

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. Manfred Westphal

Stellv. Ärztlicher Direktor: Priv.-Doz. Dr. med. Jan Regelsberger

Neurologisches, funktionelles und radiologisches Ergebnis sowie Patientenzufriedenheit von 67 Patienten nach ACDF

Dissertation

Zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von:

Katharina Boysen
aus Henstedt-Ulzburg

Hamburg 2011

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 17.08.2011

Veröffentlicht mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Prüfungsausschuss, der Vorsitzende: PD Dr. J. Regelsberger

Prüfungsausschuss, 2. Gutachter: PD Dr. W. Lehmann

Prüfungsausschuss, 3. Gutachter: Prof. Dr. M. Bullinger

Inhaltsverzeichnis

1	ARBEITSHYPOTHESE UND FRAGESTELLUNG	1
2	EINLEITUNG.....	2
2.1	EPIDEMIOLOGIE ZERVIKALER DEGENERATIVER ERKRANKUNGEN	2
2.2	ANATOMIE DER WIRBELSÄULE UND DES RÜCKENMARKS	4
2.3	ZERVIKALE DEGENERATIVE ERKRANKUNGEN	7
2.4	DIAGNOSTIK ZERVIKALER DEGENERATIVER ERKRANKUNGEN	8
2.5	THERAPIE ZERVIKALER DEGENERATIVER ERKRANKUNGEN	9
2.5.1	Geschichte zervikaler Operationsmethoden.....	10
2.5.2	Operationsverfahren nach Smith-Robinson	11
2.5.3	Anteriore zervikale Diskektomie und Fusion (ACDF)	11
2.5.4	Zervikale Bandscheibenprothesen (TDR-C).....	12
3	MATERIAL UND METHODEN.....	13
3.1	PATIENTENKOLLEKTIV	13
3.2	INTRA- UND POSTOPERATIVES MANAGEMENT	13
3.3	DATENERHEBUNG.....	14
3.3.1	Anamnese.....	15
3.3.2	Erfassung der Schmerzen (NRS)	15
3.3.3	Neurologische Untersuchung.....	16
3.3.4	Funktionelle Untersuchung	17
3.3.5	Radiologische Untersuchung	17
3.4	BEURTEILUNG DER PATIENTENZUFRIEDENHEIT	18
3.4.1	<i>Neck Disability Index</i> (NDI)	18
3.4.2	<i>Satisfaction Questionnaire</i> (SQ)	19
3.5	DATENBANKEN UND DOKUMENTATION	20
3.6	AUSWERTUNG	21
4	ERGEBNISSE.....	22
4.1	PATIENTENKOLLEKTIV	22
4.1.1	Altersstruktur und Geschlechtsverteilung	22
4.2	PERIOPERATIVE DATEN	23
4.3	NEUROLOGISCHES, FUNKTIONELLES UND RADIOLOGISCHES ERGEBNIS	24
4.3.1	Entwicklung der Schmerzen	24
4.3.2	Ergebnis der sensiblen Funktion	27
4.3.3	Ergebnis der motorischen Funktion	29
4.3.4	Funktionelles Ergebnis (ROM).....	31
4.3.5	Radiologisches Ergebnis	33

4.4	PATIENTENZUFRIEDENHEIT	35
4.4.1	Ergebnisse des NDI.....	35
4.4.2	Ergebnisse des SQ.....	36
5	DISKUSSION.....	45
5.1	ACDF.....	45
5.2	ERGEBNISSE DER ARBEIT IM VERGLEICH MIT DER LITERATUR	45
5.2.1	Neurologisches Ergebnis.....	46
5.2.2	Funktionelles Ergebnis.....	47
5.2.3	Knöcherne Durchbauung	48
5.2.4	Patientenzufriedenheit.....	48
5.2.5	ACDF-Komplikationen.....	49
5.3	TDR-C ALS ALTERNATIVE.....	49
5.3.1	TDR-C-Komplikationen	50
5.3.2	Heterotrope Ossifikation (HO).....	51
5.4	ACDF- UND TDR-C-ERGEBNISSE IM VERGLEICH	53
5.4.1	Komplikationen im Vergleich.....	54
5.4.2	Soziale Reintegration im Vergleich	55
5.5	ANSCHLUSSDEGENERATION	55
5.6	AUSBLICK	57
5.7	LIMITATIONEN DER STUDIE	57
5.8	THERAPIEEMPFEHLUNGEN.....	58
5.9	KONKLUSION	60
6	ZUSAMMENFASSUNG.....	61
7	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	62
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	63
9	TABELLENVERZEICHNIS	65
10	LITERATURVERZEICHNIS	66
11	ANHANG	75
11.1	NECK DISABILITY INDEX (NDI).....	75
12	DANKSAGUNG	79
13	EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	80

1 Arbeitshypothese und Fragestellung

Die anteriore zervikale Diskektomie mit anschließender Fusion (ACDF) zur operativen Behandlung von Patienten mit degenerativen Bandscheibenerkrankungen an der Halswirbelsäule (HWS) gilt gegenwärtig als Goldstandard.

Die vorliegende prospektive klinische Studie dient der Effektivitätsprüfung dieser Operationsmethode. Klinisch-funktionelle und neurologische Untersuchungen der im UKE im Jahre 2008 mit einer ACDF versorgten Patienten sowie die Auswertung von standardisierten Fragebögen zur Schmerzsituation und Patientenzufriedenheit vor und nach dem operativen Eingriff sollen eine Beurteilung der ACDF bei degenerativen Bandscheibenerkrankungen erlauben. Radiologische Untersuchungen zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten dienen der Erfassung der Pathologie in der HWS, der Kontrolle der Lage des eingesetzten Cages und der Feststellung einer knöchernen Durchbauung.

Die Nachteile zervikaler Fusionen sind der relevanten Literatur zufolge der Verlust der Dynamik in den betroffenen Segmenten und die Entstehung einer Anschlussdegeneration in den benachbarten Halswirbelsäulensegmenten. Ob es dadurch zu einer klinisch relevanten Einschränkung des Bewegungsausmaßes in der HWS führt, wird in dieser Studie geprüft.

Es soll zusätzlich festgestellt werden, ob ein Zusammenhang zwischen der Patientenzufriedenheit und den untersuchten klinischen Parametern nach zervikaler Fusion besteht. Die Identifikation der in diesem Zusammenhang relevanten Parameter ist für eine Verbesserung der Zufriedenheit der Patienten von großem Interesse und stellt einen wichtigen Gegenstand der vorliegenden Studie dar.

2 Einleitung

2.1 Epidemiologie zervikaler degenerativer Erkrankungen

In der modernen Gesellschaft zählen Wirbelsäulenleiden zu den häufigsten gesundheitlichen Beschwerden und werden meist durch degenerative Prozesse der Bandscheiben und/oder durch Einengung des Spinalkanals hervorgerufen. Die degenerativen Veränderungen treten insbesondere in der Hals- und Lendenwirbelsäule auf (Meyer 2009). Die häufigste degenerative Erkrankung der HWS ist der Bandscheibenvorfall (Meyer 2009, Statistisches Bundesamt 2010).

Im Jahre 2008 wurden in deutschen Krankenhäusern über 25.000 zervikale Bandscheibenschäden diagnostiziert. Das sind ca. 5.000 Patienten mehr als im Jahre 2005 (Statistisches Bundesamt 2010). Diese Entwicklung wird in Abbildung 1 verdeutlicht.

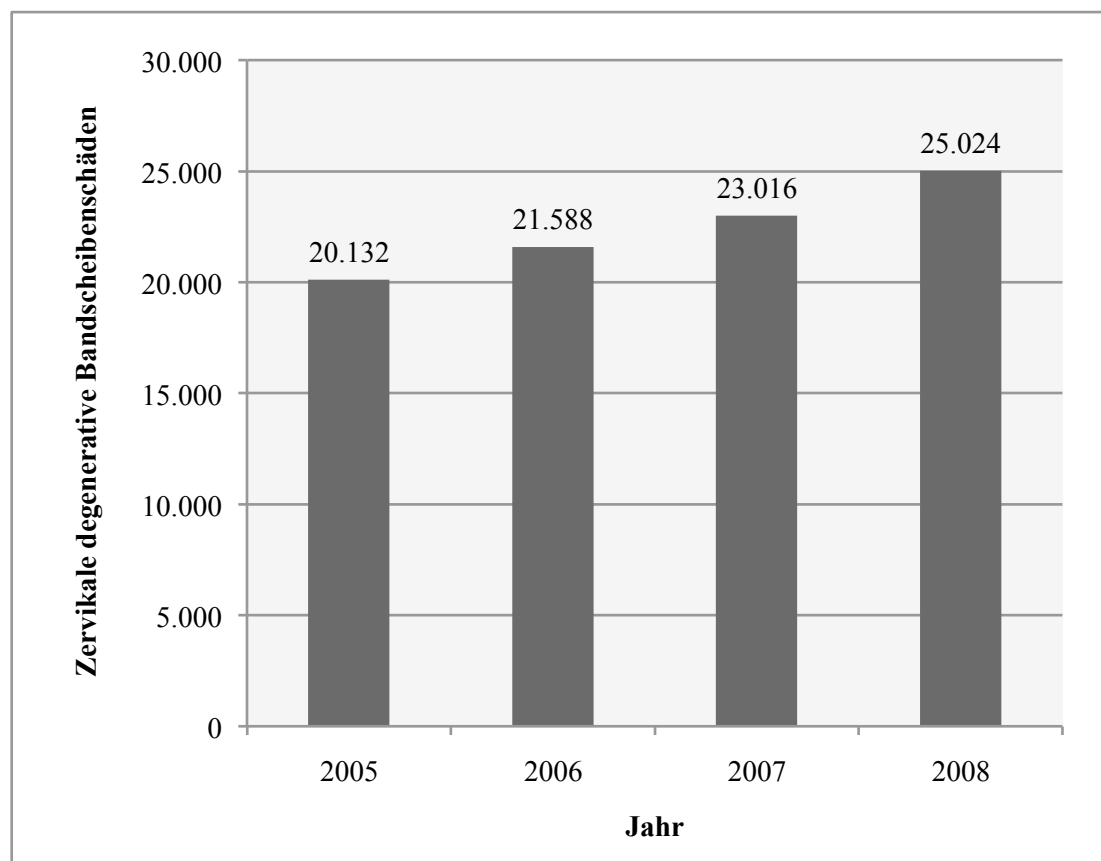


Abbildung 1: Anzahl der diagnostizierten zervikalen degenerativen Bandscheibenschäden in deutschen Krankenhäusern in den Jahren 2005-2008 (Statistisches Bundesamt 2010).

Diese Zahlen zeigen eine zunehmende Inzidenz zervikaler degenerativer Bandscheibenerkrankungen in der Bevölkerung und verdeutlichen die Notwendigkeit des Einsatzes effektiver Behandlungsmethoden. Zervikale Bandscheibenvorfälle sind nicht mehr nur ein Krankheitsbild, mit dem Neurochirurgen und Orthopäden, sondern zunehmend auch Allgemeinmediziner, Internisten und Neurologen konfrontiert werden (Meyer 2009). Für die bestmögliche Behandlung der betroffenen Patienten und die differenzierte Indikationsstellung für eine Operation fehlen aktuell noch evidenzbasierte Entscheidungshilfen (Meyer 2009). Aufgrund dessen besteht seit Jahren eine kontroverse wissenschaftliche Diskussion über die optimale operative Behandlungsmethode von zervikalen degenerativen Erkrankungen. Es stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Dazu gehören die zervikale Fusion und die Implantation einer künstlichen Bandscheibe. Die ACDF wird in diesem Zusammenhang als der Goldstandard verstanden, wenngleich die Anzahl der Studien, in denen positive Ergebnisse nach Implantation einer totalen zervikalen Bandscheibenprothese (TDR-C) publiziert werden, stetig zunimmt (Goffin et al. 2010, Murrey et al. 2009, Yoon et al. 2006).

In der Klinik für Neurochirurgie des UKE wird bislang die ACDF zur operativen Behandlung von Patienten mit degenerativen Bandscheibenerkrankungen durchgeführt. Zur Entscheidungsfindung, ob diese Behandlungsmethode auch zukünftig bei entsprechender Indikation gewählt werden sollte, erfolgte im Rahmen der vorliegenden prospektiven klinischen Studie eine Prüfung des Ergebnisses nach ACDF bei 67 Patienten, die sich im Jahre 2008 im UKE einer zervikalen Fusion unterzogen.

2.2 Anatomie der Wirbelsäule und des Rückenmarks

Die Wirbelsäule, die *Columna vertebralis*, ist in fünf Abschnitte gegliedert und setzt sich aus den sieben Halswirbeln C1 bis C7, den zwölf Brustwirbeln Th1 bis Th12, den fünf Lendenwirbeln L1 bis L5, den fünf miteinander verschmolzenen Kreuzbeinwirbeln S1 bis S5 sowie dem Steißbein zusammen. In den Zwischenwirbelräumen befinden sich die Bandscheiben, die *Disci intervertebrales*. Die *Columna vertebralis* des Menschen dient als Stützgerüst des Körpers, als Schutz des Rückenmarks sowie zur Abfederung von Erschütterungen. Außerdem ermöglicht sie vielseitige Bewegungen des Körpers. Die einzelnen Wirbel bestehen aus einem *Corpus* mit oberer und unterer Deckplatte und einem *Arcus vertebrae* mit sieben Fortsätzen, dem *Processus spinosus*, zwei *Processi transversi* und vier Gelenkfortsätzen. Die *Foramina* aller Wirbel bilden gemeinsam den *Canalis vertebralis*, durch den das Rückenmark verläuft. Die Form der Wirbel variiert je nach Wirbelsäulenabschnitt. Die Unkovertebralgelenke der Halswirbel sind besonders verschleißanfällig (Lippert 2006).

Die Bandscheiben bestehen aus einem Gallertkern, dem *Nucleus pulposus*, und einem diesen umgebenden Faserring, dem *Anulus fibrosus*. Die *Disci intervertebrales* dienen der Abpufferung von Bewegungen in der Wirbelsäule und ermöglichen durch ihre elastische Verformbarkeit eine Verteilung des Druckes auf die gesamte Fläche der jeweiligen Wirbelkörper. Die Bandscheiben sind nach ventral durch das *Ligamentum longitudinale anterius* gesichert, nach dorsal sind sie durch das *Ligamentum longitudinale posterius* und die Rückenmarkshäute vom Rückenmark getrennt. In diesem Bereich haben die Bandscheiben ein sehr enges topographisches Verhältnis zu den aus dem Rückenmark austretenden und durch die *Foramina intervertebralia* ziehenden Spinalnerven. Bei einem Diskusprolaps, einem Bandscheibenvorfall, tritt der *Nucleus pulposus* der Bandscheibe aus dem Zwischenwirbelraum in den Spinalkanal aus. Dadurch kann es zu einer Kompression der Spinalnerven und folglich zu entsprechenden neurologischen Defiziten kommen (Trepel 2004).

Das Rückenmark ist Teil des zentralen Nervensystems (ZNS) und versorgt über die aus ihm hervorgehenden Spinalnerven die Extremitäten, den Rumpf und Teile des Halses. Im Wirbelkanal wird die *Medulla spinalis* vom *Liquor cerebrospinalis* umgeben, welcher dem ZNS unter anderem als Schutz gegen Druck und Erschütterung dient. Das Rückenmark wächst in der Embryonal- und

Kindheitsentwicklung langsamer als der Wirbelkanal, wodurch keine direkte Lagebeziehung des jeweiligen Rückenmarksabschnittes zur Wirbelsäule besteht. Beim Erwachsenen reicht das Rückenmark vom Foramen magnum in der Schädelbasis bis zum ersten oder zweiten Lendenwirbelkörper. An dieser Stelle geht das Rückenmark in die Cauda equina, den Nervenfaserbündelstrang, über (Trepel 2004).

Die Spinalnerven bilden sich aus der Vorder- und der Hinterwurzel des Rückenmarks. Die Vorderwurzel tritt aus dem Sulcus anterolateralis zwischen dem Vorder- und dem Seitenstrang des Rückenmarks hervor. Die Hinterwurzeln, die Fila radicularia, treten in den Sulcus posterolateralis ein, der sich zwischen dem Seiten- und Hinterstrang befindet. Die Vereinigung der Nervenfasern zu den Nervi spinales findet jeweils auf der Höhe des Foramen intervertebrale statt, in dem sich auch das jeweilige sensible Spinalganglion befindet. Das Rückenmark ist in das Zervikal-, Thorakal-, Lumbal-, Sakral- und das Kokzygealmark gegliedert. Diese Abschnitte sind zusätzlich in Segmente gegliedert, von denen jeweils die Fasern für ein Spinalnervenpaar links und rechts abgehen beziehungsweise eintreffen. Die Anzahl der Rückenmarksegmente mit den dazu gehörenden Spinalnervenpaaren entspricht mit Ausnahme des Zervikalmarks der Anzahl der Wirbelkörper. Die Besonderheit im Bereich der HWS ist, dass entwicklungsgeschichtlich bedingt acht zervikale Spinalnervenpaare, aber nur sieben Halswirbel existieren. Das erste Spinalnervenpaar tritt zwischen der Schädelbasis und dem ersten Halswirbel, dem Atlas, aus. Die austretenden Wurzeln der HWS werden dementsprechend nach dem darunter liegenden Wirbel benannt. Das achte Spinalnervenpaar tritt zwischen dem siebten Halswirbel und dem ersten Brustwirbel aus. Ab dem ersten Thorakalsegment wird dementsprechend die jeweils austretende Wurzel nach dem darüber liegenden Wirbel benannt (Trepel 2004). Die topographische Beziehung der Rückenmarksegmente zu den Wirbelsäulensegmenten ist in Abbildung 2 dargestellt.

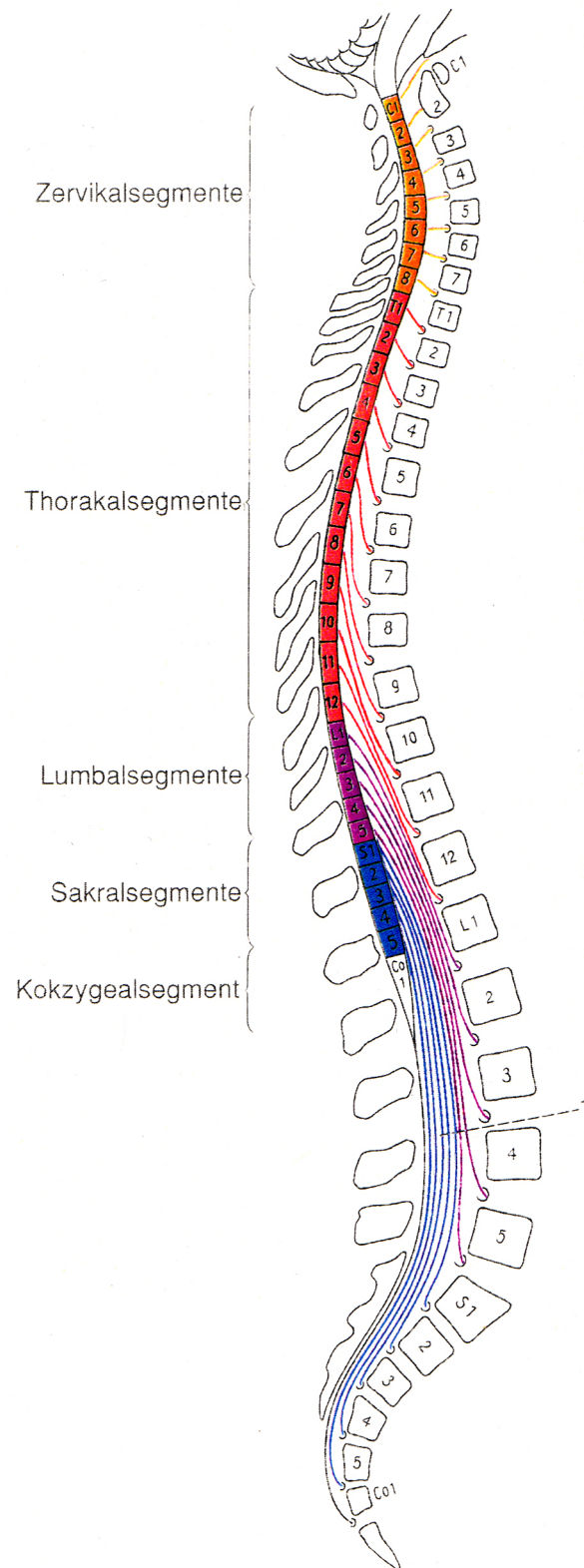


Abbildung 2: Lage des Rückenmarks im Wirbelkanal und topographische Beziehung der Rückenmarksegmente zu den Wirbelsäulensegmenten. 1: Cauda equina (Sobotta 2000).

2.3 Zervikale degenerative Erkrankungen

Im Laufe des Lebens kommt es zum Verschleiß der Wirbelsäule. Betroffene Strukturen sind Bandscheiben und Wirbelkörper sowie Muskulatur und Bänder. Dieser Prozess kann klinische Beschwerden hervorrufen. Bei der Entwicklung spielen insbesondere Einflussgrößen wie konstitutionelle Gegebenheiten, berufliche und körperliche Belastung sowie traumatische Ereignisse eine wesentliche Rolle. Die häufigsten zervikalen degenerativen Erkrankungen sind Bandscheibenschäden (Schmieder 2009a, Statistisches Bundesamt 2010).

Die Degeneration von Bandscheiben erfolgt unter anderem durch chronische Fehlbelastung der Wirbelsäule. Durch die vorliegende Lordose und die damit einhergehende große Beweglichkeit sind hauptsächlich die Hals- und die Lendenwirbelsäule von dem Verschleiß betroffen. Die Beweglichkeit dieser Bereiche im Gegensatz zur Brustwirbelsäule, in der eine Kyphose vorliegt, ist erheblich gesteigert. Eine verstärkte Ausprägung der Degeneration kann in der unteren HWS in den Segmenten 5/6 und 6/7 beobachtet werden. Biomechanisch ist hier die Übergangsstellung zur wenig beweglichen Brustwirbelsäule von Bedeutung (Schmieder 2009a).

Im Laufe der Jahre kommt es zu einer Abnutzung der Bandscheiben, so dass eine akute Belastung der Wirbelsäule, wie zum Beispiel schweres Heben oder ein traumatisches Ereignis, das Einreißen des Anulus fibrosus mit sich führen und den Prolaps des Nucleus pulposus zur Folge haben kann. Der prolabierte Anteil gleitet meist dorsolateral vom Ligamentum longitudinale posterius in Richtung Foramen intervertebrale, da die Bandscheibe in diese Richtung am wenigsten abgesichert ist. In diesem Fall kann es zu akuten Symptomen durch Kompression von Nervenwurzeln und folglich zu Radikulopathien kommen. Diese äußern sich in radikulären Schmerzen und neurologischen Ausfällen. Es kann zu Lähmungserscheinungen und Sensibilitätsstörungen im entsprechenden Dermatom kommen. Durch Dehnung des hinteren Längsbandes kommt es zu dumpfen Nackenschmerzen (Schmieder 2009a). Mediale Bandscheibenvorfälle, die aufgrund der Sicherung durch das Ligamentum longitudinale posterius selten sind, können im Zervikalbereich direkt das Rückenmark und im Lumbalbereich die Cauda equina komprimieren. Dadurch können sie Symptome einer Querschnittslähmung verursachen (Trepel 2004).

Die durch die Degeneration bedingte Höhenabnahme und reduzierte biomechanische Pufferfunktion der Bandscheiben führt zu einer verstärkten Belastung der Wirbelkörper. Durch den entstehenden Druck kommt es zur Sklerosierung des Knochens sowie zur Bildung von Randzacken, welche in den Spinalkanal hineinragen und Rückenmark oder Spinalnerven einengen können. Zusätzlich sind eine mit der Degeneration einhergehende Hypertrophie der Bänder sowie Arthrosen der betroffenen Gelenke nicht selten (Trepel 2004). In zunehmendem Alter ist häufig neben der rein diskogenen Ursache der HWS-Beschwerden eine begleitende degenerative Veränderung des Unkovertebralfortsatzes nachweisbar (Schmieder 2009a).

2.4 Diagnostik zervikaler degenerativer Erkrankungen

Die Diagnostik zervikaler degenerativer Erkrankungen stützt sich primär auf die klinische Symptomatik der Patienten. Diese ist durch Schmerzen sowie Störungen in der Sensibilität und Motorik geprägt. Von der Lokalisation der Beschwerden kann man Rückschlüsse auf das betroffene Halswirbelsäulensegment ziehen (Schmieder 2009a). Konventionelle Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen (anterior-posterior und seitlich), eine zervikale Myelographie und moderne Schnittbildverfahren, wie eine Computertomographie (CT) oder eine Magnetresonanztomographie (MRT), ergänzen die Diagnostik (Meyer 2009, Schmieder 2009a).

