03.2016 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 07.12.2016 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. Einleitung | 4 |
| 1.1 Degenerative Wirbelsäulenerkrankungen | 4 |
| 1.1.1 Zervikale Radikulopathie | 4 |
| 1.1.2 Zervikale Myelopathie | 5 |
| 1.2 Diagnostik | |
| 1.2.1 Bildgebende Verfahren | 5 |
| 1.2.2 Weitere apparative Diagnostikmethoden | 6 |
| 1.3 Therapie | |
| 1.3.1 Konservative Therapie | 6 |
| 1.3.2 Operative Therapie | 6 |
| 1.3.2.1 Dorsales Verfahren | 7 |
| 1.3.2.2 Ventrales Verfahren | 7 |
| 2. Zielsetzung | 8 |
| 3. Material und Methoden | |
| 3.1 Patientenkollektiv | 9 |
| 3.2 PEEK-Cage | 9 |
| 3.3 Prä- und postoperative klinische Daten | 10 |
| 3.4 Prä- und postoperative radiologische Daten | 11 |
| 3.5 Fragebögen | 13 |
| 3.5.1 EuroQol | 13 |
| 3.5.2 Visuelle Analog Skala (VAS) | 13 |
| 3.6 Statistische Auswertung | 14 |
| 4. Ergebnisse | 14 |
| 4.1 Untersuchungszeitspanne, Geschlechts- und Altersverteilung, Höhenanzahl | 15 |
| 4.2 Auswertung klinischer Daten | |
| 4.2.1 Nuchalgie | 16 |
| 4.2.2 Brachialgie | 17 |
| 4.2.3 Armschwäche | 18 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.4 Myelopathie | 19 |
| 4.2.5 VAS | 20 |
| 4.2.6 Ergebnisse der EuroQol Fragebögen | 20 |
| 4.3 Röntgenologische Ergebnisse | |
| 4.3.1 Fusion | 25 |
| 4.3.2 Sinterung | 26 |
| 4.3.3 Anschlussinstabilität | 26 |
| 4.3.4 Zervikales Alignment | 27 |
| 4.4 Korrelationsanalyse | 28 |
| 5. Diskussion | 30 |
| 6. Zusammenfassung | 33 |
| 7. Abbildungsverzeichnis | 35 |
| 8. Tabellenverzeichnis | 35 |
| 9. Literaturverzeichnis | 37 |
| 10. Anhang | 43 |
| 11. Danksagung | 46 |
| 12. Lebenslauf | 47 |

1. Einleitung

Anteriore zervikale Diskektomie und Fusion (ACDF) nach Smith-Robinson hat sich in den letzten Jahrzehnten als ein sehr erfolgreicher Eingriff bei degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule etabliert. Für die Fusion wurden verschiedene Implantatwerkstoffe entwickelt. Neben autologem Knochenspann aus der Beckenkammregion können spezielle Cages z.B. aus Carbonfasern, Titan, Polyetheretherketon (PEEK), mit oder ohne Plattenosteosynthese, mit oder ohne zusätzlicher demineralisierten Knochenmatrix verwendet werden. Die vorliegende Arbeit befasste sich mit Patienten mit erfolgter ACDF unter alleiniger Verwendung von PEEK-Cages in einem, zwei oder drei Segmenten.

1.1. Degenerative Wirbelsäulenerkrankungen

Bei degenerativen Veränderungen der Halswirbelsäule kann jedes Element des Bewegungssegments betroffen werden. Beim Befall der Bandscheibe spricht man von Diskopathie oder Osteochondrosis intervertebralis, bei erkranktem Wirbelkörper von Spondylosis deformans und bei degenerativ veränderten Wirbelgelenken von Spondylarthrose. Auch die angrenzenden Strukturen wie Muskeln, Bänder und Gefäße unterliegen einer altersbedingten Degeneration. Erst ab einem gewissen Ausmaß dieser Veränderungen macht sich eine klinische Symptomatik bemerkbar. Insgesamt entfällt ca. ein Drittel aller degenerativen Wirbelsäulensyndrome auf die HWS-Region, und hier besonders auf den unteren Bereich. Innerhalb einer Untersuchungsgruppe mit einem Durchschnittsalter von 42 Jahren und fehlenden Beschwerden zeigten zwei Drittel davon bereits degenerative Bandscheibenveränderungen in der MR-Bildgebung (Seiffert J, 2011).

1.1.1 Zervikale Radikulopathie

Befindet sich der Diskus außerhalb seiner physiologischen Grenzen, spricht man von einem Bandscheibenvorfall. Dabei wird es zwischen einer Protrusion, Vorwölbung ohne Perforation des Anulus fibrosus, und einem Prolaps, Vorfall des Bandscheibengewebes mit Perforation des Faserrings, unterschieden. Wird das hintere Längsband durchbrochen, so dass die Bandscheibentrümmer direkten Kontakt zu neuralen Strukturen haben, spricht man von einem sequestrierten Diskusprolaps. Die Konsequenzen degenerativer Halswirbelsäulenerkrankungen können

unterschiedlich sein. Im Falle einer Wurzelkompression würden Schmerzen, abgeschwächte Reflexe, motorische Schwächen und/oder Sensibilitätsstörungen auftreten. Falls es sich um eine mediale Hernie handelt, würde die Rückenmarkskompression zu motorischen Querschnittsausfällen, Harnverhalt, Mastdarminkontinenz oder/und erektiler Dysfunktion führen (Steiger HJ, 2006).

1.1.2 Zervikale Myelopathie

Bei der zervikalen Myelopathie handelt es sich um ein vielseitiges Beschwerdebild, das aus der Kompression des Rückenmarks und seiner Gefäße resultiert. Die Erkrankung tritt in der Mehrheit der Fälle jenseits des 50. Lebensjahres auf. Eine genaue Häufigkeit und Prävalenz sind immer noch unbekannt (Kalsi-Ryan S, 2012). Die häufigsten Symptome bei den Patienten mit spondylotischer Myelopathie sind feine motorische Störungen der Hände und eine spastische Tonuserhöhung in den Beinen mit einem breitbasigen, unsicheren Gang (Brain WR, 1952, Gorter K, 1976). Vegetative Störungen im Sinne von Blasen- und Mastdarmdysfunktion treten seltener und erst im späteren Verlauf der Krankheit auf. Seltener aber nicht ausgeschlossen ist die radikuläre Schmerzsymptomatik: Diese kommt in ca. 30% der Fälle vor (Bengel D, 2005).

1.2 Diagnostik

1.2.1 Bildgebende Verfahren

Im Falle persistierender Beschwerden, festgestellter Ausfallerscheinungen im Rahmen der neurologischen Untersuchung und /oder bei Verdacht auf spondylotische Myelopathie muss eine bildgebende Diagnostik angeordnet werden. Die Magnetresonanztomografie (MRT) eignet sich besonders gut für die Suche nach einer Wurzel- oder Myelonkompression, einer Raumforderung oder nach entzündlichen Veränderungen. Falls ein MRT-Befund unzureichend ist, kann eine Computertomografie (CT) bei der radiologischen Abklärung knöcherner Veränderungen sowie der Weite von Neuroforamina notwendig sein. Nativröntgenaufnahmen sind am Anfang der Diagnostik sowie bei peri- und postoperativen Kontrollen unerlässlich, da sie einen Überblick über das Ausmaß degenerativer Veränderungen verschaffen sowie die Lage des im Rahmen einer Operation eingebrachten Implantats gut darstellen. Zwei Funktionsaufnahmen in Extension und Flexion können Hinweise für eine Instabilität liefern.

1.2.2 Weitere apparative Diagnostikmethoden

Beim Erstellen von Differenzialdiagnosen z.B. zu multiple Sklerose, amyotrophe Lateralsklerose oder periphere Kompressionssyndrome wie Karpaltunnelsyndrom müssen oft zusätzlich neurophysiologische Untersuchungen durchgeführt werden. Sie liefern aussagekräftige Informationen über das Ausmaß einer Schädigung der sensiblen und motorischen Bahnen. Für die Indikationsstellung eines chirurgischen Eingriffs sowie für die darauffolgenden Verlaufskontrollen ist die neurophysiologische Untersuchung der peripheren Nerven mittels Neurografie, der Pyramidenbahnen mittels motorisch evozierter Potenziale und der afferenten Hinterstränge mittels somatosensibel evozierten Potenziale von großer Bedeutung (Dvorak J, 1996).

1.3 Therapie

1.3.1 Konservative Therapie

Das Spektrum der konservativen Therapiemöglichkeiten ist sehr breit. Solange der Patient keine oder keine progredienten neurologischen Defizite aufweist und es sich um einen kleinen Bandscheibenvorfall oder Bandscheibenprotrusion handelt, sollte ihm zunächst von dem chirurgischen Eingriff abgeraten werden. Auch im Falle von Myelopathie mit nur diskreter Symptomatik, die sich im Laufe der Zeit nicht massiv verschlechtert, könnte der Patient seine Beschwerden zuerst auf konservative Weise behandeln lassen. Zu den wichtigsten konservativen Therapieansätzen zählen Physio-, physikalische und medikamentöse Therapie.

1.3.2 Operative Therapie

Eine Indikation für die operative Therapie wird im Falle spezifischer Schmerzen mit nachweisbaren morphologischen Schädigungen (wie z.B. Bandscheibenvorfall oder Spinalkanalstenose) und nach Ausschöpfung konservativer Maßnahmen in einem zeitlichen Rahmen von mind. 6-8 Wochen gestellt. Eine weitere Indikation besteht bei relevanten neurologischen radikulären Defiziten. Die Indikation eines chirurgischen Eingriffes kann ebenso in der polyradikulären Symptomatik, Zervikozephalgien, progredienter Myelopathie oder vegetativen Störungen liegen (Schnake KJ, 2012). Das Ziel einer solchen Therapie besteht in der Dekompression der intraspinalen und neuroforaminalen Strukturen. Im Falle der Myelopathie und der Indikation eines chirurgischen Eingriffs sollte dieser rasch erfolgen, da lange bestehende Myelopathien nur schlecht auf die Therapie anzusprechen scheinen (Handa Y, 2002). Eine

Operation verkürzt einerseits die Dauer der Schmerzen, was die Lebensqualität des Patienten positiv beeinflusst. Langfristig konnten jedoch keine Verbesserungen im Vergleich zu konservativer Behandlung bezüglich der Schmerzen und des funktionellen Outcomes gezeigt werden (Persson LC, 1997).

Der operativen Therapie stehen dabei zwei wichtige Zugänge zur Verfügung: der dorsale und der ventrale Zugang.

1.3.2.1 Dorsales Verfahren

Operationen an der Halswirbelsäule erfolgten anfänglich über einen dorsalen Zugang. Bis in die 40er Jahre des vorigen Jahrhunderts dominierte bei den chirurgischen Eingriffen an der Halswirbelsäule die Laminektomie über einen hinteren Zugang. Bei dem Eingriff handelt es sich um die Entfernung eines Wirbelbogens zusammen mit dem Dornfortsatz, um auf diese Weise Platz für das notwendige chirurgische Vorgehen zu schaffen. 1944 berichteten Spurling RG und Scoville WB von ihren Erfolgen bei der Durchführung solcher chirurgischer Eingriffe. Der Nachteil einer Laminektomie liegt darin, dass aus der Entfernung der Wirbelbögen oft Instabilitäten auf Höhe des operierten Segmentes resultieren. Diese wiederum führen zu Kyphosen und dadurch zu einer zunehmenden ventralen Kompression des Myelons. Eine Studie von Kaptain et al. (2000) ergab eine 21%-ige Häufigkeit der Kyphosen nach einer erfolgten Laminektomie. Aus diesem Grund wurde die Laminoplastik entwickelt, bei der die Wirbelbögen nur partiell abgelöst, angehoben und anschließend in der neuen Stellung fixiert werden. Weiterhin beschrieb Frykholm 1951 die dorsale zervikale Mikroforaminotomie als eine gewebeschonende, risikoarme und bewegungserhaltende Operationsmethode (Frykholm R, 1951). Sie ist auch heute noch weit verbreitet und bei Behandlung von isolierten Neuroformenstenosen sowie weichen, sehr weit lateral liegenden Bandscheibensequestern indiziert (Grimmer A, 2011).

1.3.2.2 Ventrales Verfahren

Ventrale operative Zugänge zur zervikalen Wirbelsäule wurden erstmals in den Fünfzigerjahren des 20. Jahrhunderts für die Behandlung degenerativer Erkrankungen beschrieben (Cloward R 1958, Smith GW 1958). Als Indikationen galten damals Bandscheibenvorfälle, zentrale oder laterale Spinalkanalstenosen (Foramenostenosen) sowie Krümmstörungen. Ursprünglich wurde die Bandscheibe

mit körpereigenem Beckenspan ersetzt. Die Entnahme dieses Knochens ist allerdings mit Komplikationen an der Entnahmestelle sowie mit den meisten postoperativen Beschwerden, hauptsächlich Schmerzen, verbunden (Hacker RJ, 2000, Silber JS, 2003). Aus diesem Grund kamen mehr und mehr die artifizialen Implantate aus Titan, Carbon sowie Polyketonether zum Einsatz. Die Verwendung sowohl von körpereigenem Knochen als auch von künstlichen Implantaten ist jedoch mit einer gewissen Rate an Nichtfusion sowie Sinterung verbunden (Barsa P, 2001, Gercek E, 2003).

Die ventrale Operationstechnik ermöglichte eine Dekompression neuraler Strukturen, Diskektomie und Wiederherstellung einer physiologischen Krümmung sowie eine Stabilisierung durch interkorporelle Spondylodese mittels körpereigenen oder körperfremden Knochenmaterials. Als in den Siebzigerjahren Orozco die Plattenosteosynthese für die HWS beschrieben hatte, konnte man ebenso traumatische Instabilitäten als eine Indikation für den ventralen Zugang betrachten (Orozco R, 1971).

Anfang der 1980er Jahre kam von Caspar die Entwicklung eines kompletten mikrochirurgischen Instrumentariums für den ventralen Zugang (Caspar W, 1989). Spezielle Retraktoren und Distractionsschrauben optimierten vor allem die Ausräumung des Bandscheibenfaches und die Dekompression des Spinalkanals. Darüber hinaus führte der Einsatz mikrochirurgischer Prinzipien wie die topografische Zugangsplanung, Verbesserung der Patientenlagerung, ästhetische Schnittführung, Einsatz von optischen Hilfen sowie die anatomische Präparationstechnik zu noch besseren Ergebnissen. Diese Verbesserungen führten dazu, dass der ventrale Zugang sich zum Standard entwickelte.

2. Zielsetzung

Die anteriore zervikale Diskektomie und Fusion mittels eines Implantats hat sich im neurochirurgischen Alltag zu einem routinierten Vorgehen in der Behandlung degenerativer Erkrankungen der Halswirbelsäule entwickelt. Viele Autoren zeigten, dass die Fusionsraten bei multisegmentalen ACDF-Operationen signifikant sinken, weshalb sie den Einsatz von Plattenosteosynthesen empfehlen (Bohlmann HH 1993, Geer CP 1999, Hacker RJ 2000). Mit zunehmendem Einsatz von Plattenosteosynthesen jedoch sind auch höhere Raten an Implantatversagen berichtet worden (Lowery GL 1998, Stulik 2007, Fountas KN 2006). Die vorliegende Arbeit soll

zeigen, dass die klinischen und bildmorphologischen Ergebnisse nach einer interkorporalen Implantation eines PEEK-Cages ohne zusätzliches Knochenmaterial dermaßen zufriedenstellend sind, dass auf eine Verplattung verzichtet werden kann.