Der degenerative Prozess mit Veränderungen in den bildgebenden Verfahren geht nicht zwingend mit einer klinischen Symptomatik einher. So wurden beispielsweise bei MRT-Untersuchungen in einer Studie von Teresi et al. Spinalkanaleinengungen in der HWS bei 26% eines asymptomatischen älteren Patientenkollektivs gefunden (Teresi et al. 1987). Auch umgekehrt kann eine ausgeprägte klinische Symptomatik bei einem wenig ausgeprägten Befund in der bildgebenden Diagnostik auftreten. Letztendlich ist immer die vom Patienten geäußerte Beschwerdesymptomatik für die Indikationsstellung zu einer konservativen oder operativen Therapie ausschlaggebend (Schmieder 2009a).

2.5 Therapie zervikaler degenerativer Erkrankungen

Der degenerative Prozess im Bereich der HWS kann einen pathologischen und damit behandlungsbedürftigen Stellenwert erreichen. Zunächst besteht bei zervikalen degenerativen Erkrankungen die Möglichkeit einer konservativen Therapie. Diese kommt zum Einsatz, wenn fokale neurologische Ausfälle ausgeschlossen wurden. Hierbei können eine medikamentöse Therapie mit nichtsteroidalen Antiphlogistika, Opioidanalgetika, Muskelrelaxantien oder Kortikosteroiden, lokale Injektionsbehandlungen, Ruhigstellung sowie eine anschließende physiotherapeutische Therapie bestehend aus Massagen und Krankengymnastik oder eine Wärmetherapie Linderung verschaffen. Konservative Therapiemaßnahmen können zu einer Besserung der Beschwerden bis hin zur Symptombefreiheit führen.

Bei Nichtansprechen auf konservative Therapieansätze, bei anhaltenden Schmerzen sowie bei neurologischen Defiziten oder dem Vorliegen einer Myelo- bzw. einer Radikulopathie aufgrund von Irritationen nervaler Strukturen ist eine operative Behandlung nach entsprechender bildmorphologischer Darstellung indiziert (Meyer 2009, Schmieder 2009a).

Durch die in Kapitel 2.1 beschriebene steigende Inzidenz zervikaler degenerativer Erkrankungen werden zunehmend häufiger operative Eingriffe an der HWS vorgenommen. In den USA lag die Operationshäufigkeit zervikaler Degenerationen bereits im Jahre 2000 bei 55 pro 100.000 Einwohner im Jahr (Patil et al. 2005).

Bei entsprechender Indikation stehen gegenwärtig zwei grundsätzlich unterschiedliche operative Versorgungsoptionen zur Verfügung. Zum einen werden fusionierende Verfahren mit Implantation eines Platzhalters und Aufhebung der Dynamik im betroffenen Segment und zum anderen dynamische Verfahren mit Implantation einer Bandscheibenprothese zur Therapie zervikaler degenerativer Erkrankungen angewendet (Schmieder 2009a).

2.5.1 Geschichte zervikaler Operationsmethoden

Die Geschichte der Halswirbelsäulenchirurgie reicht bis in das 19. Jahrhundert zurück. V. Horsley führte am 24.10.1892 erfolgreich die erste Operation eines durch eine zervikale Osteochondrose ausgelösten Wurzelkompressionssyndroms durch. Bis in die 40er Jahre des 20. Jahrhunderts beschränkten sich die operativen Maßnahmen auf eine Laminektomie über einen dorsalen Zugang, der bereits aus der Tumorchirurgie bekannt war (Grumme 2001). Seit 1947 entwickelten R. Frykholm und unabhängig von diesem auch Scoville die dorsale Foraminotomie, die eine Wurzelkompression durch Verengung der Foramina intervertebralia nach einer Sinterung der Wirbelkörper vermeiden sollte (Grumme 2001). Die Ausübung dieser Operationsmethode erzielte gute Erfolge (Dunsker 1977, Martins 1976), ist jedoch durch die Möglichkeiten ventraler operativer Zugänge, die in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts eingeführt wurden, in den Hintergrund gerückt. R.B. Cloward legte 1952 den Grundstein für die ACDF (Cloward 1958). Er räumte das betroffene Bandscheibenfach der HWS von ventral aus und entfernte die osteochondrotischen Randzacken sowie ein zylindrisches Stück aus den angrenzenden Wirbelkörpern. Anschließend fügte er ein aus dem Beckenknochen des Patienten entnommenes, entsprechend geformtes, spongiöses Knochenimplantat als Platzhalter ein (Grumme 2001). 1958 vereinfachten G. W. Smith und R. A. Robinson das Verfahren von R. B. Cloward, indem sie zusätzlich zu den Osteophyten und der defekten Bandscheibe die angrenzenden Deckplatten entfernten und im Anschluss daran unter Druck ein entsprechendes Knochentransplantat aus dem Beckenkamm anpassten (Smith und Robinson 1958). Diese Operationsmethode von G. W. Smith und R. A. Robinson wurde nach ihrer Etablierung weltweit in verschiedenen Varianten von vielen Operateuren übernommen und findet bis heute breite Anwendung in der originalen Form mit homologem Knocheninterponat oder in modifizierter Form mit dem Einsatz eines künstlichen Platzhalters (Grumme 2001). Ab den 1970er Jahren erhielt das Operationsmikroskop Einzug in die operative Behandlung zervikaler Wurzel- und Myelonkompressionssyndrome (Hankinson und Wilson 1975).

In Deutschland wurde die ventrale Halswirbelsäulenoperation 1967 durch W. Grote und P. Röttgen eingeführt und modifiziert. Diese brachten einen künstlichen Platzhalter aus Polymethylmethacrylat (PMMA) in den Zwischenwirbelraum ein (Grumme 2001).

2.5.2 Operationsverfahren nach Smith-Robinson

Bei der bis heute durchgeführten klassischen ventralen Operationstechnik nach Smith-Robinson wird der Patient zunächst auf dem Rücken gelagert. Der Zugang zur HWS kann von links oder von rechts erfolgen (Smith und Robinson 1958). Bei einem Operationszugang von der linken Seite wird der Kopf nach rechts gewendet und leicht überstreckt. Ein Hautschnitt am Vorderrand des Musculus sternocleidomastoideus der linken Seite ermöglicht die darauffolgende Durchtrennung des Platysma und der oberflächlichen Halsfaszie sowie die anschließende stumpfe Präparation vom Gefäß-Nerven-Bündel bis auf die Wirbelsäulenvorderfläche. Unter Bildwandlerkontrolle wird das zu operierende Segment dargestellt und die prävertebrale Muskulatur zur Seite geschoben. Durch Inzision des vorderen Längsbandes wird das Bandscheibenfach eröffnet und darin befindliches Bandscheibengewebe entfernt (Schmieder 2009b). Nach der Ausräumung des Bandscheibenfaches wird das Segment mittels eines Distraktors distrahiert. Mit einer Fräse, Kürette oder Stanze werden eventuell vorhandene knöcherne Randzacken entfernt. In der Folge wird das hintere Längsband eröffnet und mögliche weitere freie Sequester entfernt, welche die Neuroforamina verlegen können (Schmieder 2009b). Nach der Entfernung aller Sequester werden die Neuroforamina zum Ausschluss von Raumforderungen inspiziert. Nach vollständiger Dekompression des Rückenmarks und der Nervenwurzeln sowie einer guten Blutstillung und Aufbereitung der Deckplatten kann ein Cage in das Segment eingebracht werden. Nach Sicherstellung einer erfolgreichen abschließenden Blutstillung wird die Wunde in Schichten wieder verschlossen (Schmieder 2009b, Smith und Robinson 1958).

2.5.3 Anteriore zervikale Diskektomie und Fusion (ACDF)

Die ACDF gilt als Goldstandard in der Behandlung von degenerativen Bandscheibenerkrankungen (Beaurain et al. 2009, Korinth 2008, Sasso et al. 2007a). Seit über 50 Jahren werden in einer Vielzahl klinischer und experimenteller Studien gute bis sehr gute kurz- und langfristige Behandlungsergebnisse nach Durchführung dieser operativen Therapiemethode beschrieben (Cloward 1958, Connolly et al. 1965, Eck et al. 2006, Garvey et al. 2002, Gore und Sepic 1984, Mastronardi et al. 2006, Matgé 2002, Metzger et al. 1989, Palit et al. 1999, Riley et al. 1969, Smith und Robinson 1958, Whitecloud und Seago 1987).

In der heutigen Medizin finden aufgrund einer höheren Fusionsrate gegenüber Knochenimplantaten meist Cages aus unterschiedlichen Materialien, wie zum Beispiel PMMA, Poly-Ether-Ether-Keton (PEEK) oder Titan Verwendung (Cho et al. 2002, Kulkarni et al. 2007, Schmieder 2009a). Häufig wird die Cage-Implantation durch eine anteriore Plattenfixation zur zusätzlichen Stabilisierung ergänzt (Kaiser et al. 2002, Mummaneni und Haid 2004).

2.5.4 Zervikale Bandscheibenprothesen (TDR-C)

Bandscheibenprothesen sind die am weitesten fortgeschrittene Technologie unter den Arthroplastie-Verfahren (Heidecke et al. 2009). Die ersten erfolgreichen Bandscheibenprothesen für die Lendenwirbelsäule wurden 1984 an der Charité in Berlin implantiert. Zu der Implantation einer Bandscheibenprothese in der HWS kam es erstmalig im Jahre 1991 (Ogon et al. 2006).

In der operativen Therapie degenerativer Bandscheibenerkrankungen finden verschiedene Bandscheibenprothesen Anwendung. Die am häufigsten verwendeten Implantate für einen totalen zervikalen Bandscheibenersatz (*total disc replacement - cervical* (TDR-C)) sind die Bryan-Prothese®, die ProDisc-C®-Prothese und die Prestige-ST®-Prothese (Goffin et al. 2010, Mummaneni et al. 2007, Murrey et al. 2009). Die Bandscheibenprothesen werden über den in den 1960er Jahren von Cloward sowie von Smith und Robinson beschriebenen ventralen Zugang implantiert (Ogon et al. 2006).

Indikationen für den Einsatz von Bandscheibenprothesen an der HWS sind vornehmlich „weiche“, also frische Bandscheibenvorfälle bei jungen Patienten. Zu den Kontraindikationen gehören multisegmentale Veränderungen und Instabilitäten der HWS, Facettengelenksdegenerationen, Osteopathien, knöcherne Spinalkanalstenosen, eine bandscheibenvorfallbedingte radikuläre Symptomatik, Entzündungen, eine Kyphose der HWS und ein hohes Lebensalter der Patienten (Heidecke et al. 2009, Ogon et al. 2006).

3 Material und Methoden

3.1 Patientenkollektiv

Die Teilnahme an der vorliegenden prospektiven Studie wurde allen Patienten und nicht schwangeren Patientinnen mit einem Lebensalter von über 18 Jahren angeboten, die sich in dem Zeitraum vom 1. Januar bis zum 31. Dezember 2008 in der Klinik für Neurochirurgie des UKE einer ACDF mittels Implantation eines PEEK-Cages unterzogen. Die Indikation zur Durchführung einer ACDF wurde bei Patienten mit therapieresistentem monoradikulären Schmerzsyndrom und/oder monoradikulärem neurologischen Defizit mit Korrelat in der bildgebenden Diagnostik gestellt. Von der Studie ausgeschlossen wurden Patienten, die zum Untersuchungszeitpunkt dement waren sowie Patienten mit einer zervikalen Myelopathie, Tumoren, osteoporotischen oder entzündlichen Veränderungen der HWS oder Frakturen im Bereich des operativ zu versorgenden HWS-Abschnittes.

3.2 Intra- und postoperatives Management

Die in dieser Studie angewandte Operationsmethode ist die ACDF nach Smith-Robinson. Bei allen Patienten wurden PEEK-Cages eingesetzt. Über die jeweilige Größe des Cages zwischen 4 mm und 7 mm wurde intraoperativ entschieden.

Das ausgewählte Material des Cages hat den Vorteil, dass es zum einen für Röntgenstrahlen durchlässig ist und damit radiologische Verlaufskontrollen zur Bestimmung von Fusionsstadien zulässt. Zum anderen enthält der Cage zusätzlich zwei röntgendichte Stifte, welche die Identifikation von Fehllagen des Cages ermöglichen. Ein konventionelles Röntgenbild in zwei Ebenen zur Bestätigung der optimalen Lage des eingesetzten Cages wurde für jeden Patienten am ersten postoperativen Tag angefertigt.

Intraoperativ erfolgte die Einlage einer Redon-Drainage, die zwei Tage nach der Operation entfernt wurde.

3.3 Datenerhebung

Vor der Operation erfolgte eine ausführliche Aufklärung der Patienten über Zweck und Inhalt der Studie. Jeder Patient wurde über die Strahlenbelastung im Rahmen der radiologischen Untersuchungen und die möglichen Komplikationen umfassend aufgeklärt. Entsprechend der jüngsten Novellierungen klinischer Prüfung von Nicht-Arzneimitteln wurden die Teilnehmer explizit darauf hingewiesen, dass ein Vorteil durch die Teilnahme an der Studie nicht garantiert werden kann.

Die Patienten, die der Teilnahme an der Studie sowie der Durchführung von radiologischen Untersuchungen schriftlich zustimmten, stellen das in dieser Arbeit präsentierte Kollektiv dar. Sie unterzogen sich, wie in Tabelle 1 dargestellt, insgesamt drei Untersuchungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten.

Tabelle 1: Darstellung der durchgeführten Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Studie.

1. Untersuchung	2. Untersuchung	3. Untersuchung
Präoperativ	Am 1. postoperativen Tag	Ca. 7 Monate postoperativ
Anamnese		Anamnese
Klinisch-neurologische Untersuchung		Klinisch-neurologische Untersuchung
NRS*		NRS*
NDI**		NDI**
SQ***		SQ***
MRT	Nativ-Röntgen der HWS in zwei Ebenen (anterior-posterior und seitlich)	CT-Untersuchung des operierten HWS- Abschnitts

* Numerische Rating-Skala (Beschreibung in Kapitel 3.3.2).

** Neck-Disability-Index (Beschreibung in Kapitel 3.4.1).

*** Satisfaction Questionnaire (Beschreibung in Kapitel 3.4.2).

Im Rahmen der präoperativen Untersuchung war insbesondere die Erfassung der vorliegenden Symptome von großer Bedeutung, da die Ergebnisse dieser ersten Untersuchung die Basisdaten für eine nachfolgende Bewertung der funktionellen und neurologischen Verläufe darstellten. Der Ablauf der Untersuchungen war standardisiert und wurde bei jedem Patienten in gleicher Art und Weise durch denselben Untersucher unabhängig vom Operateur durchgeführt und dokumentiert.

Im Rahmen der klinisch-neurologischen Untersuchung erfolgte die Untersuchung des Schmerzstatus, der sensiblen und motorischen Funktion sowie des Bewegungsausmaßes in der HWS. Die Patienten definierten ihren Schmerzstatus gemäß der numerischen *Rating*-Skala (NRS). Der motorische Status wurde anhand der Kraftgradskala nach Janda evaluiert und das Ausmaß sensibler Defizite wurde mithilfe des Patienten zeichnerisch auf einer Hautoberflächenskizze dargestellt. Das Bewegungsausmaß in der HWS wurde in drei verschiedenen Ebenen durch Prüfung der Extension und Flexion, der Links- und Rechtsneigung sowie der Rotation bestimmt.

3.3.1 Anamnese

Die ausführliche Anamnese war Teil der ersten und dritten Untersuchung. Im Rahmen der aktuellen Anamnese wurden die Patienten insbesondere zur Lokalisation, Art und Intensität ihrer Schmerzen, zu neurologischen Ausfällen und zur Dauer der bestehenden Beschwerden sowie zu den vorliegenden Einschränkungen im Bewegungsausmaß der HWS befragt. Die Patienten gaben außerdem in der postoperativen Untersuchung nach ca. sechs Monaten an, ob und in welchem Ausmaß eine Besserung der Beschwerden eingetreten war.

3.3.2 Erfassung der Schmerzen (NRS)

Die Schmerzanamnese erfolgte mithilfe der numerischen *Rating*-Skala, einer Schmerz-Selbstbeurteilungs-Skala, bei der jeder Patient seine subjektive Schmerzempfindung im Nacken und/oder in den Armen zum jeweiligen Untersuchungszeitpunkt auf einer Skala von 0 bis 10 angeben konnte. Zur besseren Beurteilung der Ergebnisse wurde die NRS gemäß der in der Schmerztherapie etablierten Einteilung in fünf Kategorien unterteilt, die in Tabelle 2 dargestellt sind.

Tabelle 2: NRS-Einteilung in fünf Kategorien.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kein Schmerz				Leichter Schmerz		Mittelstarker Schmerz		Starker Schmerz		Unerträglicher Schmerz

3.3.3 Neurologische Untersuchung

Die klinische Untersuchung bestand aus einer ausführlichen neurologischen Untersuchung des Patienten mit Evaluation des motorischen und des sensiblen Status. Dazu gehörte die Prüfung der Motorik durch die Messung der Kraftgrade sowie die Prüfung der Reflexe und des Berührungs- und Schmerzempfindens. Für die individuelle Beurteilung des postoperativen neurologischen Status war die Information über das Ausmaß der neurologischen Defizite zum Zeitpunkt der präoperativen Untersuchung sowie die Dauer der Existenz der neurologischen Symptome vor der Operation wichtig.

Die Messung des Kraftgrades der oberen Extremität erfolgte durch eine funktionelle Untersuchung der Muskulatur mit einer Einstufung nach Janda in folgende sechs Abschnitte (Janda 2000):

1. **5/5** Normale Kraft, die Beweglichkeit gegen Widerstand sowie Schwerkraft ist mit voller Belastung möglich.
2. **4/5** Die Muskelkraft ist für Bewegungen gegen einen leichten Widerstand ausreichend.
3. **3/5** Bewegung gegen die Schwerkraft ist noch möglich.
4. **2/5** Beweglichkeit ist vorhanden, eine aktive Bewegung gegen die Schwerkraft ist jedoch nicht mehr durchführbar.
5. **1/5** Spürbare und sichtbare Aktivität der Muskulatur ist noch vorhanden.
6. **0/5** Vollständige Lähmung.

Im Rahmen der Sensibilitätsprüfung wurde durch Reizung der Haut nach Störungen der Oberflächensensibilität gesucht. Das Bestreichen der Haut mit Zellstoff zeigte gegebenenfalls eine Berührungsempfindungsstörung auf und mit spitzen Gegenständen konnte das Schmerzempfinden der Patienten geprüft werden.

3.3.4 Funktionelle Untersuchung

Im Rahmen der klinischen Untersuchung der Patienten wurde die Funktionalität der HWS durch Messungen des aktiven Bewegungsausmaßes, des sogenannten *Range of Motion* (ROM), erfasst. Mit einem Winkelmesser wurde prä- und postoperativ die Rotation des Kopfes in beide Richtungen (Normwerte: 60-80°), das Neigen des Kopfes nach links und rechts (Normwert: 45°) sowie der Kinn-Brustbein-Abstand bei maximaler Vorwärtsneigung (Normwert: 0-3 cm) und bei maximaler Rückwärtsneigung (Normwert: 17-20 cm) des Kopfes gemessen.

3.3.5 Radiologische Untersuchung

Präoperativ erfolgte bei jedem der 67 Patienten eine MRT-Untersuchung zur Feststellung und Beurteilung der Pathologie in der HWS.

Am ersten postoperativen Tag wurde im Rahmen der zweiten Untersuchung bei jedem Patienten ein Nativ-Röntgen der HWS in zwei Ebenen, bestehend aus einer anterior-posterioren und einer seitlichen Aufnahme, angefertigt. Diese Untersuchung diente der Lage- und Stellungskontrolle des Cages nach ACDF.

Eine CT-Untersuchung des operierten HWS-Abschnitts zur Kontrolle und Beurteilung der knöchernen Durchbauung erfolgte im Rahmen der dritten Untersuchung ca. sechs Monate postoperativ. Eine knöcherne Durchbauung besteht, wenn entsprechend der FDA-Kriterien für die Durchbauung drei durchgehende Trabekel im betroffenen Segment bei der kontinuierlichen Verfolgung in den transversalen Schichten festgestellt werden können.

Im Rahmen aller radiologischen Untersuchungen wurde die Zwischenwirbelraumhöhe mithilfe eines *Tools* des Programms *Centricity PACS-IW* bestimmt, indem der Abstand zwischen der kaudalen Deckplatte des darüber liegenden und der kranialen Deckplatte des darunter liegenden Wirbels einheitlich an derselben Stelle der Wirbelkörper gemessen wurde. In der vorliegenden Studie wurde die dorsale Wirbelkante zur Messung der Intervertebralhöhe gewählt, um ein vergleichbares Ergebnis bei der Auswertung der radiologischen Untersuchungen zu erreichen. Dadurch konnte ein Vergleich der präoperativen und unmittelbar postoperativen Zwischenwirbelraumhöhe des betroffenen Segmentes vorgenommen werden. Zusätzlich wurde das Ergebnis der Messung der zweiten Untersuchung mit der zum Nachuntersuchungstermin nach ca. sechs Monaten gemessenen Höhe verglichen.

3.4 Beurteilung der Patientenzufriedenheit

Anhand von zwei ausgewählten Fragebögen erfolgte die Erfassung der Patientenzufriedenheit und der Alltagseinschränkung der betroffenen Patienten unmittelbar vor und ca. sechs Monate nach der Operation. Der *Neck Disability Index* (NDI) (Vernon und Mior 1991) und der *Satisfaction Questionnaire* (SQ) waren die hierzu ausgewählten Untersuchungsscores. Die prä- und postoperativen Ergebnisse dieser beiden Fragebögen unter Berücksichtigung der Möglichkeit einer Durchführung täglicher Lebensaufgaben nach durchgeführtem Eingriff lassen möglicherweise Rückschlüsse auf die Zufriedenheit der Patienten nach zervikaler Fusion zu. Dadurch dass diese beiden Fragebögen in ähnlichen Studien auch verwendet werden, lassen sich die Ergebnisse der verschiedenen Studien gut vergleichen.

3.4.1 *Neck Disability Index* (NDI)

Als Modifikation des *Oswestry Low Back Pain Disability Index*, einem Fragebogen, in dem die Patienten zu Schmerzen im unteren Rücken und deren Einfluss auf ihren Alltag befragt werden, hat Howard Vernon 1991 den NDI (vollständige Fassung im Anhang) entwickelt (Vernon und Mior 1991). In diesem werden durch Nackenbeschwerden entstandene physische Einschränkungen im alltäglichen Lebensablauf in Selbsteinschätzung erhoben. Der NDI wurde in zahlreichen Veröffentlichungen bezüglich seiner Reliabilität und Validität überprüft (Macdermid et al. 2009, McCarthy et al. 2007, Vernon 2008).

Dieser klinisch orientierte Score berücksichtigt zehn verschiedene Parameter. Hierbei geben die Patienten individuelle Auskünfte über die Beurteilung der Schmerzintensität, über die Möglichkeiten der eigenen Körperpflege, die Fähigkeit etwas zu heben, zu lesen, sich zu konzentrieren, zu arbeiten, Auto zu fahren und zu schlafen, über das Auftreten von Kopfschmerzen und über die Möglichkeit der Durchführung von Freizeitaktivitäten (Bostelmann 2009). Die an der Studie teilnehmenden Patienten füllten den NDI sowohl vor als auch nach der Operation zum jeweiligen Untersuchungszeitpunkt aus.

Die Auswertung des NDI erfolgt nach dem Auswertungsschema des *Oswestry Disability Index*. In jedem der zehn Bewertungsabschnitte werden zwischen null und

fünf Punkte vergeben. Bei null Punkten liegt keine Einschränkung vor, fünf Punkte stehen für maximale Beschwerden. Insgesamt kann folglich eine maximale Punktzahl von 50 erreicht werden. Die Summe der Punkte aus den von den Patienten beantworteten Fragen wurden im Verhältnis zur möglichen Gesamtpunktzahl in % zusammengefasst. Nicht beantwortete Fragen wurden aus der Wertung genommen. Unter Verwendung dieses Bewertungssystems erhält man folgende Einteilung der Ergebnisse (Bostelmann 2009):

1. Bis 8% keine Einschränkung im Alltag,
2. 10-28 % leichte Einschränkung im Alltag,
3. 30-48 % mäßige Einschränkung im Alltag,
4. 50-68 % schwere Einschränkung im Alltag,
5. über 68% vollständige Einschränkung im Alltag.

3.4.2 *Satisfaction Questionnaire (SQ)*

Der SQ ist eine 5-Punkte-Skala, in der die Patienten ihre Behandlungsergebnisse wie in Tabelle 3 dargestellt als exzellent, gut, mittelmäßig, schlecht oder sehr schlecht bewerten können. Der SQ dient somit der Evaluation der Patientenzufriedenheit nach der Behandlung. Zusätzlich werden die Patienten gefragt, ob sie sich, wenn eine erneute Intervention nötig wäre, dieser Behandlung wieder unterziehen würden.

Tabelle 3: *Satisfaction Questionnaire (SQ)* mit Fünf-Punkte-Skala.

1	2	3	4	5
Exzellent	Gut	Mittelmäßig	Schlecht	Sehr schlecht

3.5 Datenbanken und Dokumentation

Die Datenbanken OrDis und OpDis des UKE ermöglichten den Zugriff auf die für die Studie relevanten Patientendaten. Das Stationskommunikationssystem OrDis beinhaltet die Komponenten der Auftragsverwaltung, der Terminkoordination, der Stationsverwaltung sowie der Stationsdokumentation. Das Operations- und Anästhesie-Management-Programm OpDis gibt Informationen über die langfristige Operationsplanung und ihre Koordination sowie über die Operations- und Anästhesie-Dokumentation. Relevante Informationen dieser Datenbanken für die vorliegende Studie waren das Datum der Operation, die Aufenthaltsdauer des Patienten in der Neurochirurgischen Abteilung des UKE, die Operationsdauer vom Schnitt bis zur Naht, der zuständige Operateur und die Operations- und Entlassungsberichte mit Dokumentation über aufgetretene Komplikationen während oder nach der Operation sowie vorgenommene Revisionseingriffe.

Alle erhobenen Informationen und Untersuchungsergebnisse wurden in eine Datenbank eingegeben. Dadurch waren für jeden Patienten die persönlichen Daten, die Untersuchungsbefunde, die Score-Erfassung und die Schmerzangaben in Tabellen- und Formularform darstellbar. Die Dokumentation erfolgte unabhängig von der klinikinternen Dokumentation und im Einklang mit den geltenden Gesetzen und Richtlinien zum Datenschutz. Personenbezogene Daten wurden in pseudonymisierter Form dokumentiert. Zugriff auf die Daten hatten während der gesamten Zeit der klinischen Untersuchung nur der Leiter der Studie und seine Beauftragten. Eine Aufbewahrung der Daten wird für einen Zeitraum von fünf Jahren nach Abschluss der Rekrutierungszeit gewährleistet.

3.6 Auswertung

Die motorische und sensible Funktion der Patienten sowie der aktive ROM der HWS wurden in der Auswertung entweder als „normal“ oder als „eingeschränkt“ eingestuft. Die Patienten wiesen im Vergleich von prä- und postoperativem Status entweder eine vollständige Regeneration, eine Verbesserung, eine Verschlechterung oder keine Veränderung in Bezug auf die untersuchten Parameter auf. Für die radiologische Auswertung wurde die postoperative Lage des Cages und die knöcherne Durchbauung des betroffenen Segmentes bestimmt sowie ein Vergleich der prä- und postoperativ gemessenen Zwischenwirbelraumhöhen vorgenommen. Die von den Patienten vor der Operation und beim Nachuntersuchungstermin beantworteten Fragebögen wurden ausgewertet.

Nach Abschluss der Datendokumentation der rekrutierten Patienten erfolgte die statistische Auswertung mithilfe des Datenanalysesystems SPSS, um eine Korrelation der Ergebnisse der untersuchten Parameter mit der Patientenzufriedenheit feststellen zu können. Ein formaler biometrischer Abschlussbericht wurde erstellt. Hierin findet sich eine umfangreiche Darstellung der Patientendemographie und des Risikoprofils mit Mittelwerten, Median sowie den adäquaten Streuwerten und/oder 95% Konfidenzintervallen. Die statistischen Verfahren beinhalteten die gängigen und für die zu erwartenden Verteilungen probaten Methoden. Die einzelnen Zielkriterien wurden mit einem geeigneten Test für Mittelwert-Differenzen bei unverbundenen Stichproben, wie dem t-Test, geprüft. Nach der Erstellung von Kontingenztafeln wurden jenseits des Zufalls liegende Unterschiede in Anteilen zum Beispiel mit dem Chi2-Test, bei Zellbesetzungen > 6 mit Fishers exaktem Test evaluiert, um einen möglichen signifikanten Zusammenhang zwischen den getesteten Variablen und der Patientenzufriedenheit zu prüfen. Bei geeigneten Voraussetzungen bezüglich der Stichprobengröße und Verteilungen wurden unter klinisch und statistisch relevanten Fragestellungen auch multivariate Analysen im logischen beziehungsweise linearen Regressionsmodell ausgeschlossen, um eventuelle Zentrumseffekte oder vom experimentellen Verfahren profitierende und nicht profitierende Subgruppen zu identifizieren. Die Interpretation der Zielkriterien und Subgruppen wurde strikt explorativ gehalten, p-Werte sind entsprechend zu interpretieren.

4 Ergebnisse

4.1 Patientenkollektiv

In der Klinik für Neurochirurgie des UKE unterzogen sich im Jahre 2008 insgesamt 69 Patienten mit einer zervikalen degenerativen Bandscheibenerkrankung einer monosegmentalen ACDF mit Einsatz eines PEEK-Cages. 67 dieser 69 Patienten (97,1%) erfüllten die Bedingungen für eine Teilnahme an der vorliegenden prospektiven Studie und stimmten dieser schriftlich zu. Die Daten von 2 der 69 Patienten (2,9%) konnten zum Zeitpunkt der zweiten Nachuntersuchung, die durchschnittlich 217 Tage (198-232 Tage), also sieben Monate nach der Operation stattfand, nicht ermittelt werden.

4.1.1 Altersstruktur und Geschlechtsverteilung

Die Patienten waren zum Operationszeitpunkt zwischen 19 und 81 Jahre alt. Der Altersdurchschnitt des Gesamtkollektivs betrug zum Zeitpunkt der Operation 53 Jahre.

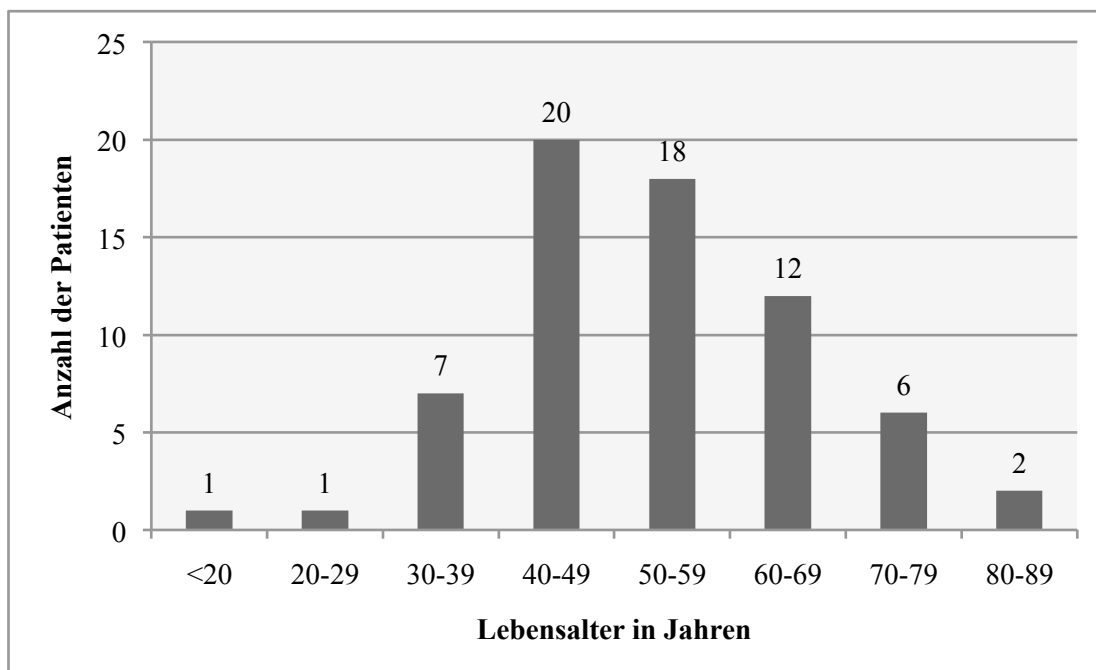


Abbildung 3: Altersstruktur der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten.

Das Patientenkollektiv setzte sich aus 35 Männern (52,2%) und 32 Frauen (47,8%) zusammen. Dies entspricht einem Verhältnis von 1:0,9.

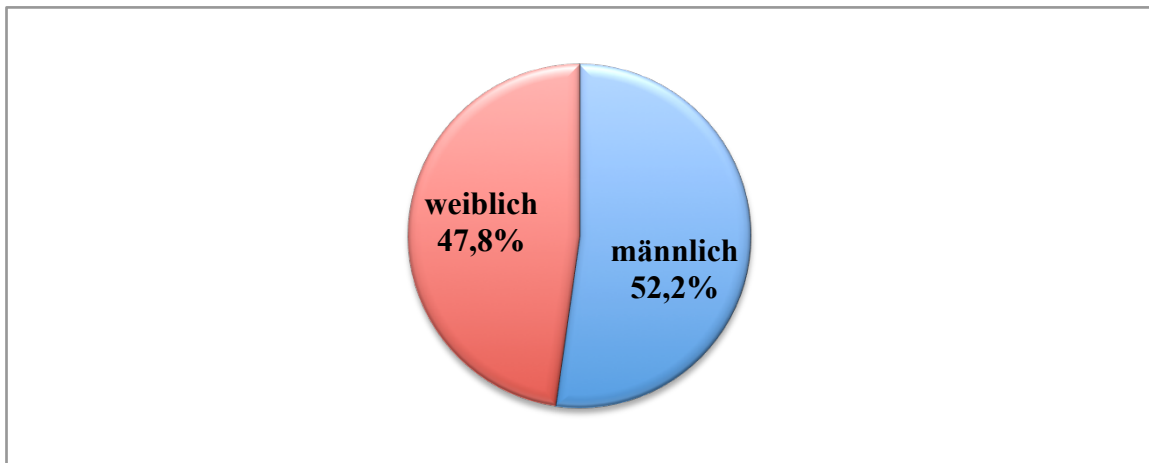


Abbildung 4: Geschlechtsverteilung der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten.

4.2 Perioperative Daten

Die Operationsdauer der einzelnen zervikalen Wirbelkörper-Fusionen lag zwischen 55 und 170 Minuten, wobei diese in Abhängigkeit vom jeweiligen Operateur stark variierte. Durchschnittlich betrug die Dauer einer Operation 102 Minuten. Die Zeit wurde einheitlich beginnend ab dem Hautschnitt bis zur Vollendung der Naht gemessen. Bei 39 der 67 Patienten (58,2%) wurde ein operativer Zugang von der linken Seite des Halses gewählt. Bei 28 der 67 Patienten (41,8%) wurde der Zugang von rechts vorgenommen. 5 Patienten (7,5%) wurden auf der Höhe C 3/4 operiert, 11 Patienten (16,4%) am Segment C 4/5, 23 Patienten (34,3%) auf der Höhe C 5/6 und in 28 Fällen (41,8%) wurde das Segment C 6/7 fusioniert.

Insgesamt wurden den 67 Patienten im Rahmen dieser Studie monosegmental 67 PEEK-Cages in unterschiedlichen Größen implantiert. Bei einem Patienten (1,5%) wurde ein 4 mm-Cage eingesetzt, bei 35 Patienten (52,2%) wurde ein 5 mm großer Cage implantiert, ein 6 mm-Cage kam bei 29 Patienten (43,3%) zum Einsatz und in 2 Fällen (3,0%) wurde ein 7 mm-Cage verwendet.

Intraoperativ kam es in 4 Fällen (6,0%) durch starke Blutungen, Osteophyten, Vernarbungen durch eine vorherige Schilddrüsen-Operation oder durch Verletzung der Dura mater zu Komplikationen. Postoperativ traten in 3 Fällen (4,5%) Komplikationen auf, wobei es in jeweils einem Fall zu einer Schluckstörung, zu Wundheilungsstörungen

oder zu Nachblutungen kam. In letzterem Fall (1,5%) war eine Revisionsoperation erforderlich.

Die stationäre Behandlungsdauer der Patienten betrug 4-14 Tage. Im Durchschnitt wurden die Patienten postoperativ 7,4 Tage auf der neurochirurgischen Station des UKE betreut.

4.3 Neurologisches, funktionelles und radiologisches Ergebnis

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde der Schmerzstatus erfasst sowie das funktionelle, motorische, sensible und radiologische Ergebnis der zervikal fusionierten Patienten ermittelt.

4.3.1 Entwicklung der Schmerzen

59 der 67 Patienten (88,1%) litten präoperativ unter Schmerzen. Zu diesem Zeitpunkt betrug die durchschnittliche Dauer der existenten Schmerzen 36,9 Wochen (1–262 Wochen). 42 Patienten (62,7%) hatten sowohl Nacken- als auch Armschmerzen, 14 Patienten (20, 9%) klagten über isolierte Nacken- und 11 Patienten (16,4%) über isolierte Armschmerzen. 8 der 67 Patienten (11,9%) hatten präoperativ keine Schmerzen. Postoperativ beklagten insgesamt 17 der 67 Patienten (25,4%) vorhandene Schmerzen, 50 der 67 Patienten (74,6%) wiesen postoperative Schmerzfreiheit auf. Bei 9 Patienten (13,4%) änderte sich der Schmerzstatus bis sieben Monate nach der Operation nicht. Diese Entwicklungen sind in Abbildung 5 dargestellt.

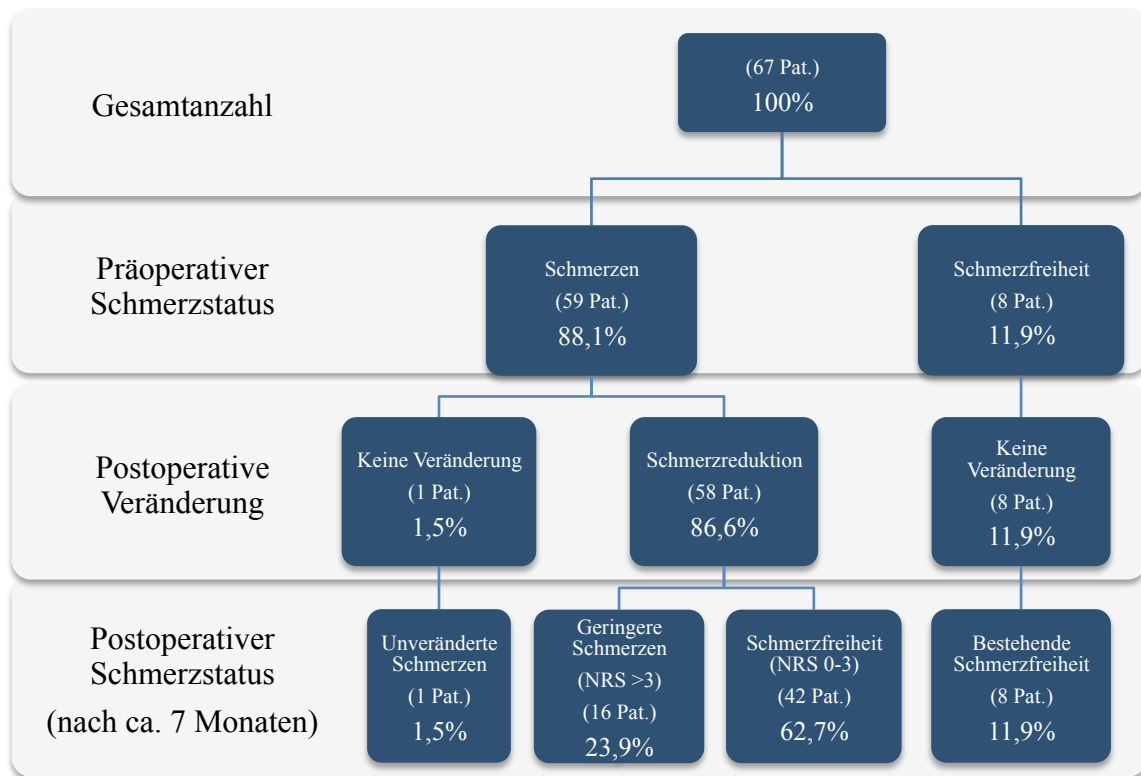


Abbildung 5: Vergleich des prä- und postoperativen Schmerzstatus der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten.

Patientenkollektiv mit präoperativer Schmerzfreiheit (n=8). Alle 8 Patienten, die bereits präoperativ keine Schmerzen aufwiesen, waren auch sieben Monate nach der Operation schmerzfrei.

Patientenkollektiv mit präoperativen Schmerzen (n=59). 58 der 59 präoperativ schmerzgeplagten Patienten (98,3%) wiesen sieben Monate nach der Operation eine Verbesserung der Schmerzsituation auf, in 42 Fällen (71,2%) bis hin zur Schmerzfreiheit (NRS 0-3). Bei einem Patienten (1,7%) änderte sich der Schmerzstatus bis sieben Monate nach der Operation nicht, wobei eine Erklärung hierfür aus den vorliegenden Informationen nicht möglich ist. Keiner der Patienten litt postoperativ unter stärkeren Schmerzen als vor der Intervention.

Tabelle 4 stellt die postoperative Veränderung der Schmerzsituation der Patienten mit präoperativen Schmerzen in Abhängigkeit von der Schmerzdauer vor der Operation dar.

Hierbei wird deutlich, dass ein Zusammenhang zwischen einer kurzen Dauer der präoperativen Schmerzen und einer Verbesserung der Schmerzsituation besteht.

Tabelle 4: Postoperative Entwicklung der Schmerzsituation bei Patienten mit präoperativen Schmerzen (n=59) in Abhängigkeit von der präoperativen Dauer der existenten Schmerzen (Prüfung durchschnittlich 217 Tage postoperativ).

Dauer der präoperativen Schmerzen	Anzahl der Patienten		Verschlechterung der Schmerzsituation		Unveränderte Schmerzsituation		Verbesserung der Schmerzsituation (NRS >3)		Schmerzfreiheit (NRS 0-3)	
Monate	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
< 3	29	49,2	0	0,0	0	0,0	3	10,3	26	89,7
3-6	10	16,9	0	0,0	0	0,0	5	50,0	5	50,0
6-12	9	15,3	0	0,0	0	0,0	5	55,6	4	44,4
12-24	9	15,3	0	0,0	1	11,1	2	22,2	6	66,7
24-48	1	1,7	0	0,0	0	0,0	1	100,0	0	0,0
> 48	1	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0
Gesamt	59	100	0	0,0	1	1,7	16	27,1	42	71,2

Der von den Patienten angegebene Wert auf der NRS sank insgesamt von durchschnittlich 6,2 vor der Operation auf 2,1 zum Untersuchungszeitpunkt sieben Monate nach der Operation. Abbildung 6 verdeutlicht diese Veränderungen.

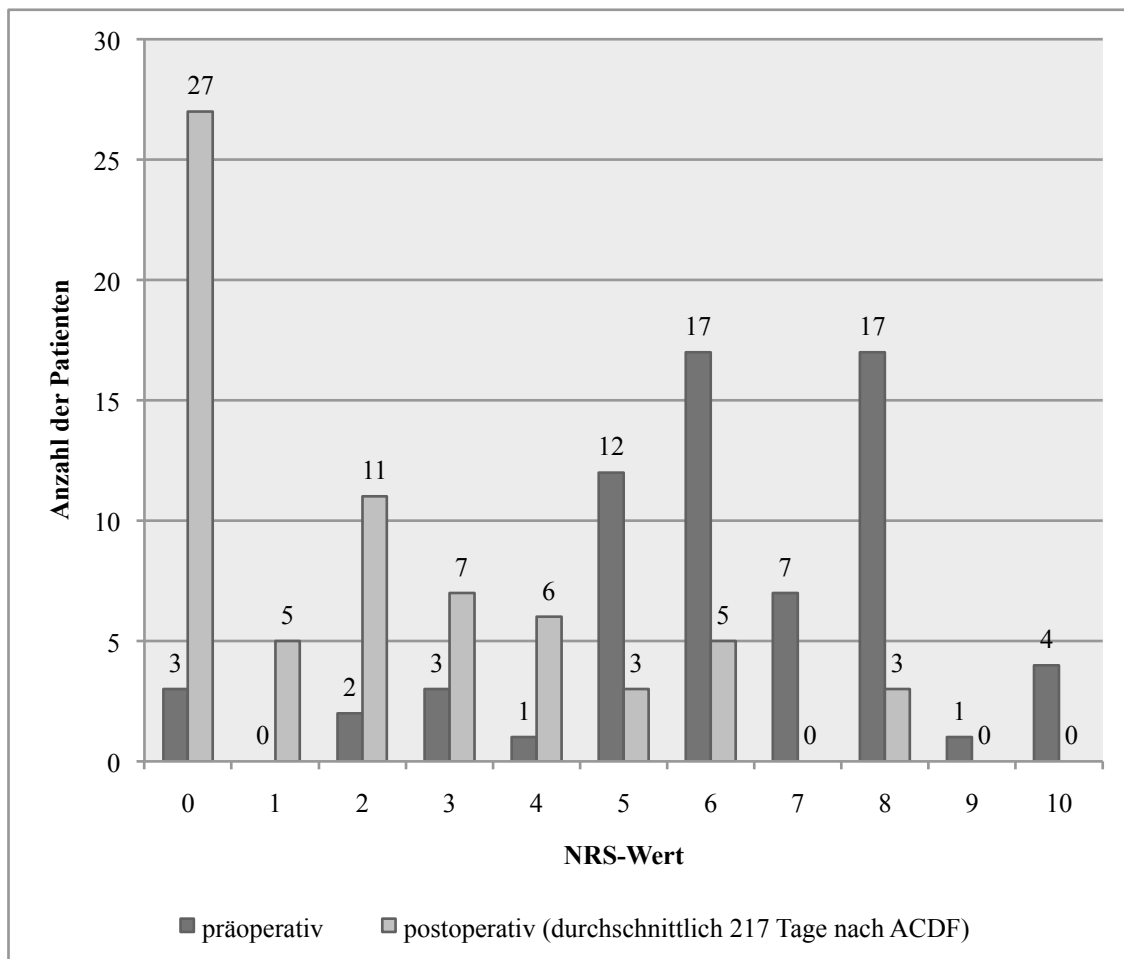


Abbildung 6: Präoperativer NRS-Wert der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten im Vergleich zu dem postoperativen NRS-Wert durchschnittlich 217 Tage nach ACDF.

4.3.2 Ergebnis der sensiblen Funktion

49 der 67 Patienten (73,1%) litten präoperativ unter einem sensiblen Defizit. Zum Zeitpunkt der Operation betrug die durchschnittliche Dauer des Defizits 21,0 Wochen (1–208 Wochen). Das dominierend betroffene Dermatom war in 4 Fällen C4 (6,0%), in 8 Fällen C5 (11,9%), in 17 Fällen C6 (25,4%) und in 20 Fällen C7 (29,9%). 18 der 67 Patienten (26,9%) wiesen präoperativ einen regelrechten sensiblen Status auf. Insgesamt hatten 23 der 67 Patienten (34,3%) postoperativ ein sensibles Defizit, 44 der 67 Patienten (65,7%) zeigten sieben Monate nach der Operation eine regelrechte Sensibilität. Diese Entwicklungen sind in Abbildung 7 dargestellt.

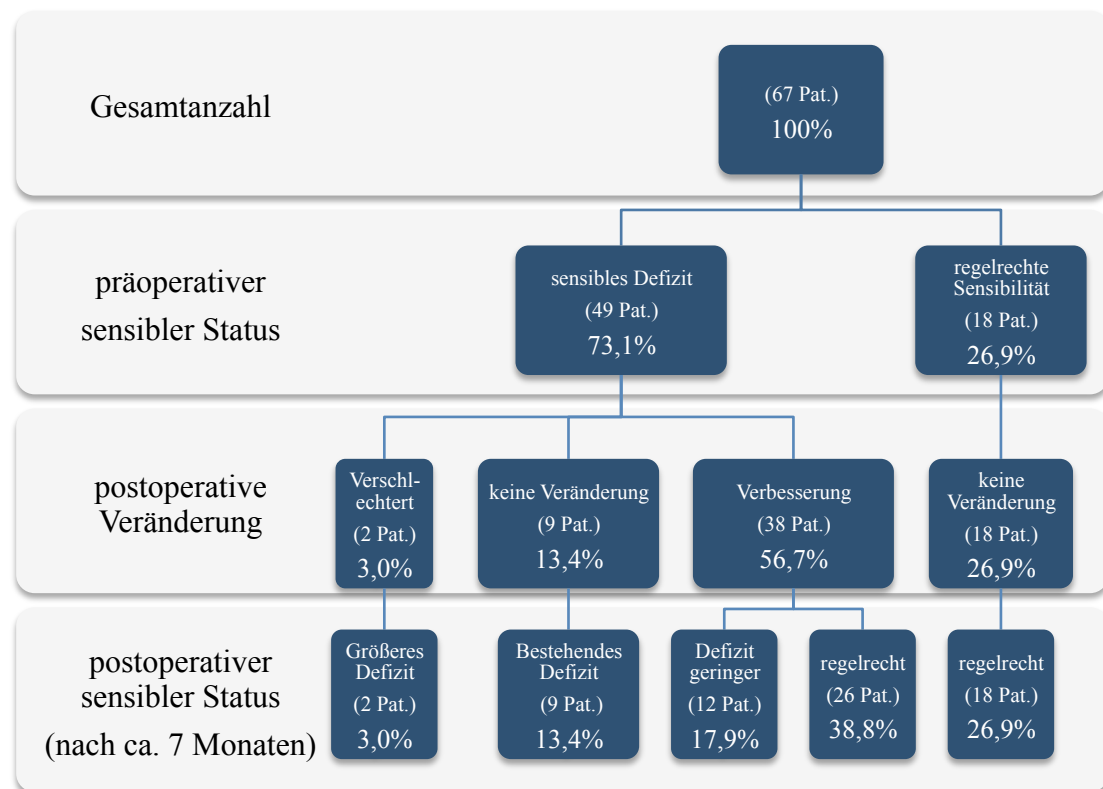


Abbildung 7: Vergleich des prä- und postoperativen sensiblen Status der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten.