3. Material und Methoden

3.1 Patientenkollektiv

Die vorliegende retrospektive Studie wurde mit Patienten in einem Lebensalter von über 18 Jahren durchgeführt, die sich in dem Zeitraum von drei Jahren zwischen 2007 und 2010 in dem Neuro-Kopf-Zentrum der Universitätsklinik Rechts der Isar in München einer ACDF mittels Implantation eines PEEK-Cages unterzogen. Die Indikation zur Durchführung einer ACDF wurde im Falle von therapieresistentem monoradikulärem Schmerzsyndrom, monoradikulärem neurologischem Defizit oder persistierender und/oder progredienter zervikaler Myelopathie mit Korrelat in der bildgebenden Diagnostik gestellt. Von der Studie ausgeschlossen waren Patienten, die zum Zeitpunkt der Operation Tumore, osteoporotische oder entzündliche Veränderungen an der Halswirbelsäule, Frakturen sowie frühere chirurgische Eingriffe im Bereich des operativ versorgten zervikalen Abschnittes aufwiesen.

3.2 PEEK-Cage

Aufgrund der möglichen Komplikationen zieht man es heute vor, ein künstliches Implantat anstatt eines autologen Transplantats aus dem Beckenkamm zu verwenden (Thomé C 2004, Hwang SL 2007, Jacobs W 2011). Nach wie vor ist es nicht eindeutig, ob und inwiefern das gewählte Material Auswirkungen auf das klinische Ergebnis hat. In manchen Studien zeigte sich der PEEK-Cage einem solchen aus Titan überlegen (Niu CCI 2010, Chen Y 2013). In anderen wiederum ergaben sich keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (Cabraja M 2012, Chou YC 2008). Heutzutage werden sowohl Cages aus Titan als auch aus PEEK und solche mit Knochen bildenden Substanzen verwendet. In der vorliegenden Arbeit wurde ein PEEK-Cage der Firma SIGNUS verwendet (NUBIC®, SIGNUS, Medizintechnik GmbH, Alzenau, Deutschland) verwendet (Abbildung 1). Dabei handelt es sich um einen PEEK®-Polymer (Poly-Ether-Ether-Keton). Dieser Implantatwerkstoff besitzt ausreichend gute Eigenschaften, sodass er sowohl Keramik als auch Aluminium, Stahl oder Titan ersetzen kann.

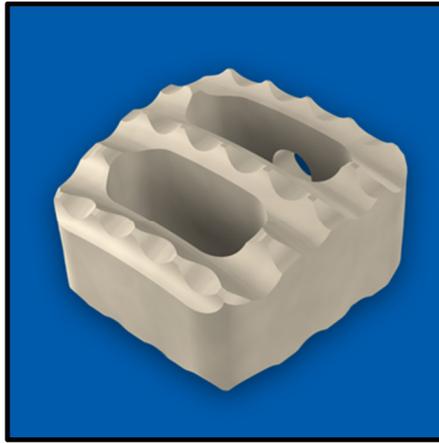


Abbildung 1: NUBIC PEEK Cage

Er wurde speziell für anteriore zervikale Diskektomien entwickelt. Aufgrund seiner Materialeigenschaften zeichnet sich der Cage durch Widerstandskraft gegen Chemikalien, Hitze, Dampf, Strahlung und Abrieb aus. Seine Vorteile liegen in der Möglichkeit einer artefaktfreien MRI-Untersuchung, in der einfachen Identifikation und Positionierung aufgrund des Titanmarkers, in der guten physiologischen Verträglichkeit wegen eines dem menschlichen Knochen nahen elastischen Eigenschaften und in der sicheren Verankerung mit seiner gezahnten Oberfläche. Die gefensterterte Struktur und gewölbte Oberfläche ermöglichen eine knöcherne Durchbauung sowie eine Adaption an den Wirbelkörper. Auf eine Nackenstütze nach der Operation konnte verzichtet werden. Tägliche Aktivitäten mussten ebenso nicht eingeschränkt werden.

3.3 Prä- und postoperative klinische Daten

Beim Erheben klinischer Daten wurde die Unterteilung in Nuchalgie, Brachialgie und Myelopathie unternommen. Die Patienten wurden bezüglich ihres Beschwerdebildes und seines Ausmaßes (leicht, mittel, stark) befragt sowie untersucht. Man notierte zusätzlich sonstige Begleiterscheinungen beim Patienten. Paresen wurden anhand des „Medical Research Council graduierung skala“ in die Untersuchung miteinbezogen. All diese Daten bezogen sich sowohl auf prä- als auch postoperativen Zustand nach mindestens einem Jahr. Relevant für die Untersuchung waren ebenso die direkt postoperativ aufgetretenen Komplikationen, wie z.B. Schluckbeschwerden. Alter, Geschlecht und Beginn der Beschwerden wurden ebenfalls dokumentiert.

3.4 Prä- und postoperative radiologische Daten

Eine große Aussagekraft liefern röntgenologische Bildgebung und ihre Auswertung. Postoperativ muss mindestens eine Aufnahme angefertigt werden, die die Lokalisation des Nubic-Cages darstellt (Abbildung 2 A). Bei der Kontrolle, die nicht früher als nach einem Jahr stattfindet, werden Funktionsaufnahmen angefertigt, um Fusion und Anschlussinstabilitäten auszuschließen oder evtl. festzustellen (Abbildung 2 B).

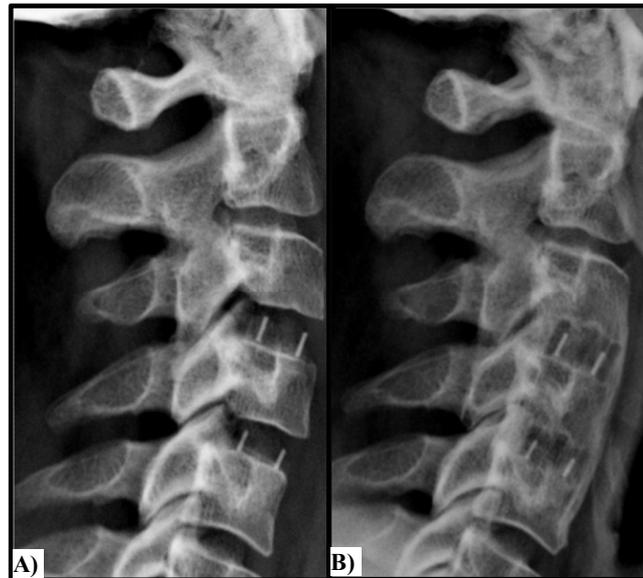


Abbildung 2: Stellungsaufnahmen: A) Zustand direkt nach der OP, **B)** Zustand ca. ein Jahr nach der OP mit deutlich sichtbarer Fusion

Bei einer Zunahme des Abstands von $\geq 2\text{mm}$ zwischen den Wirbelfortsätzen in Extension bzw. Flexion geht man von einer Nicht-Fusion aus (Kaiser MG, 2009) (Abbildung 3. A und B).

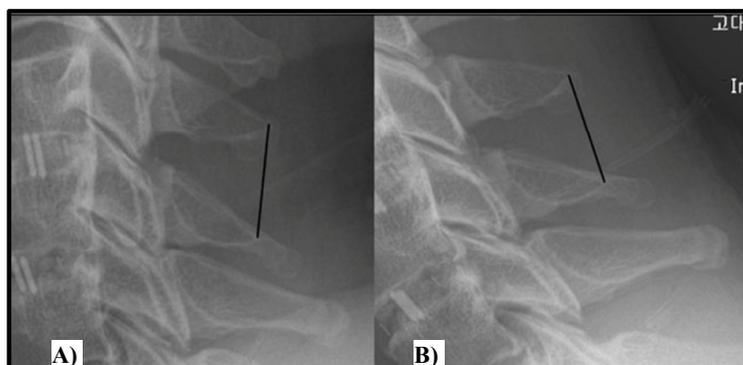


Abbildung 3: Funktionsaufnahmen: A) In Extension, **B)** In Flexion

Für die Auswertung des Sinterungsverhaltens des Implantats wird postoperativ und bei der Kontrolluntersuchung der Abstand zwischen der unteren und der oberen Deckplatte der Wirbelkörper, wo sich der Cage bzw. die Cages befinden, gemessen (Abbildung 4 A und B). Man spricht von Sinterung, wenn ein Höhenverlust von 3mm, 5mm und 7mm bei einer, zwei oder drei operierten Etagen zu verzeichnen ist (Gercek 2013, Karikari 2014).

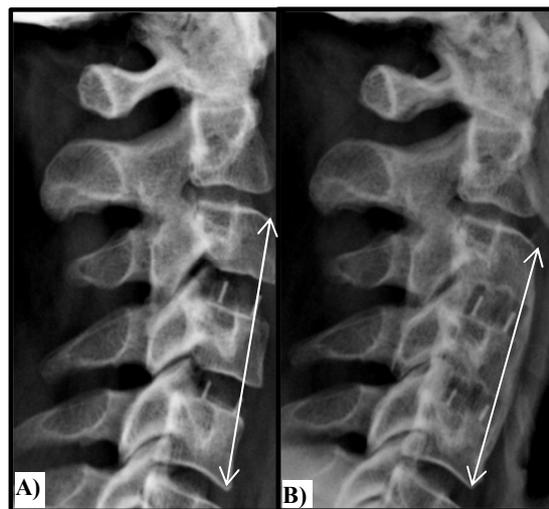


Abbildung 4: Sinterungsverhalten der Implantate: **A)** Höhe der operierten Segmente direkt nach der OP, **B)** Höhe der operierten Segmente ca. ein Jahr nach der OP

Mit der Messung nach Laing kann man eine Aussage über die Krümmung der Halswirbelsäule treffen (Laing RJ, 2001). Dazu bildet man eine Tangente an der Hinterwand des zweiten und siebten Halswirbels (Abbildung 5 A). Liegen somit alle Wirbelkörper vor der Tangente, spricht man von Lordose. Dies ist eine physiologische gesunde Haltung. Beim Vorliegen eines oder mehrerer Wirbelkörper auf der Tangente, liegt eine neutrale Krümmung vor. Befindet sich einer oder mehrere Wirbelkörper sogar hinter der Tangente, bezeichnet man den Zustand als Kyphose. Zur Feststellung der Krümmung dient auch die Winkelmessung nach Katsuura (Gore DR, 1976). Dabei handelt es sich um einen Winkel zwischen zwei Tangenten an der Hinterwand vom zweiten und siebten Wirbelkörper (Abbildung 5 B). Prä- und postoperative Messungen werden miteinander verglichen.

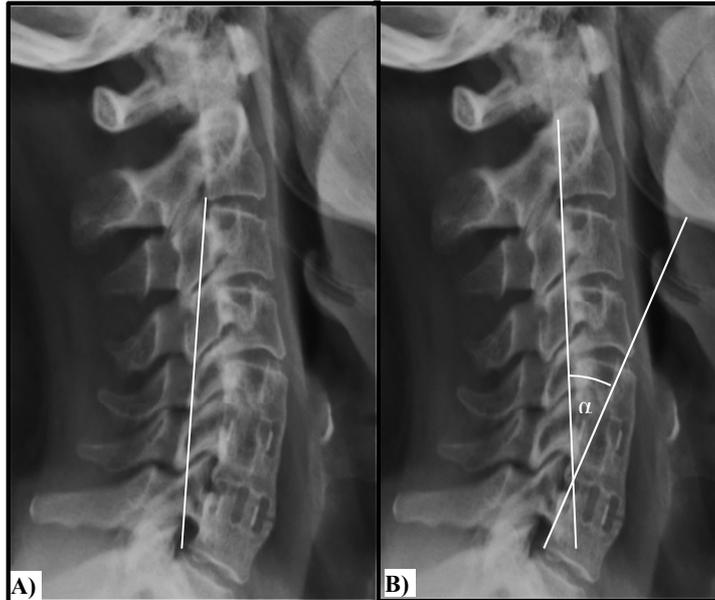


Abbildung 5: Feststellung der HWS-Krümmung A) Nach Laing (hier: Lordose), B) Nach Katsuura

3.5 Fragebögen

Die Patienten wurden bei dem Kontrolltermin gebeten einen Fragebogen auszufüllen. Die darin enthaltenen Fragen beziehen sich auf den körperlichen und geistigen gesundheitlichen Zustand vor und nach dem chirurgischen Eingriff. Es wurde der standardisierte EuroQOL-Fragebogen (ED-5D) sowie die Visuelle Analog Skala verwendet (siehe Anhang).

3.5.1 EuroQol

Das Ziel dieser Befragung lag in der subjektiven präferenzbasierten Lebensqualitätsmessung. Der Bogen beinhaltet insgesamt sieben Fragen, die sich auf die Mobilität, Fähigkeit für sich selbst zu sorgen, die allgemeinen Tätigkeiten, körperliche Beschwerden, Angst und den allgemeinen Gesundheitszustand beziehen. Es handelt sich um One-choice-Fragen mit jeweils drei Antwortmöglichkeiten, wie z.B. „Ich habe keine/mäßige/extreme Schmerzen oder Beschwerden“.

3.5.2 Visuelle Analog Skala (VAS)

Am Ende des EuroQol-Fragebogens fanden die Patienten die Visuelle Analogskala vor. Ihr Sinn besteht darin, prä- und postoperative Schmerzen sowie Änderungen der Schmerzzustände im Laufe einer längeren Zeit zu beschreiben und zu vergleichen.

Auf einer horizontalen 10cm langen Skala wurde dem Schmerzzustand entsprechend eine Zahl zwischen 0 (bester denkbare Zustand) und 10 (schlimmster Schmerz) angekreuzt. Auf diese Weise konnte man die Werte vor und nach dem chirurgischen Eingriff miteinander vergleichen. Die visuelle Analog-Skala ermöglicht außerdem die Veränderung der Schmerzen zu bewerten. Dafür wird der VAS-Wert vor der Operation von dem nach der Operation abgezogen. Negative Werte bedeuten dann eine Verbesserung der Schmerzsymptome, positive eine Verschlechterung, und eine Null entspricht einem unveränderten Schmerzzustand.

3.6 Statistische Auswertung

Die Datenerfassung, Textverarbeitung und Erstellung von Grafiken erfolgte mit Hilfe des Textprogramms Microsoft Word 2007 bzw. Microsoft Excel 2007. Die Analyse der Daten wurde mit SPSS Version 22 durchgeführt (SPSS, Inc. Chicago, Illinois). Im Rahmen der multivariaten Datenanalyse fand größtenteils der χ^2 -Test Anwendung. Dies war der Fall bei Korrelationen zwischen Fusion, Sinterung, Höhenanzahl und den klinischen Parametern. Die Veränderung der zervikalen Krümmung und des klinischen Outcomes wurde mittels One-Way-ANOVA analysiert. Als Signifikanzgrenze wurden p-Werte von $p \leq 0,05$ festgelegt.