Patientenkollektiv mit regelrechter präoperativer sensibler Funktion (n=18). Alle 18 Patienten, die bereits zum Operationszeitpunkt einen regelrechten sensiblen Status aufwiesen, wiesen auch sieben Monate postoperativ keine sensiblen Defizite auf.

Patientenkollektiv mit präoperativem sensiblen Defizit (n=49). 38 der 49 Patienten (77,6%) mit einem präoperativen sensiblen Defizit erreichten bis zum Untersuchungszeitpunkt sieben Monate nach der Operation eine Verbesserung der sensiblen Funktion. Bei 26 der 49 Patienten (53,1%) kam es zu einer Regeneration bis hin zu einem regelrechten sensiblen Status. 9 der 49 Patienten (18,4%) wiesen sieben Monate postoperativ eine unveränderte sensible Funktion auf. 2 der 49 Patienten (4,1%) haben ihren sensiblen Status bis sieben Monate nach der Operation verschlechtert. Die Gründe für das Zustandekommen dieser Verschlechterung können anhand der vorliegenden Informationen nicht nachvollzogen werden.

Die postoperative Entwicklung der sensiblen Funktion dieser 49 Patienten in Abhängigkeit von der präoperativen Dauer des Defizits ist in Tabelle 5 dargestellt. Hierbei fällt auf, dass eine vollständige Regeneration der sensiblen Funktion insbesondere von Patienten erreicht wurde, bei denen das Defizit präoperativ weniger als drei Monate bestand.

Tabelle 5: Postoperative Entwicklung der sensiblen Funktion bei Patienten mit präoperativem Defizit (n=49) in Abhängigkeit von der präoperativen Dauer des sensiblen Defizits (Prüfung durchschnittlich 217 Tage postoperativ).

Dauer des präoperativen Defizits	Anzahl der Patienten		Verschlechterung der sensiblen Funktion		Unveränderte Sensibilität		Verbesserung der sensiblen Funktion		Vollständige Regeneration	
Monate	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
< 3	31	63,3	0	0,0	0	0,0	8	25,8	23	74,2
3-6	4	8,2	0	0,0	1	25,0	2	50,0	1	25,0
6-12	6	12,2	0	0,0	5	83,3	0	0,0	1	16,7
12-24	7	14,3	1	14,3	3	42,9	2	28,6	1	14,3
24-48	1	2,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
> 48	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Gesamt	49	100	2	4,1	9	18,4	12	24,5	26	53,1

4.3.3 Ergebnis der motorischen Funktion

37 der 67 untersuchten Patienten (55,2%) litten zum Operationszeitpunkt unter einem motorischen Defizit in der oberen Extremität. Zu diesem Zeitpunkt betrug die durchschnittliche Dauer des existenten motorischen Defizits 18,2 Wochen (1–262 Wochen). Es handelte sich in 3 Fällen (4,5%) um C4-, in 6 Fällen (9,0%) um C5-, in 13 Fällen (19,4%) um C6- und in 15 Fällen (22,4%) um C7-Paresen. In 9 Fällen (13,4%) betrug die Kraftminderung 4/5, in 21 Fällen (31,3%) 3/5, in 6 Fällen (9,0%) 2/5 und in einem Fall (1,5%) lag eine 1/5-Parese vor. 30 der 67 Patienten (44,8%) wiesen am Tag der Operation eine regelrechte Motorik auf. Insgesamt beklagten 15 der 67 Patienten (22,4%) ein postoperatives motorisches Defizit, 52 Patienten (77,6%) besaßen sieben Monate nach der Operation eine regelrechte motorische Funktion in der HWS. Diese Entwicklungen sind in Abbildung 8 dargestellt.

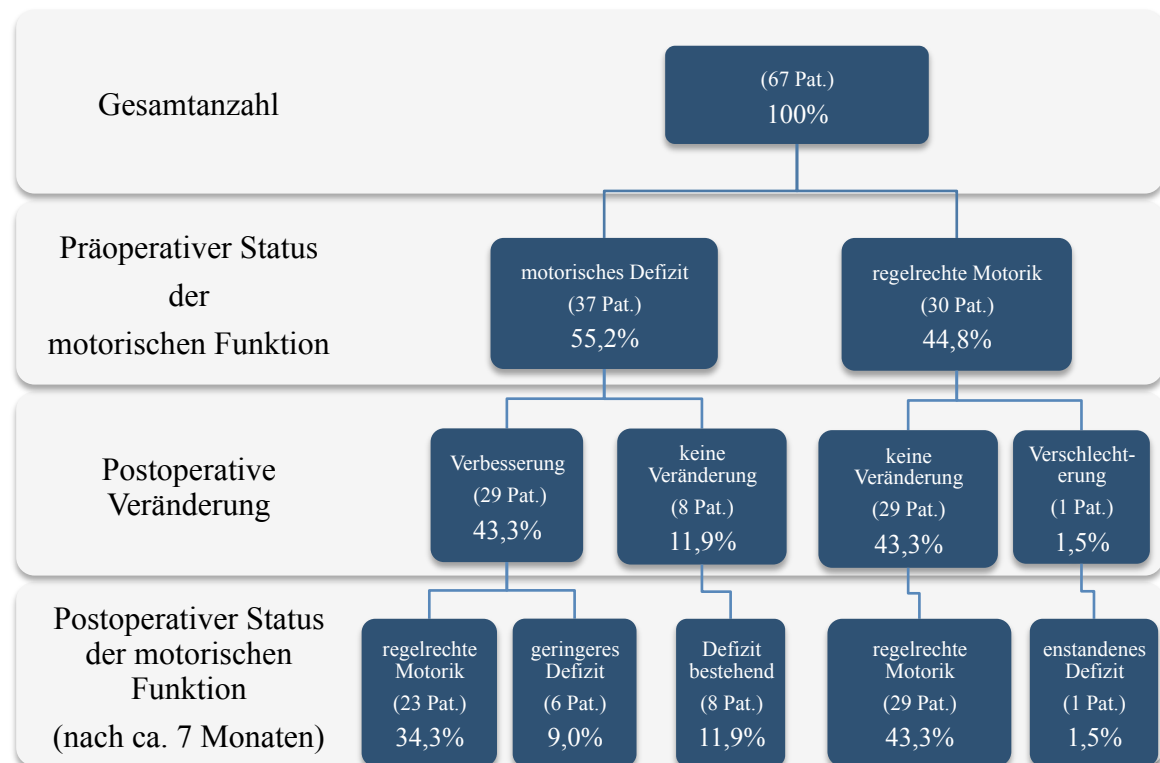


Abbildung 8: Vergleich des prä- und postoperativen Status der motorischen Funktion der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten.

Patientenkollektiv mit regelrechter präoperativer motorischer Funktion (n=30). 29 der 30 Patienten (96,7%) mit regelrechter präoperativer motorischer Funktion zeigten auch sieben Monate postoperativ keine Einschränkung dieser Funktion auf. Bei einem der 30 Patienten (3,3%) kam es sieben Monate nach der Operation zu einer Verschlechterung der Motorik. Gründe für diese Entstehung eines Defizits lassen sich auf der Grundlage der vorliegenden Daten nicht nachvollziehen.

Patientenkollektiv mit präoperativem motorischen Defizit (n=37). Bei 29 der 37 Patienten (78,4%) mit präoperativem motorischen Defizit war es sieben Monate postoperativ zu einer Verbesserung der motorischen Situation gekommen. 23 dieser 37 Patienten (62,2%) erreichten postoperativ eine regelrechte motorische Funktion. Bei 8 der 37 Patienten (21,6%) zeigte sich das motorische Defizit sieben Monate nach der Operation in unveränderter Ausprägung.

Die postoperative Entwicklung der motorischen Funktion dieser 37 Patienten in Abhängigkeit von der präoperativen Dauer des Defizits ist in Tabelle 6 dargestellt. Es

fällt auf, dass eine vollständige Regeneration der motorischen Funktion insbesondere von Patienten erreicht wurde, bei denen das Defizit präoperativ weniger als drei Monate bestand.

Tabelle 6: Postoperative Entwicklung der motorischen Funktion bei Patienten mit präoperativem Defizit (n=37) in Abhängigkeit von der präoperativen Dauer des motorischen Defizits (Prüfung durchschnittlich 217 Tage nach ACDF).

Dauer des präoperativen Defizits	Anzahl der Patienten		Verschlechterung der motorischen Funktion		Unveränderte Motorik		Verbesserung der motorischen Funktion		Vollständige Regeneration	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
< 3	23	62,2	0	0,0	0	0,0	2	8,7	21	91,3
3-6	3	8,1	0	0,0	2	66,7	1	33,3	0	0,0
6-12	6	16,2	0	0,0	3	50,0	2	33,3	1	16,7
12-24	3	8,1	0	0,0	2	66,7	1	33,3	0	0,0
24-48	1	2,7	0	0,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0
> 48	1	2,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0
Gesamt	37	100	0	0,0	8	21,6	6	16,2	23	62,2

4.3.4 Funktionelles Ergebnis (ROM)

Das Bewegungsausmaß in der HWS war zum Operationszeitpunkt bei 14 der 67 Patienten (20,9%) eingeschränkt. Zu diesem Zeitpunkt betrug die durchschnittliche Dauer des existenten Bewegungsdefizits 28,1 Wochen (3–104 Wochen). 53 der 67 Patienten (79,1%) wiesen präoperativ ein vollständiges Bewegungsausmaß in der HWS auf. Insgesamt waren 6 der 67 Patienten (9,0%) postoperativ weiterhin in ihrem ROM eingeschränkt, 61 dieser 67 Patienten (91,0%) wiesen sieben Monate nach der Operation eine uneingeschränkte Funktionalität der HWS auf. Diese Entwicklungen sind in Abbildung 9 dargestellt.

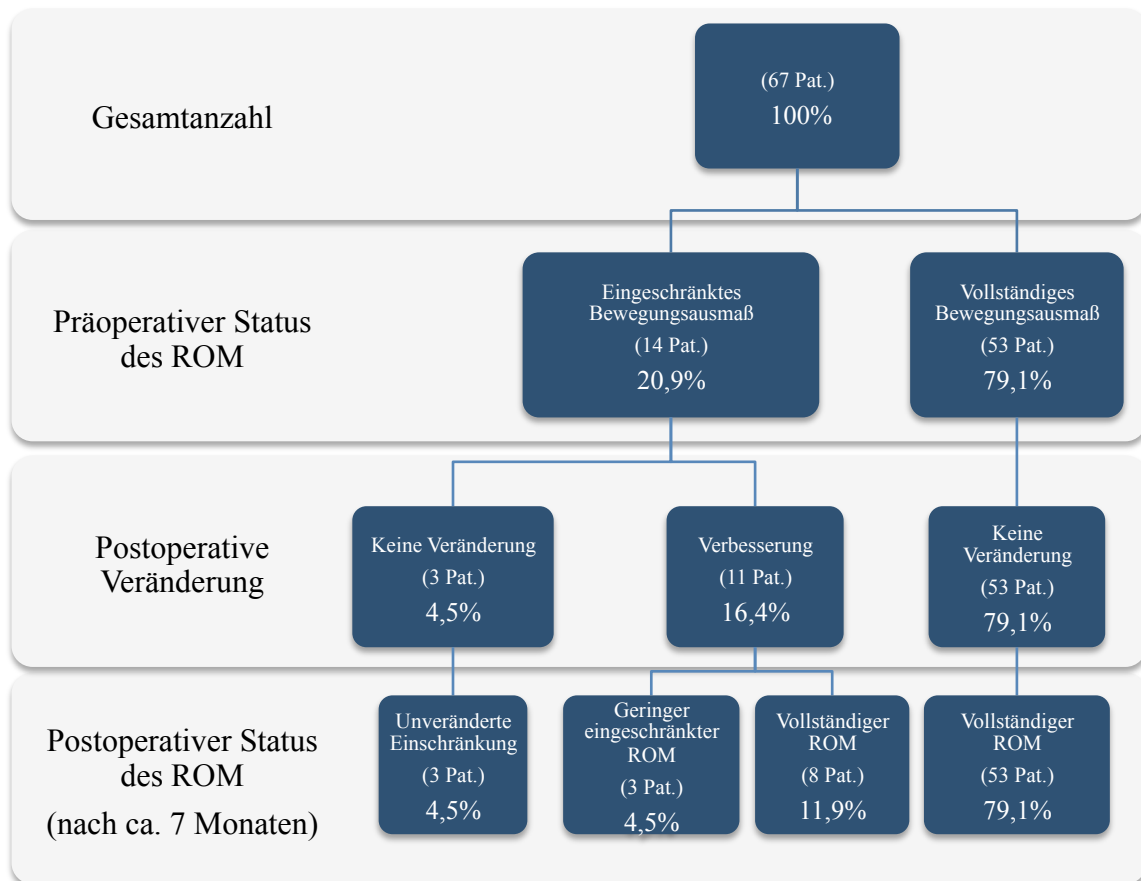


Abbildung 9: Vergleich des prä- und postoperativen Bewegungsausmaßes in der HWS, des *Range of motion* (ROM), der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten.

Patientenkollektiv mit normalem präoperativen ROM (n=53). Alle 53 Patienten, die bereits zum Operationszeitpunkt ein normales Bewegungsausmaß aufwiesen, hatten auch sieben Monate nach der Operation ein vollständiges Bewegungsausmaß in der HWS.

Patientenkollektiv mit präoperativem Bewegungsdefizit (n=14). Bei 11 der 14 Patienten (78,6%), die ein präoperatives Bewegungsdefizit in der HWS aufwiesen, kam es bis sieben Monate nach der Operation zu einer Verbesserung des Bewegungsausmaßes. 8 Patienten (57,1%) erreichten postoperativ ein regelrechtes Bewegungsausmaß in der HWS. Bei 3 Patienten (21,4%) blieb das Bewegungsdefizit in der HWS bis sieben Monate nach der Operation unverändert bestehen. Weshalb es in diesen Fällen nicht zu einer Verbesserung des ROM kam, kann mithilfe der

vorliegenden Informationen nicht geklärt werden. Keiner der Patienten wies ein verschlechtertes postoperatives Bewegungsausmaß auf.

4.3.5 Radiologisches Ergebnis

66 der 67 (98,5%) Patienten wiesen bei der Untersuchung am ersten postoperativen Tag im Vergleich zur präoperativen Situation eine Zunahme der Intervertebralhöhe auf.

Im Durchschnitt erhöhte sich der Intervertebralraum nach der Cageimplantation um +0,9 mm (0-3 mm).

In 57 Fällen (85,1%) blieb die operativ hergestellte Intervertebralraumhöhe vom Operationszeitpunkt bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung durchschnittlich 217 Tage nach der ACDF unverändert und der CT-Befund zeigte in diesen Fällen jeweils eine knöcherne Durchbauung des operierten Segmentes. Eine Erfüllung der FDA-Kriterien für eine knöcherne Durchbauung konnte bei diesen Patienten durch die Verfolgung von durchgehenden Trabekeln in einzelnen aufeinanderfolgenden transversalen Schichten bestätigt werden.

In 10 Fällen (14,9%) imponierte eine Höhenminderung des Intervertebralraumes um durchschnittlich 0,03 mm (0,01-0,2 mm). In diesen Fällen waren die FDA-Kriterien einer knöchernen Durchbauung nicht erfüllt. Die Ursache hierfür kann in der vorliegenden Arbeit nicht geklärt werden.

In den Abbildungen 10 und 11 ist die knöcherne Durchbauung eines Cages in der HWS eines Patienten in verschiedenen sagittalen Ebenen dargestellt. Bei diesem Patienten kam es sowohl zu einer ventralen als auch zu einer zentralen Durchbauung des betroffenen Segmentes.

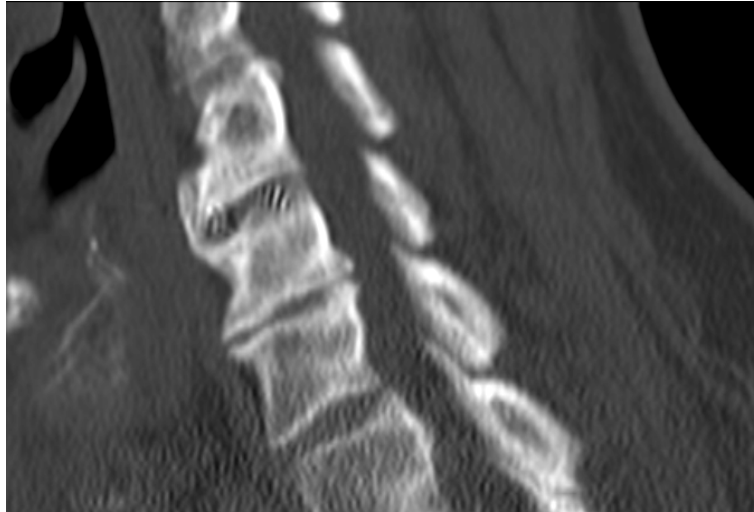


Abbildung 10: Darstellung einer ventralen knöchernen Durchbauung in sagittaler Ansicht 211 Tage nach Cageimplantation in der HWS bei einem Patienten mit ventraler und zentraler Durchbauung.



Abbildung 11: Darstellung einer zentralen knöchernen Durchbauung in sagittaler Ansicht 211 Tage nach Cageimplantation in der HWS bei einem Patienten mit ventraler und zentraler Durchbauung.

4.4 Patientenzufriedenheit

4.4.1 Ergebnisse des NDI

Sieben Monate nach der Operation ergab sich bei der Auswertung des NDI-Fragebogens, dass bei 8 der 67 Patienten (11,9%) „keine Einschränkung“ im Alltag vorlag. 37 Patienten (55,2%) waren postoperativ im Alltag „leicht eingeschränkt“. Bei 17 Patienten (25,4%) ergab sich eine „mäßige Einschränkung“. 5 der 67 Patienten (7,5%) gaben eine „schwere Alltagseinschränkung“ an. Keiner der Patienten klagte über eine „vollständige Einschränkung“. Diese Zahlen werden in Abbildung 12 verdeutlicht.

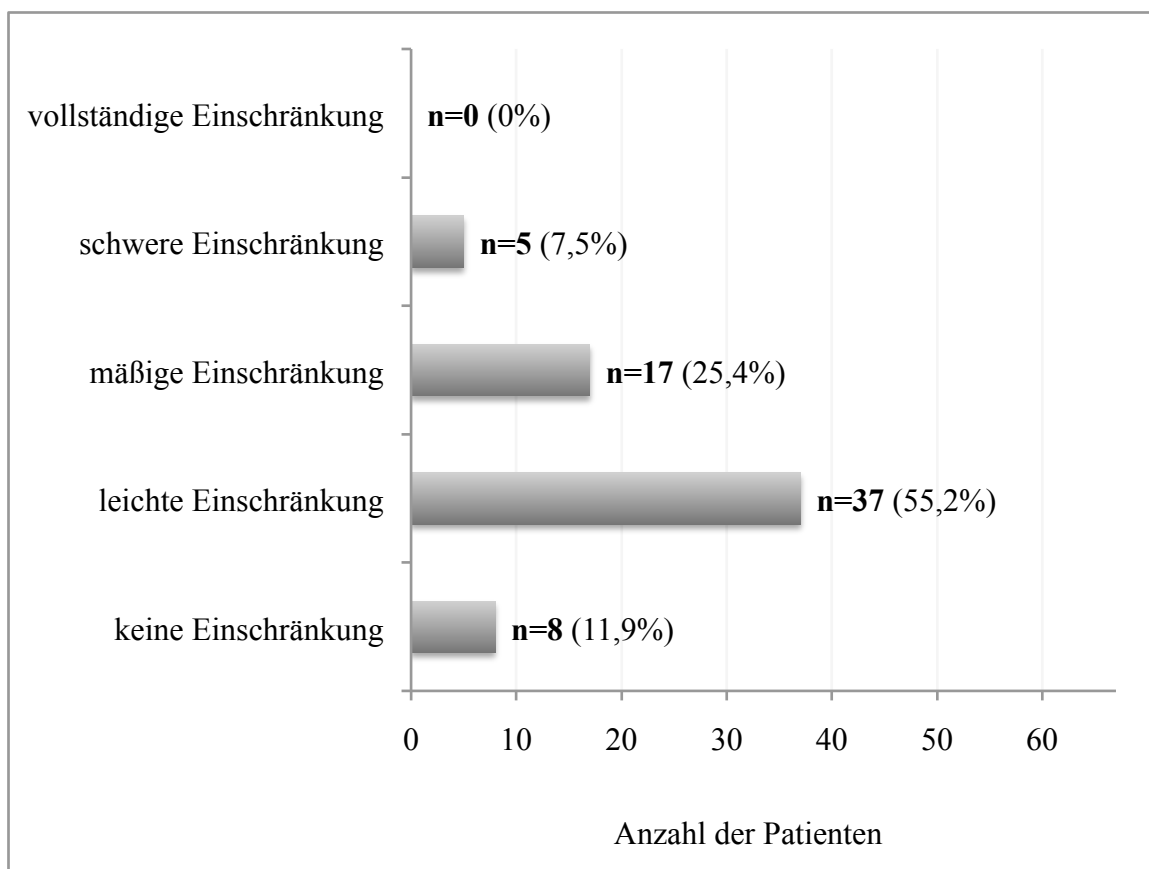


Abbildung 12: NDI-Ergebnisse der 67 Patienten (Einschränkung im Alltag).

4.4.2 Ergebnisse des SQ

Im Rahmen der Befragung zur Zufriedenheit der Patienten über das Behandlungsergebnis mithilfe des SQ bewerteten 8 der 67 Patienten (11,9%) ihr Therapieergebnis als „exzellent“ und 37 Patienten (55,2%) als „gut“. 17 Patienten (25,4%) waren mit ihrem Behandlungsergebnis „mittelmäßig“ zufrieden und 5 der 67 Patienten (7,5%) klagten über ein „schlechtes“ Behandlungsergebnis. Keiner der Patienten bewertete sein Therapieergebnis als „sehr schlecht“. Diese Zahlen sind in Abbildung 13 dargestellt.

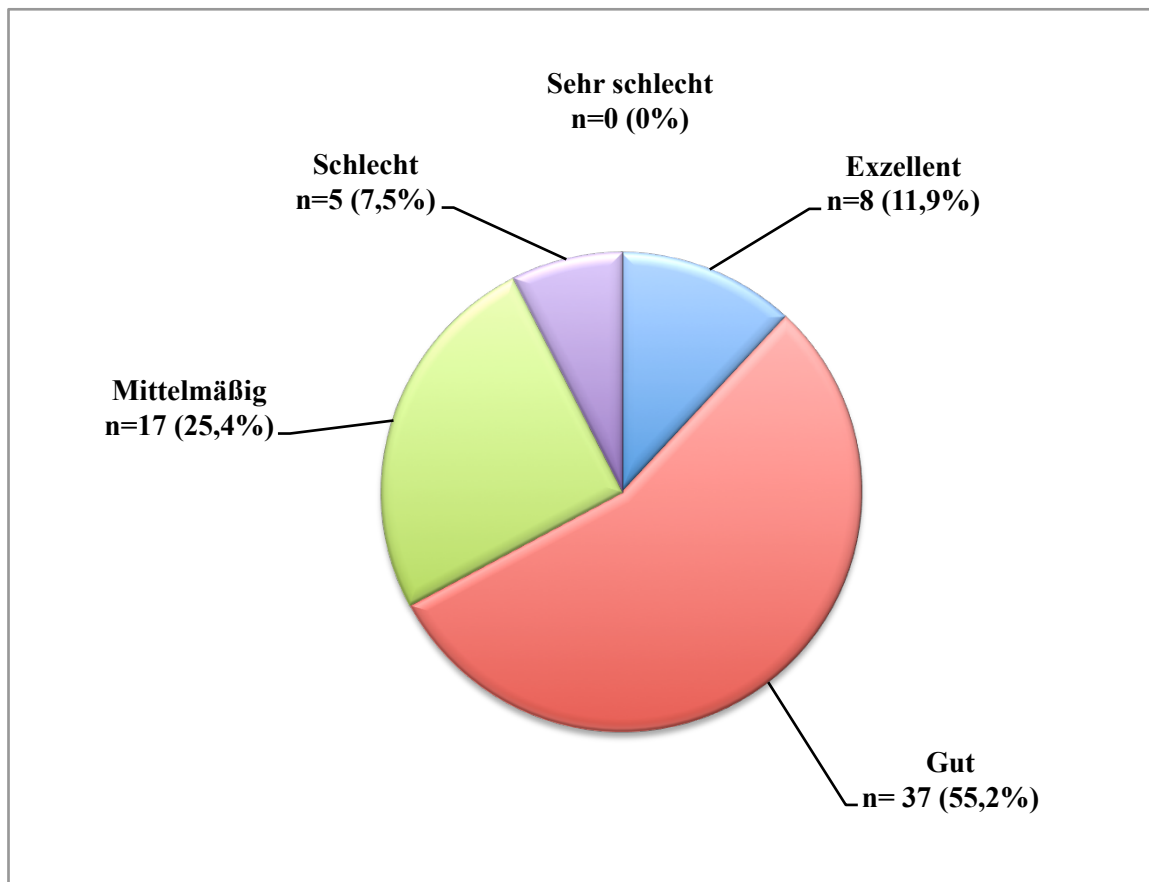


Abbildung 13: Patientenzufriedenheit nach ACDF (n=67). Ein Zusammenhang zwischen geprüfter Einschränkung im Alltag durch den NDI und evaluiertem Zufriedenheitsgrad der Patienten durch den SQ wurde aus den in den Ergebnissen der beiden Untersuchungsscores übereinstimmenden Zahlen aus dieser und Abbildung 12 deutlich.