4. Ergebnisse

Es wurden insgesamt 409 Patienten erfasst, die im genannten Zeitraum über eine ACDF operiert wurden. 29 Patienten wurden ausgeschlossen, weil bei diesen eine ventrale Verplattung aufgrund von Trauma oder Spondylodiszitis notwendig war. Ein Teil, 49 Patienten, stammte oder lebte zur Zeit der Nachuntersuchungen im Ausland. 11 Patienten sind leider in der Zwischenzeit verstorben, aber nicht an Folgen der Operation. Die als Routine durchgeführte Kontrolluntersuchung wurde von 30 Patienten abgelehnt. 23 Patienten konnten weder telefonisch noch postalisch erreicht werden. Insgesamt konnten also 265 von 318 geeigneten Patienten nachuntersucht werden (Abbildung 6).

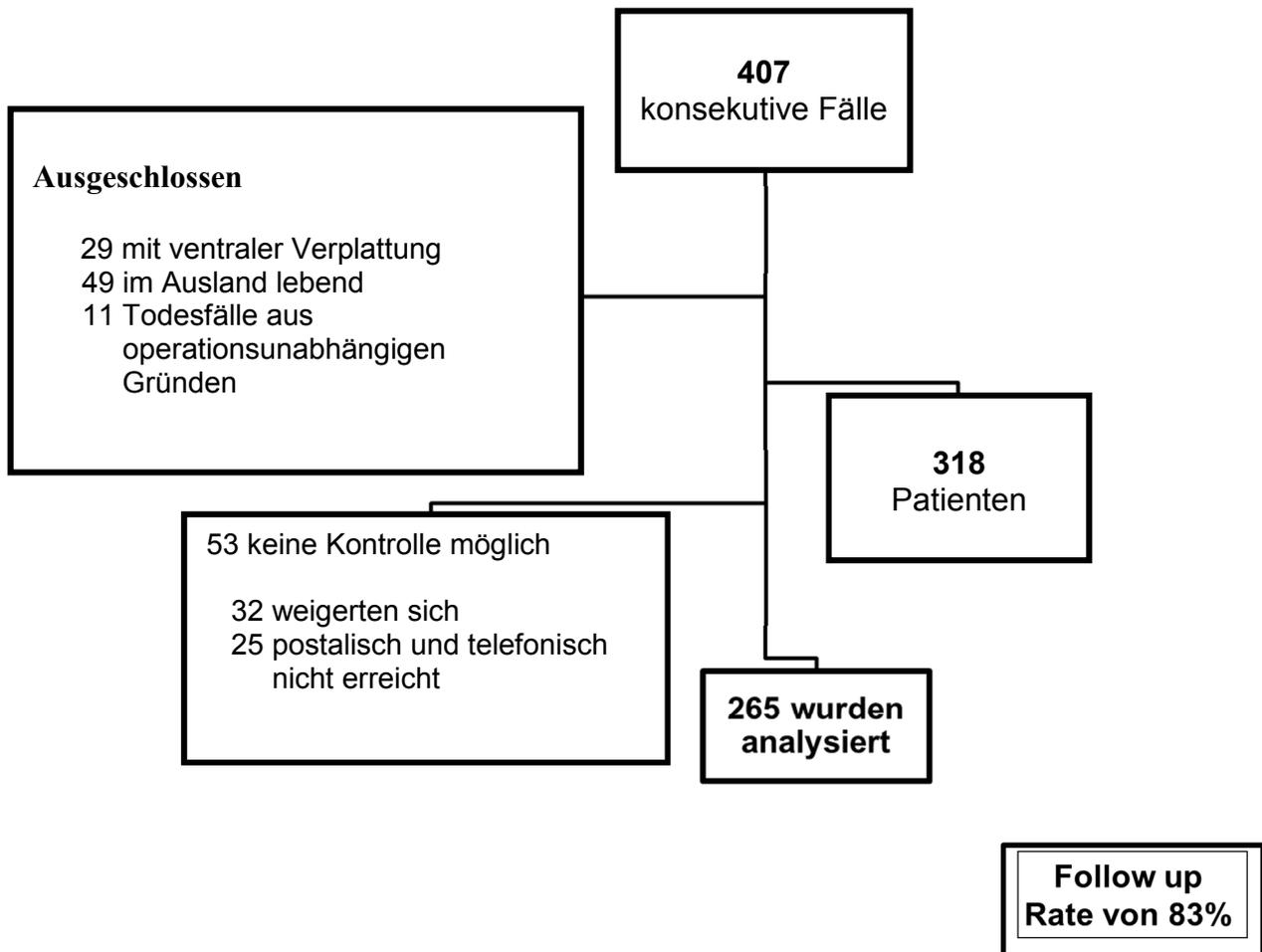


Abbildung 6: Patientenpool

4.1 Untersuchungszeitspanne, Geschlechts- und Altersverteilung, Höhenanzahl

Klinische Daten der Patienten wurden kurz vor der Operation und mindestens zwölf Monate, höchstens 62 Monate nach dem chirurgischen Eingriff in Arztbriefen festgehalten. Röntgenologische Untersuchung erfolgte unmittelbar nach der Operation sowie bei der Kontrolluntersuchung nach durchschnittlichen 21 Monaten (im Bereich zwischen 12 und 47 Monaten). Die Geschlechtsverteilung war folgende: 47% Frauen (126), 52% Männer (139). Das Durchschnittsalter der Patienten lag zum Zeitpunkt des operativen Eingriffs bei 55 Jahren. Der jüngste war 29 Jahre alt, der älteste 87. 127 Patienten wurden in einer Höhe operiert, 125 in zwei, 13 in drei. Von zervikaler spondylotischer Myelopathie waren 132 Patienten (49%) betroffen, von zervikaler Radikulopathie 133 (50%) (Tab.1).

| | Radikulopathie Gruppe | Myelopathie Gruppe | Alle Patienten |
|--------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Anzahl der Patienten | 133 (50%) | 132 (49%) | 265 |
| Mittleres Alter | 52 | 58 | 55 |
| Geschlecht | | | |
| Männlich | 77/133 (57%) | 62/132 (46%) | 139 (52%) |
| Weiblich | 56/133 (42%) | 70/132 (53%) | 126 (47%) |
| Anzahl operierter Höhen | | | |
| Eine Höhe | 67/133 (50%) | 60/132 (45%) | 127/265(47%) |
| Zwei Höhen | 62/133 (46%) | 63/132 (47%) | 125/265(47%) |
| Drei Höhen | 4/133 (3%) | 9/132(6%) | 13/265 (4%) |
| Dauer der Beschwerden | | | |
| < 12 Monate | 99/133(74%) | 77/132(58%) | 176/265(66%) |
| 12- 24 Monate | 17/133(12%) | 32/132(24%) | 49/265(18%) |
| > 24 Monate | 17/133(12%) | 23/132(17%) | 40/265(15%) |

Tabelle 1: Patientenverteilung nach Merkmalen Geschlecht, Anzahl der Operationen und Dauer der Beschwerden

4.2 Auswertung klinischer Daten

4.2.1 Nuchalgie

Präoperative Nackenschmerzen wiesen 99% der Radikulopathie-Patienten und 63% der Myelopathie-Patienten auf. Nach der Operation erfolgte ein Rückgang dieser auf 44% und 34% jeweils bei Patienten mit Radikulopathie und Myelopathie. Insgesamt konnte man eine Reduktion aller betroffenen Fälle mit Nackenschmerzen um die Hälfte, von 81% auf 40%, feststellen. Dabei sollte man beachten, dass sich die Nackenbeschwerden insgesamt bei 60% aller Patienten geringer wurden, bei 35% gleich blieben und nur bei 4% sich verschlimmerten. Am deutlichsten war die Verbesserung bei den Radikulopathie-Patienten zu sehen. Hier berichteten 79% der Patienten von einer Verbesserung. Bei Myelopathie-Patienten gab die Mehrheit von 51% den gleichen Nackenschmerz wie präoperativ an (Abbildung 7 und 8).

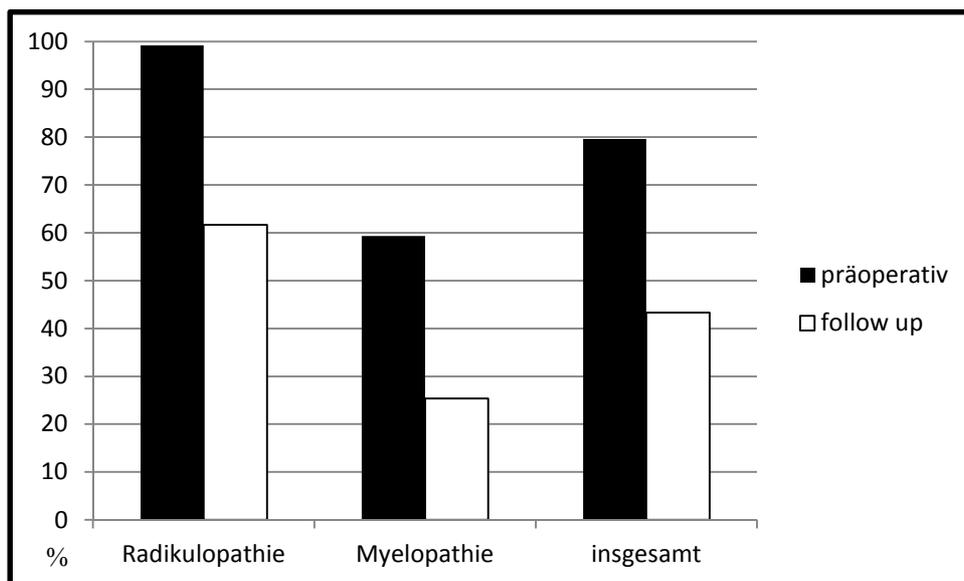


Abbildung 7: Anzahl der Patienten mit Nuchalgie prä- und postoperativ (in %)

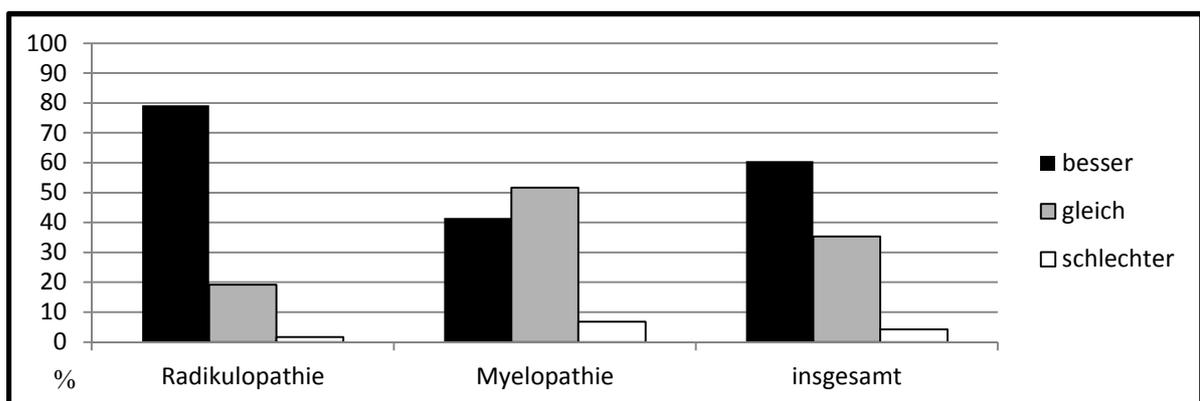


Abbildung 8: Verlauf der Nuchalgie (in %)

4.2.2 Brachialgie

Brachialgie wurde anfangs bei 99% der Radikulopathie-Patienten diagnostiziert und bei 59% der Patienten in der Gruppe mit Myelopathie. Bei der Kontrolluntersuchung waren es in der Gruppe 1 61% und in der Gruppe 2 nur noch 25%. Es konnte eine Verbesserung der Armschmerzen in 69% und 44%, keine Veränderung bei 29% und 48% sowie eine Verschlechterung in 1% und 6% der Patienten jeweils mit Radikulopathie und Myelopathie beobachtet werden (Abbildung 9 und 10).

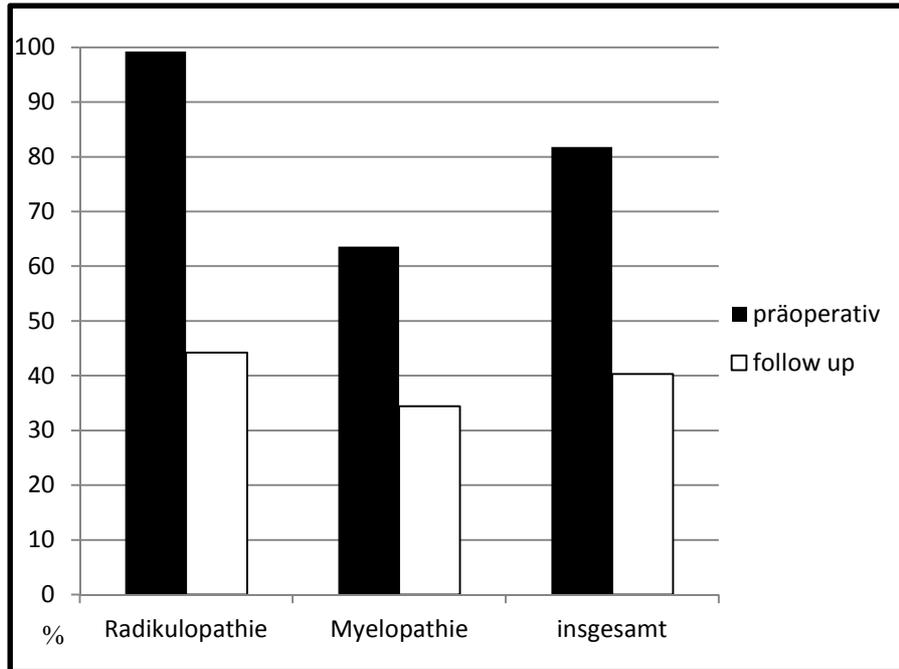


Abbildung 9: Anzahl der Patienten mit Brachialgie prä- und postoperativ (in %)

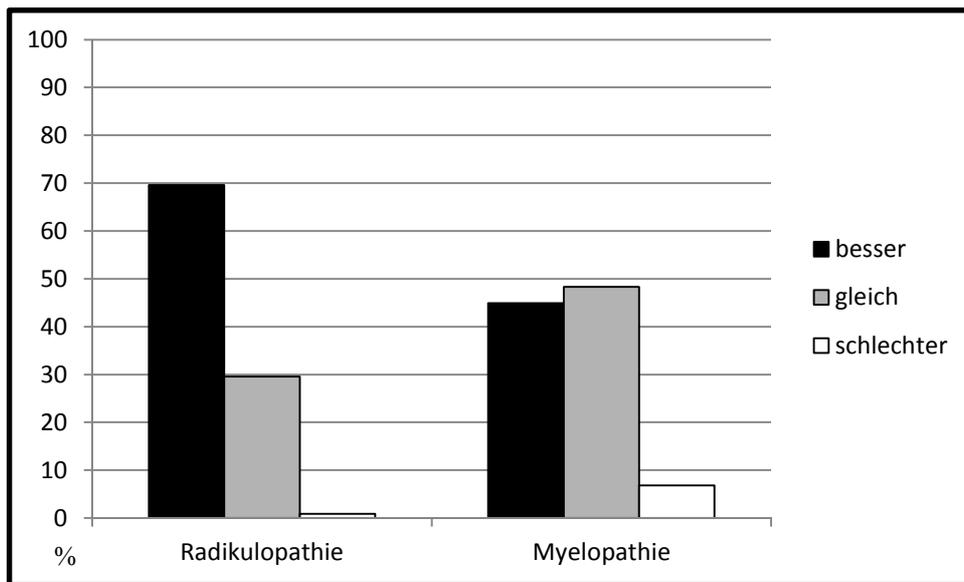


Abbildung 10: Verlauf der Brachialgie (in %)

4.2.3 Armschwäche

Armschwäche wurde anfangs bei 82 (61%) Patienten mit Radikulopathie und bei 34 (25%) Patienten mit Myelopathie beobachtet. Diese verbesserte sich in 69 (84%) bzw. 28 (82%) Fällen, blieb gleich in 11 (13%) und 5 (14%) Fällen, und wurde schlechter bei zwei (2%) und einem (2%) Patienten in den Gruppen mit Radikulopathie und Myelopathie (Abbildung 11).

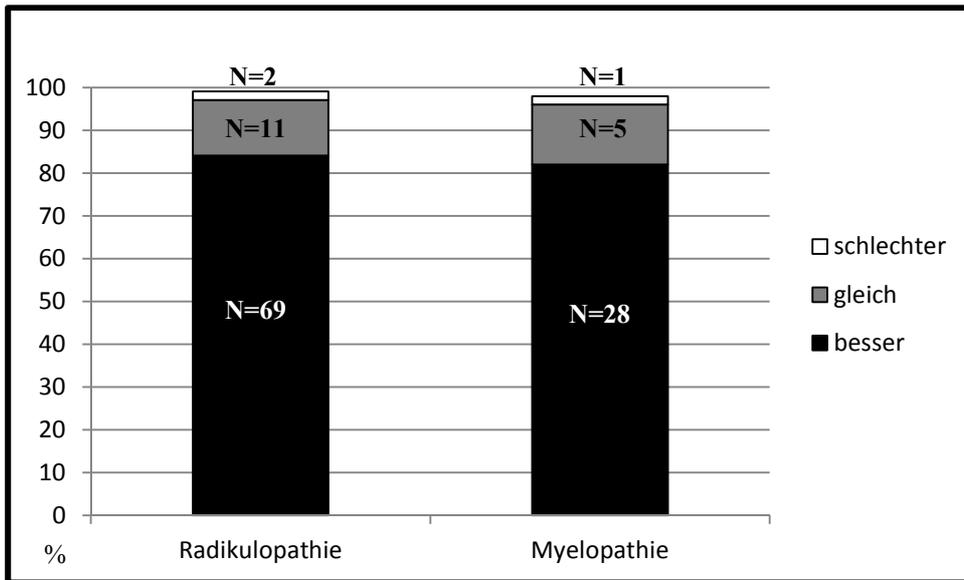


Abbildung 11: Verlauf der Armschwäche (in %)

4.2.4 Myelopathie

Die Myelopathie an sich blieb gleich bei 94 (71%) Patienten, wurde besser bei 37 (28%) und schlechter bei einem (0,7%) mit nachfolgender Operation (Abbildung 12).

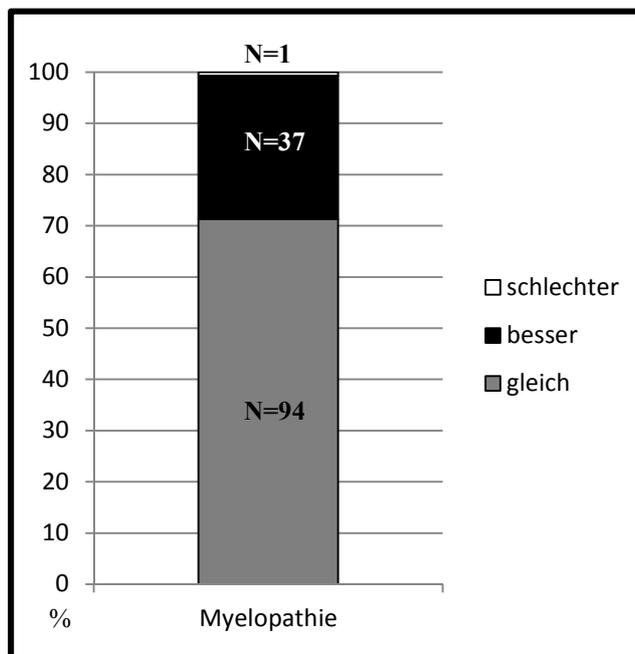


Abbildung 12: Verlauf der Myelopathie (in %)

4.2.5 VAS

Die Messung der subjektiven Schmerzempfindung anhand der visuellen analogen Schmerzskala (VAS) zwischen den Werten 0 und 10, wobei 10 die stärksten vorstellbaren Schmerzen bedeutete, lieferte folgende Ergebnisse: Präoperativ betrug der Mittelwert in der Radikulopathie-Gruppe 7,2, in der Myelopathie-Gruppe 5,8 und insgesamt 6,5. Diese Werte verbesserten sich deutlich sowohl in der ersten Gruppe auf 1,9 als auch in der zweiten Gruppe auf 2,2 und insgesamt auf 2,1 (Abbildung 13). Bei der Gesamtbetrachtung aller Patienten stellte man in 84% der Fälle eine Verbesserung im Sinne der Schmerzreduktion fest.

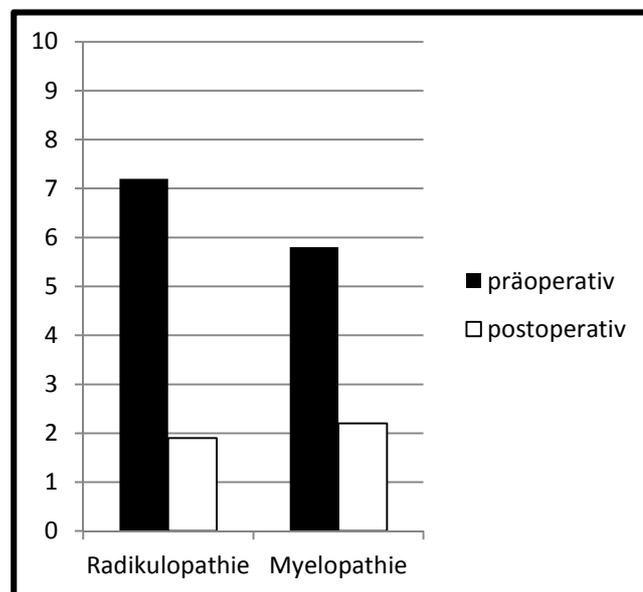


Abbildung 13: VAS prä- und postoperativ

4.2.6 Ergebnisse der EuroQOL-Fragebögen

In Bezug auf Mobilität konnte man insgesamt eine Verbesserung in 40% der Fälle verzeichnen. Wenn präoperativ mehr als die Hälfte (58%) aller Patienten Schwierigkeiten mit Gehen hatte, so waren es postoperativ nur noch 22% (Abbildung 14 und 15).

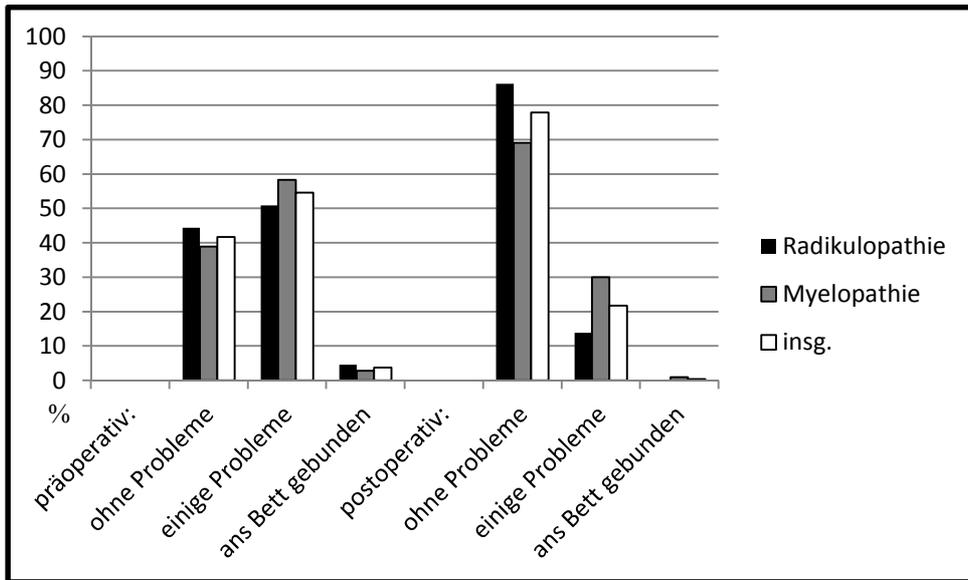


Abbildung 14: Mobilität (EuroQOL)

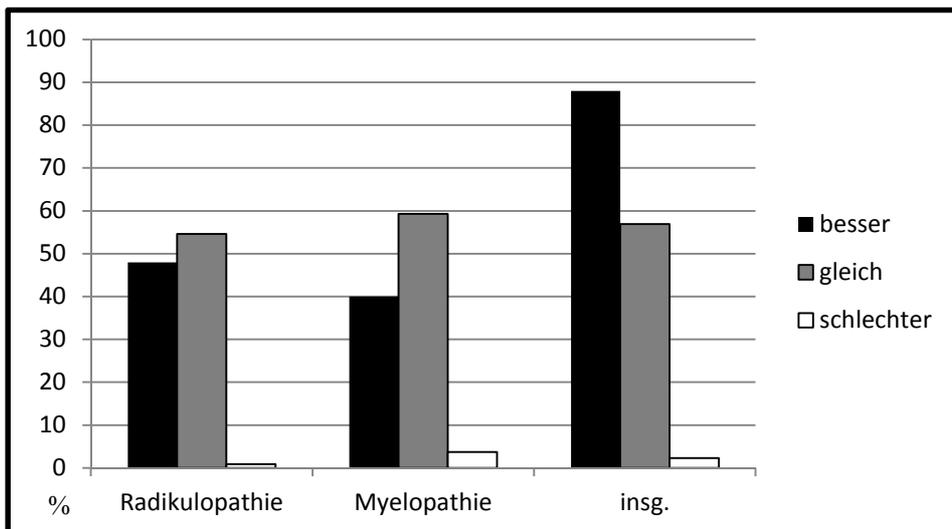


Abbildung 15: Mobilität, Verlauf

Während für sich selbst zu sorgen präoperativ für 42% aller Patienten ein Problem darstellte, berichteten nach der Operation bloß 23% davon. Somit konnte man eine Verbesserung in 36% aller Fälle feststellen (Abbildung 16 und 17).

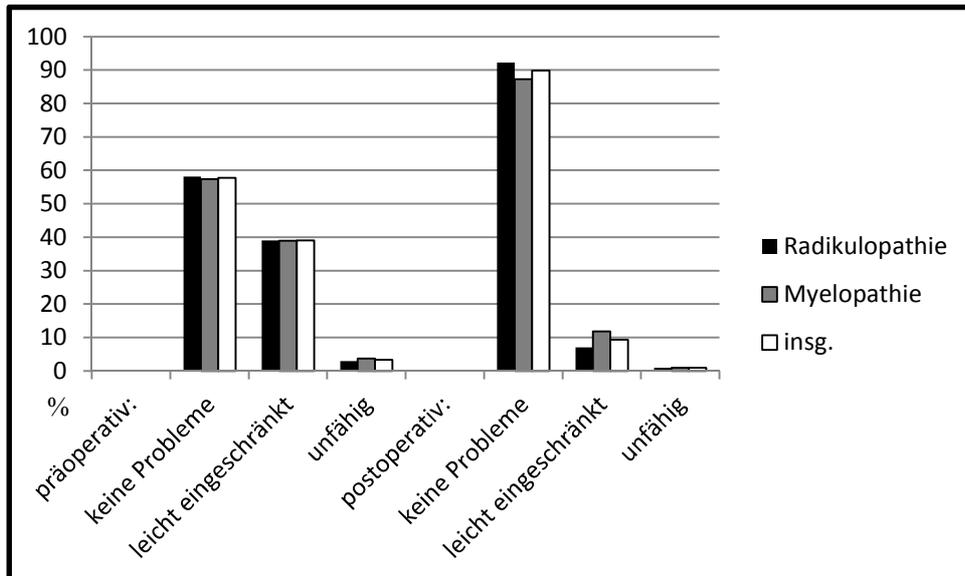


Abbildung 16: Für sich selbst sorgen (EuroQOL)

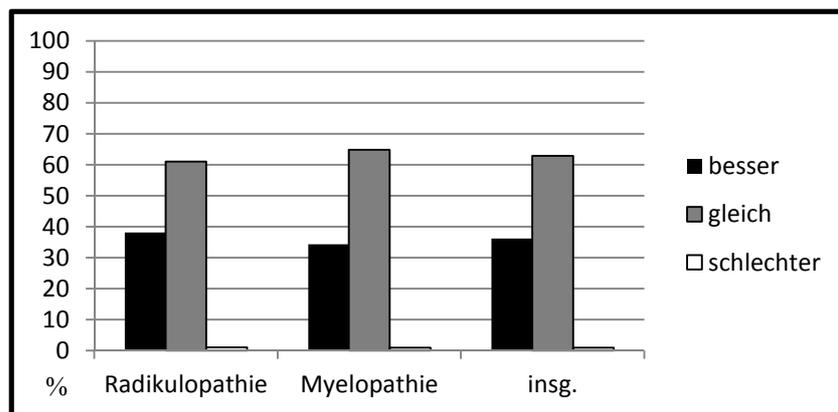


Abbildung 17: Für sich selbst sorgen, Verlauf

Bei der Ausübung alltäglicher Aktivitäten waren vor der Operation 79% der Patienten eingeschränkt. Postoperativ konnte dies nur in 35% der Fälle verzeichnet werden. Demzufolge ergab sich eine Verbesserung bei mehr als der Hälfte aller operierten Patienten (53%) (Abbildung 18 und 19).