Die Ergebnisse des NDI und des SQ in der vorliegenden Studie korrelierten nicht nur miteinander, es lag zudem eine vollständige Übereinstimmung der ermittelten Zahlen vor. Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass genau die acht Patienten, die im

NDI keine Einschränkung angaben auch im SQ das Therapieergebnis als exzellent bewerteten. Diese Übereinstimmung der Patientenangaben konnte für alle weiteren Gruppen der beiden Untersuchungsscores festgestellt werden.

Somit bewerteten alle Patienten mit einer leichten Alltagseinschränkung ihr Behandlungsergebnis als gut, bei schwerer Einschränkung erfolgte eine schlechte Bewertung.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass 8 der 67 Patienten (11,9%) mit ihrer Therapie sehr zufrieden waren. 37 Patienten (55,2%) waren mit dem Behandlungsergebnis insgesamt zufrieden, 17 Patienten (25,4%) waren mittelmäßig zufrieden und 5 der 67 Patienten (7,5%) waren mit ihrem Therapieergebnis unzufrieden. Keiner der Patienten war nach der zervikalen Fusion sehr unzufrieden. Demzufolge blieb eine sehr schlechte Bewertung des Ergebnisses aus.

Korrelationen zwischen der Patientenzufriedenheit und dokumentierten Parametern, wie der Zeitdauer der OP oder des stationären Aufenthaltes, der Höhe der zervikalen Fusion, der Seite des Zugangs oder der Größe des eingesetzten Cages wurden in dieser Studie nicht geprüft. Im Vordergrund stand der in Tabelle 7 dargestellte Zusammenhang zwischen der postoperativen Zufriedenheit und dem Schmerzstatus, des Bewegungsausmaßes in der HWS sowie einer intakten motorischen und sensiblen Funktion nach zervikaler Fusion. Insgesamt kam es postoperativ unabhängig vom präoperativen Status bei 50 der 67 Patienten (74,6%) zu Schmerzfreiheit. In 57 Fällen (85,1%) wurde postoperativ ein intaktes Bewegungsausmaß festgestellt. Bei 52 Patienten (77,6%) kam es durchschnittlich 217 Tage nach der zervikalen Fusion zu einer intakten motorischen und in 44 Fällen (65,7%) zu einer normalen sensiblen Funktion.

Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Patientenzufriedenheit und einer Verbesserung des Schmerzstatus ($p < 0,001$) festgestellt werden. Zusätzlich zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer Zufriedenheit der Patienten und einer Verbesserung der motorischen Funktion ($p < 0,05$). Ein verbessertes Bewegungsausmaß in der HWS korrelierte hingegen nicht mit einer hohen Patientenzufriedenheit ($p > 0,05$). Dies wird durch den intakten ROM der Patientengruppen mit „mittelmäßiger“ und „schlechter“ Zufriedenheit, wie in Tabelle 7 dargestellt, deutlich.

61 der 67 Patienten (91,0%) gaben sieben Monate nach dem Eingriff an, dass sie sich bei entsprechender Indikation erneut derselben Therapie unterziehen würden.

Tabelle 7: Patientenzufriedenheit im Zusammenhang mit der Schmerzsituation, einem intakten ROM sowie einer normalen motorischen und sensiblen Funktion durchschnittlich 217 Tage postoperativ.

Zufriedenheit	Anzahl der Pat.		Schmerzstatus (NRS)					ROM intakt		Motorik intakt		Sensibilität intakt	
	n	%	0-3	4-5	6-7	8-9	10	n	%	n	%	n	%
postoperativ													
Exzellent	8	11,9	8	0	0	0	0	8	100,0	7	87,5	5	62,5
Gut	37	55,2	31	4	2	0	0	31	83,8	33	89,2	31	83,8
Mittelmäßig	17	25,4	8	3	3	3	0	17	100,0	11	64,7	6	35,3
Schlecht	5	7,5	3	2	0	0	0	5	100,0	1	20,0	2	40,0
Gesamt	67	100	50	9	5	3	0	61	91,0	52	77,6	44	65,7

Patientenkollektiv mit exzellenter Zufriedenheit (n=8)

8 der 67 Patienten (11,9%) waren sieben Monate nach der Operation sehr zufrieden und im Alltag nicht eingeschränkt. Abbildung 14 stellt die postoperativen Veränderungen der verschiedenen untersuchten Parameter bei diesem Patientenkollektiv dar.

Alle dieser 8 Patienten waren postoperativ schmerzfrei.

Ein Patient (12,5%) erreichte postoperativ eine Verbesserung des Bewegungsausmaßes in der HWS bis hin zu einem normalen Bewegungsumfang. Bei 7 Patienten (87,5%) veränderte sich das Bewegungsausmaß bis sieben Monate nach der Operation nicht. Diese 7 Patienten wiesen bereits präoperativ einen normalen Bewegungsumfang auf. Alle 8 Patienten (11,9%) besaßen somit postoperativ einen normalen Bewegungsumfang in der HWS.

Bei 4 der 8 Patienten (50,0%) hat sich die motorische Funktion sieben Monate nach der Operation verbessert, in 3 Fällen (37,5%) bis hin zu einer normalen Motorik. Bei den restlichen 4 Patienten (50,0%) kam es postoperativ nicht zu einer Veränderung der

motorischen Funktion. 7 dieser 8 Patienten (87,5%) verfügten sieben Monate nach der Operation über eine intakte motorische Funktion.

6 der 8 Patienten (75,0%) erreichten postoperativ eine Verbesserung der Sensibilität, 3 dieser Patienten (37,5%) erlangten eine normale Sensibilität zurück. In 2 Fällen (25,0%) lag bereits präoperativ ein intakter Sensibilitätsstatus vor. 5 der 8 Patienten (62,5%) wiesen sieben Monate nach der Operation eine normale sensible Funktion auf.

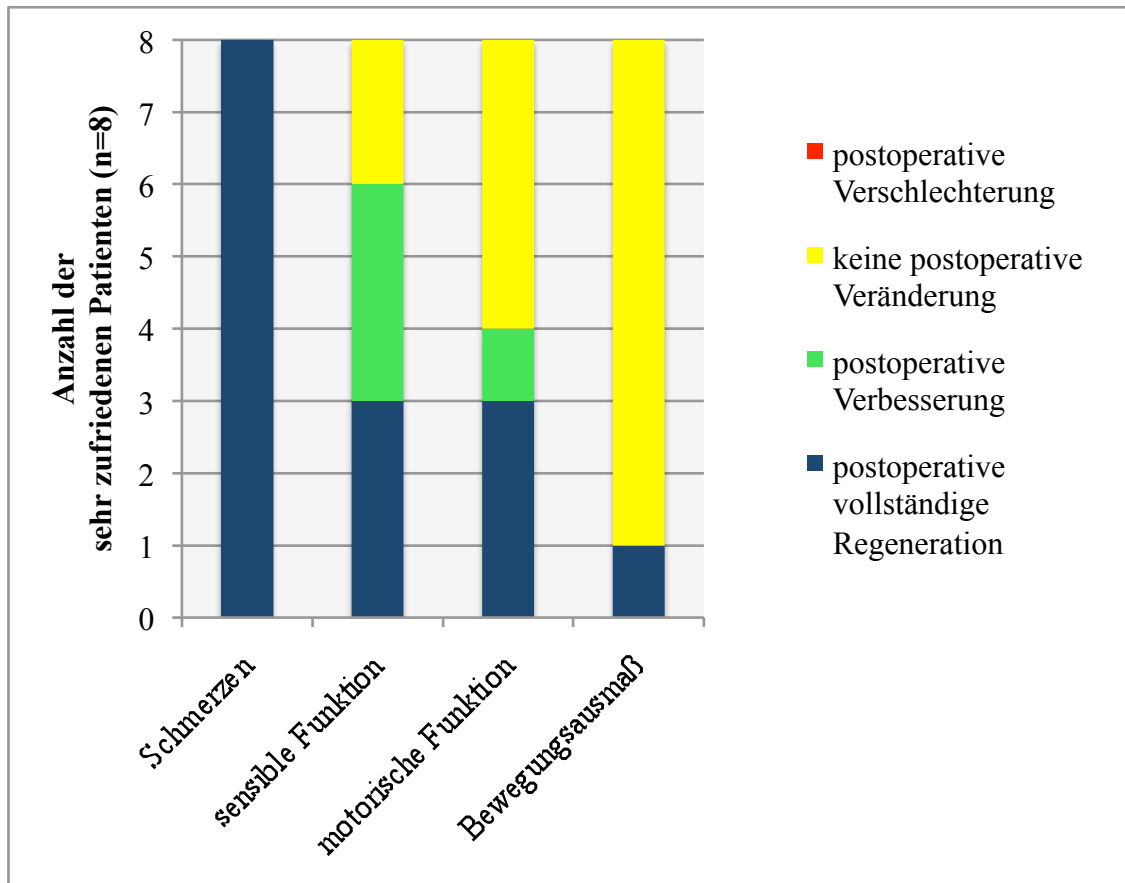


Abbildung 14: Postoperative Veränderungen der untersuchten klinischen Parameter beim Patientenkollektiv mit exzellenter Zufriedenheit nach ACDF (n=8).

Patientenkollektiv mit guter Bewertung des Ergebnisses (n=37)

Sieben Monate postoperativ bewerteten 37 der 67 Patienten (55,2%) ihr Therapieergebnis als gut und waren mit der ACDF zufrieden. Diese Patienten beklagten nur eine leichte Einschränkung im Alltag. Die postoperativen Veränderungen der verschiedenen untersuchten Parameter bei diesem Patientenkollektiv sind in Abbildung 15 dargestellt.

Verglichen mit dem präoperativen Schmerzstatus der Patienten hatten 31 der 37 Patienten (83,8%) sieben Monate nach der Operation weniger Schmerzen, in 26 dieser Fälle (70,3%) kam es postoperativ zu einer Schmerzfreiheit. 6 der 37 Patienten (16,2%) veränderten ihren Schmerzstatus nicht. 31 Patienten (83,8%) hatten sieben Monate nach dem Eingriff keine Schmerzen.

7 der 37 Patienten (18,9%) erreichten sieben Monate postoperativ eine Verbesserung des Bewegungsausmaßes in der HWS, in 4 Fällen (10,8%) bis hin zu einem normalen ROM. 30 der 37 Patienten (81,1%) zeigten sieben Monate nach der Operation keine Veränderung des Bewegungsausmaßes. 31 Patienten (83,8%) besaßen postoperativ einen normalen Bewegungsumfang in der HWS.

19 der 37 Patienten (51,4%) erreichten sieben Monate nach der Operation eine Verbesserung ihrer motorischen Funktion, in 17 Fällen (45,9%) bis hin zu einer normalen Motorik. Bei 18 der 37 Patienten (48,6%) veränderte sich die Motorik postoperativ nicht. 33 Patienten (89,2%) verfügten sieben Monate nach der Operation über eine intakte Motorik.

22 der 37 Patienten (59,5%) erreichten sieben Monate nach der Operation eine Verbesserung ihres Sensibilitätsstatus, in 19 Fällen (51,4%) bis hin zu einer normalen Sensibilität. Bei 15 der 37 Patienten (40,5%) erfolgte postoperativ keine Veränderung der Sensibilität. 31 der 37 Patienten (83,8%) besaßen postoperativ eine normale sensible Funktion.

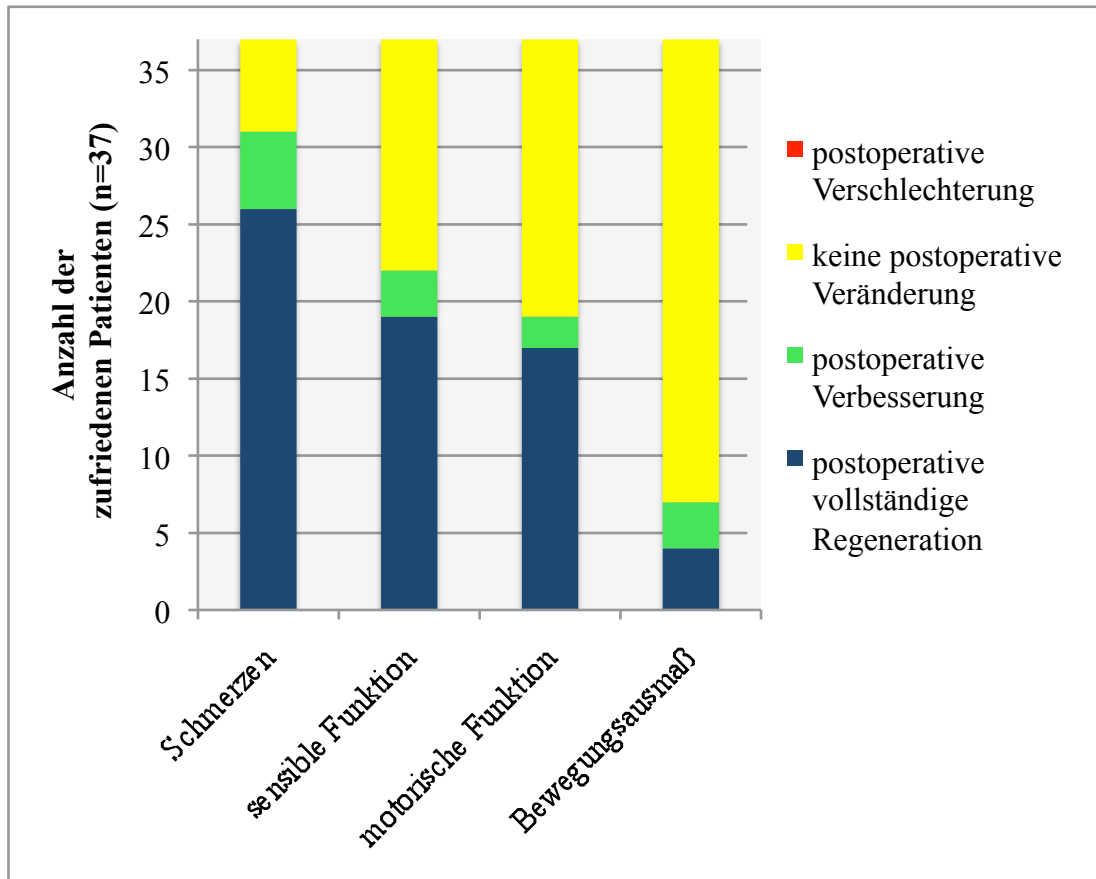


Abbildung 15: Postoperative Veränderungen der untersuchten klinischen Parameter bei dem mit dem Ergebnis der ACDF zufriedenen Patientenkollektiv (n=37).

Patientenkollektiv mit mittelmäßiger Zufriedenheit (n=17)

17 der 67 Patienten (25,4%) bewerteten ihr Behandlungsergebnis als mittelmäßig und waren im Alltag mäßig eingeschränkt. Abbildung 16 stellt die postoperativen Veränderungen der verschiedenen untersuchten Parameter bei diesem Patientenkollektiv dar.

15 dieser Patienten (88,2%) erlangten sieben Monate postoperativ eine Verbesserung ihres Schmerzstatus, 6 dieser Patienten (35,3%) erreichten postoperativ Schmerzfreiheit. Bei 2 der 17 Patienten (11,8%) fand keine Veränderung des Schmerzstatus statt. Sieben Monate nach der Operation waren 8 der 17 Patienten (47,1%) schmerzfrei.

Bei 3 der 17 Patienten (17,6%) kam es postoperativ zu einer Verbesserung des ROM bis hin zu einem normalen Bewegungsausmaß in der HWS. Bei 14 Patienten (82,4%) fand postoperativ keine Veränderung des ROM statt, da diese Patienten bereits präoperativ eine normale Beweglichkeit aufwiesen. Alle 17 Patienten dieses Kollektivs besaßen

dementsprechend sieben Monate postoperativ ein normales Bewegungsausmaß in der HWS.

5 der 17 Patienten (29,4%) erreichten sieben Monate nach der Operation eine Verbesserung der motorischen Funktion, in 3 Fällen (17,6%) bis hin zu einer normalen Motorik. Bei 11 der 17 Patienten (64,7%) veränderte sich die Motorik postoperativ nicht. Bei einem Patienten (5,9%) konnte sieben Monate nach der Operation eine Verschlechterung der motorischen Funktion festgestellt werden. 11 der 17 Patienten (64,7%) besaßen zum Zeitpunkt der dritten Untersuchung eine normale Motorik.

8 der 17 Patienten (47,1%) erreichten sieben Monate postoperativ eine Verbesserung des sensiblen Status, in 4 Fällen (23,5%) konnte ein normaler Sensibilitätsstatus festgestellt werden. Bei 7 der 17 Patienten (41,2%) blieb der Sensibilitätsstatus postoperativ unverändert. In 2 Fällen (11,8%) kam es zu einer Verschlechterung des Sensibilitätsstatus. 6 Patienten (35,3%) verfügten postoperativ über eine intakte Sensibilität.

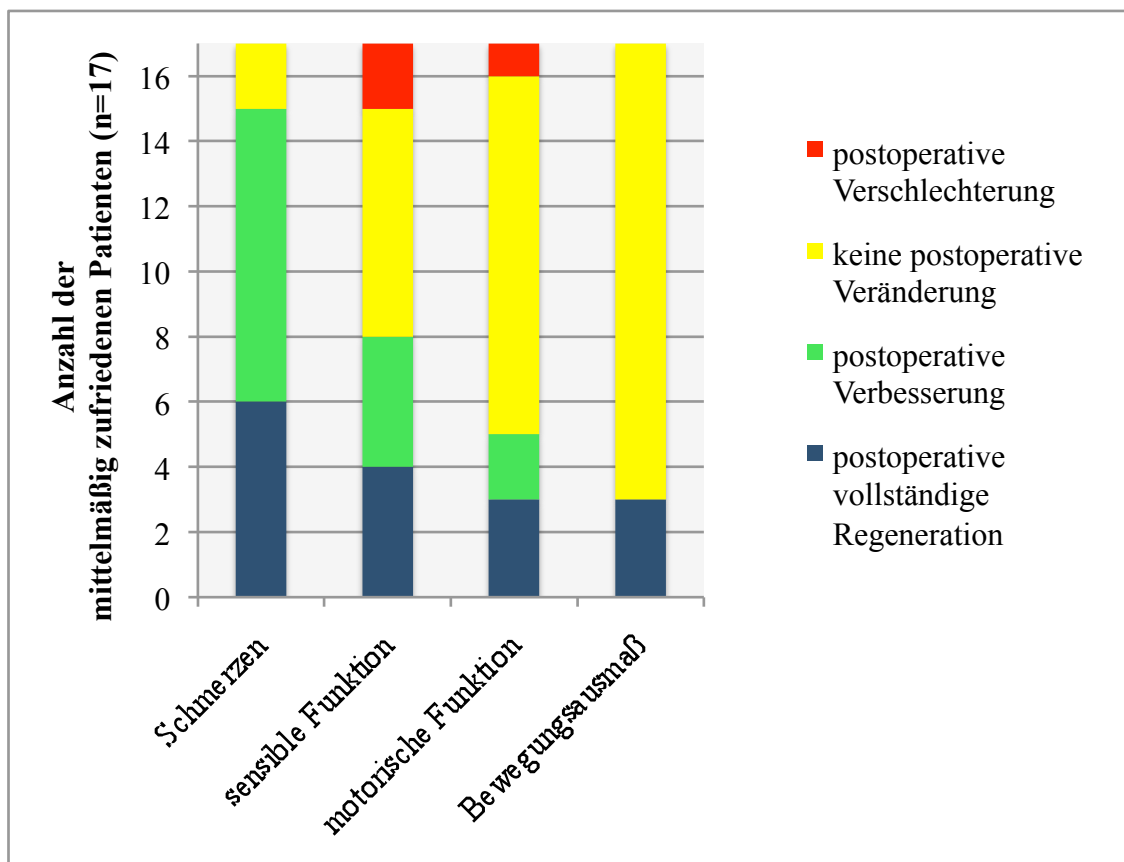


Abbildung 16: Postoperative Veränderungen der untersuchten klinischen Parameter bei dem Patientenkollektiv mit mittelmäßiger Zufriedenheit nach ACDF (n=17).

Patientenkollektiv mit schlechter Bewertung des Ergebnisses (n=5)

5 der 67 Patienten (7,5%) waren bei schwerer Einschränkung im Alltag sieben Monate nach der Operation mit ihrem Therapieergebnis unzufrieden. Die postoperativen Veränderungen der verschiedenen untersuchten Parameter bei diesem Patientenkollektiv sind in Abbildung 17 dargestellt.

Alle 5 Patienten dieses Kollektivs (100%) hatten postoperativ weniger Schmerzen als vor dem Eingriff, 3 der Patienten (60,0%) erreichten postoperativ Schmerzfreiheit. In 2 Fällen (40,0%) veränderte sich der Schmerzstatus bis sieben Monate nach der Operation nicht.

Keiner der mit dem Therapieergebnis unzufriedenen Patienten verbesserte postoperativ sein Bewegungsausmaß in der HWS, da alle dieser 5 Patienten bereits vor der Intervention über ein normales Bewegungsausmaß verfügten.

Einer der 5 Patienten (20,0%) wies sieben Monate nach der Operation eine Verbesserung des motorischen Status auf, erreichte jedoch keine normale motorische Funktion. In 4 Fällen (80,0%) blieb die Motorik postoperativ unverändert. Ein Patient (20,0%) wies postoperativ eine normale motorische Funktion auf.

Bei 2 der 5 Patienten (40,0%) kam es bis sieben Monate postoperativ zu einer Verbesserung der Sensibilität, jedoch kam es in keinem dieser Fälle zur Entwicklung einer normalen sensiblen Funktion. In 3 Fällen (60,0%) blieb die sensible Funktion postoperativ unverändert. 2 Patienten (40,0%) zeigten sieben Monate nach der Operation eine normale sensible Funktion.

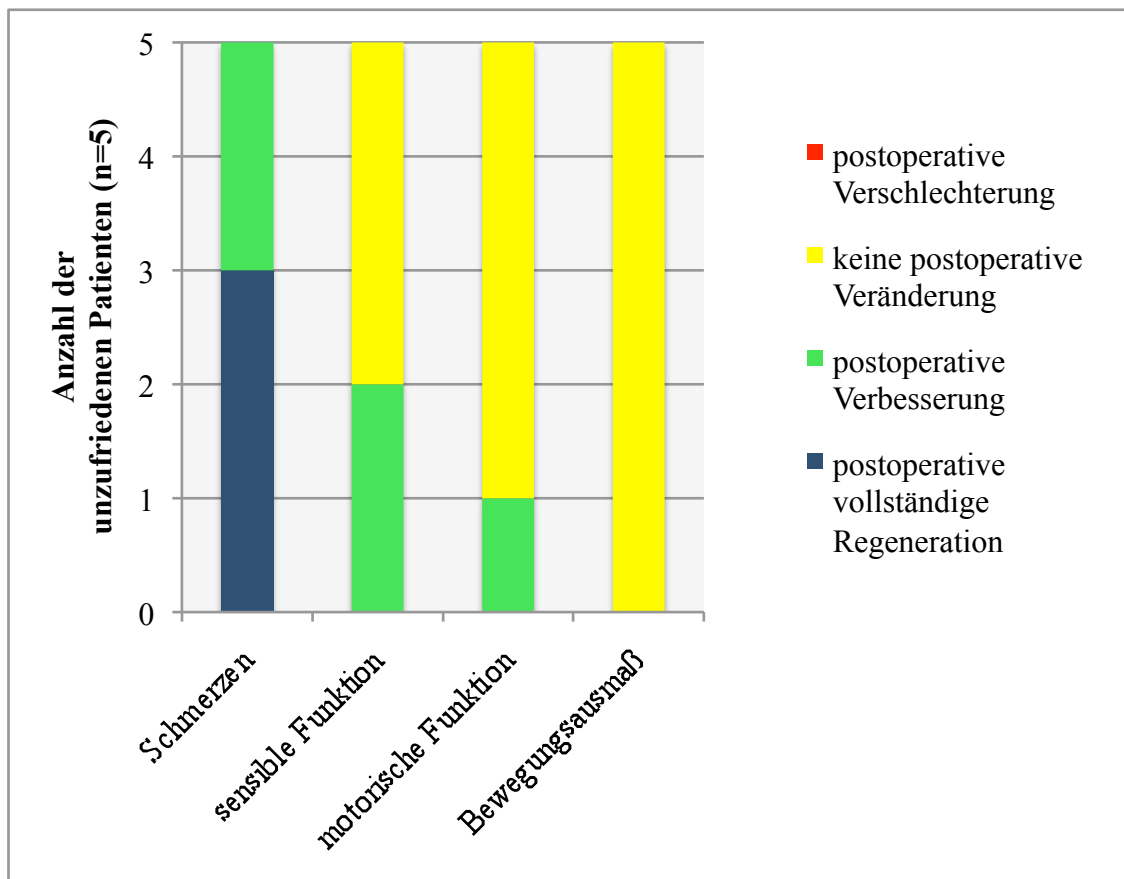


Abbildung 17: Postoperative Veränderungen der untersuchten klinischen Parameter bei dem mit dem Ergebnis der ACDF unzufriedenen Patientenkollektiv (n=5).

5 Diskussion

5.1 ACDF

Die ACDF gilt als Goldstandard in der operativen Behandlung degenerativer Halswirbelsäulenerkrankungen (Beaurain et al. 2009, Korinth 2008, Sasso et al. 2007a). Diese bewährte und standardisierte Behandlungsmethode wird seit den 1950er Jahren mit dem Einsatz autologer Knochenimplantate bei einem konservativen Therapieversagen degenerativer Prozesse an der HWS erfolgreich durchgeführt (Cherry 2002). Im Laufe der Zeit konnte eine Vereinfachung dieser Methode durch den vermehrten Einsatz von Platzhaltern unterschiedlicher Materialien und eine sich daraus ergebende Verkürzung der Operationszeit sowie der postoperativen Krankenhausaufenthaltsdauer und folglich ein geringeres Operationstrauma für die Patienten erreicht werden (Matgé 2002). Sichere und effiziente Ergebnisse zeigte insbesondere der Einsatz von PEEK-Cages bei der Fusion von Halswirbelsäulensegmenten (Cho et al. 2002, Kulkarni et al. 2007, Mastronardi et al. 2006, Matgé 2002). Kulkarni et al. ermittelten eine hohe Fusionsrate drei bis sechs Monate nach ACDF mit gewünschter Stabilität und einer geringen Einsinktendenz des PEEK-Cages (Kulkarni et al. 2007). Aufgrund einer guten Fusionsrate sowie eines guten funktionellen und neurologischen Ergebnisses mit geringer Komplikationsrate sprachen sich auch Cho et al. für eine ACDF mit einem PEEK-Cage bei zervikalen degenerativen Bandscheibenleiden aus (Cho et al. 2002). Den guten Ergebnissen zufolge findet der PEEK-Cage auch in der Neurochirurgischen Klinik des UKE bei Durchführung einer monosegmentalen ACDF seine Anwendung. In anderen Kliniken wird bei Fusionen in einem Segment zusätzlich eine ventrale Plattenfixation durchgeführt, wodurch die Stabilität in den ersten 3 Monaten nach der Operation erhöht wird und das Einsinken des Cages verhindert werden soll (Kaiser et al. 2002, Mummaneni und Haid 2004, Wang et al. 1999).

5.2 Ergebnisse der Arbeit im Vergleich mit der Literatur

Das in der vorliegenden Arbeit untersuchte Patientenkollektiv profitierte von der Durchführung der Fusion und es konnten nach Anwendung dieser Operationsmethode gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt werden.

5.2.1 Neurologisches Ergebnis

Präoperativ symptomatische Patienten verbesserten ihre Schmerzsituation bis sieben Monate nach der Operation in 98,3% der Fälle, 71,2% dieser Patienten waren postoperativ schmerzfrei. Der NRS-Wert verbesserte sich in der vorliegenden Studie durchschnittlich von präoperativ 6,2 auf 2,1 postoperativ. In ca. 80% der Fälle kam es bei präoperativ symptomatischen Patienten zu einer Verbesserung der neurologischen Funktion. 73,1% der 67 Patienten wiesen präoperativ ein sensibles Defizit auf, postoperativ waren es nur noch 46,9%. Ein motorisches Defizit lag vor der Operation in 55,2% der Fälle vor, nach dem operativen Eingriff waren nur noch 21,6% der Patienten in ihrer motorischen Funktion eingeschränkt.

Positive Ergebnisse nach einer ACDF wurden auch von anderen Arbeitsgruppen beschrieben, in denen Patienten in ca. 90% der Fälle eine postoperative Schmerzreduktion sowie eine Verbesserung der neurologischen Situation aufwiesen (Cherry 2002, Cho et al. 2002, Kulkarni et al. 2007, Lemcke et al. 2007, Mastronardi et al. 2006, Matgé 2002). In einer Studie von Mastronardi et al. betrug die Rate der postoperativen Schmerzreduktion und der neurologischen Verbesserung 97% bei Patienten, die ihr Behandlungsergebnis nach der ACDF als gut oder exzellent definierten (Mastronardi et al. 2006). Garvey et al. untersuchten 87 Patienten, die sich einer ACDF unterzogen. Dabei legten sie den Schwerpunkt auf die postoperative Entwicklung von Nackenschmerzen. 93% der Patienten gaben eine postoperative Verbesserung des Schmerzstatus an. Der NRS-Wert verbesserte sich durchschnittlich von 8,4 auf 3,8 postoperativ. 82% der Patienten gaben eine gute, sehr gute oder exzellente Bewertung für das gesamte Behandlungsergebnis ab (Garvey et al. 2002). Eck et al. beschrieben eine signifikante Verbesserung der Nackenschmerzen nach der Behandlung von Patienten mit einer ACDF (Eck et al. 2006). Palit et al. führten eine Studie mit 38 Patienten durch, bei der sich der Schmerzstatus und die Bewegungsfunktion der HWS bei der postoperativen Nachuntersuchung jeweils signifikant verbesserte ($p < 0,05$). 79% der Patienten waren mit dem Ergebnis nach der ACDF zufrieden (Palit et al. 1999). Lemcke et al. bestätigten das positive Ergebnis nach einer Analyse der Ergebnisse von 368 prospektiv untersuchten Patienten, die sich einer ACDF aufgrund einer degenerativen Bandscheibenerkrankung unterzogen und identifizierten ein junges Patientenalter, eine monosegmentale chirurgische Intervention sowie eine Operationslokalisation im unteren Drittel der HWS als

prädiktive Parameter für ein gutes Behandlungsergebnis. Zudem führte eine ACDF nach nur kurzer Dauer der zur Operation führenden Symptomatik zu einem besseren Ergebnis der Patienten als bei bereits länger bestehenden präoperativen Beschwerden (Lemcke et al. 2007). Auch in der vorliegenden Studie waren Schmerzen, sensible und motorische Funktion von der Anamnesedauer abhängig. Eine präoperative Schmerzanamnese von weniger als einem Jahr führte bei den betroffenen Patienten (n=48) postoperativ zu einer Verbesserung der Schmerzsituation oder zu Schmerzfreiheit. War die sensible oder motorische Funktion präoperativ bei den Patienten weniger als drei Monate eingeschränkt, so kam es in 74,2% beziehungsweise in 91,3% der Fälle zu einer vollständigen Regeneration der Funktion. Patienten, bei denen die Beschwerden bezüglich der Sensibilität und Motorik länger als drei Monate bestanden, hatten schlechtere Ergebnisse in den postoperativen neurologischen Untersuchungen. Daraus resultiert, dass die Patienten von der frühzeitigen Indikationsstellung und Durchführung einer Operation profitieren können.

5.2.2 Funktionelles Ergebnis

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass sich trotz der Durchführung einer monosegmentalen Fusion die aktive funktionelle Beweglichkeit in der HWS der Patienten nicht reduziert. Patienten, bei denen präoperativ eine Bewegungseinschränkung in der HWS bestand (n=14), verbesserten in ca. 80% der Fälle die Funktionalität der HWS bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Die Resultate von Eck et al. bestätigten diese Entwicklung durch den Nachweis eines physiologischen postoperativen Bewegungsausmaßes nach ACDF (Eck et al. 2002). Inwiefern die dafür notwendige Mehrbeweglichkeit der noch mobilen Nachbarsegmente zu degenerativen Veränderungen der angrenzenden Wirbelsäulensegmente führt, ist nach wie vor ungeklärt und konnte auch in der vorliegenden Arbeit nicht geklärt werden. Hierzu bedarf es weiterer langfristiger Studien.

5.2.3 Knöcherne Durchbauung

Sieben Monate nach der durchgeführten ACDF zeigte sich bei 85% der in dieser Arbeit untersuchten Patienten eine knöcherne Durchbauung im operierten Segment. Nach einem vergleichbaren Untersuchungszeitraum von sechs Monaten postoperativ betrug die Fusionsrate bei 36 von Mastronardi et al. untersuchten Patienten 61% und bei 15 von Kulkarni et al. untersuchten Patienten 93% (Kulkarni et al. 2007, Mastronardi et al. 2006). In einem Großteil der Studien, in denen das radiologische Resultat nach Durchführung einer ACDF evaluiert wurde, betrug die Rate der knöchernen Durchbauung im operierten Segment nach einem Jahr 80-100% (Kulkarni et al. 2007, Mastronardi et al. 2006, Matgé 2002). Das eindeutigste Ergebnis lieferte in diesem Zusammenhang die Studie von Matgé aus dem Jahre 2002, in der die Fusionsrate nach der Implantation von fünf verschiedenen Cage-Typen in 250 Fällen ein Jahr nach der Operation 100% betrug (Matgé 2002). Die Ergebnisse dieser verschiedenen Studien waren bezüglich der knöchernen Durchbauung vergleichbar, da die FDA-Kriterien jeweils erfüllt sein mussten.

5.2.4 Patientenzufriedenheit

In den relevanten Studien erfolgte die Beurteilung des Ergebnisses einer ACDF mit der radiologischen Diagnostik und der Entwicklung des neurologischen Status (Eck et al. 2006, Gore und Sepic 1984). In der vorliegenden Studie wurde neben diesen objektiven Parametern auch eine Erfassung der Patientenzufriedenheit als subjektives Kriterium vorgenommen. Dabei ergab die Analyse der statistischen Berechnungen einen signifikanten Zusammenhang zwischen einer exzellenten Zufriedenheit der Patienten und einer Verbesserung des Schmerzstatus ($p < 0,001$) sowie zwischen einer exzellenten Patientenzufriedenheit und einer Verbesserung der motorischen Funktion ($p < 0,05$). Im Gegensatz hierzu stand eine Verbesserung der Beweglichkeit in der HWS nicht im Zusammenhang mit der Patientenzufriedenheit ($p > 0,05$). Andere Autoren bestätigten in ihren Untersuchungen die Korrelation zwischen der Patientenzufriedenheit und postoperativer Schmerzfreiheit (Garvey et al. 2002, Mastronardi et al. 2006, Palit et al. 1999). Wichtig für eine Verbesserung der Patientenzufriedenheit ist dementsprechend eine Optimierung der Schmerztherapie.

5.2.5 ACDF-Komplikationen

Fountas et al. prüften mit einer umfangreichen retrospektiven Studie die Komplikationen von 1015 Patienten, die sich einer ACDF unterzogen. Am häufigsten traten eine Dysphagie mit 9,5%, ein postoperatives Hämatom in 5,6% sowie in 3,1% der Fälle eine Nervus laryngeus recurrens Symptomatik auf. In 2,4% der Fälle war eine Revisionsoperation notwendig (Fountas et al. 2007). In der vorliegenden Studie lag mit insgesamt 10,5% eine geringere Komplikationsrate nach ACDF vor. Abbildung 18 zeigt als Komplikation einer ACDF eine Dislokation der HWS.

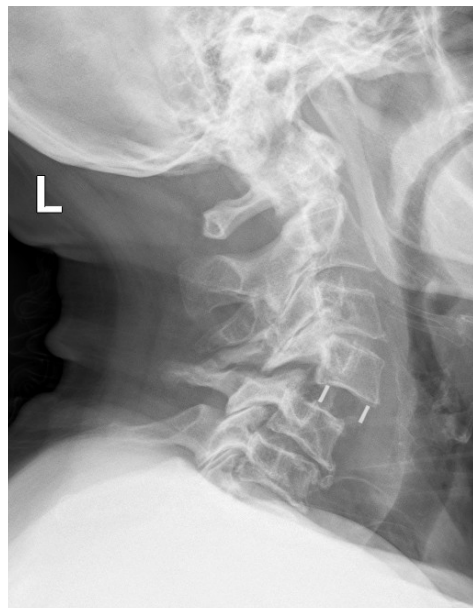


Abbildung 18: Dislokation der HWS ca. sechs Monate nach zervikaler Fusion. Eine Durchbauung des Cages ist nicht erkennbar. Möglicherweise bestand bei diesem Patienten bereits präoperativ eine Indikation für den zusätzlichen Einsatz einer Platte.

5.3 TDR-C als Alternative

Ein neueres, jedoch deutlich kostenaufwendigeres Verfahren ist die Implantation einer Bandscheibenprothese. Im Gegensatz zur zervikalen Fusion soll das Einbringen einer solchen Prothese in das operierte Bandscheibenfach die physiologische Beweglichkeit der einzelnen HWS-Segmente erhalten. Ob sich diese erhaltene Beweglichkeit des betroffenen Segmentes positiv auf die aktive funktionelle Beweglichkeit der gesamten HWS auswirkt, ist jedoch nicht sicher belegt.

Die Durchführung eines TDR-C mit Einsatz einer ProDisc-C®, einer ST-Prestige®- oder einer Bryan®-Prothese gilt als sicheres und effektives Verfahren zur Behandlung

von monosegmentalen Degenerationen und zeigt insbesondere bei jungen Patienten mit sogenannten weichen Bandscheibenvorfällen an der HWS gute klinisch-neurologische Ergebnisse. Zudem zeigten diese Patienten positive Ergebnisse in den typischerweise bei diesem Patientenkollektiv angewendeten Untersuchungsscores. Hierzu gehören unter anderem der NDI und die NRS (Beaurain et al. 2009, Goffin et al. 2002, Goffin et al. 2010, Heidecke et al. 2008, Heller et al. 2009, Jöllenbeck et al. 2004, Mummaneni et al. 2007, Murrey et al. 2009, Nabhan et al. 2007a, Riina et al. 2008, Sasso et al. 2007a, Sasso et al. 2007b, Yoon et al. 2006), die auch in der vorliegenden Studie zur Evaluation des Behandlungsergebnisses der ACDF genutzt wurden. Die 54 Patienten, die sich in einer Studie von Heidecke et al. der Implantation einer Bryan®-Prothese unterzogen, wiesen ein gutes bis exzellentes Ergebnis auf, wobei die Autoren von einer sicheren chirurgischen Technik berichten (Heidecke et al. 2008). Die neurologische Funktion und Schmerzsituation der Patienten verbesserte sich postoperativ in mehr als 90% der Fälle (Jöllenbeck et al. 2004, Mummaneni et al. 2007, Pickett et al. 2006, Sasso et al. 2007b). Des Weiteren konnten berufstätige Patienten ihre Arbeit kurze Zeit nach der Operation wieder aufnehmen (Heller et al. 2009, Jöllenbeck et al. 2004, Mummaneni et al. 2007, Steinmetz et al. 2008).

5.3.1 TDR-C-Komplikationen

Neben den in Kapitel 2.5.4 beschriebenen Kontraindikationen für die Durchführung eines TDR-C (Heidecke et al. 2009, Ogon et al. 2006) bringen dynamische Implantate auch Komplikationen mit sich. Die Komplikationsraten lagen in verschiedenen Studien bei nur 2-7%, wobei neben Hämorrhagien, einem retropharygealen Hämatom, einer postoperativen Dysphagie oder Kyphose auch eine neurologische Verschlechterung, Dislokationen der Prothese oder eine sogenannte heterotrope Ossifikation (HO) dokumentiert wurden (Anderson et al. 2008, Denaro et al. 2009, Heller et al. 2009, Jöllenbeck et al. 2004, Pickett et al. 2006). Pickett et al. beschrieben eine Komplikationsrate von 6,2% pro Segment nach Implantation der Bryan®-Prothese in 96 Segmenten bei 74 Patienten, wobei sich postoperativ eine zervikale Kyphosierung entwickelte (Pickett et al. 2006).

Dass die gewünscht ausbleibende knöcherne Durchbauung und die somit erhaltene Mobilität im Segment nach der Implantation einer Bandscheibenprothese auch mit

einem Komplikationsrisiko verbunden sein kann, ist in Abbildung 19 und 20 dargestellt.



Abbildung 19: Dislokation einer intakten Bandscheibenprothese ca. sechs Monate nach Implantation in sagittaler Ansicht ohne ein für den betroffenen Patienten bewusst erlebtes Trauma.

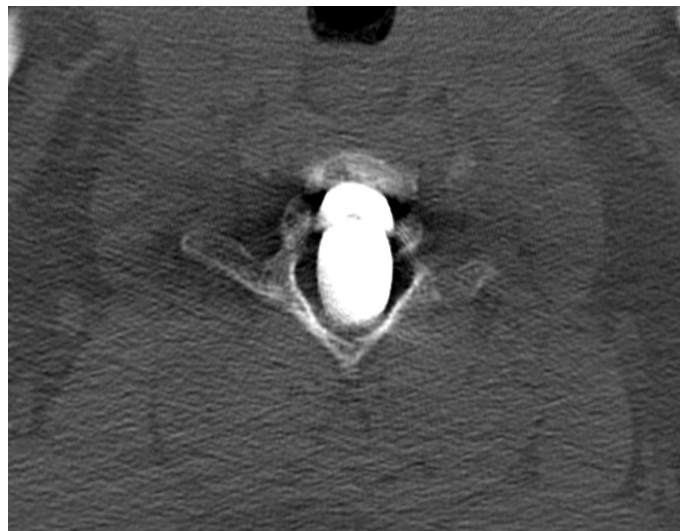


Abbildung 20: Dislokation einer intakten Bandscheibenprothese ca. sechs Monate nach Implantation in transversaler Ansicht ohne ein für den betroffenen Patienten bewusst erlebtes Trauma.

5.3.2 Heterotrope Ossifikation (HO)

Die bei der ACDF für den Behandlungserfolg notwendige knöcherne Durchbauung im operierten Segment stellt bei Patienten, die sich einem TDR-C unterziehen, eine wesentliche und in der Literatur häufig beschriebene nicht erwünschte

Folgeerscheinung dar, da diese mit einer Aufhebung der Dynamik im behandelten Segment verbunden ist. Die Analyse mehrerer Studien, in denen unterschiedlich große Patientenkollektive mit Einsatz verschiedener Bandscheibenprothesen-Typen untersucht wurden, ergaben hohe Raten einer HO im operierten Segment (Bartels und Donk 2005, Heidecke et al. 2008, Leung et al. 2005, Mehren et al. 2006, Parkinson und Sekhon 2005, Pointillart 2001). In einer Arbeit von Pointillart betrug die HO-Rate im operierten Segment nach einer Bandscheibenprothesenimplantation bei 10 Patienten 80%. Die radiologische Diagnostik ein Jahr nach dem TDR-C ergab in 50% der Fälle eine zirkuläre, in 20% der Fälle eine posteriore und in 10% der Fälle eine anteriore Fusion im operierten Segment (Pointillart 2001). Mehren et al. untersuchten in einer prospektiven Zwei-Center-Studie das radiologische Ergebnis von 54 Patienten, denen insgesamt 77 Prodisc-C®-Prothesen an der HWS implantiert wurden. In der Bildmorphologie ein Jahr nach der Operation imponierten in ca. 66% der Fälle Zeichen einer HO (Mehren et al. 2006). In einer Studie von Leung et al. aus dem Jahre 2005 waren ein Jahr nach einem TDR-C 18% der 90 untersuchten Patienten von einer HO betroffen. Nach Analyse der Statistik konnten hohes Lebensalter der Patienten sowie Zugehörigkeit zum männlichen Geschlecht als Risikofaktoren zur Entstehung einer HO identifiziert werden (Leung et al. 2005). Heidecke et al. publizierten eine HO-Rate von 12% bei 54 Patienten, denen zwei Jahre zuvor in 49 Fällen monosegmental und in 5 Fällen bisegmental Bryan®-Prothesen in der HWS implantiert wurden (Heidecke et al. 2008). Dieselbe Komplikation der Behandlung mittels TDR-C wurde auch wiederholt in „*Case Reports*“ publiziert (Parkinson und Sekhon 2005, Bartels und Donk 2005). Putzier et al. untersuchten mit einer Bandscheibenprothese versorgte Patienten siebzehn Jahre nach der Implantation. 60% dieser 63 Patienten wiesen langfristig eine Ankylosierung der operierten Segmente auf (Putzier et al. 2006). Die primäre operative Fusion sowie die sekundäre, durch eine HO hervorgerufene Verknöcherung eines Segmentes führt gleichermaßen zu einer Aufhebung der Dynamik in dem entsprechenden Segment. Ob aufgrund der Tatsache der möglichen Entstehung einer HO in der Behandlung zervikaler degenerativer Bandscheibenschäden langfristig ein Vorteil durch eine dynamische Versorgung besteht, muss bei Betrachtung der Ergebnisse der relevanten Literatur in Frage gestellt werden. Einer Studie von Beaurain et al. zufolge hat die HO keinen Einfluss auf das klinische Ergebnis der Patienten (Beaurain et al. 2009).

5.4 ACDF- und TDR-C-Ergebnisse im Vergleich

Randomisierte Studien, in denen das Ergebnis von Patienten nach Durchführung einer ACDF und eines TDR-C miteinander verglichen wurde, ergaben in überwiegender Anzahl bessere Ergebnisse nach der Implantation einer Bandscheibenprothese (Heller et al. 2009, Murrey et al. 2009, Nabhan et al. 2007a, Nabhan et al. 2007b, Riina et al. 2008, Sasso et al. 2007b, Steinmetz et al. 2008). Sasso et al. verglichen in einer prospektiven Multi-Center-Studie das Ergebnis von insgesamt 115 Patienten. 56 Patienten wurde eine Bandscheibenprothese implantiert und 59 Patienten unterzogen sich einer ACDF. Patienten, denen eine Bandscheibenprothese implantiert wurde, wiesen im Vergleich 24 Monate nach der Operation bessere Ergebnisse bei der Auswertung des NDI- und des NRS-Scores auf (Sasso et al. 2007a). Bei der NRS gab es bezogen auf die Armschmerzen der Patienten jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen (Sasso et al. 2007b). Riina et al. verglichen die Ergebnisse von insgesamt 19 Patienten, die sich im Rahmen der durchgeführten Studie entweder einer ACDF oder einer Bandscheibenprothesenimplantation unterzogen. Zwei Jahre nach der operativen Intervention zeigte sich in der TDR-C-Gruppe im Vergleich zur ACDF-Gruppe ein besseres Ergebnis bezüglich der Nackenschmerzsituation sowie der neurologischen Funktion (Riina et al. 2008). Vergleichsstudien mit großen Patientenkollektiven von Heller et al. (Bryan-Prothese®: n=242; ACDF: n=221) und Mummaneni et al. (Prestige-ST®: n=276; ACDF: n=256) ergaben in Untersuchungen zwei Jahre nach der Operation signifikant bessere Ergebnisse in der TDR-C-Gruppe bezüglich der NRS, des NDI, der neurologischen Funktion, des *Short Form (36) Health Survey* (SF-36) sowie des sogenannten „*overall success*“ (p=0,005–0,025) (Heller et al. 2009, Mummaneni et al. 2007). Heller et al. verglichen in einer prospektiven randomisierten Multicenterstudie 2 Jahre nach dem monosegmentalen Eingriff an der HWS das Ergebnis von 242 Patienten, die sich einer Bandscheibenprothesenimplantation unterzogen mit 221 Patienten, bei denen eine ACDF durchgeführt wurde. Es zeigte sich im Vergleich eine statistisch signifikante Verbesserung bezüglich des NDI (p=0,025) in der Gruppe der Patienten, die sich einer Bandscheibenprothesenimplantation unterzogen (Heller et al. 2009). Mummaneni et al. verglichen in einer prospektiven randomisierten Multicenterstudie das Ergebnis von 276 Patienten, die sich einer monosegmentalen Prestige-ST®-Prothese mit 265

Patienten, die sich einer ACDF unterzogen. Zwei Jahre nach der Operation konnten 80% der TDR-C-Gruppe und 75% der Patienten der ACDF-Gruppe nachuntersucht werden. Patienten, die sich einer Bandscheibenprothesenimplantation unterzogen, hatten im Vergleich ein besseres Ergebnis bezüglich der postoperativen Veränderung der neurologischen Funktion ($p=0,005$) (Mummaneni et al. 2009).