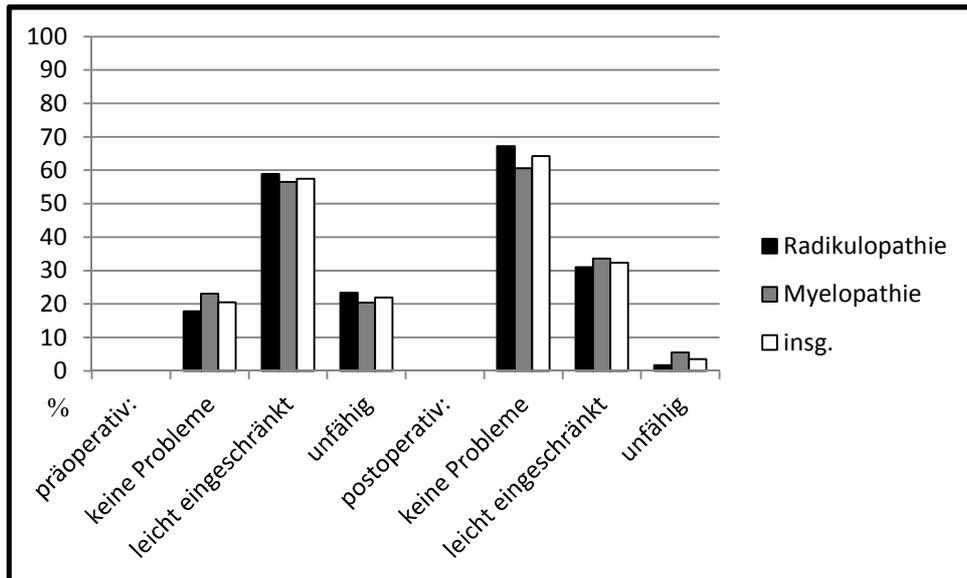


Abbildung 18: Ausübung alltäglicher Aktivitäten (EuroQOL)

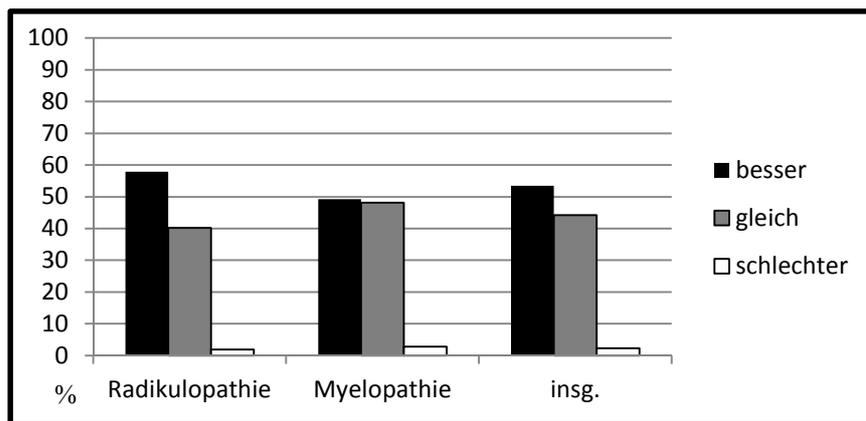


Abbildung 19: Ausübung alltäglicher Aktivitäten, Verlauf

In Bezug auf Schmerzen und Beschwerden konnte ebenso eine deutliche Verbesserung festgestellt werden. Vor der Operation gaben nur 6% aller Patienten keine Schmerzen an, 32% klagten über mäßige Schmerzen und bei 60% waren diese extrem. Nach der Operation waren 37% der Patienten schmerzfrei, 54% mit mäßigen Schmerzen und nur noch 8% mit extremen. Somit ergab sich insgesamt eine Verbesserung in 64% aller Fälle, keine Veränderung der Beschwerden gaben 32% der Patienten an, und von einer Verschlechterung berichteten bloß 3% (Abbildung 20 und 21).

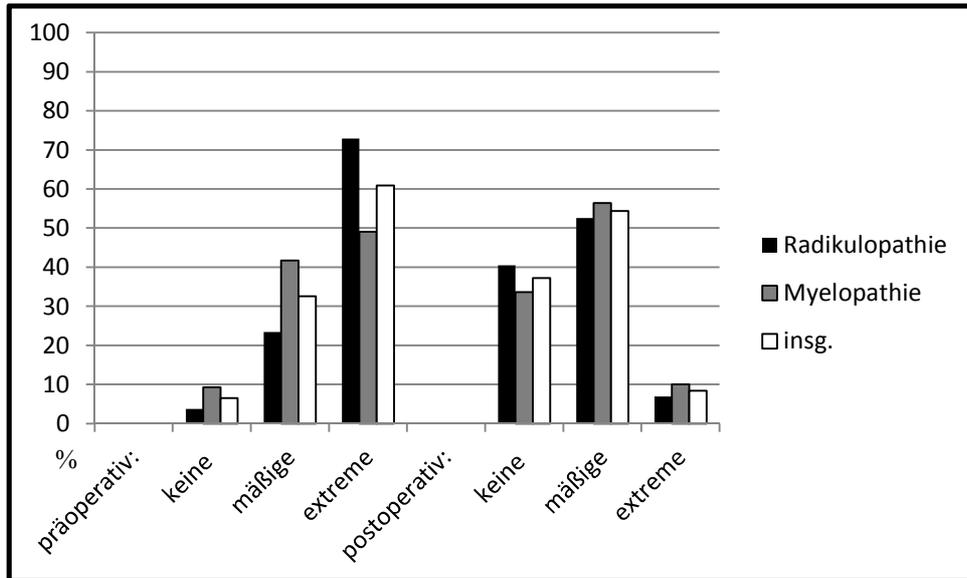


Abbildung 20: Schmerzen/Beschwerden (EuroQOL)

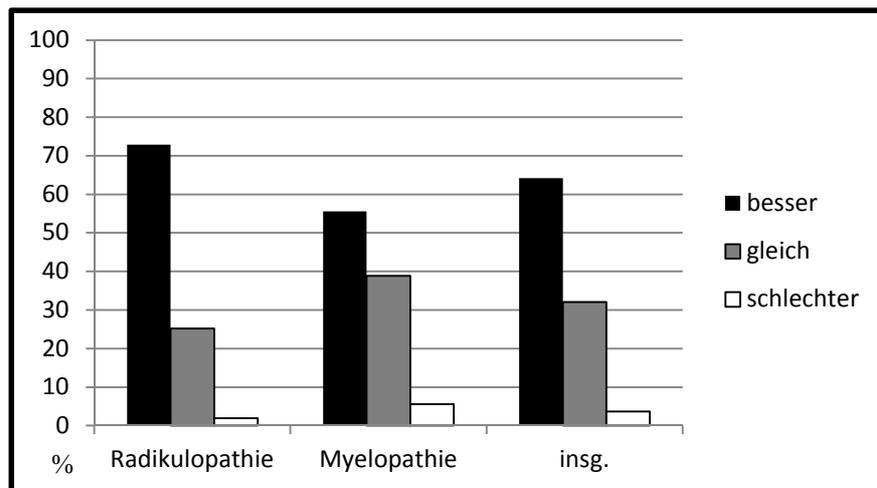


Abbildung 21: Schmerzen/Beschwerden, Verlauf

Bezüglich der psychischen Probleme, gaben präoperativ 48% der Patienten an, an depressiven Zuständen im Sinne von Ängstlichkeit und/oder Niedergeschlagenheit zu leiden. Postoperativ waren es nur noch 26% aller Fälle, wobei dieser Zustand bei 21% als mäßig zu bezeichnen war und bei 4% als extrem (Abbildung 22 und 23).

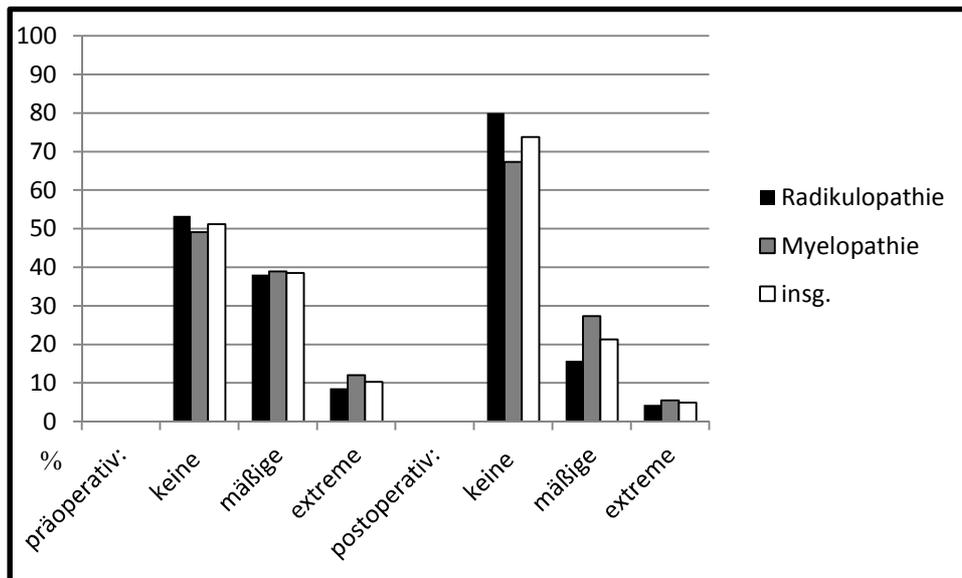


Abbildung 22: Psychische Probleme (EuroQOL)

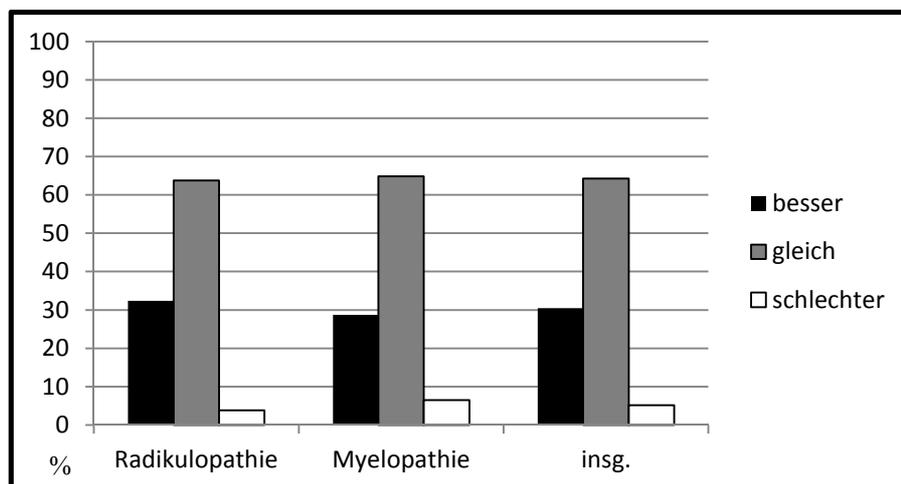


Abbildung 23: Psychische Probleme, Verlauf

4.3 Röntgenologische Ergebnisse

4.3.1 Fusion

In der Radikulopathie-Gruppe wurden 203 Segmente und in der Myelopathie-Gruppe 213 von insgesamt 416 Segmenten operiert. Anhand der Röntgenbilder konnte in der Gruppe 1 Fusion in 186 (91%) von 203 Höhen festgestellt werden. In der Gruppe 2 waren es 199 (93%) fusionierte Segmente von insgesamt 213. Bei allen Patienten, die in einer Höhe operiert wurden, konnten 109 (85%) Segmente fusionieren. Bei in zwei Höhen erfolgten Operationen fusionierten 239 (95%) Segmente. In Fällen, wo drei Segmente operiert wurden, erwiesen sich 37 (94%) von 39 Segmenten als fusioniert (Tabelle 2).

| | Alle Patienten |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Anzahl der operierten Segmente | 416 |
| Fusion/Segment | 385/416(92%) |
| Ein operiertes Segment | 109/127(85%) |
| Zwei operierte Semente | 239/250(95%) |
| Drei operierte Segmente | 37/39(94%) |
| Einsinterung | 68/265 (25%) |
| Ein operiertes Segment | 32/127 (25%) |
| Zwei operierte Semente | 34/125 (27%) |
| Drei operierte Segmente | 2/13 (15%) |
| Anschlußinstabilität | 65/265 (24%) |
| Ein operiertes Segment | 26/127 (20%) |
| Zwei operierte Semente | 37/125 (29%) |
| Drei operierte Segmente | 2/13 (15%) |

Tabelle 2: Radiologische Ergebnisse

4.3.2 Sinterung

Weiterhin wurde anhand der Röntgenaufnahmen das Einsinken der operierten Segmente untersucht. In der Radikulopathie-Gruppe konnte diese in 41 (31%) von 133 Fällen festgestellt werden. In der Myelopathie-Gruppe kam das Einsinken insgesamt 27 (20%) Mal vor. Bei allen Patienten, die in einer Höhe operiert wurden, konnten 68 (25%) Fälle mit abgesunkenen Segmenten festgestellt werden. Bei in zwei Höhen erfolgten Operationen kam es bei 34 (27%) Patienten zum Einsinken. In Fällen, wo drei Segmente operiert wurden, erwiesen sich 2 (15%) von 13 Fällen als abgesunken (Tab.2).

4.3.3 Anschlussinstabilität

Bezüglich der Anschlussinstabilität waren 23% in der Radikulopathie-Gruppe, 25% in der Myelopathie-Gruppe und insgesamt 24% aller Patienten davon betroffen. Bei allen Patienten, die in einer Höhe operiert wurden, konnte in 26 (20%) von 127 Fällen Instabilitäten in benachbarten Segmenten festgestellt werden. Bei in zwei Höhen

erfolgten Operationen kam es bei 37 (29%) Patienten zur Anschlussinstabilität. In Fällen, wo drei Segmente operiert wurden, erwiesen sich 2 (15%) von 13 Fällen als instabil. Eine Nachoperation aufgrund einer symptomatischen Anschlussinstabilität und eines Implantatversagens wurde notwendigerweise bei 16 (6%) und 4 (1,5%) Patienten durchgeführt (Tabelle 2).

4.3.4 Zervikales Alignment

Die Krümmung der Halswirbelsäule verändert sich postoperativ insgesamt mehr in Richtung Kyphose. Vor dem chirurgischen Eingriff hatten 50% aller Patienten eine Lordose, 39% eine neutrale Stellung der HWS und 9% eine Kyphose. Nach der Operation waren das 41%, 45% und 13%. Insgesamt konnte man eine Verbesserung oder Stabilisierung bei 85%, 84% und 69% der in einer, zwei oder drei Höhen operierten Patienten feststellen (Abbildung 24).