Murrey et al. überprüften die Effektivität der Prodisc-C®-Bandscheibenprothese bei 103 Patienten und verglichen diese mit dem Ergebnis der ACDF bei 106 Patienten. Neben einer signifikanten Verbesserung des NDI- und des NRS-Scores ($p=0,0001$) wiesen beide Patientengruppen postoperativ eine Verbesserung oder einen Erhalt des präoperativen neurologischen Status auf. Der prozentuale Anteil dieser Verbesserungen betrug 91% in der ProDisc-C®-Gruppe und 88% in der Fusionsgruppe (Murrey et al 2009). Nabhan et al. verglichen in einer prospektiven, randomisierten, kontrollierten Studie das Ergebnis von 25 Patienten, die sich einem monosegmentalen TDR-C mit Einsatz einer Prodisc-C®-Prothese unterzogen, mit 24 Patienten, bei denen eine ACDF durchgeführt wurde. Patienten, denen eine zervikale Bandscheibenprothese implantiert wurde, wiesen im Rahmen der radiostereometrischen Untersuchungen sowohl nach einem Jahr, als auch zwei und drei Jahre nach der Operation eine signifikant bessere Beweglichkeit im operativ behandelten Segment auf ($p<0,05$) als Patienten, die sich einer ACDF unterzogen. In Bezug auf das Ergebnis der Nacken- und Armschmerzen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden (Nabhan et al. 2007a, Nabhan et al. 2007b).

5.4.1 Komplikationen im Vergleich

Beim Vergleich der in der Literatur beschriebenen Komplikationsraten beider Operationsverfahren zeigten sich sowohl der TDR-C als auch die ACDF insgesamt als sichere und komplikationsarme Methoden für die Behandlung zervikaler degenerativer Erkrankungen.

Die Ergebnisse einer Studie von Anderson et al., in der die Verläufe von 242 Patienten nach TDR-C und 221 Patienten nach ACDF miteinander verglichen wurden, ergaben einerseits eine höhere Anzahl operationsbedingter Komplikationen in der TDR-C-Gruppe und andererseits eine höhere Anzahl von Revisionsoperationen im Rahmen von postoperativen Komplikationen in der ACDF-Gruppe (Anderson et

al. 2008). Auch die Arbeitsgruppen um Murrey und Mummaneni beschrieben eine häufigere Notwendigkeit von Revisionsoperationen bei Fusionspatienten als bei Patienten, die eine Prothese erhielten (Mummaneni et al. 2007, Murrey et al. 2009). In einer Studie von Murrey et al. waren in der Fusionsgruppe in 8,5% der Fälle Revisionsoperationen notwendig, in der ProDisc-C®-Gruppe jedoch nur in 1,8% der Fälle ($p=0.033$). Zudem waren zwei Jahre nach der Operation noch 18% der Fusionsgruppe und nur 10% der ProDisc-C®-Gruppe auf eine Analgetikaeinnahme angewiesen (Murrey et al. 2009). Bezüglich der Rate der notwendigen Revisionsoperationen lag in einer Studie von Heller et al. kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen vor. Die Zahl der aufgetretenen Komplikationen war dennoch insgesamt in der TDR-C-Gruppe mit 1,7% niedriger als in der ACDF-Gruppe mit 3,2% (Heller et al. 2009).

5.4.2 Soziale Reintegration im Vergleich

Studien, in denen die Dauer zwischen Operation und Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit der Patienten in Abhängigkeit des Operationsverfahrens evaluiert wurde, ergaben bei Patienten, die sich einem TDR-C unterzogen, eine schnellere Reintegration ins Arbeitsleben als nach einer ACDF (Heller et al. 2009, Steinmetz et al. 2008). In einer Arbeit von Steinmetz et al. zeigte die Untersuchung von 93 berufenossenschaftlichen Fällen eine Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit durchschnittlich 101 Tage nach Durchführung eines TDR-C und 222 Tage nach Durchführung einer ACDF (Steinmetz et al. 2008). Heller et al. stellten beim Vergleich der Subkollektive der Arbeitnehmer fest, dass diejenigen, die sich einem TDR-C unterzogen, im Durchschnitt zwei Wochen früher ihre berufliche Tätigkeit wieder aufnahmen als Arbeitnehmer, die sich einer ACDF unterzogen ($p=0,015$) (Heller et al. 2009).

5.5 Anschlussdegeneration

Nach Durchführung einer ACDF wird die Mobilität in zumindest einem Bewegungssegment aufgehoben. Das daraus resultierend formulierte Argument gegen diese Behandlungsmethode ist die Entwicklung einer sogenannten Anschlussdegeneration, deren Ursache auf einer Überbelastung der Nachbarsegmente

basieren könnte (Baaj et al. 2009, Eck et al. 2002, Goffin et al. 1995). Hinweise für diese These finden sich vor allem in den Ergebnissen biomechanischer Studien, in denen nach Fusion zweier Halswirbelkörper eine forcierte Degeneration benachbarter Bandscheiben aufgrund der Innendruckzunahme zwischen 45% und 73% in den anschließenden Segmenten bei Extensions- und Flexionsbewegungen nachgewiesen werden konnte (Dmitriev et al. 2005). Auch die Arbeitsgruppe um Matsumoto beschrieb eine Degeneration von Anschlusssegmenten nach einer ACDF, wobei diese Veränderungen nicht zwingend mit klinischen Symptomen einhergingen (Matsumoto et al. 2010). Aufgrund des relativ kurzen Nachuntersuchungszeitraumes von durchschnittlich 217 Tagen war die Entwicklung einer Anschlussdegeneration nach der ACDF bei dem in der vorliegenden Studie untersuchten Patientenkollektiv nicht zu beurteilen. Zur Klärung dieser Fragestellung ist die Durchführung von Studien mit postoperativen Untersuchungen nach Zeiträumen von bis zu zehn Jahren erforderlich. Die Hypothese, eine Anschlussdegeneration in der HWS durch den Einsatz einer dynamischen Bandscheibenprothese verhindern zu können, ist bereits seit Jahren Gegenstand neurochirurgischer Diskussionen (Baaj et al. 2009, Elsawaf et al. 2009, Nabhan et al. 2007b). Die gegenwärtige Datenlage lässt jedoch keine abschließende Beurteilung zu, da die Ergebnisse nicht in ausreichender Quantität vorliegen (Delamarter und Pradhan 2004, Goffin et al. 2002). Kurzfristig konnte der Erhalt der segmentalen Beweglichkeit nach Implantation einer dynamischen Bandscheibenprothese und damit die Vermeidung einer Anschlussdegeneration in verschiedenen Studien bestätigt werden (Baaj et al. 2009, Ogon et al. 2006). Verschiedene Autoren beschreiben auch das langfristige Ausbleiben einer Anschlussdegeneration als Vorteil gegenüber der Durchführung einer ACDF (Ogon et al. 2006, Pickett et al. 2006). Es existieren jedoch keine Langzeitstudien, die einen vollständigen Ausschluss von Anschlussdegenerationsprozessen bei Prothesen zulassen würden (Goffin et al. 2002). In einer Studie von Yi et al. wurde bei 9 von 72 mit einer Bryan®-Prothese versorgten Patienten (12,5%) nach zwei Jahren eine Anschlussdegeneration festgestellt. Dies ist eine höhere Rate als von den Autoren erwartet und in vorhergehenden Studien dokumentiert (Yi et al. 2009). Möglicherweise handelt es sich bei der Anschlussdegeneration um einen physiologischen von dem chirurgischen Eingriff unabhängigen Degenerationsprozess (Denaro et al. 2009).

5.6 Ausblick

Die genannten Studien zeigen ein gutes Ergebnis der Patienten, die sich einer Bandscheibenimplantation unterzogen. Der langfristige Vorteil von dynamischen Implantaten bezüglich der Effektivität gegenüber zervikalen Fusionen ist jedoch noch nicht ausreichend belegt und muss in weiteren Studien geprüft werden (Denaro et al. 2009). Auch andere Autoren sind von der Notwendigkeit der Durchführung weiterer Studien überzeugt, welche die Langzeitergebnisse des Einsatzes von Bandscheibenprothesen prüfen sollen (Beaurain et al. 2009, Heidecke et al. 2008, Jöllenbeck et al. 2004). Goffin et al. führten erstmals eine Langzeitstudie mit guten Ergebnissen 4 bis 6 Jahre nach Implantation einer Bryan®-Prothese durch, nachdem dieselben Patienten bereits ein bis zwei Jahre nach der Operation ein positives Ergebnis aufgewiesen hatten. Das Auftreten einer Anschlussdegeneration nach einem TDR-C konnte jedoch auch durch diese Arbeitsgruppe nicht ausgeschlossen werden (Goffin et al. 2010). Ein signifikanter langfristiger Vorteil einer Bandscheibenprothesenimplantation gegenüber einer zervikalen Fusion muss demnach durch weitere Studien in höherer Quantität belegt werden. Gegenwärtig werden Bandscheibenprothesen vorwiegend bei jungen Patienten mit sogenannten weichen Bandscheibenvorfällen eingesetzt und zeigen hierbei gute Ergebnisse.

5.7 Limitationen der Studie

Die vorliegende Arbeit weist Limitationen auf. Hierzu gehören zum Beispiel die relativ kurzen Nachuntersuchungszeiträume von ca. sieben Monaten. Zur besseren Beurteilung der langfristigen Ergebnisse und der Patientenzufriedenheit nach der ACDF wären weitere Untersuchungen zu späteren Zeitpunkten sinnvoll.

Die Einteilung der NRS wurde gemäß der in der Schmerztherapie des UKE üblichen Weise vorgenommen. In der relevanten Literatur ist diese Einteilung jedoch nicht dokumentiert. Dies führt eventuell zu einer erschwerten Vergleichbarkeit mit anderen Studien, in denen dieser Untersuchungsscore angewendet wurde und in denen möglicherweise andere oder keine Einteilungen vorgenommen wurden.

Eine Korrelation der in Kapitel 4.2 zur vollständigen Darstellung dokumentierten perioperativen Parameter mit der Patientenzufriedenheit wurde in der vorliegenden Studie nicht geprüft. Eine Relevanz für das Ergebnis wird nicht vermutet, kann jedoch

ohne eine Prüfung nicht ausgeschlossen werden. In weiteren Studien könnte dies ermittelt werden.

Die vorliegende Arbeit konzentrierte sich auf die Patientenzufriedenheit und ihre Korrelation zu den untersuchten Parametern. Ursachen für die Höhenminderung der Intervertebralaräume im Rahmen der radiologischen Untersuchung sowie für einen unveränderten oder verschlechterten postoperativen Status der verschiedenen Parameter bei einzelnen Patienten konnten nicht ermittelt werden.

5.8 Therapieempfehlungen

Eine frühe Diagnostik und Behandlung zervikaler degenerativer Erkrankungen könnte eine Verbesserung des postoperativen Ergebnisses erzielen. Diese Annahme resultiert aus dem Zusammenhang der präoperativen Anamnesedauer mit den geprüften Parametern.

Die in der vorliegenden Arbeit festgestellten Korrelationen verschiedener Parameter mit der Patientenzufriedenheit deuten zudem darauf hin, dass durch eine Verringerung der Schmerzen sowie eine Verbesserung der motorischen Funktion insgesamt ein positiveres Therapieergebnis der ACDF erreicht werden könnte. Postoperative Schmerzfreiheit und ein langfristiges positives Ergebnis der motorischen Funktion sind demzufolge die wichtigsten Voraussetzungen für die postoperative Zufriedenheit der Patienten.

Einen Vorschlag für eine optimierte Schmerztherapie stellt das in Abbildung 21 dargestellte Stufenschema der aktuellen Empfehlungen zur Schmerztherapie der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie des UKE dar.

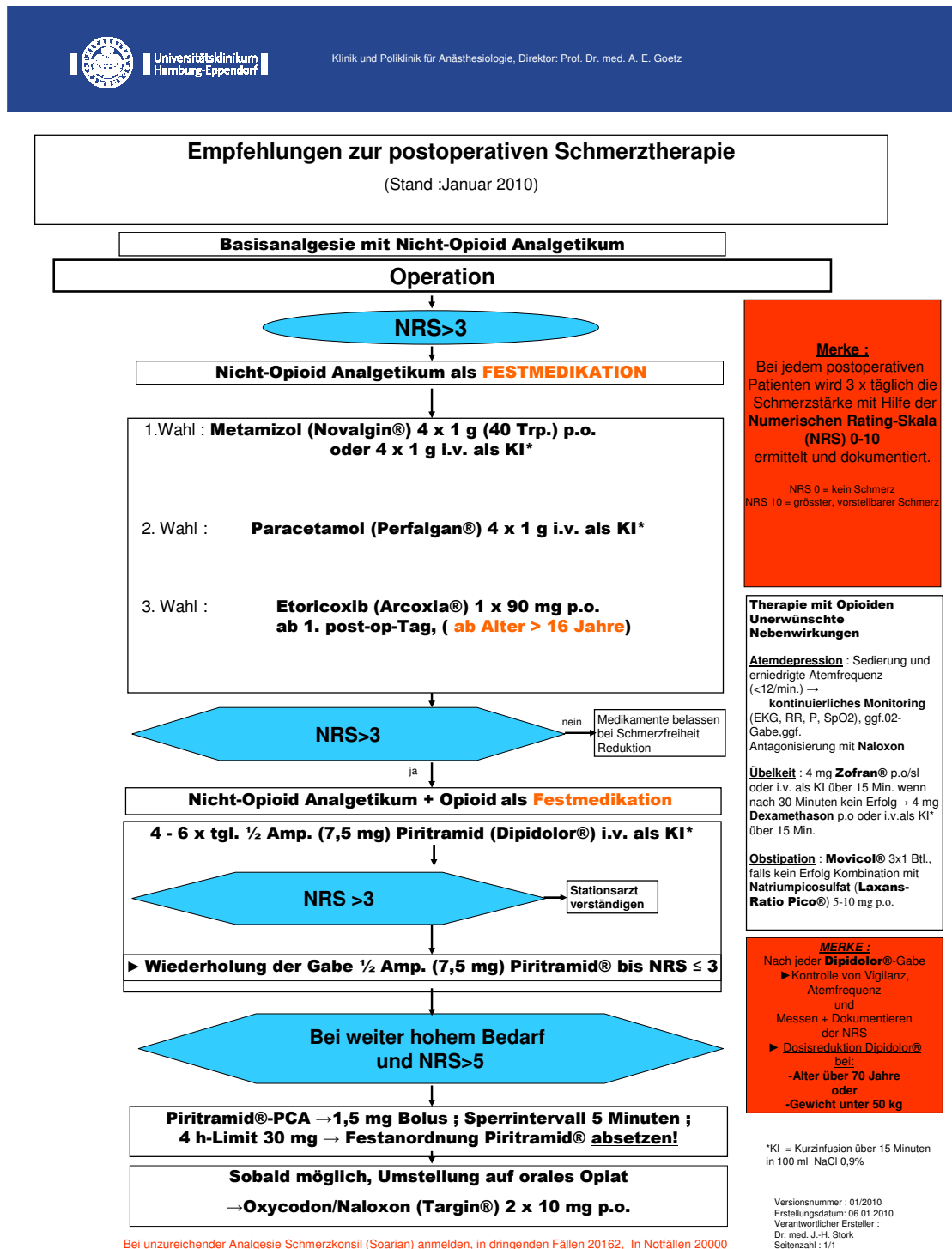


Abbildung 21: Empfehlungen zur postoperativen Schmerztherapie.

5.9 Konklusion

Die Ergebnisse klinischer Studien zeigen insgesamt positive Resultate nach zervikaler monosegmentaler Dekompression und Fusion. Die vorliegende Studie bestätigt ein gutes bis exzellentes Ergebnis von Patienten nach einer ACDF. Doch auch die Ergebnisse klinischer Studien nach einem TDR-C sind vielversprechend. Nach der Prüfung aktueller Studien ist die Implantation einer Bandscheibenprothese gegenwärtig bei jungen Patienten mit sogenannten weichen Bandscheibenvorfällen indiziert, da die klinischen Ergebnisse in der relevanten Literatur überzeugend sind. Die ubiquitäre Implementierung dieses Verfahrens zur Behandlung aller Patienten mit therapieresistenter Bandscheibenerkrankung an der HWS ist allerdings erst gerechtfertigt, wenn die langfristige protektive Wirkung des TDR-C bezüglich der Entwicklung einer Anschlussdegeneration belegt ist. Zusätzlich sind wissenschaftliche Untersuchungen notwendig, die den Kenntnisstand über Ursachen und Mechanismen des bei der ACDF notwendigen, bei der TDR-C allerdings kontraproduktiven, Prozesses der knöchernen Durchbauung im operierten Segment erweitern. Die Bedeutung der Bandscheibenprothese in der Behandlung degenerativer Bandscheibenerkrankungen der HWS wird entscheidend von den Resultaten erforderlicher Langzeitstudien abhängen.

In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass die Patientenzufriedenheit nach der ACDF signifikant mit einer postoperativen Reduktion präoperativ vorliegender Nacken- und Armschmerzen korreliert. Basierend auf diesen Ergebnissen sollte somit in der peri- und postoperativen Therapie von Patienten, die sich einer ACDF unterziehen, eine Optimierung der analgetischen Maßnahmen erfolgen. Zusätzlich lag eine Korrelation zwischen der Zufriedenheit der Patienten und einer Verbesserung der postoperativen motorischen Funktion vor. Die Verbesserung der Beweglichkeit in der HWS stand jedoch nicht im Zusammenhang mit der Patientenzufriedenheit.

6 Zusammenfassung

Zur Effektivitätsprüfung der ACDF als Behandlungsmethode zervikaler degenerativer Bandscheibenerkrankungen wurde im Jahre 2008 in der Neurochirurgischen Klinik des UKE eine prospektive klinische Studie mit 67 Patienten durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen ein gutes bis exzellentes Ergebnis bei der Prüfung des Schmerzstatus der Patienten, der Untersuchung der sensiblen und motorischen Funktion, der Erfassung des funktionellen und radiologischen Ergebnisses sowie bei der Patientenzufriedenheit nach Durchführung einer ACDF. Es konnte ein Zusammenhang zwischen einer kurzen präoperativen Anamnesedauer und der postoperativen Verbesserung der Schmerzsituation, der sensiblen und der motorischen Funktion festgestellt werden.

Zusätzlich erfolgte eine Korrelationsprüfung der untersuchten Parameter mit der Patientenzufriedenheit. Das postoperative aktive Bewegungsausmaß korrelierte nicht mit einer postoperativen Zufriedenheit. Auch konnte kein Zusammenhang zwischen der Patientenzufriedenheit und der sensiblen Funktion oder dem Ergebnis der radiologischen Untersuchung ermittelt werden. Die statistischen Berechnungen ergaben jedoch einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Patientenzufriedenheit und einer postoperativen Schmerzreduktion sowie zwischen der Patientenzufriedenheit und einer postoperativen Verbesserung der motorischen Funktion.

Basierend auf diesen Resultaten sollte zum einem eine frühe Diagnostik und Behandlung zervikaler degenerativer Erkrankungen erfolgen, zum anderen sollte eine Fokussierung und Optimierung der peri- und postoperativen Schmerzbehandlung stattfinden, da eine postoperative Schmerzreduktion entscheidend zu einer Verbesserung der Patientenzufriedenheit beitragen kann.

7 Abkürzungsverzeichnis

ACDF	<i>Anterior Cervical Discectomy and Fusion</i>
bzw.	Beziehungsweise
C	Halswirbel
ca.	Circa
CT	Computertomographie
FDA	Food and Drug Administration
HO	Heterotrope Ossifikation
HWS	Halswirbelsäule
L	Lendenwirbel
MRT	Magnetresonanztomographie
NDI	<i>Neck-Disability-Index</i>
NRS	Numerische <i>Rating</i> -Skala
OpDis	Operations-/Anästhesie-Management-Programm (Computerprogramm)
OrDis	Stationskommunikationssystem (Computerprogramm)
PEEK	Poly-Ether-Ether-Keton
PMMA	Polymethylmethacrylat
ROM	<i>Range of Motion</i>
S	Sakralwirbel
SF-36	<i>Short Form (36) Health Survey</i>
SPSS	<i>Statistic Data Analysis System</i>
SQ	<i>Satisfaction Questionnaire</i>
TDR-C	<i>Total Disc Replacement (Cervical)</i>
Th	Brustwirbel
UKE	Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
USA	United States of America
ZNS	Zentrales Nervensystem

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl der diagnostizierten zervikalen degenerativen Bandscheibenschäden in deutschen Krankenhäusern in den Jahren 2005-2008 (Statistisches Bundesamt 2010).	2
Abbildung 2: Lage des Rückenmarks im Wirbelkanal und topographische Beziehung der Rückenmarksegmente zu den Wirbelsäulensegmenten. 1: Cauda equina (Sobotta 2000).	6
Abbildung 3: Altersstruktur der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten.	22
Abbildung 4: Geschlechtsverteilung der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten.	23
Abbildung 5: Vergleich des prä- und postoperativen Schmerzstatus der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten.	25
Abbildung 6: Präoperativer NRS-Wert der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten im Vergleich zu dem postoperativen NRS-Wert durchschnittlich 217 Tage nach ACDF.	27
Abbildung 7: Vergleich des prä- und postoperativen sensiblen Status der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten.	28
Abbildung 8: Vergleich des prä- und postoperativen Status der motorischen Funktion der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten.	30
Abbildung 9: Vergleich des prä- und postoperativen Bewegungsausmaßes in der HWS, des <i>Range of motion</i> (ROM), der 67 im Jahre 2008 im UKE zervikal fusionierten Patienten.	32
Abbildung 10: Darstellung einer ventralen knöchernen Durchbauung in sagittaler Ansicht 211 Tage nach Cageimplantation in der HWS bei einem Patienten mit ventraler und zentraler Durchbauung.	34
Abbildung 11: Darstellung einer zentralen knöchernen Durchbauung in sagittaler Ansicht 211 Tage nach Cageimplantation in der HWS bei einem Patienten mit ventraler und zentraler Durchbauung.	34
Abbildung 12: NDI-Ergebnisse der 67 Patienten (Einschränkung im Alltag).	35

Abbildung 13: Patientenzufriedenheit nach ACDF (n=67). Ein Zusammenhang zwischen geprüfter Einschränkung im Alltag durch den NDI und evaluiertem Zufriedenheitsgrad der Patienten durch den SQ wurde aus den in den Ergebnissen der beiden Untersuchungsscores zufälligerweise übereinstimmenden Zahlen aus dieser und Abbildung 12 deutlich.	36
Abbildung 14: Postoperative Veränderungen der untersuchten klinischen Parameter beim Patientenkollektiv mit exzellenter Zufriedenheit nach ACDF (n=8).....	39
Abbildung 15: Postoperative Veränderungen der untersuchten klinischen Parameter bei dem mit dem Ergebnis der ACDF zufriedenen Patientenkollektiv (n=37)....	41
Abbildung 16: Postoperative Veränderungen der untersuchten klinischen Parameter bei dem Patientenkollektiv mit mittelmäßiger Zufriedenheit nach ACDF (n=17).	42
Abbildung 17: Postoperative Veränderungen der untersuchten klinischen Parameter bei dem mit dem Ergebnis der ACDF unzufriedenen Patientenkollektiv (n=5)..	44
Abbildung 18: Dislokation der HWS ca. sechs Monate nach zervikaler Fusion. Eine Durchbauung des Cages ist nicht erkennbar. Möglicherweise bestand bei diesem Patienten bereits präoperativ eine Indikation für den zusätzlichen Einsatz einer Platte.	49
Abbildung 19: Dislokation einer intakten Bandscheibenprothese ca. sechs Monate nach Implantation in sagittaler Ansicht ohne ein für den betroffenen Patienten bewusst erlebtes Trauma.....	51
Abbildung 20: Dislokation einer intakten Bandscheibenprothese ca. sechs Monate nach Implantation in transversaler Ansicht ohne ein für den betroffenen Patienten bewusst erlebtes Trauma.	51
Abbildung 21: Empfehlungen zur postoperativen Schmerztherapie.	59

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung der durchgeführten Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Studie.	14
Tabelle 2: NRS-Einteilung in fünf Kategorien.	16
Tabelle 3: <i>Satisfaction Questionnaire</i> (SQ) mit Fünf-Punkte-Skala.	19
Tabelle 4: Postoperative Entwicklung der Schmerzsituation bei Patienten mit präoperativen Schmerzen (n=59) in Abhängigkeit von der präoperativen Dauer der existenten Schmerzen (Prüfung durchschnittlich 217 Tage postoperativ). ...	26
Tabelle 5: Postoperative Entwicklung der sensiblen Funktion bei Patienten mit präoperativem Defizit (n=49) in Abhängigkeit von der präoperativen Dauer des sensiblen Defizits (Prüfung durchschnittlich 217 Tage postoperativ).	29
Tabelle 6: Postoperative Entwicklung der motorischen Funktion bei Patienten mit präoperativem Defizit (n=37) in Abhängigkeit von der präoperativen Dauer des motorischen Defizits (Prüfung durchschnittlich 217 Tage nach ACDF).	31
Tabelle 7: Patientenzufriedenheit im Zusammenhang mit der Schmerzsituation, einem intakten ROM sowie einer normalen motorischen und sensiblen Funktion durchschnittlich 217 Tage postoperativ.	38

10 Literaturverzeichnis

Anderson PA, Sasso RC and Riew KD (2008) "Comparison of adverse events between the Bryan artificial cervical disc and anterior cervical arthrodesis.," *Spine (Phila Pa 1976)* (33:12), pp. 1305-1312.

Baaj AA, Uribe JS, Vale FL, Preul MC and Crawford NR (2009) "History of cervical disc arthroplasty.," *Neurosurg Focus* (27:3), pp. E10.

Bartels RHMA and Donk R (2005) "Fusion around cervical disc prosthesis: case report.," *Neurosurgery* (57:1), pp. E194; discussion E194.