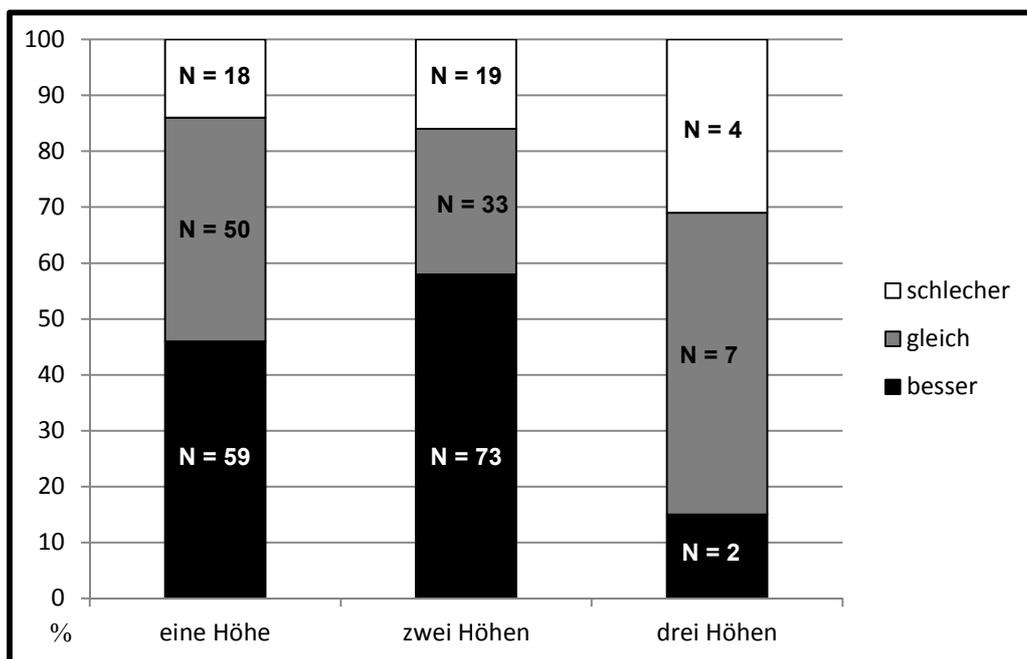


Abbildung 24: Veränderung des zervikalen Alignments nach der Operation

4.4 Korrelationsanalyse

Der allgemeine Schmerzzustand reduzierte sich umso mehr, je jünger die Patienten waren. Ein Schmerzurückgang war ebenso bei einer stattgefundenen Fusion zu verzeichnen.

Die Abnahme der Armschmerzen korrelierte ebenso mit jüngerem Alter.

Fortbestehende oder zunehmende Armschmerzen wurden sowohl bei Verschlechterung der Halswirbelsäulenkrümmung als auch bei älteren Patienten beobachtet. Eine Verbesserung war wiederum mit jüngerem Alter und Lordose assoziiert. Die Korrelation zwischen dem Grad der Halskrümmung und den Armschmerzen konnte jedoch in der Myelopathie-Gruppe und bei Gesamtbetrachtung aller Patienten festgestellt werden, nicht jedoch bei der Einzelbetrachtung der Radikulopathie-Gruppe.

Für den Parameter „Armschwäche“ konnte weder in der Gesamtgruppe noch in der Myelopathie-Gruppe eine signifikante Korrelation mit anderen Parametern gezeigt werden. Nur in der Radikulopathie-Gruppe ergab sich bei Patienten ohne Sinterung ein signifikant besserer Outcome bzgl. der Armschwäche als bei Patienten mit abgesunkenen Implantaten. Bei knapp 58% der Patienten ohne Sinterung wurde die Armschwäche besser, aber nur bei knapp 31% der Patienten mit Cage-Sinterung. Statistisch gesehen zeigten Myelopathie-Patienten mit Operationen in nur einer Höhe ein schlechteres Ergebnis als Patienten mit Operationen in zwei oder drei Höhen. Lediglich 17% der Patienten mit Operationen in einer Höhe zeigten eine Verbesserung ihres myelopathischen Beschwerdebildes. Im Vergleich dazu konnte bei Patienten, bei denen die Operationen in zwei und drei Höhen erfolgten, eine Verbesserung der klinischen Symptome in 32% und 75% der Fälle festgestellt werden. Demzufolge würde Patienten mit Kompressionen auf mehreren Höhen von einer Dekompression aller befallenen Etagen mehr profitieren. Das Alter wies einen tendenziell signifikanten Einfluss auf die Outcome-Variable Myelopathie auf. Ältere Patienten wiesen hier eher einen besseren Outcome bzgl. der Variable Myelopathie auf als jüngere Patienten. Der Zusammenhang ist aber bei einem Signifikanzniveau von 5% nicht signifikant. Patienten mit Anschlussinstabilität wiesen laut EuroQOL-Fragebögen eine geringere Verbesserung ihrer Beschwerden auf als solche ohne die Instabilität in benachbarten Segmenten.

In Bereichen tägliche Aktivitäten, Angst/Depressionen sowie Schmerzen/Beschwerden fielen die Ergebnisse umso besser aus, je jünger die Patienten waren.

Eine Zweitoperation infolge von symptomatischer Anschlussinstabilität und symptomatischer Pseudoarthrose waren in 16 (6% von der Gruppe 1) und 4 (1,5% von der Myelopathie-Gruppe) Fällen durchgeführt worden. Die einzigen Risikofaktoren für einen solchen Zweiteingriff waren das Vorhandensein von Anschlussinstabilität sowie eine Verschlechterung der Wirbelsäulenkrümmung. (Tabelle 3).

| | Alter | Geschlecht | Dauer der Beschwerden | Anzahl der Höhen | Fusion | Einsinterung | Anschluß-instabilität | Zervikale Krümmung |
|-----------------------------------|---------------|------------|-----------------------|------------------|---------------|--------------|-----------------------|--------------------|
| VAS Schmerzen allgemein | 0,0003 | 0,4767 | 0,1188 | 0,3987 | 0,0141 | 0,1667 | 0,741 | 0,219 |
| Nackenschmerzen | 0,082 | 0,7087 | 0,7989 | 0,8943 | 0,0688 | 0,1725 | 0,4852 | 0,652 |
| Armschmerzen | 0,0004 | 0,1249 | 0,9668 | 0,5102 | 0,3864 | 0,8792 | 0,3632 | 0,018 |
| Armschwäche | 0,0101 | 0,5883 | 0,1294 | 0,9764 | 0,7358 | 0,526 | 0,6756 | 0,2142 |
| Myelopathie | 0,0508 | 0,5156 | 0,8615 | 0,0074 | 0,3005 | 0,7817 | 0,343 | 0,1112 |
| EuroQol Score | *r=0,251 | 0,9189 | 0,0573 | 0,2963 | 0,4793 | 0,7532 | 0,018 | *r=-0,048 |
| Beweglichkeit | 0,0558 | 0,4774 | 0,4954 | 0,9827 | 0,9918 | 0,3599 | 0,1289 | 0,157 |
| Für-sich-selbst-sorgen | 0,9604 | 0,3735 | 0,0202 | 0,2836 | 0,3171 | 0,3465 | 0,2667 | 0,2787 |
| Ausübung alltäglicher Aktivitäten | 0,0003 | 0,0958 | 0,4424 | 0,8983 | 0,3248 | 0,9232 | 0,1007 | 0,659 |
| Schmerzen | 0,0001 | 0,7766 | 0,7626 | 0,2143 | 0,2031 | 0,543 | 0,9955 | 0,266 |
| Angst/Depression | 0,0052 | 0,6291 | 0,8565 | 0,8248 | 0,1961 | 0,362 | 0,779 | 0,324 |
| Nachoperation | 0,4164 | 0,2539 | 0,81518 | 0,0897 | 0,1893 | 0,0912 | <0,0001 | 0,0425 |

Tabelle 3: Korrelationsanalyse

5. Diskussion

Aufgrund der retrospektiven Art unserer Studie stößt diese an manche Grenzen. Nichtsdestotrotz liefert die große Anzahl an Untersuchungen von ACDFs mit PEEK-Cage und deren umfangreiche Auswertung anhand von sehr vielen Kriterien eine beachtliche Menge an Schlussfolgerungen.

ACDF kann man als einen sehr erfolgreichen Eingriff bei degenerativen Erkrankungen zervikaler Bandscheiben bezeichnen. Eine große Anzahl an Studien liefert genug Belege für einen klinischen Erfolg (Anderson PA 2009, Peolsson A 2008, Hermansen A 2013, Demircan MN 2007, Topuz K 2009, Wright IP 2007, Yu S 2014). Eine davon befasst sich mit ACDFs in zwei Höhen bei 24 Patienten und ohne Verplattung. Man kam zu der Schlussfolgerung, dass ein Cage im Rahmen der ACDF eine lastverteilende und für das Rückenmark stabilisierende Funktion ausübt. Bei den Routineuntersuchungen nach einem Jahr konnten weder Instabilitäten noch symptomatische Pseudoarthrosen festgestellt werden. Bei jedem Patienten konnte eine Verbesserung der Radikulopathie beobachtet werden und die Fusion fand in 96% der Fälle statt. (Assietti R, 2002).

Nach wie vor ist es nicht eindeutig, ob und inwiefern das gewählte Material Auswirkungen auf das klinische Ergebnis hat. Aufgrund der möglichen Komplikationen zieht man es heute vor, ein künstliches Implantat anstatt eines autologen Transplantats aus dem Beckenkamm zu verwenden (Thomé C 2004, Hwang SL 2007, Jacobs W 2011). In manchen Studien zeigte sich der PEEK-Cage einem solchen aus Titan überlegen (Niu CCI 2010, Chen Y 2013). In anderen wiederum ergaben sich keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (Cabreja M 2012, Chou YC 2008). In der vorliegenden Arbeit zeigte der Einsatz von künstlichen PEEK-Cages ohne zusätzliches Knochenmaterial jeglicher Art ein zufriedenstellendes klinisches und bildmorphologisches Ergebnis.

Das Alter erwies sich in unserer Studie als das wichtigste Kriterium für einen klinischen Erfolg. Schmerzen allgemein, Armschmerzen, Armschwäche und die meisten Parameter im EuroQOL-Fragebogen standen im direkten Zusammenhang mit dem Alter. Dieser Effekt konnte auch in anderen Studien aufgezeigt werden (Chagas H 2005, Fujiwara K 1989, Naderi S 1998).

Im Gegensatz zu anderen Studien fanden wir keinen Einfluss vom Geschlecht auf das klinische Ergebnis. Frühere Studien behaupteten, dass das männliche Geschlecht bessere Ergebnisse nach einer ACDF lieferte (Peolsson A 2008, Hermansen A 2013).

Dieses Resultat war einer besseren Belastbarkeit der männlichen Nackenmuskulatur zuzuschreiben (Peolsson A 2007).

Die Dauer der Beschwerden schien für das klinische Ergebnis in unserer Studie nicht ausschlaggebend zu sein. Es gab nur einen Zusammenhang mit dem Parameter „Fürsich-selbst-sorgen“ im EuroQOL-Bogen. Die meisten früheren Studien fanden jedoch heraus, dass eine langanhaltende präoperative Beschwerdesymptomatik mit einem ungünstigen Ergebnis korrelierte (Handa Y 2002, Ebershold MJ 1995, Yamazaki T 2003, Fujiwara K 1989, Chagas H 2005). Auf der anderen Seite konnten manche andere Studien ebenso keine Assoziation zwischen der Dauer der Beschwerden und dem klinischem Ergebnis feststellen (Peolsson A 2008).

Die Anzahl operierter Segmente zeigte einen signifikanten Einfluss auf das klinische Ergebnis bezüglich der Myelopathie. Bei Patienten mit zervikalen myelopathischen Beschwerden und einer ACDF-Operation in zwei oder drei Höhen konnte viel öfter eine Verbesserung des Zustandes erreicht werden als bei Patienten mit nur einem operierten Segment.

Eine Fusion konnte in 85%, 95% und 94% der Operationen in einer, zwei und drei Höhen erzielt werden. Diese Werte waren mit denen anderer Studien vergleichbar. Die Arbeit von Assietti R. et al. aus dem Jahr 2002 befasste sich zwar nur mit bisegmentalen ACDFs ohne Verplattung bei 24 Patienten, lieferte jedoch fast die gleiche Fusionsrate von 96%. Außerdem konnte bei jedem Patienten eine Verbesserung der Radikulopathie beobachtet werden. Eine stattgefundenene Fusion war auch in unserer Studie mit einem besseren Ergebnis in Bezug auf allgemeinen Schmerzurückgang verbunden. Andere Studien waren jedoch nicht imstande zu zeigen, dass irgendeine Korrelation zwischen dem Fusionsgrad und dem klinischen Ergebnis besteht (Hermansen A 2013, Dowd GC 1999). Der Grund liegt hauptsächlich darin, dass es nur eine relativ geringe Anzahl an Pseudoarthrosen gibt, als dass man statistisch signifikante Analysen erheben könnte.

Das Einsinken des Implantats wurde jeweils in 25%, 27% und 15% der Operationen in einem, zwei oder drei Levels beobachtet. Das Ergebnis stimmt mit anderen Autoren überein (Katsuura A 2001, Wu WJ 2012). Es wurden jedoch keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Grad des Einsinkens und irgendeinem erhobenen Parameter festgestellt, so dass man von einem fehlenden Einfluss auf das klinische Ergebnis ausgehen kann. Das entspricht auch den Ergebnissen aus früheren Studien (Wu WJ 2012).

Manche Autoren zeigten, dass Anschlussinstabilität zu der normalen Entwicklung degenerativer Wirbelsäulenerkrankungen gehört (Hilibrand AS 2004). Andere führen die Anschlussinstabilität direkt auf biomechanische Veränderungen infolge der Versteifung zurück, was wiederum zu erhöhter Belastung in benachbarten Segmenten führe (Nunley PD 2012, Prasarn ML 2012, Bydon M 2014). Das Vorkommen einer Anschlussinstabilität wird jährlich bei 3% festgestellt, und bei 25% innerhalb von zehn Jahren (Hilibrand AS 1999). Wir fanden röntgenologische Zeichen einer Anschlussinstabilität in 20%, 29% und 15% bei Operationen in jeweils einer, zwei und drei Höhen. Symptomatisch wurde diese jedoch bei 16 (6%) Patienten, mit darauffolgendem chirurgischem Eingriff. Eine relativ niedrige Rate an symptomatischer Anschlussinstabilität kann man wahrscheinlich damit begründen, dass die Zeitabstände zwischen den Operationen und den Kontrollterminen im Vergleich zu anderen Studien (Bydon M 2014, Hilibrand AS 1999) relativ klein waren. Die Verschlechterung der Halswirbelsäulenkrümmung korrelierte sowohl mit einem schlechten Ergebnis in Bezug auf Armschmerzen als auch mit der Wahrscheinlichkeit einer erneuten Operation. Das könnte bedeuten, dass die Erhaltung der zervikalen Lordose wichtig für das klinische Ergebnis ist. Lordose sorgt für gute Beweglichkeit und Funktion der Halswirbelsäule (Villavicencio AT 2009). Eine Fehlstellung der Halswirbelsäule steht in direktem Zusammenhang mit zervikaler Instabilität, Schmerzen und sogar ungünstiger Wiederherstellung der Funktion des Rückenmarks (Ferch RD 2004, Harrison DD 2004). Eine Verschlechterung der zervikalen Krümmung kann die Dynamik der Halswirbelsäule verändern, die biomechanische Belastung in benachbarten Segmenten erhöhen und somit den klinischen Langzeiterfolg verschlechtern (Barsa P 2007, Katsuura A 2001). Bei 6 (46%) Patienten mit Operationen in drei Höhen hatte sich die zervikale Krümmung verschlechtert. Das war nicht mit einem schlechten klinischen Ergebnis verbunden. Wir gehen davon aus, dass keine signifikante Korrelation gezeigt werden konnte, weil die Anzahl an Patienten mit drei operierten Segmenten sehr gering war.

In unserer Studie war das Gesamtergebnis der Operationen mittels ACDF und PEEK-Cage und ohne zusätzliche Verplattung mehr als zufriedenstellend. Eine nachträgliche Plattenosteosynthese war nur in manchen Fällen mit symptomatischer Anschlussinstabilität notwendig. Auf diese Weise konnte man postoperative Komplikationen, die im Rahmen einer Verplattung oft vorkommen, vermeiden. Auch

viele andere Studien ergaben keinen ausschlaggebenden Vorteil durch den Einsatz der Plattenosteosynthese. In einer Vergleichsstudie aus China wurden zwei Gruppen von Patienten mit drei oder vier operierten Segmenten mittels anteriorer zervikaler Diskektomie einander gegenübergestellt: In einer Gruppe mit 32 Patienten erfolgte die Fusion mit einem Titan-Cage, in der anderen mit 24 Patienten wurde diese zusätzlich mit einer Verplattung unterstützt. Die Kontrolle erfolgte im Schnitt nach 17 Monaten. Man kam zu dem Ergebnis, dass in beiden Gruppen eine ausreichende Stabilisierung, eine verstärkte Lordose und eine gesteigerte foraminale sowie segmentale Höhe erreicht werden konnten. Deutliche Verbesserungen bezüglich Nackenschmerzen und neurologischer Ausfallserscheinungen konnten ebenso in beiden Gruppen verzeichnet werden. Lediglich bezüglich der Komplikationsrate und der Länge des stationären Aufenthaltes lieferte die Gruppe ohne Verplattung bessere Ergebnisse (Hwang SL, 2004). Laut einer anderen prospektiven Studie aus dem Jahr 1998 liefert die Durchführung einer einfachen anterioren zervikalen Diskektomie ohne Fusion in einer Höhe vergleichend mit solchen Operationen mit Fusion bzw. mit zusätzlicher Verplattung ähnlich gute Ergebnisse. Bei den Kontrolluntersuchungen nach ca. 4 Jahren konnte eine geringfügige Kyphose bei Patienten ohne Fusion etwas öfter beobachtet werden (bei 62,5%) als in den Kontrollgruppen (in 40% der Fälle mit alleiniger Fusion und in 44% der Fälle mit zusätzlicher Verplattung). Das klinische Resultat war jedoch in allen drei Gruppen in der Mehrheit der Fälle als gut zu bezeichnen (Savolainen S, 1998).

6. Zusammenfassung

Für die Therapie degenerativer Erkrankungen der Halswirbelsäule hat sich die anteriore zervikale Diskektomie und Fusion als erfolgreicher chirurgischer Eingriff durchgesetzt. Die vorliegende retrospektive Studie befasst sich mit insgesamt 265 Patienten, die in der modifizierten Technik nach Smith und Robinson unter Verwendung von PEEK-Cages und ohne zusätzliche Verplattung, zwischen 2007 und 2010 von anterior dekomprimiert und fusioniert wurden. Die Kontrolluntersuchung fand mindestens 12 Monate nach dem Eingriff statt. Das Durchschnittsalter der 139 männlichen und 126 weiblichen Patienten betrug 55 Jahre. 49% aller Patienten litten präoperativ an zervikaler spondylotischer Myelopathie und 50% an zervikaler Radikulopathie. Bei 127 Patienten wurde der chirurgische Eingriff in einer Höhe durchgeführt, bei 125 in zwei und bei 13 in drei. Eine Fusion fand insgesamt in 92%

aller Fälle statt. Die Notwendigkeit einer Nachoperation bestand nur bei insgesamt 20 Patienten.

Zur Evaluierung klinischer Befunde wurde der VAS-Score und der EuroQOL-Fragebogen (EQ-5D) verwendet.

Für mono- und bisegmentale Operationen mittels ACDF unter Verwendung von PEEK-Cages ohne zusätzlichen Knochenersatz oder Verplattung konnten sehr gute Ergebnisse bezüglich der Fusion und des klinischen Outcomes erreicht werden.

Lediglich in vier Fällen hatte eine symptomatische Pseudoarthrose eine Revisionsoperation zur Folge.

Das Alter war der einzige Faktor mit signifikantem Einfluss auf das klinische Ergebnis. Je jünger die Patienten waren, desto deutlicher konnte man eine Verbesserung ihres postoperativen Zustandes beobachten.

Die Rate an ernststen Komplikationsfällen mit Notwendigkeit einer Nachoperation blieb sehr gering. Es bestand ein direkter Zusammenhang zwischen einem zweiten Eingriff und einer symptomatischen Instabilität in benachbarten Segmenten sowie einer Verschlechterung der Halswirbelsäulenkrümmung.

Eine Verplattung schien nur in Fällen mit drei operierten Segmenten ratsam zu sein, weil in dieser Patientengruppe die Anzahl an Fehlstellungen der Halswirbelsäule unproportional hoch ausfiel. Bei mono- und bisegmentalen Operationen kann man auf Plattenosteosynthese verzichten und somit sowohl den chirurgischen Eingriff minimalinvasiver gestalten als auch die Möglichkeit von damit verbundenen Komplikationen verhindern.

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass mono- und bisegmentale ACDF-Operationen unter alleiniger Verwendung von PEEK-Cages sehr gute Fusionsraten liefern. Eine nicht erfolgte Fusion blieb meistens asymptomatisch und nur bei einer sehr geringen Anzahl an Patienten war eine Revisionsoperation erforderlich. Das klinische Ergebnis war mehr als zufriedenstellend. Demzufolge ist der Einsatz von PEEK-Cages ohne Knochenspan und ohne zusätzliche Verplattung für ACDF-Operationen in einer oder zwei Höhen mehr als empfehlenswert.

7. Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: NUBIC Cage der Firma SIGNUS | 10 |
| Abbildung 2: Stellungsaufnahmen: A) Zustand direkt nach der OP, B) Zustand ca. ein Jahr nach der OP mit deutlich sichtbarer Fusion | 11 |
| Abbildung 3: Funktionsaufnahmen: A) In Extension, B) In Flexion | 11 |
| Abbildung 4: Sinterungsverhalten der Implantate: A) Höhe der operierten Segmente direkt nach der OP, B) Höhe der operierten Segmente ca. ein Jahr nach der OP | 12 |
| Abbildung 5: Feststellung der HWS-Krümmung A) Nach Laing (hier: Lordose), B) Nach Katsuura | 13 |
| Abbildung 6: Patientenpool | 15 |
| Abbildung 7: Anzahl der Patienten mit Nuchalgie prä- und postoperativ (in %) | 17 |
| Abbildung 8: Verlauf der Nuchalgie (in %) | 17 |
| Abbildung 9: Anzahl der Patienten mit Brachialgie prä- und postoperativ (in %) | 18 |
| Abbildung 10: Verlauf der Brachialgie (in %) | 18 |
| Abbildung 11: Verlauf der Armschwäche (in %) | 19 |
| Abbildung 12: Verlauf der Myelopathie (in %) | 19 |
| Abbildung 13: VAS prä- und postoperativ | 20 |
| Abbildung 14: Mobilität (EuroQOL) | 21 |
| Abbildung 15: Mobilität Verlauf | 21 |
| Abbildung 16: Für sich selbst sorgen (EuroQOL) | 22 |
| Abbildung 17: Für sich selbst sorgen, Verlauf | 22 |
| Abbildung 18: Ausübung alltäglicher Aktivitäten (EuroQOL) | 23 |
| Abbildung 19: Ausübung alltäglicher Aktivitäten , Verlauf | 23 |
| Abbildung 20: Schmerzen/Beschwerden (Euro QOL) | 24 |
| Abbildung 21: Schmerzen/Beschwerden, Verlauf | 24 |
| Abbildung 22: Psychische Probleme (EuroQOL) | 25 |
| Abbildung 23: Psychische Probleme, Verlauf | 25 |
| Abbildung 24: Veränderung des zervikalen Alignments nach der Operation | 27 |

8. Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Patientenverteilung nach Merkmalen Geschlecht, Anzahl der Operationen und Dauer der Beschwerden | 15 |
| Tabelle 2: Radiologische Ergebnisse | 26 |
| Tabelle 3: Korrelationsanalyse | 29 |

9. Literaturverzeichnis

- Anderson PA, Subach BR, Riew KD: Predictors of Outcome After Anterior Cervical Discectomy and Fusion. In: *Spine* (32) (2009), S. 161-166.
- Assietti R, Beretta F, Arienta C: Two-level anterior cervical discectomy and cage-assisted fusion without plates. In: *Neurosurgical Focus* (12) (2002), S. E3.
- Barsa P, Suchomel P.: Factors affecting sagittal malalignment due to cage subsidence in standalone cage assisted anterior cervical fusion. In: *Eur Spine J* (16) (2007), S. 1395–1400.
- Bengel D, Isenmann S, Kalff R.: Zervikale spondylotische Myelopathie in: „Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie“, Diener HC, Putzki N, Berlit P, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, (2005), 4.Auflage, S.629-633
- Bohlman HH, Emery SE, Goodfellow DB, Jones PK: Robinson anterior cervical discectomy and arthrodesis for cervical radiculopathy. In: *The Journal of Bone & Joint Surgery* (75) (1993), S. 1298–1307.
- Brain WR, Northfield D., Wilkinson M.: Neurological manifestations of cervical spondylosis. In: *Brain* (75) (1952), S. 187–225.
- Bydon M, Xu R, De La Garza-Ramos R, Macki M, Sciubba DM, Wolinsky JP, Witham TF, Gokaslan Z, Bydon M.: Adjacent segment disease after anterior cervical discectomy and fusion: Incidence and clinical outcomes of patients requiring anterior versus posterior repeat cervical fusion. In: *Surg Neurol Int* (5) (2014), S. 74–78.
- Bydon M, Xu R, Macki M, De La Garza-Ramos R, Sciubba DM, Wolinsky JP, Witham TF, Gokaslan ZL, Bydon A.: Adjacent Segment Disease After Anterior Cervical Discectomy and Fusion in a Large Series. In: *Neurosurgery* (74) (2014), S. 139–146.
- Cabraja M, Oezdemir S, Koeppen D, Kroppenstedt S.: Anterior cervical discectomy and fusion: Comparison of titanium and polyetheretherketone cages. In: *BMC Musculoskelet Disord* (13) (2012), S. 172.
- Caspar W, Barbier DD, Klara PM: Anterior cervical fusion and caspy Plate stabilization of cervical trauma. In: *Neurosurgery* (25) (1989), S. 491–509.
- Chagas H, Domingues F, Aversa A, Vidal Fonseca AL, de Souza JM.: Cervical spondylotic myelopathy: 10 years of prospective outcome analysis of anterior decompression and fusion. In: *Surgical Neurology* (64) (2005), S. 30–35.
- Chen Y1, Wang X, Lu X, Yang L, Yang H, Yuan W, Chen D.: Comparison of titanium and polyetheretherketone (PEEK) cages in the surgical treatment of multilevel cervical spondylotic myelopathy: a prospective, randomized, control study with over 7-year follow-up. In: *Eur Spine J* (22) (2013), S. 1539–1546.
- Chou, Yu-Cheng; Chen, Der-Cherng; Hsieh, Wanhua Annie; Chen, Wu-Fu; Yen, Pao-Sheng; Harnod, Tomor et al.: Efficacy of anterior cervical fusion: Comparison of

titanium cages, polyetheretherketone (PEEK) cages and autogenous bone grafts. In: *Journal of Clinical Neuroscience* (15) (2008), S. 1240–1245.

Cloward R: The anterior approach for the removal of ruptured cervical disk. In: *J Neurosurgery* (15) (1958), S. 602–617.

Demircan MN, Kutlay AM, Colak A, Kaya S, Tekin T, Kibici K, Ungoren K.: Multilevel cervical fusion without plates, screws or autogenous iliac crest bone graft. In: *J Clin Neurosci.* (14) (2007), S. 723–728.

Dowd GC, Wirth FP.: Anterior cervical discectomy: is fusion necessary? In: *J Neurosurg.* (90) (1999), S. 8–12.

Dvorak J.: Klinische und apparative Untersuchung der Halswirbelsäule. In: *Der Orthopäde* (25) (1996), S. 505–511.

Ebersold MJ, Pare MC, Quast LM: Surgical treatment for cervical spondylitic myelopathy. In: *J Neurosurg.* (82) (1995), S. 745–751.

Ferch RD, Shad A, Cadoux-Hudson TA, Teddy PJ.: Anterior correction of cervical kyphotic deformity: effects on myelopathy, neck pain, and sagittal alignment. In: *J Neurosurg.* (100) (2004), S. 9–13.

Fountas KN, Kapsalaki EZ, Machinis T, Robinson JS.: Extrusion of a screw into the gastrointestinal tract after anterior cervical spine plating. In: *J Spinal Disord Tech* (19) (2006), S. 199–203.

Frykholm R.: Lower cervical vertebral and intervertebral discs. In: *Journal Acta chirurgica Scandinavica* (101) (1951), S. 345–359.

Fujiwara K, Yonenobu K, Ebara S, Yamashita K, Ono K.: The prognosis of surgery for cervical compression myelopathy. An analysis of the factors involved. In: *J Bone Joint Surg Br.* (71) (1989), S. 393–398.

Geer CP, Papadopoulos SM: Instrumentation after anterior cervical fusion: the argument for single-level anterior cervical discectomy and fusion with anterior plate fixation. In: *Clin Neurosurg* (45) (1999), S. 25–29.

Gercek E, Arlet V, Delisle J, Marchesi D: Subsidence of stand-alone cervical cages in anterior interbody fusion: warning. In: *Eur Spine J* (12) (2003), S. 513–516.

Gore DR, Sepic SB, Gardner GM: Roentgenographic findings of the cervical spine in asymptomatic people. In: *Spine Phila Pa* (11) (1976), S.521–524

Gorter K.: Influence of laminectomy on the course of cervical myelopathy. In: *Acta Neurochir* (33) (1976), S. 265–281.

Grimmer A., Wurm G.: Chirurgische Strategien bei Bandscheibenvorfällen an der Halswirbelsäule. In: *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie* (12) (2011), S. 23–30.

Hacker RJ: A randomized prospective study of an anterior cervical interbody fusion device with a minimum of 2 years of follow-up results. In: *J Neurosurgery* (93) (2000), S. 222–226.

Handa Y, Kubota T, Ishii H, Sato K, Tsuchida A, Arai Y.: Evaluation of prognostic factors and clinical outcome in elderly patients in whom expansive laminoplasty is performed for cervical myelopathy due to multisegmental spondylotic canal stenosis. A retrospective comparison with younger patients. In: *Journal of Neurosurgery: Spine* (96) (2002), S. 173–179.

Harrison DD, Harrison DE, Janik TJ, Cailliet R, Ferrantelli JR, Haas JW, Holland B.: Modeling of the Sagittal Cervical Spine as a Method to Discriminate Hypolordosis. In: *Spine* (29) (2004), S. 2485–2492.