Beaurain J, Bernard P, Dufour T, Fuentes J M, Hovorka I, Huppert J, Steib JP, Vital JM, Aubourg L and Vila T (2009) "Intermediate clinical and radiological results of cervical TDR (Mobi-C) with up to 2 years of follow-up.," *Eur Spine J* (18:6), pp. 841-850.

Bostelmann R (2009) Skalen und Scores, Scores und Fragebögen, Neck Disability Index. In: Spinale Neurochirurgie, Operatives Management von Wirbelsäulenerkrankungen. Börm W und Meyer F (Hrsg) Schattauer, Stuttgart, 435-436.

Cherry C (2002) "Anterior cervical discectomy and fusion for cervical disc disease.," *AORN J* (76:6), pp. 998-1004, 1007-8; quiz 1009-12.

Cho DY, Liao WR, Lee WY, Liu JT, Chiu CL and Sheu PC (2002) "Preliminary experience using a polyetheretherketone (PEEK) cage in the treatment of cervical disc disease.," *Neurosurgery* (51:6), pp. 1343-49; discussion 1349-50.

Cloward RB (1958) "The anterior approach for removal of ruptured cervical disks.," *J Neurosurg* (15:6), pp. 602-617.

Connolly ES, Seymour RJ and Adams JE (1965) "Clinical evaluation of anterior cervical fusion for degenerative cervical disc disease.," *J Neurosurg* (23:4), pp. 431-437.

Delamarter RB, Pradhan BP (2004) "Indications for cervical spine Protheses – Early experience with Prodisc-C in the USA.," *Spine Art* 1: 7-9.

Denaro V, Papalia R, Denaro L, Martino AD and Maffulli N (2009) "Cervical spinal disc replacement.," *J Bone Joint Surg Br* (91:6), pp. 713-719.

Dmitriev AE, Cunningham BW, Hu N, Sell G, Vigna F, McAfee PC (2005) "Adjacent level intradiscal pressure and segmental kinematics following a cervical total disc arthroplasty: an in vitro human cadaveric model.," *Spine (Phila Pa 1976)* (30:10), pp. 1165-72.

Dunsker SB (1977) "Anterior cervical discectomy with and without fusion.," *Clin Neurosurg* (24), pp. 516-521.

Eck JC, Humphreys SC, Lim TH, Jeong ST, Kim JG, Hodges SD and An HS (2002) "Biomechanical study on the effect of cervical spine fusion on adjacent-level intradiscal pressure and segmental motion.," *Spine (Phila Pa 1976)* (27:22), pp. 2431-2434.

Eck JC, Humphreys SC, Hodges SD and Levi P (2006) "A comparison of outcomes of anterior cervical discectomy and fusion in patients with and without radicular symptoms.," *J Surg Orthop Adv* (15:1), pp. 24-26.

Elsawaf A, Mastronardi L, Roperto R, Bozzao A, Caroli M and Ferrante L (2009) "Effect of cervical dynamics on adjacent segment degeneration after anterior cervical fusion with cages.," *Neurosurg Rev* (32:2), pp. 215-24; discussion 224.

Fountas KN, Kapsalaki EZ, Nikolakakos LG, Smisson HF, Johnston KW, Grigorian AA, Lee GP and Robinson JS (2007) "Anterior cervical discectomy and fusion associated complications.," *Spine (Phila Pa 1976)* (32:21), pp. 2310-2317.

Garvey TA, Transfeldt EE, Malcolm JR and Kos P (2002) "Outcome of anterior cervical discectomy and fusion as perceived by patients treated for dominant axial-mechanical cervical spine pain.," *Spine (Phila Pa 1976)* (27:17), pp. 1887-95; discussion 1895.

Goffin J, van Loon J, Calenbergh FV and Plets C (1995) "Long-term results after anterior cervical fusion and osteosynthetic stabilization for fractures and/or dislocations of the cervical spine.," *J Spinal Disord* (8:6), pp. 500-8; discussion 499.

Goffin J, Casey A, Kehr P, Liebig K, Lind B, Logroscino C, Pointillart V, Calenbergh FV and van Loon J (2002) "Preliminary clinical experience with the Bryan Cervical Disc Prosthesis.," *Neurosurgery* (51:3), pp. 840-5; discussion 845-7.

Goffin J, van Loon J, Calenbergh FV and Lipscomb B (2010) "A clinical analysis of 4- and 6-year follow-up results after cervical disc replacement surgery using the Bryan Cervical Disc Prosthesis.," *J Neurosurg Spine* (12:3), pp. 261-269.

Gore DR and Sepic SB (1984) "Anterior cervical fusion for degenerated or protruded discs. A review of one hundred forty-six patients.," *Spine (Phila Pa 1976)* (9:7), pp. 667-671.

Grumme Th (2001) Zervikaler Bandscheibenprolaps, Osteochondrose, Zervikale Myelopathie – ein historischer Rückblick. In: Neurochirurgie in Deutschland: Geschichte und Gegenwart, 50 Jahre Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie. Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie (Hrsg) Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin, Wien, 334-337.

Hankinson HL and Wilson CB (1975) "Use of the operating microscope in anterior cervical discectomy without fusion.," *J Neurosurg* (43:4), pp. 452-456.

Heidecke V, Burkert W, Brucke M and Rainov NG (2008) "Intervertebral disc replacement for cervical degenerative disease--clinical results and functional outcome at two years in patients implanted with the Bryan cervical disc prosthesis.," *Acta Neurochir (Wien)* (150:5), pp. 453-9; discussion 459.

Heidecke V, Helmbrecht A, Rainov NG (2009) Instrumentierte Eingriffe, Halswirbelsäule von ventral, Zervikale Bandscheibenprothesen. In: Spinale Neurochirurgie, Operatives Management von Wirbelsäulenerkrankungen. Börm W und Meyer F (Hrsg) Schattauer, Stuttgart, 318-322.

Heller JG, Sasso RC, Papadopoulos SM, Anderson PA, Fessler RG, Hacker RJ, Coric D, Cauthen JC and Riew DK (2009) "Comparison of BRYAN cervical disc arthroplasty with anterior cervical decompression and fusion: clinical and radiographic results of a randomized, controlled, clinical trial.," *Spine (Phila Pa 1976)* (34:2), pp. 101-107.

Janda V (2000) Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik, 4. Auflage, Urban und Fischer Verlag, München.

Jöllenbeck B, Hahne R, Schubert A and Firsching R (2004) "Early experiences with cervical disc prostheses.," *Zentralbl Neurochir* (65:3), pp. 123-127.

Kaiser MG, Haid RW, Subach BR, Barnes B and Rodts GE (2002) "Anterior cervical plating enhances arthrodesis after discectomy and fusion with cortical allograft.," *Neurosurgery* (50:2), pp. 229-36; discussion 236-8.

Korinth MC (2008) "Treatment of cervical degenerative disc disease - current status and trends.," *Zentralbl Neurochir* (69:3), pp. 113-124.

Kulkarni AG, Hee HT and Wong HK (2007) "Solis cage (PEEK) for anterior cervical fusion: preliminary radiological results with emphasis on fusion and subsidence.," *Spine J* (7:2), pp. 205-209.

Lemcke J, Menz H, Al-Zain F and Meier U (2007) "[Outcome after cervical anterior fusion--a clinical study of 368 patients],," *Z Orthop Unfall* (145:6), pp. 744-752.

Leung C, Casey AT, Goffin J, Kehr P, Liebig K, Lind B, Logroscino C and Pointillart V (2005) "Clinical significance of heterotopic ossification in cervical disc

replacement: a prospective multicenter clinical trial.," *Neurosurgery* (57:4), pp. 759-63; discussion 759-63.

Lippert H (2006) Lehrbuch Anatomie, 7. Auflage, Elsevier GmbH, Urban und Fischer Verlag, München, Jena, 119-148.

Macdermid JC, Walton DM, Avery S, Blanchard A, Etruw E, McAlpine C and Goldsmith CH (2009) "Measurement properties of the neck disability index: a systematic review.," *J Orthop Sports Phys Ther* (39:5), pp. 400-417.

Martins AN (1976) "Anterior cervical discectomy with and without interbody bone graft.," *J Neurosurg* (44:3), pp. 290-295.

Mastronardi L, Ducati A and Ferrante L (2006) "Anterior cervical fusion with polyetheretherketone (PEEK) cages in the treatment of degenerative disc disease. Preliminary observations in 36 consecutive cases with a minimum 12-month follow-up.," *Acta Neurochir (Wien)* (148:3), pp. 307-12; discussion 312.

Matgé G (2002) "Cervical cage fusion with 5 different implants: 250 cases.," *Acta Neurochir (Wien)* (144:6), pp. 539-49; discussion 550.

Matsumoto M, Okada E, Ichihara D, Watanabe K, Chiba K, Toyama Y, Fujiwara H, Momoshima S, Nishiwaki Y, Iwanami A, Ikegami T, Takahata T and Hashimoto T (2010) "Anterior cervical decompression and fusion accelerates adjacent segment degeneration: comparison with asymptomatic volunteers in a ten-year magnetic resonance imaging follow-up study.," *Spine (Phila Pa 1976)* (35:1), pp. 36-43.

McCarthy MJH, Grevitt MP, Silcocks P and Hobbs G (2007) "The reliability of the Vernon and Mior neck disability index, and its validity compared with the short form-36 health survey questionnaire.," *Eur Spine J* (16:12), pp. 2111-2117.

Mehren C, Suchomel P, Grochulla F, Barsa P, Sourkova P, Hradil J, Korge A and Mayer HM (2006) "Heterotopic ossification in total cervical artificial disc replacement.," *Spine (Phila Pa 1976)* (31:24), pp. 2802-2806.

Metzger CS, Schlitt M, Quindlen EA and White RL (1989) "Small central cervical disc syndrome: evaluation and treatment of chronic disabling neck pain.," *J Spinal Disord* (2:4), pp. 234-237.

Meyer F (2009) Degenerative Erkrankungen, Zervikale Myelopathie. In: Spinale Neurochirurgie, Operatives Management von Wirbelsäulenerkrankungen. Börm W und Meyer F (Hrsg) Schattauer, Stuttgart, 92-101.

Mummaneni PV and Haid RW (2004) "The future in the care of the cervical spine: interbody fusion and arthroplasty. Invited submission from the Joint Section Meeting on Disorders of the Spine and Peripheral Nerves, March 2004.," *J Neurosurg Spine* (1:2), pp. 155-159.

Mummaneni PV, Burkus JK, Haid RW, Traynelis VC and Zdeblick TA (2007) "Clinical and radiographic analysis of cervical disc arthroplasty compared with allograft fusion: a randomized controlled clinical trial.," *J Neurosurg Spine* (6:3), pp. 198-209.

Murrey D, Janssen M, Delamarter R, Goldstein J, Zigler J, Tay B and Darden B (2009) "Results of the prospective, randomized, controlled multicenter Food and Drug Administration investigational device exemption study of the ProDisc-C total disc replacement versus anterior discectomy and fusion for the treatment of 1-level symptomatic cervical disc disease.," *Spine J* (9:4), pp. 275-286.

Nabhan A, Ahlhelm F, Shariat K, Pitzen T, Steimer O, Steudel WI and Pape D (2007a) "The ProDisc-C prosthesis: clinical and radiological experience 1 year after surgery.," *Spine (Phila Pa 1976)* (32:18), pp. 1935-1941.

Nabhan A, Steudel WI, Nabhan A, Pape D and Ishak B (2007b) "Segmental kinematics and adjacent level degeneration following disc replacement versus fusion: RCT with three years of follow-up.," *J Long Term Eff Med Implants* (17:3), pp. 229-236.

Ogon M, Meissner J, Tuschel A, Chavanne A, Becker S (2006) "Die Bandscheibenprothese an der Halswirbelsäule," *J Miner Stoffwechs* (13 (1)), pp. 14-17.

Palit M, Schofferman J, Goldthwaite N, Reynolds J, Kerner M, Keaney D and Lawrence-Miyasaki L (1999) "Anterior discectomy and fusion for the management of neck pain.," *Spine (Phila Pa 1976)* (24:21), pp. 2224-2228.

Parkinson JF and Sekhon LHS (2005) "Cervical arthroplasty complicated by delayed spontaneous fusion. Case report.," *J Neurosurg Spine* (2:3), pp. 377-380.

Patil PG, Turner DA and Pietrobon R (2005) "National trends in surgical procedures for degenerative cervical spine disease: 1990-2000.," *Neurosurgery* (57:4), pp. 753-8; discussion 753-8.

Pickett GE, Sekhon LHS, Sears WR and Duggal N (2006) "Complications with cervical arthroplasty.," *J Neurosurg Spine* (4:2), pp. 98-105.

Pointillart V (2001) "Cervical disc prosthesis in humans: first failure.," *Spine (Phila Pa 1976)* (26:5), pp. E90-E92.

Putzier M, Funk JF, Schneider SV, Gross C, Tohtz SW, Khodadadyan-Klostermann C, Perka C and Kandziora F (2006) "Charité total disc replacement--clinical and radiographical results after an average follow-up of 17 years.," *Eur Spine J* (15:2), pp. 183-195.

Riina J, Patel A, Dietz JW, Hoskins JS, Trammell TR and Schwartz DD (2008) "Comparison of single-level cervical fusion and a metal-on-metal cervical disc replacement device.," *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* (37:4), pp. E71-E77.

Riley LH, Robinson RA, Johnson KA and Walker AE (1969) "The results of anterior interbody fusion of the cervical spine. Review of ninety-three consecutive cases.," *J Neurosurg* (30:2), pp. 127-133.

Sasso RC, Smucker JD, Hacker RJ and Heller JG (2007a) "Artificial disc versus fusion: a prospective, randomized study with 2-year follow-up on 99 patients.," *Spine* (32:26), pp. 2933-40; discussion 2941-2.

Sasso RC, Smucker JD, Hacker RJ and Heller JG (2007b) "Clinical outcomes of Bryan cervical disc arthroplasty: a prospective, randomized, controlled, multicenter trial with 24-month follow-up.," *J Spinal Disord Tech* (20:7), pp. 481-491.

Schmieder K (2009a) Degenerative Erkrankungen, Zervikaler Bandscheibenvorfall. In: *Spinale Neurochirurgie, Operatives Management von Wirbelsäulenerkrankungen*. Börm W und Meyer F (Hrsg) Schattauer, Stuttgart, 66-71.

Schmieder K (2009b) Mikrochirurgische Verfahren, Zervikale Diskektomie und anteriore Unkoforaminotomie, Zervikale Diskektomie. In: *Spinale Neurochirurgie, Operatives Management von Wirbelsäulenerkrankungen*. Börm W und Meyer F (Hrsg) Schattauer, Stuttgart, 285.

Smith GW and Robinson RA (1958) "The treatment of certain cervical-spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion.," *J Bone Joint Surg Am* (40-A:3), pp. 607-624.

Sobotta J (2000) *Atlas der Anatomie des Menschen*, 21. Auflage, Band 1 und 2, Pabst R, Putz R (Hrsg) Urban und Fischer, München, Jena.

Statistisches Bundesamt (2010) *Krankenhausstatistik – Diagnosedaten der Patienten und Patientinnen in Krankenhäusern*. Bonn [www.destatis.de].

Steinmetz MP, Patel R, Traynelis V, Resnick DK and Anderson PA (2008) "Cervical disc arthroplasty compared with fusion in a workers' compensation population.," *Neurosurgery* (63:4), pp. 741-7; discussion 747.

Stork JH, Freitag M (2010) *Therapiekonzept postoperative Schmerzen, Therapiekonzepte für die Praxis*, In: *Empfehlungen zur perioperativen*

Schmerztherapie, 2. Auflage, Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, 98.

Teresi LM, Lufkin RB, Reicher MA, Moffit BJ, Vinuela FV, Wilson GM, Bentson JR and Hanafie WN (1987) "Asymptomatic degenerative disk disease and spondylosis of the cervical spine: MR imaging.," *Radiology* (164:1), pp. 83-88.

Trepel M (2004) Neuroanatomie: Struktur und Funktion, 3. Auflage, Elsevier GmbH, Urban und Fischer Verlag, München, Jena, 81-100.

Vernon H (2008) "The Neck Disability Index: state-of-the-art, 1991-2008.," *J Manipulative Physiol Ther* (31:7), pp. 491-502.

Vernon H and Mior S (1991) "The Neck Disability Index: a study of reliability and validity.," *J Manipulative Physiol Ther* (14:7), pp. 409-415.

Wang JC, McDonough PW, Endow K, Kanim LE and Delamarter RB (1999) "The effect of cervical plating on single-level anterior cervical discectomy and fusion.," *J Spinal Disord* (12:6), pp. 467-471.

Whitecloud TS and Seago RA (1987) "Cervical discogenic syndrome. Results of operative intervention in patients with positive discography.," *Spine (Phila Pa 1976)* (12:4), pp. 313-316.

Yi S, Lee DY, Ahn PG, Kim KN, Yoon DH and Shin HC (2009) "Radiologically documented adjacent-segment degeneration after cervical arthroplasty: characteristics and review of cases.," *Surg Neurol* (72:4), pp. 325-9; discussion 329.

Yoon DH, Yi S, Shin HC, Kim KN and Kim SH (2006) "Clinical and radiological results following cervical arthroplasty.," *Acta Neurochir (Wien)* (148:9), pp. 943-950.

11 Anhang

11.1 Neck Disability Index (NDI)

Der „Neck Disability Index“

Patientenname:

Datum:

Bitte lesen Sie die Anweisungen:

Dieser Fragebogen wurde entworfen, um herauszubekommen, wie sehr Ihre Fähigkeit, den Alltag zu bewältigen, durch Schmerzen in der Halswirbelsäule beeinflusst wird.

Bitte beantworten Sie alle Abschnitte und kreuzen jeweils nur die Antwort an, die auf Sie zutrifft.

Auch wenn Ihnen in einem Abschnitt zwei der möglichen Antworten zutreffend erscheinen, so markieren Sie dennoch nur das Kästchen, welches Ihr Problem am Ehesten beschreibt.

1. Abschnitt: Schmerzintensität

1. Ich habe zurzeit keine Schmerzen.
2. Meine Schmerzen sind zurzeit sehr schwach.
3. Meine Schmerzen sind zurzeit mittelmäßig stark.
4. Meine Schmerzen sind zurzeit ziemlich stark.
5. Meine Schmerzen sind zurzeit sehr stark.
6. Meine Schmerzen sind zurzeit außerordentlich stark.

2. Abschnitt: Körperpflege (Waschen, Ankleiden, etc.)

1. Ich kann mich in der Regel ohne Beschwerden selbstständig versorgen.

2. Ich kann mich in der Regel unter Schmerzen selbstständig versorgen.
3. Mich selbst zu pflegen ist schmerzhaft, weshalb ich langsam und vorsichtig vorgehe.
4. Ich benötige etwas Hilfe, aber bewältige das Meiste meiner Körperpflege selbst.
5. Ich benötige jeden Tag Hilfe bei meiner Körperpflege.
6. Ich kleide mich nicht selbst an, habe Schwierigkeiten mich selbst zu waschen und bleibe im Bett.

3. Abschnitt: Heben

1. Ich kann schwere Gewichte ohne Schwierigkeiten anheben.
2. Ich kann schwere Gewichte unter Schmerzen anheben.
3. Meine Schmerzen halten mich davon ab, schwere Gewichte vom Boden aufzuheben, aber ich schaffe es, wenn diese geeignet positioniert sind (z.B. auf einem Tisch).
4. Meine Schmerzen halten mich davon ab, schwere Gewichte vom Boden aufzuheben, aber ich kann leichte bis mittelschwere Gewichte anheben, wenn diese geeignet positioniert sind.
5. Ich kann ohne Schwierigkeiten sehr leichte Gewichte anheben.
6. Ich kann überhaupt keine Gewichte anheben oder tragen.

4. Abschnitt: Lesen

1. Ich kann soviel lesen wie ich möchte, ohne Nackenschmerzen zu bekommen.
2. Ich kann soviel lesen wie ich möchte, bekomme aber leichte Nackenschmerzen.
3. Ich kann soviel lesen wie ich möchte, bekomme aber mittelstarke Nackenschmerzen.
4. Aufgrund mittelstarker Nackenschmerzen kann ich nicht soviel lesen wie ich möchte.
5. Aufgrund starker Schmerzen im Nacken kann ich kaum lesen.
6. Aufgrund sehr starker Schmerzen kann ich überhaupt nicht lesen.

5. Abschnitt: Kopfschmerzen

1. Ich habe überhaupt keine Kopfschmerzen.
2. Ich habe unregelmäßig auftretende leichte Kopfschmerzen.
3. Ich habe unregelmäßig auftretende mittelstarke Kopfschmerzen.
4. Ich habe regelmäßig auftretende mittelstarke Kopfschmerzen.
5. Ich habe regelmäßig auftretende heftige Kopfschmerzen.
6. Ich habe fast ständig Kopfschmerzen.

6. Abschnitt: Konzentration

1. Ich kann mich problemlos konzentrieren.
2. Ich habe leichte Schwierigkeiten, mich zu konzentrieren.
3. Ich habe mäßige Schwierigkeiten, mich zu konzentrieren.
4. Ich habe viele Schwierigkeiten, mich zu konzentrieren.
5. Ich habe erhebliche Schwierigkeiten, mich zu konzentrieren.
6. Ich kann mich überhaupt nicht konzentrieren.

7. Abschnitt: Arbeit

1. Ich kann soviel arbeiten wie ich möchte.
2. Ich kann nur meine gewöhnliche Arbeit ausführen.
3. Ich kann das Meiste meiner gewöhnlichen Arbeit ausführen.
4. Ich kann meine gewöhnliche Arbeit nicht ausführen.
5. Ich kann kaum Arbeit ausführen.
6. Ich kann überhaupt keine Arbeit ausführen.

8. Abschnitt: Fahren

1. Ich kann ohne Nackenschmerzen Autofahren.
2. Ich kann mit leichten Nackenschmerzen so lange Autofahren wie ich möchte.
3. Ich kann mit mittelstarken Nackenschmerzen so lange Autofahren wie ich möchte.

4. Aufgrund meiner mittelstarken Nackenschmerzen kann ich nicht so lange Autofahren wie ich möchte.
5. Aufgrund meiner starken Nackenschmerzen kann ich kaum Autofahren.
6. Aufgrund meiner starken Nackenschmerzen kann ich überhaupt nicht Autofahren.

9. Abschnitt: Schlafen

1. Ich habe keine Schlaf-Schwierigkeiten.
2. Mein Schlaf ist etwas unruhig (weniger als 1 Stunde schlaflos).
3. Mein Schlaf ist etwas gestört (1-2 Stunden schlaflos).
4. Mein Schlaf ist mittelmäßig gestört (2-3 Stunden schlaflos).
5. Mein Schlaf ist in hohem Maße gestört (3-5 Stunden schlaflos).
6. Mein Schlaf ist vollkommen gestört (5-7 Stunden schlaflos).

10. Abschnitt: Freizeit-Aktivitäten

1. Ich kann ohne Nackenschmerzen meinen Freizeitaktivitäten nachgehen.
2. Ich kann mit geringen Nackenschmerzen meinen Freizeitaktivitäten nachgehen.
3. Aufgrund meiner Nackenschmerzen kann ich nicht allen meinen Freizeitaktivitäten nachgehen, aber den Meisten.
4. Aufgrund meiner Nackenschmerzen kann ich nur einigen meiner Freizeitaktivitäten nachgehen.
5. Aufgrund meiner Nackenschmerzen kann ich kaum Freizeitaktivitäten wahrnehmen.
6. Aufgrund meiner Nackenschmerzen kann ich überhaupt keiner Freizeitaktivität nachgehen.

12 Danksagung

Herrn Professor Dr. med. Manfred Westphal, dem Ärztlichen Direktor der Klinik für Neurochirurgie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf, danke ich für die Möglichkeit, diese Arbeit in seiner Klinik verwirklichen zu können.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Privatdozent Dr. med. Jan Regelsberger für die Überlassung dieses Themas und Herrn Dr. med. Christian Hessler für die hervorragende wissenschaftliche Betreuung und Begleitung.

Zusätzlich möchte ich allen Ärzten, insbesondere Herrn Till Burkhardt, sowie den Sekretärinnen und dem Pflegepersonal der Neurochirurgischen Klinik danken, die mir bei Fragen und Problemen stets zur Seite standen.

Für die organisatorische Unterstützung bei der Realisierung der Nachuntersuchungen in der Neurochirurgischen Poliklinik danke ich Frau Schumacher und Frau Adorf.

Ebenso möchte ich unseren Patienten danken, welche die Verlaufskontrollen durch ihr Erscheinen überhaupt erst ermöglichten.

Ganz besonders danke ich meinen Eltern für ihre Liebe, die tatkräftige Unterstützung und stetige Motivation sowie für die Ermöglichung meines Medizinstudiums.

Meinen Freunden danke ich für die beständige Begleitung. Für die mehrfache Durchsicht der Manuskripte möchte ich herzlich Katharina Schweer, Judith Nast und Kjell Stütze danken. Für die Unterstützung in graphischen Fragen danke ich Frank Eberhard.

13 Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Katharina Boysen