Hermansen A, Hedlund R, Vavruch L, Peolsson A.: Positive predictive factors and subgroup analysis of clinically relevant improvement after anterior cervical decompression and fusion for cervical disc disease: a 10- to 13-year follow-up of a prospective randomized study. In: *Journal of Neurosurgery: Spine* (19) (2013), S. 403–411.

Hilibrand AS, Carlson GD, Palumbo MA, Jones PK, Bohlman HH.: Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis. In: *J Bone Joint Surg Am.* (81) (1999), S. 519–528.

Hilibrand AS, Robbins M.: Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion? In: *The Spine Journal* (4) (2004), S. 190–194.

Hwang SL, Lin CL, Lieu AS, Lee KS, Kuo TH, Hwang YF, Su YF, Howng SL: Three-level and four-level anterior cervical discectomies and titanium cage-augmented fusion with and without plate fixation. In: *J Neurosurgery Spine* (2) (2004), S. 160–167.

Hwang SL, Lin CL, Lieu AS, Lee KS, Kuo TH, Hwang YF, Su YF, Howng SL: Anterior corpectomy with iliac bone fusion or discectomy with interbody titanium cage fusion for multilevel cervical degenerated disc disease. In: *J Spinal Disord Tech* (20) (2007), S. 565–570.

Jacobs W, Willems PC, Kruyt M, van Limbeek J, Anderson PG, Pavlov P, Bartels R, Oner C.: Systematic review of anterior interbody fusion techniques for single- and double-level cervical degenerative disc disease. In: *Spine (Phila Pa 1976)* (36) (2011), S. 950–960.

Kaiser MG, Mummaneni PV, Matz PG, Anderson PA, Groff MW, Heary RF, Holly LT, Ryken TC, Choudhri TF, Vresilovic EJ, Resnick DK.: Joint Section on Disorders of the Spine and Peripheral Nerves of the American Association of Neurological Surgeons and Congress of Neurological Surgeons. Radiographic assessment of cervical subaxial fusion. In: *J Neurosurg Spine* (2) (2009), S.221-227.

Kalsi-Ryan S, Karadimas SK, Fehlings MG: Cervical Spondylotic Myelopathy: The Clinical Phenomenon and the Current Pathobiology of an Increasingly Prevalent and Devastating Disorder. In: *Neuroscientist* (19) (2012), S. 409–421.

Kaptain GJ, Simmons NE, Replogle RE, Pobereskin L: Incidence and outcome of kyphotic deformity following laminectomy of cervical spondylotic myelopathy. In: *J Neurosurgery* 2000, S. 199–204.

Karikari IO, Jain D, Owens TR, Gottfried O, Hodges TR, Nimjee SM, Bagley CA: Impact of subsidence on clinical outcomes and radiographic fusion rates in anterior cervical discectomy and fusion: a systematic review. In: *J Spinal Disord Tech* 2014 (27), S. 1–10.

Katsuura A, Hukuda S, Saruhashi Y, Mori K.: Kyphotic malalignment after anterior cervical fusion is one of the factors promoting the degenerative process in adjacent intervertebral levels. In: *Eur Spine*

Laing RJ, Ng I, Seeley HM, Hutchinson PJ : Prospective study of clinical and radiological outcome after anterior cervical discectomy. In: *Br J Neurosurg* (15) (2001), S.319-323

Lowery GL, McDonough RF.: The significance of hardware failure in anterior cervical plate fixation. Patients with 2- to 7-year follow-up. In: *Spine* (23) (1998), S. 181–187.

Naderi S, Özgen S, Pamir MN, Özek MM, Erzen C.: Cervical spondylotic myelopathy: surgical results and factors affecting prognosis. In: *Neurosurgery* (43) (1998), S. 43–49.

Niu CCI, Liao JC, Chen WJ, Chen LH.: Outcomes of interbody fusion cages used in 1 and 2-levels anterior cervical discectomy and fusion: titanium cages versus polyetheretherketone (PEEK) cages. In: *J Spinal Disord Tech*. 2006 May;19(3):199-203 (23) (2010), S. 301–306.

Nunley PD, Jawahar A, Kerr EJ 3rd, Gordon CJ, Cavanaugh DA, Birdsong EM, Stocks M, Danielson G: Factors affecting the incidence of symptomatic adjacent-level disease in cervical spine after total disc arthroplasty: 2- to 4-year follow-up of 3 prospective randomized trials. In: *Spine (Phila Pa 1976)* 2012 (37), S. 445–451.

Orozco R.: Osteosintese en los lesions traumaticos y degenerativos de los coluvos cervoca. In: *Rev Traumatol Cir Rehabil* (1971), S. 42–52.

Peolsson A, Almkvist C, Dahlberg C, Lindqvist S, Pettersson S: Age- and Sex-Specific Reference Values of a Test of Neck Muscle Endurance. In: *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* (30) (2007), S. 171–177.

Peolsson A, Peolsson M.: Predictive factors for long-term outcome of anterior cervical decompression and fusion: a multivariate data analysis. In: *Eur Spine J* (17) (2008), S. 406–414.

Persson LC, Carlsson CA, Carlsson JY.: Long-lasting cervical radicular pain managed with surgery, physiotherapy, or a cervical collar. A prospective, randomized study. In: Spine (Phila Pa 1976) (22) (1997), S. 751–758.

Prasarn ML, Baria D, Milne E, Latta L, Sukovich W.: Adjacent-level biomechanics after single versus multilevel cervical spine fusion. In: Journal of Neurosurgery: Spine (2) (2012), S. 172–177.

Savolainen S, Rinne J, Hernesniemi J.: A prospective randomized study of anterior single-level cervical disc operations with long-term follow-up: surgical fusion is unnecessary. In: Neurosurgery (43) (1998), S. 51–55.

Schnake K.-J., Hoffmann C.-H., Kandziora F.: Refresher Orthopädie und Unfallchirurgie. In: Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie (150) (2012), S. 657–673.

Seiffert J., K.-P. Günther : Erkrankungen der Wirbelsäule In: „Orthopädie und Unfallchirurgie. Facharztwissen nach der neuen Weiterbildungsordnung“, Scharf H.-P., Rüter A.; weitere Hrsg.: Pohlemann T., Marzi I., Kohn D., Günther Kl.-P.: Elsevier, Urban & Fischer. München (2011), S.597-626

Silber JS, Anderson DG, Daffner SD et al.: Donor site morbidity after anterior iliac crest bone harvest for single – level anterior cervical discectomy and fusion. In: Spine (28) (2003), S.134-139

Smith GW, Robison RA: Treatment of certain cervical spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion. In: JBJS A (40) (1958), S. 607–611.

Spurling RG, Scoville WB: Lateral rupture of the cervical intervertebral disc. A common cause of shoulder arm pain. In: Surg Gynecol Obstet (798) (1944), 350-358

Steiger HJ, Reulen HJ: Manual Neurochirurgie, ecomed MEDIZIN, Hüthig Jehle Rehm GmbH. Landsberg (2006). 2. Aufl., S.108-114

Stulik J, Pitzen TR, Chrobok J, Ruffing S, Drumm J, Sova L, Kucera R, Vyskocil T, Steudel WI: Fusion and failure following anterior cervical plating with dynamic or rigid plates: 6-months results of a multi-centric, prospective, randomized, controlled study. In: Eur Spine J (16) (2007), S. 1689–1694.

Thomé C, Krauss JK, Zevgaridis D.: A prospective clinical comparison of rectangular titanium cages and iliac crest autografts in anterior cervical discectomy and fusion. In: Neurosurg Rev. (27) (2004), S. 34–41.

Topuz K, Çolak A, Kaya S, Şimşek H, Kutlay M, Demircan MN, Velioglu M.: Two-level contiguous cervical disc disease treated with peek cages packed with demineralized bone matrix: results of 3-year follow-up. In: Eur Spine J (18) (2009), S. 238–243.

Villavicencio, Alan T.; Babuska, Jason M.; Ashton, Alex; Busch, Eric; Roeca, Cassandra; Nelson, E. Lee; Mason A, Burneikiene S.: Prospective Randomized Double Blinded Clinical Study Evaluating the Correlation of Clinical Outcomes and Cervical Sagittal Alignment. In: *Neurosurgery* (68) (2009), S. 1309–1316.

Wright IP, Eisenstein SM.: Anterior cervical discectomy and fusion without instrumentation. In: *Spine (Phila Pa 1976)* (32) (2007), S. 772–775.

Wu WJ, Jiang LS, Liang Y, Dai LY.: Cage subsidence does not, but cervical lordosis improvement does affect the long-term results of anterior cervical fusion with stand-alone cage for degenerative cervical disc disease: a retrospective study. In: *Eur Spine J* (21) (2012), S. 1374–1382.

Yamazaki T, Yanaka K, Sato H, Uemura K, Tsukada A, Nose T.: Cervical spondylotic myelopathy: surgical results and factors affecting outcome with special reference to age differences. In: *Neurosurgery* (52) (2003), S. 122–126.

Yu S, Li F, Yan N, Yuan C, He S, Hou T, Shamji M.: Anterior Fusion Technique for Multilevel Cervical Spondylotic Myelopathy: A Retrospective Analysis of Surgical Outcome of Patients with Different Number of Levels Fused. In: *PLoS ONE* (9) (2014), S. 913-929.

10. Anhang

EuroQol

Bitte geben Sie an, welche Aussagen Ihren Gesundheitszustand am besten beschreiben, indem Sie ein Kreuz (x) in ein Kästchen jeder Gruppe machen.

1. Beweglichkeit/Mobilität

vor OP heute

- | | | |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Ich habe keine Probleme herumzugehen. | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 |
| Ich habe einige Probleme herumzugehen. | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 |
| Ich bin ans Bett gebunden. | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 |

2. Für sich selbst sorgen

vor OP heute

- | | | |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Ich habe keine Probleme, für mich selbst zu sorgen. | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 |
| Ich habe einige Probleme, mich selbst zu waschen oder mich anzuziehen. | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 |
| Ich bin nicht in der Lage, mich selbst zu waschen oder anzuziehen. | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 |

3. Allgemeine Tätigkeiten (z.B. Arbeit, Studium, Hausarbeit, Familien- oder Freizeitaktivitäten)

vor OP heute

- | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|
| Ich habe keine Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen. | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 |
| Ich habe einige Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen. | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 |
| Ich bin nicht in der Lage, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen. | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 |

4. Schmerzen/körperliche Beschwerden

vor OP heute

- | | | |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Ich habe keine Schmerzen oder Beschwerden. | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 |
| Ich habe mäßige Schmerzen oder Beschwerden. | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 |
| Ich habe extreme Schmerzen oder Beschwerden. | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 |

5. Angst/Niedergeschlagenheit

vor Op heute

- | | | |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Ich bin nicht ängstlich oder deprimiert. | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 |
|--|----------------------------|----------------------------|

Ich bin mäßig ängstlich oder deprimiert.

2

2

Ich bin extrem ängstlich oder deprimiert.

3

3

6. Um Sie bei der Einschätzung, wie gut oder wie schlecht Ihr Gesundheitszustand ist, zu unterstützen, haben wir eine Skala gezeichnet, ähnlich einem Thermometer. Der best denkbare Gesundheitszustand ist mit "100" gekennzeichnet, der schlechteste mit "0".

Wir möchten Sie nun bitten, auf dieser Skala zu kennzeichnen, wie gut oder schlecht Ihrer Ansicht nach Ihr persönlicher Gesundheitszustand ist. Bitte markieren Sie auf der Skala je einen Wert für Ihren Gesundheitszustand vor der Operation sowie für Ihren Zustand heute.

**Ihr heutiger
Gesundheitszustand**

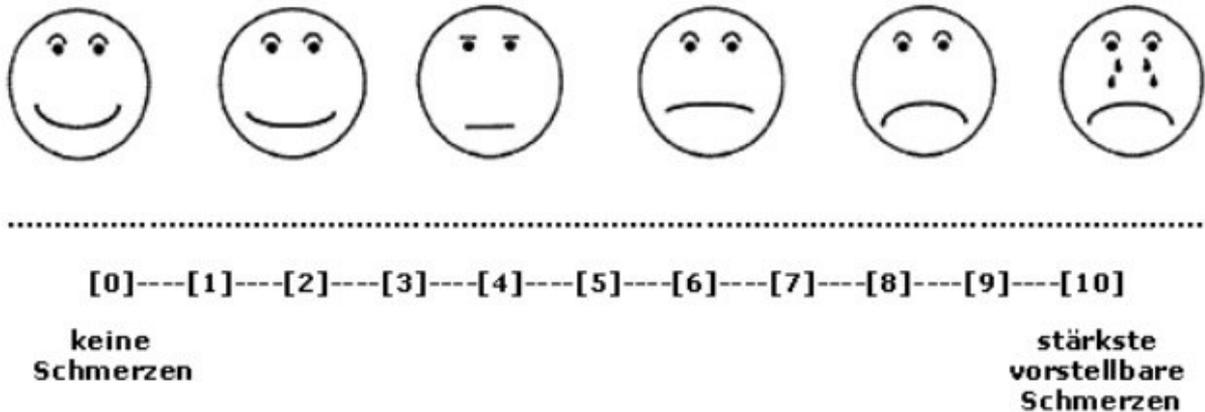
**Best denkbarer
Gesundheitszustand**



**Schlechtester denkbarer
Gesundheitszustand**

Visuelle Analoge Schmerzskala

Dies ist eine Skala zur Messung der subjektiven Schmerzempfindung. Die subjektive Empfindung wird durch einen vertikalen Strich auf der Linie markiert. Bitte markieren Sie je einen Wert für Ihre Schmerzen vor der Operation sowie für Ihre momentanen Schmerzen.



11. Danksagung

Ein großer Dank für die hilfreiche Unterstützung bei der Erfassung meiner Doktorarbeit geht vor allem an meinen Betreuer Dr. med. Ehab Shiban und natürlich an meinen Doktorvater PD Dr. med. Jens Lehmborg. Außerdem danke ich meiner Familie und meinem Lebenspartner für ihre stete moralische Unterstützung.

12. Lebenslauf

Name: Karina Andriyivna Gapon

Geburtsdatum: 05.09.1988

Geburtsort: Iwano-Frankiwsk, Ukraine

Eltern: Vater: Gapon Andrei
Mutter: Kulikowa Larysa geb. Shirjajeva

Geschwister: Maryna Rudolf, geb. 07.04.1988

Schulbildung: 1995 – Feb 2001 Realschule, Iwano-Frankiwsk, Ukraine
Apr 2001 – 2002 Karl-Leder-Hauptschule, Geretsried, Deutschland
Abschluss: qualifizierter Hauptschulabschluss
2002 – 2003 M10 an der Adalbert-Stifter-Hauptschule, Geretsried
Abschluss: mittlere Reife
2003 – 2007 Erzbischöfliches Seminar St.Matthias mit Kolleg und
Gymnasium, Waldram
Abschluss: Abitur (Note: 1,5)

Studium: Okt 2007 Beginn des Studiums der Zahnmedizin, Ludwig-
Maximilians-Universität München, Deutschland
März 2010 Zahnärztliche Vorprüfung
Jan 2013 Staatsexamen absolviert